



*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología*

Universidad Nacional Autónoma de México  
Coordinación del Posgrado, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,  
Circuito Exterio s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F. 04510  
Teléfono y Fax: (52) 56-22-5803, 5829, 5990 y 5991  
Correo electrónico: posgrado@mar.icmyl.unam.mx  
<http://www.pcml.unam.mx>



“CAMBIOS MULTIDECADALES DEL CLIMA REGISTRADOS EN LOS SEDIMENTOS  
ANÓXICOS EN LA CUENCA DEL CARMEN, GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL  
HOLOCENO TARDÍO”

TESIS

Que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias  
Geología Marina

presenta

Lic. en Biología Marina *Gladys Esbeidy Villagrán de la Cruz*

Director de tesis  
Dra. Ligia Pérez Cruz

Comité tutorial:  
Dra. Maria Adela Monreal Gómez  
Dra. Maria Luisa Machain Castillo  
Dr. Oscar E. González Yajimovich  
Dr. Enrique H. Nava Sánchez

México D.F. 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	.....1
<b>OBJETIVOS</b>	..... 2
<b>CAPÍTULO I. ESTUDIOS PALEOCEANOGRÁFICOS Y PALEOCLIMÁTICOS REALIZADOS PARA EL GOLFO DE CALIFORNIA</b>	..... 3
<b>CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO</b>	
- GENERALIDADES	..... 8
- ESTRUCTURA GEOLÓGICA	..... 9
- DIVISIÓN DEL GOLFO DE CALIFORNIA	..... 10
- CLIMATOLOGÍA	.....10
ESCALA: ESTACIONAL, ANUAL, INTERANUAL, DECADAL, CENTENARIA	
- MASAS DE AGUA	..... 14
- PRODUCTIVIDAD EN LA CUENCA DEL CARMEN	..... 16
- SEDIMENTOS DE LA CUENCA DEL CARMEN	..... 17
<b>CAPÍTULO III. HISTORIA CLIMÁTICA</b>	
- CAMBIOS CLIMÁTICOS DURANTE EL HOLOCENO	..... 19
<b>CAPÍTULO IV. PROXIES</b>	
- <i>PROXY</i> BIOLÓGICO: LOS RADIOLARIOS	..... 22
GENERALIDADES	..... 22
TAXONOMÍA	..... 22
- BIOLOGÍA	..... 25
- ECOLOGÍA	..... 29
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y EN LA COLUMNA DE AGUA	..... 29
DISTRIBUCIÓN EN LOS SEDIMENTOS	..... 31
CÓMO HERRAMIENTA EN RECONSTRUCCIONES PALEOAMBIENTALES	..... 31
- <i>PROXY</i> NO BIOLÓGICO: PROPIEDADES MAGNÉTICAS – SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA (SM)	..... 32
<b>CAPÍTULO V. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
- DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA DIPAL-I K58	..... 34
- MODELO DE EDAD <sup>210</sup> Pb Y <sup>14</sup> C	..... 34
- ANÁLISIS MICROFAUNÍSTICO	..... 38
PROCESAMIENTO QUÍMICO Y OBTENCIÓN DE PLACAS MICROPALEONTOLÓGICAS	..... 33
MANEJO DE DATOS	..... 40
A) ANÁLISIS ECOLÓGICO	..... 40
B) ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS	..... 40
C) ANÁLISIS MULTIVARIADO (ANÁLISIS DE FACTORES MODO “Q”)	..... 40
- ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS MAGNÉTICOS (SM)	..... 41
MANEJO DE DATOS	..... 41
ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS	..... 41

TRATAMIENTO MATEMÁTICO (ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO)	41
OBTENCIÓN DE PERIODOS SIGNIFICATIVOS DENTRO DE LA SERIE DE DATOS DISCRETOS	41
<b>CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	42
- DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA DIPAL-I K58	42
- ANÁLISIS MICROFAUNÍSTICO	42
A) LOS RADIOLARIOS A LO LARGO DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA	42
B) ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LOS TAXONES DE RADIOLARIOS IDENTIFICADOS EN LA CUENCA DEL CARMEN	45
C) ASOCIACIONES DE RADIOLARIOS POLYCYSTINOS DE LA CUENCA DEL CARMEN, CARACTERIZADAS CON BASE EN EL ANÁLISIS DE FACTORES MODO "Q"	47
D) RECONSTRUCCIÓN OCEANOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA CUENCA DEL CARMEN	48
ANÁLISIS DE LA MINERALOGÍA MAGNÉTICA	63
A) VARIABILIDAD DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA A LO LARGO DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA	63
B) CORRELACIÓN DE FENÓMENOS CÍCLICOS ENCONTRADOS	65
<b>CONCLUSIONES</b>	68
<b>LITERATURA CITADA</b>	70
<b>APÉNDICES</b>	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura II.1** Ubicación del área de estudio (cuenca del Carmen) en el golfo de California. Se indica la localización de recuperación de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 (círculo rojo)...**8**
- Figura II.2** Mapa que muestra la localización de la ZCIT (ITCZ- por sus siglas en inglés) y el AS (SH- por sus siglas en inglés) durante el invierno y verano boreal. Se muestran los patrones generales de los vientos dominantes durante el invierno y verano en el Hemisferio Norte (tomado de Goñi *et al.*, 2006, adaptado de Poore *et al.*, 2004 y Cheshire *et al.*, 2005)...**12**
- Figura III.1.** Variación en la temperatura del aire para los últimos 1000 años, estimada con base en varias fuentes, incluyendo las estimadas a partir de anillos de crecimiento de árboles, del oeste de Europa y de la parte este de Norte América. Mostrando la ACM y la PEH (tomada y modificada de Bradley y Eddy, 1991)...**20**
- Figura III.2.** Número de manchas solares a partir de 1600, se señala el mínimo de Maunder (tomada y modificada de Uriarte-Cantolla, 2003)...**21**
- Figura IV.1.** Diagrama de la estructura celular de un radiolario (forma general de un espumelario), la parte negra corresponde a la teca silíceo, formada por dos esferas concéntricas (medular= interna, cortical= externa); se pueden observar varias estructuras citoplasmáticas. Estructura general de un radiolario (tomada y modificada de Wever *et al.*, 2001)...**23**
- Figura IV.2** Estructura general de los Espumelarios (tomada y modificada de Haeckel, 1862)...**24**
- Figura IV.3** Estructura general de los Naselarios (tomada y modificada de Wever *et al.* (2001) y Haeckel (1862))...**24**
- Figura IV.4.** Imágenes a microscopio de luz invertida de radiolarios vivos del Este de China. a) *Eucyrtidium hexagonatum*, b) *Pseudocubus obeliscus* y c) *Spongaster tetras tetras*. XP=proyección axial, TC=Cono terminal; la barra=100  $\mu\text{m}$  (tomada y modificada de Matsuoka (2007))...**27**
- Figura IV.5.** Distribución de asociaciones de radiolarios en sedimentos superficiales del Océano Pacífico (tomada de Lazarus (2005))...**30**
- Figura IV.5.** Distribución de asociaciones de radiolarios en sedimentos superficiales del Océano Pacífico (tomada de Lazarus (2005))...**32**
- Figura V.1.** Ubicación del núcleo DIPAL-I K58 (cruz amarilla), en la cuenca del Carmen, golfo de California...**35**
- Figura V.2.** Correlación exponencial del exceso de  $^{210}\text{Pb}$  determinado en las muestras del núcleo DIPAL-I C58 vs profundidad en el subsuelo...**37**
- Figura VI.1.** a) Representación esquemática de la secuencia sedimentaria DIPAL I-K58; b) Fotografía de la laja superficial...**43**
- Figura VI.2.** Porcentaje de taxones de radiolarios polycystinos identificados, a lo largo de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58...**45**

**Figura VI.3** Gráfica de los valores de autovalor para cada factor definido a través del Análisis de Factores modo “Q”, utilizada para tomar el criterio de la raíz latente...**48**

**Figura VI.4.** Valores de puntuación factorial de los Factores 1 y 2 obtenidos a través del Análisis de Factores, así como la importancia de los taxones de radiolarios polycystinos en cada factor...**51**

**Fig. VI.5.** Escenario sugerido para el Factor 2, a través de la asociación de radiolarios caracterizada por *L. buetschlii*, *P. oikiskos*, *L. nadezdae* y *P. obeliscus*...**55**

**Figura VI.6.** Valores de puntuación factorial de los Factores 3 y 4 obtenidos a través del Análisis de Factores, así como la importancia de los taxones de radiolarios polycystinos en cada factor...**56**

**Figura VI.7.** Cargas factoriales de los cuatro factores durante el intervalo de ~2728 a ~840 años AP en la cuenca del Carmen, golfo de California; las áreas sombreadas muestran los intervalos significativos para cada factor...**62**

**Figura VI.8.** Susceptibilidad Magnética (SM) de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 durante ~2728-840 años AP, los registros son cada 0.5 cm. El área en color naranja indica valores altos de SM y las áreas de color azul indican valores bajos de SM...**63**

**Figura VI.9.** Registro de la Susceptibilidad Magnética (SM-graficado en escala logarítmica) de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58, así como la abundancia relativa de *Tetrapyle octacantha*. Las áreas sombreadas sugieren una posible relación entre los valores altos de SM y condiciones climáticas cálidas y húmedas...**65**

**Figura VI.10.** Periodos obtenidos para la serie de medición de Susceptibilidad Magnética DIPAL-I K58...**66**

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla II.1.** Masas de agua descritas para la boca del golfo de California (tomada de Lavín *et al.* (2009))...16
- Tabla IV.1.** Resumen de las estrategias alimenticias para radiolarios polycystinos, propuestas por Matsuoka (2007)...28
- Tabla V.1.** Resultado de las dataciones con  $^{210}\text{Pb}$  de catorce muestras sedimentarias del núcleo de caja DIPAL-I C58, para la estimación de la tasa de sedimentación...36
- Tabla V.2.** Edades interpoladas a través de la ecuación  $T=(z^*e \text{ núcleo})/p_{\text{total}}$ , a todo lo largo del núcleo DIPAL-I K58...39
- Tabla VI.1.** Taxones de radiolarios polycystinos que presentan un porcentaje promedio de abundancia  $\geq 1$ . Se indica con la letra N los taxones que pertenecen al orden Nassellaria y con la letra S aquellos que pertenecen al orden Spumellaria...44
- Tabla VI.2.** Estudios sobre la distribución geográfica y en la columna de agua de radiolarios polycystinos holocénicos...46
- Tabla VI.3.** Autovalores de los cuatro factores definidos a través del Análisis de Factores, así como el porcentaje total de varianza...47
- Tabla VI.4.** Cargas factoriales de los cuatro factores obtenidos a través del Análisis de Factores. Los valores significativos están en negritas ( $\geq 0.60$ )...49
- Tabla VI.5.** Valores de la puntuación factorial de los cuatro factores obtenidos a través del Análisis de Factores, así como los taxones de radiolarios polycystinos correspondientes. Los valores significativos están en negritas y subrayados...50
- Tabla VI.6.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 1...52
- Tabla VI.7.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 2...54
- Tabla VI.8.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 3...57
- Tabla VI.9.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 4...58
- Tabla VI.10.** Correlación de los ciclos descritos en la literatura y los periodos significativos obtenidos a través del análisis de series de tiempo de la susceptibilidad magnética medida de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58...67

## RESUMEN

Se analizó la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58, colectada en la parte suroccidental del golfo de California, en la cuenca del Carmen, a una profundidad de 710 m. Se estimó una tasa de sedimentación de 1.14 mm/año, proporcionando un escenario de los últimos ~2728 años AP. El objetivo fue reconstruir la variabilidad oceánica y climática en la cuenca del Carmen durante el Holoceno tardío, a partir de las asociaciones de radiolarios polycystinos y la Susceptibilidad Magnética. Se identificaron 208 taxones y se describieron por primera vez en la cuenca del Carmen, cuatro especies de radiolarios: *Plectacantha oikiskos*, *Lophophaena butschlii*, *Lithomelissa hystrix* y *Cladoscenum tricolpium*. A través del Análisis de Factores “modo Q”, se definieron cuatro escenarios, los cuales explicaron el 88.47% de la varianza total de los datos:

El primer escenario (~2728 a ~2670 y ~1034 a ~840 años AP) caracterizado por *Lithomelissa setosa*, *Phormacantha hystrix* y *Drupptractus variabilis* sugiere que hubo una productividad primaria importante y una mayor presencia del Agua Intermedia del Pacífico. Con base en las especies que dominan al Factor 2 (*Lophophaena butschlii* y *Plectacantha oikiskos*), se sugiere que el escenario dos (~2526 a ~2141 años AP) está más relacionado con el tipo de alimentación, más que con masas de agua. El tercer escenario sugiere que para el intervalo de ~1997 a ~1612 años AP, en ambiente presentó condiciones más frías a las que se presentan durante la fase de invierno en el golfo de California. El cuarto escenario sugiere que debido a la dominancia de especies de radiolarios afines al Agua del Golfo de California de ~1564 a ~1083 años AP, hubo una mayor presencia de esta masa de agua en la cuenca del Carmen.

Los resultados de Susceptibilidad Magnética indican que de ~900-840 años AP, el aporte de sedimentos terrígenos a la cuenca del Carmen fue más evidente, y posiblemente la principal vía de aporte es pluvial, sugerido por la correlación significativa que se presenta entre los valores altos de abundancia relativa de *Tetrapyle octacantha* y valores altos de susceptibilidad. Por otra parte, a partir del análisis espectral, se definieron periodos que podrían relacionarse a ciclos de actividad solar (e.g. Gleissberg o Suess).



## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación de tesis de maestría presenta una reconstrucción de la variabilidad climática durante el Holoceno Tardío en la cuenca del Carmen, localizada en la parte suroccidental del golfo de California. Para ello, se analizó el registro de una secuencia sedimentaria laminada (DIPAL-I K58), colectada a 710 m de profundidad, bajo la zona de oxígeno mínimo.

La cuenca del Carmen presenta características importantes que la hacen de gran interés para realizar reconstrucciones oceanográficas y climáticas. Una de ellas es que es una región de alta productividad biológica, alimentada por los sistemas de surgencias y/o giros ciclónicos y anticiclónicos, por lo que los sedimentos que subyacen esta cuenca, están conformados por: 1) los restos biogénicos que caen al fondo, resultado de la alta productividad y, 2) por sedimentos terrígenos llevados por descargas fluviales y/o eólicas -del lado oriental- y por transporte vía pluvial y/o eólica -del lado occidental-, este aporte diferencial propicia la formación de sedimentos laminados. Cabe destacar que el bajo contenido de oxígeno disuelto (<0.1 ml/L) en las aguas de fondo, inhibe la bioturbación y hace posible la preservación de estos registros sin alteración (Baumgartner *et al.*, 1991; Pike y Kemp, 1997; Pérez-Cruz, 2006).

En particular, los sedimentos marinos laminados son registros continuos de alta resolución temporal y tienen un gran potencial para los estudios paleoclimáticos, debido a que éstos registran periodos cortos de la variabilidad climática, incluyendo aquella a escala estacional (Pérez-Cruz y Herguera-García, en prensa).

En este estudio se utilizaron dos *proxies* de las condiciones oceánicas y climáticas: los radiolarios polycystinos (*proxy* biológico) y la mineralogía magnética (Susceptibilidad Magnética) (*proxy* no biológico).

Los radiolarios polycystinos, son protozoarios estrictamente marinos que se encuentran presentes en todos los océanos del mundo y en todas las zonas climáticas. Su abundancia en una región geográfica está relacionada con las masas de agua, incluyendo variables tales como la temperatura, salinidad, productividad y disponibilidad de nutrientes (Casey, 1971; Molina-Cruz, 1977; Kling, 1978; Boltovskoy y Jankilevich, 1985; Nigrini y Caulet, 1992), por lo que estos organismos se han utilizado como un excelente *proxy*, para realizar reconstrucciones paleoceanográficas y paleoclimáticas, ya que al morir, sus esqueletos de sílice se depositan en los sedimentos del fondo marino y representan la señal de las condiciones oceánicas superficiales y subsuperficiales del mar. Por otra parte, la medición de los minerales magnéticos en sedimentos marinos, en particular la Susceptibilidad Magnética, ha sido utilizada con buenos resultados para inferir cambios en el aporte y fuente de sedimentos terrígenos asociados a cambios climáticos (Maher y Thompson, 1999; Pérez-Cruz y Urrutia-Fucugauchi, 2010).

## OBJETIVOS

- General

Estudiar los cambios climáticos ocurridos durante el Holoceno Tardío en la cuenca del Carmen, golfo de California, a una escala multidecadal, mediante el análisis de las asociaciones de radiolarios polycystinos y de la Susceptibilidad Magnética.

- Particulares

Sugerir escenarios oceanográficos para el Holoceno Tardío en la cuenca del Carmen, golfo de California, a partir del estudio de las asociaciones de radiolarios.

Investigar fluctuaciones en la productividad primaria en la cuenca durante el periodo estudiado y su relación con las asociaciones de radiolarios.

Determinar la fuente de los sedimentos terrígenos a la cuenca, con base en el análisis de la susceptibilidad magnética, y su posible relación con la variabilidad climática.

## CAPÍTULO I. ESTUDIOS PALEOCEANOGRÁFICOS Y PALEOCLIMÁTICOS REALIZADOS PARA EL GOLFO DE CALIFORNIA

A continuación se mencionan los estudios paleoceanográficos y paleoclimáticos realizados en el golfo de California (gC), utilizando diferentes *proxies*, con temporalidades diferentes y afines a la del presente estudio.

Con el objetivo de estudiar la evolución oceanográfica del gC, Molina-Cruz (1986) analizó la distribución de radiolarios en sedimentos superficiales y en secuencias sedimentarias en la boca del golfo. A partir de un Análisis de Factores modo “Q”, definió cinco factores, los cuales reflejaban algunos rasgos de la dinámica oceánica: como surgencias, frentes oceánicos y masas de agua. Los factores fueron designados de la siguiente manera: “Factor Guaymas”, “Factor Subtropical”, “Factor Surgencias”, “Factor Canal de Ballenas” y “Factor Corriente de California”. Con base en la composición faunística de cada factor y la información de las afinidades oceánicas de los taxa de radiolarios, el autor sugirió las siguientes condiciones oceánicas: La presencia de las aguas subtropicales en la región de la boca del golfo durante los últimos 20,000 años, aunque eventualmente su presencia ha sido menos dominante debido a la incursión del Agua de la Corriente de California (ACC) (evidenciada por el factor del mismo nombre). Así mismo, señaló que la incursión del ACC fue más intensa entre 20,000 y 11,000 años, que durante el estadio postglacial (hace ~11,000 años). Alrededor del datum 18 K, al parecer el ACC participó en los procesos de surgencias que ocurren al sur de la costa occidental del golfo, proveyendo un flujo importante de agua subsuperficial a esta región, particularmente durante el Último Máximo Glacial, lo cual es acorde con las condiciones climáticas globales; mientras que el agua subtropical, por el contrario, ha presentado una mayor estabilidad en el Holoceno.

En otro estudio, se reconstruyeron los cambios en la intensidad de las surgencias durante los últimos 3000 años en la cuenca de Guaymas (cG), en el golfo de California (Juillet-Leclerc y Schrader, 1987). Se realizaron análisis de isótopos de oxígeno (medido del sílice biogénico en diatomeas), con el fin de reconstruir la variación de la temperatura de las aguas superficiales y hacer una comparación de estas fluctuaciones con la variación de la abundancia del silicoflagelado *Dictyocha messanensis* (indicador de baja productividad). Se sabe que la productividad en la cG se debe esencialmente a las surgencias, y la intensidad de éstas está directamente ligada a las fluctuaciones del patrón de vientos en el Océano Pacífico Norte (Allen, 1937; Roden, 1958, 1964; Wyrski, 1975; Philander, 1981). Por lo antes mencionado, se sugirió que los vientos del noroeste han sido menos intensos a partir de finales del siglo XIX al presente y que los valores máximos se presentaron de 2000 a 1500 años AP. A lo largo de los últimos ~3000 años, se observaron dos intervalos de incremento en la Temperatura Superficial del Mar – TSM promedio- (máxima de 17°C) y máximos de abundancia en *D. messanensis*, los cuales fueron hace 3000 años AP y a finales del siglo XIX-al presente, sugiriendo un debilitamiento en

la intensidad de los vientos del noroeste, la incursión de agua superficial cálida y una baja productividad. El intervalo entre estos dos eventos cálidos, se caracterizó por temperaturas bajas (13-14°C), presentando un descenso importante a temperaturas de ~9 °C, de 2000 a 1500 años AP. Para este intervalo, Juillet-Leclerc y Schrader (1987) sugieren que hubo una intensificación de los vientos del noroeste, generando una intensificación de las surgencias (evidenciado por las bajas temperaturas) y un aumento en la productividad primaria, evidenciado por el decremento de la abundancia de *D. messanensis*.

Dean *et al.* (2004), analizaron dos núcleos de caja colectados en las cuencas de Guaymas y Carmen (cCa), en la margen este del gC, con el propósito de inferir las diferentes fuentes de sedimento que llegan a estas cuencas y cómo han variado, a escalas interanuales y decadales, durante los últimos 200 años. Para ello llevaron a cabo análisis geoquímicos (elementos mayores y menores-Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Ti, Mn, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Li, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Sc, Sr, Th, V, Y y Zn). Los autores lograron identificar tres asociaciones, por medio de un Análisis de Factores modo “Q”, las cuales denominaron: 1) Clastos-detríticos, 2) Carbonatos y 3) Redox. La asociación “Clastos-detríticos (C-d)” presentó dos fuentes: i) C-d máficos provenientes de la Sierra Madre Occidental (SMO) a lo largo de la costa occidental de México, ya que presentaban concentraciones altas de Ti, Mn y Fe, y ii) C-d más félsicos, con altas concentraciones de Li, Ce, K y Al, derivados de rocas sedimentarias (en su mayoría areniscas) de la meseta del Colorado, acarreados por el Río Colorado. Para los últimos 180 años observaron un decremento en el aporte de agua y sedimento del Río Colorado, inferido por un decremento importante de la tasa de acumulación de masa de la fracción clástica-detrítica.

La asociación Redox se caracterizó por altas concentraciones de Mo y V, los cuales indican un depósito bajo condiciones de sulfato reducción, sus concentraciones bajas durante los últimos 100-170 años, sugieren que las aguas de fondo en el golfo han sido más oxigenadas en este periodo. El que las aguas de fondo presenten una mayor oxigenación, nos puede reflejar un decremento en la demanda biológica de oxígeno, lo cual sugiere un decremento en la productividad.

Asimismo, los autores lograron identificar ciclos con periodicidades de 10-20 años, en varios componentes geoquímicos de ambos núcleos, el más notable de ellos, es el ciclo de 20 años en un componente más máfico (Ti), particularmente en sedimentos depositados durante el siglo XIX. Aunado a estos ciclos bidecadales (16-32 años), se identificaron multidecadales (>32 años) y multianuales (8-16 y 4-8 años) sugieren que posiblemente estos últimos podrían ser resultado de un forzamiento de “El Niño” Oscilación Austral (ENOA). De igual manera el ciclo de 20 años presenta una buena correlación con los ciclos de la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), en particular con la fase cálida. Los ciclos son interpretados como periodos de humedad-aridez, correspondiendo a periodos de incremento-decremento en el aporte de sedimentos volcánicos de la SMO. Por lo que, cuando se presentó una buena correlación entre los ciclos de 20 años del

Ti y los ciclos de la ODP en fase positiva, hubo un mayor influjo de fragmentos volcánicos ricos en Titanio, una ocurrencia mayor del ENOA y precipitaciones importantes en invierno.

Con base en el análisis de alquenonas (índice de UK '37) en dos núcleos, colectados en la cG en el gC y en la cuenca Cariaco en el Caribe (cC), Goñi *et al.*, (2006), identificaron un incremento general en la TSM de  $\sim 1$  a  $2^{\circ}\text{C}$  para ambas regiones durante los últimos 300 años (1700-2000 A.D.) y un decremento abrupto de  $\sim 1^{\circ}\text{C}$  de 1950 a 1980 A.D. Goñi *et al.*, (2006), sugieren que estos cambios en la TSM reflejan la variabilidad en la intensidad de las surgencias. Debido a la localización de ambas cuencas, se observó un desacoplamiento de los registros de TSM entre la cG y la cC, ya que los periodos de aumento de surgencias en cG se caracterizan por un decremento de surgencias en cC y viceversa. Los autores proponen que este fenómeno refleja diferencias en la respuesta de las surgencias a los cambios en la posición del Alto Subtropical (AS) sobre el Pacífico Oriental y la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) sobre el Atlántico Occidental. Durante los últimos 50 años, los patrones de circulación de los vientos han sido favorables para aumentar las surgencias en la cG relativo a la cC, mientras que lo opuesto sucede durante el periodo ca. 1900 - 1950. Goñi *et al.*, (2006) especulan que los cambios multidecadales en la insolación solar pueden ser la causa de estos pequeños cambios en la posición del AS y la ZCIT, después de la Pequeña Edad de Hielo. Este mecanismo podría funcionar de la siguiente forma, si hubo un aumento en la insolación solar, hubo una migración del AS, aumentando la eficiencia de los vientos del noroeste e incrementando las surgencias en la cG. Al mismo tiempo, el movimiento más al norte de la ZCIT, causó un cambio en la dirección de los vientos, creando un decremento de la intensidad de las surgencias en la cC. En contraste, durante periodos de baja insolación solar, la migración al sur del AS y la ZCIT disminuye las surgencias en la cG e incremento de vientos favorables para aumentar las surgencias en la cC.

Con el propósito de proporcionar un escenario oceanográfico y climático de escala milenaria durante el Holoceno Medio y Tardío, Pérez-Cruz (2006) analizó una secuencia de sedimentos laminados, colectada en la cuenca Alfonso (cA), utilizando como proxies a los radiolarios y a la susceptibilidad magnética. La autora identificó 137 taxa de radiolarios en 206 muestras y aplicó un Análisis de Factores modo "Q", a través del cual definió tres asociaciones. Los *factor loadings* se graficaron contra la edad con el propósito de describir sus cambios a través del tiempo. Con base en las asociaciones de especies y sus afinidades a las condiciones oceanográficas modernas (principalmente masas de agua) y condiciones climáticas en el área, la autora nombró a los factores: (1) "Golfo de California", (2) "Ecuatorial", y (3) "Eventos Fríos". El registro de radiolarios proporcionó un escenario regional del Holoceno Medio y Tardío, sugiriendo dos regímenes climáticos mayores y varios eventos en escala milenaria. La asociación denominada "Factor Golfo de California" predominó entre 7700 y 2500 años AP, sugirió que las condiciones ambientales fueron relativamente más cálidas y áridas que las actuales, lo que promovió la

intensificación de los procesos de evaporación y, consecuentemente la dominancia del Agua del Golfo de California en la cuenca. Estas condiciones las correlacionó con las fuertes sequías que ocurrieron durante el Holoceno Medio en América del Norte y con la incursión mínima de las aguas tropicales en el gC. Por otra parte, el “Factor Ecuatorial”, sugirió que para el Holoceno Tardío, entre 2400 a 700 años AP, las condiciones fueron cálidas y que la presencia del Agua Superficial Ecuatorial fue dominante en la cA. Estas condiciones fueron posibles relacionarlas con el hecho de que los ciclos del ENOA han sido más frecuentes e intensos durante el Holoceno Tardío. Los registros en este intervalo también apoyaron la señal de la Anomalía Climática Medieval (ACM), a 1030 y 963 años AP, el cual es consistente con el patrón climático global. Los taxa de radiolarios del “Factor Eventos Fríos”, reflejan condiciones oceánicas frías, muy similares a los procesos de surgencias a ~5730, 3360, 2700, 1280, y 820 años AP, como un resultado de los cambios en la circulación de los patrones de vientos en Norte América, promoviendo la intensificación de los vientos del noroeste en el gC y en la Bahía de la Paz, permitiendo el incremento de las surgencias y el mejoramiento en la productividad. Además, a partir de los registros de susceptibilidad magnética, determinó un incremento en el aporte de terrígenos a la cuenca durante el Holoceno Tardío, debido al aumento de la precipitación, asociada probablemente con la intensificación de los eventos de “El Niño”.

Barron y Bukry (2007) realizaron un análisis en tres núcleos colectados en el talud este de las cuencas Guaymas, Carmen y Pescadero (cP) en el gC. El propósito del estudio fue documentar las condiciones de las aguas superficiales en el golfo, utilizando a las diatomeas y silicoflagelados durante los últimos 2000 años. Con base en estas asociaciones, fue posible identificar la variación estacional entre un periodo de alta productividad biosilíceica originada por vientos del noroeste (finales de otoño-principios de primavera) y un periodo de verano, cálido, con aguas superficiales menos productivas y estratificadas, durante el cual, hay un debilitamiento de los vientos del noroeste y una incursión de aguas tropicales al golfo. Los autores identificaron ciclos de ~100 años de duración, dados por *O. pulchra* (silicoflagelado *proxy* de baja TSM y alta productividad), y *A. nodulifera* (diatomea tropical), ocurriendo principalmente de 400-1700 A.D. en sedimentos de la cCa, sugiriendo que la actividad solar influye en la generación de surgencias costeras. Fue posible identificar la ACM (900-1200 A.D.), la cual se caracterizó por dos periodos de reducción en la productividad (TSM cálida), con un intervalo de alta productividad (TSM fría) en ~1050 A.D. Las condiciones que prevalecieron durante la ACM, también dominaron los últimos ~100-200 años en cG y cP. Los intervalos de aumento en la productividad, se ven correlacionados con intervalos de incremento en la producción de radiocarbono (mínimos de manchas solares), lo cual sugiere que el generador principal de ello es la variabilidad solar. Barron y Bukry (2007) proponen que el incremento de frío atmosférico en invierno sobre el suroeste de los Estados Unidos de América durante los mínimos de manchas solares causa una intensificación de los vientos del noroeste, los cuales fluyen en el eje del gC a

finales de otoño y principios de primavera, propiciando la intensificación de un bombeo de nutrientes a la superficie y aumentando así la productividad primaria.

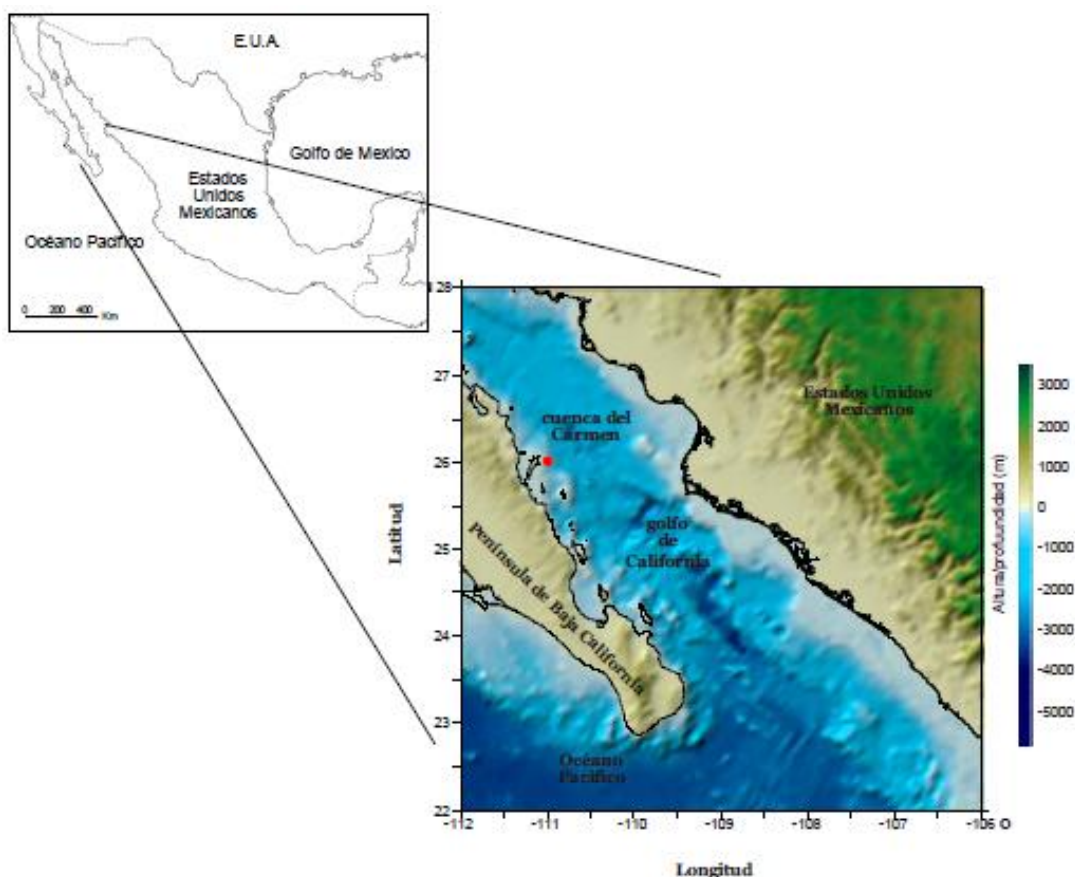
Villagrán-de-la-Cruz (2008), analizó de una secuencia sedimentaria de 215 cm de longitud colectada en una subcuenca en la parte occidental de la cC, con el propósito de documentar la presencia y abundancia de las asociaciones de radiolarios durante el Holoceno Tardío. Se identificaron 160 taxa de radiolarios, los cuales fueron abundantes, diversos y mostraron muy buena preservación en los 23 intervalos analizados. A partir de este estudio se realizaron algunas inferencias paleoceanográficas en escala centenaria, sin embargo el marco cronológico aún no estaba bien definido, por lo cual se sugirió necesario afinar el marco y aumentar el número de intervalos estudiados para una mayor resolución temporal y una interpretación multidecadal.

## CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO

### -GENERALIDADES

El golfo de California está ubicado aproximadamente entre los 23° y 32° N y los 107° y entre 116°O en el Pacífico Subtropical Oriental, entre la península de Baja California y la región continental de la República Mexicana. Tiene una longitud de 1100 km y una anchura promedio de ~180 km (Fig. II.1).

El golfo es un mar marginal del Océano Pacífico (Roden y Groves, 1959), iniciando su formación aproximadamente hace cuatro millones de años, por medio de fallamiento lateral y dispersión del piso oceánico, a lo largo del límite entre las placas del Pacífico y Norte América (Atwater, 1989; Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 1997; Fletcher y Munguía-Orozco, 2000), por lo que se considera una cuenca geológicamente *joven* (Curry *et al.*, 1982; Atwater, 1989).



**Figura II.1** Ubicación del área de estudio (cuenca del Carmen) en el golfo de California. Se indica la localización de recuperación de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 (círculo rojo).



## -ESTRUCTURA GEOLÓGICA

### *Morfología*

La morfología del golfo presenta la estructura de áreas adyacentes que lo rodean, a lo largo de su eje hay varias cuencas cerradas, relacionadas a las fallas. El margen oriental presenta plataformas deposicionales bien desarrolladas, relacionadas a una amplia planicie costera, su formación se debe a las escorrentías de ríos importantes y sus deltas correspondientes, los cuales drenan importante carga de sedimento a la costa. En el margen occidental la plataforma es más estrecha debido a las carencias de sistemas fluviales permanentes. La máxima extensión se encuentra entre los 5 y 10 km, y continúa con una pendiente que desemboca en las grandes depresiones centrales del golfo (Bischoff y Niemitz, 1980).

### *Tectónica*

Durante el Cretácico tardío al Cenozoico temprano, la placa tectónica Farallón fue subducida por debajo de la parte occidental de Norte América. Lo que actualmente es la península de Baja California, durante ese tiempo fue una plataforma continental-marina estable, a diferencia de la Sierra Madre Occidental que fue un arco volcánico activo (Hausback, 1984). Alrededor de los 24 Ma, durante el Cenozoico medio, el sistema Farallón-Pacífico empezó a extenderse aproximándose a la trinchera, la zona de subducción cambió, por lo que la actividad volcánica migró al occidente y llegó a lo largo de lo que hoy es la parte este de Baja California (Hausback, 1984; Atwater, 1989). Después de la subducción, la parte occidental de Baja California y la actividad del arco volcánico al este de Baja California, cesó durante el Mioceno Tardío. El límite entre el Pacífico y Norte América, se caracterizó por un cambio de rumbo hacia el noroeste, a lo largo de la parte derecha de la falla San Benito-Tosco-Abrejos. La elevación del Pacífico rotó a la derecha en el extremo sur de esta frontera (Lonsdale, 1989; Hausback, 1984; Atwater, 1989; Spencer y Normark, 1979), hasta que la cordillera-trinchera se transformara en una triple unión y se estabilizara en el área que es ahora la boca del golfo (Spencer y Normark, 1979).

Hacia los 3.5 Ma, mucho del movimiento entre la placa del Pacífico y la continental Mexicana fue transferido de la falla Tosco-Abrejos al proto-golfo, ocasionando que la parte baja de la península fuese separada de Norte América e inició su unión a la placa del Pacífico (Hausback, 1984). Un desprendimiento acelerado en la parte oriental dentro del golfo, generó propagaciones que fueron en contra de las manecillas del reloj, iniciando un patrón de nuevas fallas transformes oblicuas, siendo la tendencia general presente en el golfo (Lonsdale, 1989).

## -DIVISIÓN DEL GOLFO DE CALIFORNIA

La división regional del golfo de California siempre ha dependido de los objetivos de proyectos, trabajos e investigaciones. En el presente trabajo se consideró la división realizada por Lavín *et al.* (1997), quienes definen cinco zonas: 1) la zona de la boca, 2) la parte sur, 3) la zona entre las islas, 4) la parte norte y 5) el alto golfo, reflejando principalmente la batimetría.

*La zona de la boca* es muy profunda (> 3000 m) e incluye parte de la cuenca Pescadero y la cuenca Mazatlán. La principal característica hidrográfica es que en ella se encuentran en contacto varias masas de agua, lo cual genera frentes termohalinos.

*La parte sur* es la más extensa, y abarca desde la línea Cabo San Lucas-El Dorado hasta los umbrales de las grandes islas. Esta zona contiene una serie de cuencas cuya profundidad máxima disminuye hacia adentro del golfo: cuenca Pescadero (~3000 m), cuenca Farallón (~3000 m), cuenca del Carmen (~2000 m), cuenca de Guaymas (~2000 m) y cuenca San Pedro Mártir (~1000 m).

*La zona entre las islas*, este archipiélago contiene las islas más grandes de México (Tiburón y Ángel de la guarda) y se caracteriza por umbrales someros y canales angostos que comunican la parte norte y la parte sur del golfo; el intercambio de agua entre la parte norte y la parte sur del golfo ocurre a través de estos umbrales, y la comunicación más amplia ocurre entre Isla San Lorenzo e Isla San Esteban.

*La parte norte* abarca desde las grandes islas hasta la línea que va de San Felipe, B.C., a Puerto Peñasco, Son. Esta zona es mucho más somera que la parte sur y, aunque contiene algunas cuencas, su profundidad media es de aproximadamente ~200 m y la mayor parte del fondo marino puede clasificarse como parte de la plataforma continental. Las cuencas principales son: parte de cuenca Tiburón (~400 m), cuenca Delfín (~600 m) y cuenca Wagner (~200 m), ésta última es muy pequeña.

*El alto golfo* comprende el triángulo de ~70 m de lado con vértices en la desembocadura del Río Colorado. Esta zona es muy somera, su profundidad media es ~15 m y está sujeta a fuertes corrientes de marea.

## - CLIMATOLOGÍA

Escala: *estacional, anual, interanual y decadal.*

Es de importancia saber que la radiación solar dicta la variabilidad promedio y estacional de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), tanto en el Hemisferio Norte como en el Sur. Sin embargo, efectos locales, tales como: la batimetría y variaciones locales en la fuerza de los

vientos y la circulación, modifican los patrones de temperatura en cada región (Flores-Morales *et al.*, 2009).

Particularmente en el Pacífico Tropical Oriental (PTO), la Alberca Cálida del Hemisferio Occidental (ACHO) es de gran importancia porque ayuda a modular la humedad en México y parte de los Estados Unidos de América. La ACHO es un reservorio importante de calor y humedad para la circulación monzónica sobre América central, la cual empieza a desarrollarse en el Pacífico Tropical Noroeste a principios de la primavera (Magaña *et al.*, 1999; Wang y Enfield, 2001, 2003; Magaña y Caetano, 2005; Amador *et al.*, 2006). La ACHO se compone a su vez de la Alberca Cálida del Pacífico Oriental (ACPO), la cual es una región donde la TSM es  $>28^{\circ}\text{C}$  a lo largo del año, y se extiende en un cinturón que va de los  $6^{\circ}\text{N}$  a los  $15^{\circ}\text{N}$  y comprende aproximadamente  $120^{\circ}$  al este de las costas Mexicanas (Flores-Morales *et al.*, 2009).

La variabilidad de la TSM, así como la circulación del PTO, son influenciadas por la variabilidad de los vientos que generalmente soplan a lo largo del ecuador hacia las costas (Badan-Dangon, 1998). Otro factor potencialmente importante para la modulación de la TSM en la zona, es la conexión entre señales de baja frecuencia del Pacífico Ecuatorial y el Pacífico Norte (Enfield y Allen, 1980; Parés-Sierra y O'Brien, 1989; Clarke y Van Gorder, 1994).

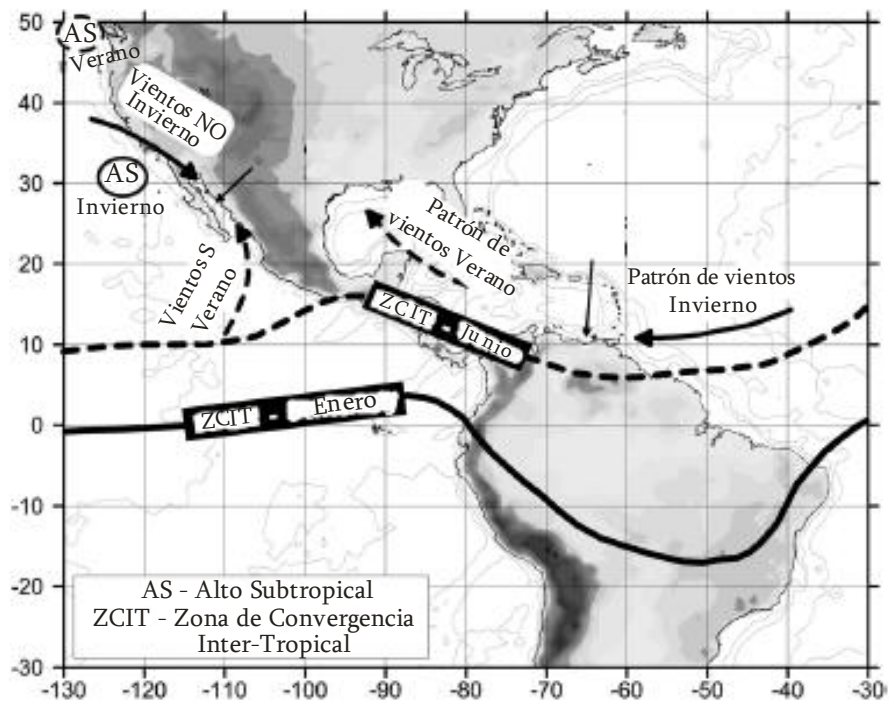
Al encontrarse en el borde de los subtropicos, la climatología del golfo de California está forzada principalmente por: 1) el Océano Pacífico Tropical Oriental, 2) el calentamiento diferencial del océano y la tierra, así como 3) la interacción estacional de la circulación atmosférica entre los trópicos y las latitudes medias. El resultado de estas interacciones se refleja en un *clima monzónico*, en el cual hay una variación de vientos y estaciones de humedad y aridez.

El clima monzónico del golfo es una interacción dinámica entre sistemas climáticos en latitudes medias y los trópicos, dirigido por procesos dados entre el océano-atmósfera, el cual, básicamente consta de dos fases: invierno (frío y árido) y verano (cálido y húmedo). Ambas fases varían en intensidad y duración en respuesta al forzamiento de insolación en varias escalas de tiempo; mientras que, a una escala estacional-interanual, se ven afectados por los eventos de "El Niño" Oscilación Austral (ENOA), estas variaciones junto con las de largo plazo son reflejadas en los sedimentos del golfo (Douglas *et al.*, 2002, 2007; González-Yajimovich *et al.*, 2007; Barron *et al.*, 2003, 2004; Herguera-García *et al.*, 2003; Staines-Urias y Douglas, 2007; Pérez-Cruz, 2006).

La fase de invierno (Noviembre-Marzo) se caracteriza por el dominio de vientos provenientes del flujo anticiclónico alrededor del Sistema de Alta Presión Subtropical (SAPS) en el Pacífico Oriental. A finales del otoño es cuando los vientos se intensifican debido a que el SAPS y la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) se retraen ecuatorialmente (Fig. II.2). El viento sobre el golfo de California es canalizado por la alta topografía de ambos lados de la cuenca. Los vientos del lado de la península son generalmente más fuertes que los del lado del continente,

estos vientos invernales bajan la TSM, generando una capa de mezcla de mayor espesor y un transporte de Ekman a lo largo del margen oriental del golfo. Como consecuencia, la termoclina se debilita y al parecer desaparece en la región central durante Enero-Marzo (Robinson, 1973; Thunell *et al.*, 1996).

Las surgencias originadas por el viento son más fuertes a lo largo del margen continental, especialmente al sur de las proyecciones de las costas. De acuerdo a Bray y Robles (1991) hay un transporte neto de agua superficial fuera del golfo, aunque la circulación superficial es variable y compleja (Castro *et al.*, 1994; Mascarenhas *et al.*, 2004). Durante la fase invernal el golfo es una cuenca evaporítica, que muestra una evaporación anual neta > a la precipitación más escorrentías de 0.61+-0.03m/año sobre todo el golfo (Beron-Vera y Ripa, 2002) y hasta los 3m/año en las cuencas del norte (Bray, 1988), con un correspondiente flujo alto de calor latente a la atmósfera (Beron-Vera y Ripa, 2000; Mascarenhas *et al.*, 2004). Aunado a ello, los vientos invernales del noroeste pasan sobre la región desértica tanto del norte como del este y transportan considerables cantidades de polvo a la parte sur y centro del golfo (Baumgartner *et al.*, 1991).



**Figura II.2** Mapa que muestra la localización de la ZCIT (ITCZ-por sus siglas en inglés) y el AS (SH-por sus siglas en inglés) durante el invierno y verano boreal. Se muestran los patrones generales de los vientos dominantes durante el invierno y verano en el Hemisferio Norte (tomado de Goñi *et al.*, 2006, adaptado de Poore *et al.*, 2004 y Cheshire *et al.*, 2005).

Durante la fase de verano (Abril-Octubre) en el golfo de California las temperaturas son altas, así como la humedad y la precipitación. Los vientos del noroeste disminuyen, el SAPS y la ZCIT migran al norte, generando que los vientos del sureste, irregulares, propiciando un flujo de agua superficial a la cuenca por la parte sur del golfo (Fig. II.2; Bordoni *et al.*, 2004). Durante el verano y principios de otoño, la TSM excede los 29°C, debido al incremento de insolación y la incursión del Agua Superficial Tropical (AST; Lavín *et al.*, 2009). A mediados del verano, las aguas superficiales cálidas >28°C (de 150 m de espesor), cubren la parte central y sur del golfo, generando una termoclina profunda, retardando la advección vertical de nutrientes a la superficie e impidiendo la productividad primaria. Las surgencias generadas por viento son débiles y limitadas al margen peninsular (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Bray y Robles, 1991); aunado a ello vientos de alta elevación (tropósfera media), tormentas convectivas y “sobretensiones del golfo” se propagan por el sistema ciclónico sobre la ACPO en el PTO, los cuales transportan aire tropical cargado de humedad dentro del golfo y produce de un 60-80% de la precipitación estacional (Bordoni *et al.*, 2004; Bordoni y Stevens, 2005). La lluvia durante la fase de verano se concentra a lo largo del flanco oeste de la Sierra Madre Occidental, y es el principal responsable de la sedimentación fluvial en el golfo.

Es importante mencionar que la mayor fuente de la variabilidad interanual en el golfo de California es causada por el ENOA, presentando una ciclicidad de ~3 y 7 años (Robles y Marinone, 1987; Bray y Robles, 1991), y se sabe que tiene una gran influencia en la oceanografía y en la distribución de organismos. Durante los eventos de “El Niño” hay una gran incursión de aguas superficiales tropicales, cálidas y de baja salinidad provenientes del Pacífico hacia el interior del golfo, las cuales se propagan hacia el norte (Thunell, 1998; Soto-Mardones *et al.*, 1999). Otras características de este fenómeno son un registro de aumento de la TSM y un incremento en las anomalías del nivel del mar, así como un mayor tiempo de residencia del Agua Superficial Tropical en el golfo (Baumgartner y Christiansen, 1985; Pérez-Cruz y Urrutia-Fucugauchi, 2010a).

Otra de las fuentes de variabilidad climática en el golfo, en una escala decadal, es la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), y se presenta como una fluctuación (variabilidad climática) de largo periodo en el Océano Pacífico, la cual afecta principalmente la cuenca del Pacífico y el clima de América del Norte. Consta de una fase positiva (o cálida) y una fase negativa (o fría). La ODP desde un punto de vista oceanográfico y atmosférico, es el marco de fondo para otras oscilaciones de menor periodo, tal como “El Niño” (Zhang *et al.*, 1997). La diferencia principal entre ambas oscilaciones es la escala temporal, ya que la duración típica del ENOA oscila entre 1 y 2 años, mientras que la duración de cada fase de la ODP es del orden de 20 a 30 años. Otra diferencia es la escala espacial (las regiones que parecen influenciar desde el punto de vista climático). El ENOA influye en el clima tropical, mientras que la ODP afecta al Pacífico Norte y al continente Norteamericano.

## -MASAS DE AGUA

El golfo de California presenta diferentes masas de agua, y su presencia depende de la región dentro del golfo; esto se debe primeramente a la interacción que se tenga con el Pacífico, aunado a que a lo largo del golfo existe diferente profundidad la cual aumenta de Norte a Sur, lo que ocasiona que también la batimetría sea un factor importante para la presencia o ausencia de ciertas masas de agua (en particular las intermedias y profundas).

Para la región de la boca o entrada, a continuación se describen las masas de agua que están presentes (Tabla II.1), la clasificación de ellas es de acuerdo a Lavín *et al.* (1997) y Lavín *et al.* (2009), quienes retoman la clasificación realizada por Wyrski, (1967):

Agua del Golfo de California (AGC), esta masa de agua se forma por la convección de invierno en la región norte del golfo, presenta bajas temperaturas de 14-29.5°C y una salinidad  $\geq 34.9$ . Se ha visto que presenta un flujo estrecho hacia el exterior del golfo de California en el margen peninsular (Lavín *et al.*, 1997; 2009). La formación de esta masa de agua en la parte norte del golfo, ocurre principalmente durante Invierno o durante eventos de vientos intensos del noroeste, los cuales acarrearán aire frío y seco (Reyes y Lavín, 1997), generando que el agua más salina, se enfríe principalmente por evaporación y se hunda frente a las costas de Sonora hasta una profundidad de  $\sim 75$  m, fluyendo hacia el noroeste y hundiéndose de nuevo a una profundidad de  $\sim 125$  m, regresando hacia el sureste del lado de Baja California (López, 1997), generando un flujo subsuperficial mayor del lado de la península hacia la parte central y sur del golfo. La evaporación anteriormente mencionada es posible, debido a que en invierno, la baja insolación y la gran actividad atmosférica tropical, producen una pérdida neta de calor a través de la superficie del mar, dentro del golfo. Esta pérdida de calor, ocasiona que las aguas de la parte norte del golfo de California se vuelvan verticalmente inestables, ocasionando una inversión y la formación del AGC (Sverdrup, 1941).

La parte siguiente es el flujo del AGC formada en la parte norte, hacia la parte sur del golfo, se ha reportado que durante verano la cuenca de Guaymas experimenta alta evaporación (Ripa y Marinone, 1989; Torres-Orozco y Robles-Pacheco, 1995), esto produce aguas superficiales de alta salinidad ( $>35$ ), las cuales al inicio de invierno, se enfrían y se vuelven más densas, subsecuentemente se hunden y fluyen al sur (Álvarez-Borrego y Schwartzlose, 1979; Torres-Orozco y Robles-Pacheco, 1995), llevando consigo las altas concentraciones de carbono orgánico que presentan en la cuenca Guaymas. Este proceso se ha podido evidenciar por la presencia de un máximo de salinidad en la estructura halina vertical, más o menos a la profundidad de la termoclina estacional ( $\sim 150$  m) en la región sur.

Agua Superficial Tropical Evaporada (ASTe), esta masa de agua proviene del AST que ha sido sujeta a la evaporación, sin embargo conserva su alta temperatura en la capa superficial (28-

30°C) y salinidad mayor o igual a 34.9, presenta un flujo hacia el interior del golfo en el margen continental (Lavín *et al.*, 2009).

Agua Superficial Tropical (AST), presenta una temperatura por arriba de 18°C y una salinidad de 34.5 a 34.9. La extensión del AST hacia el interior del golfo tiene una clara señal estacional con su máxima intrusión en verano y la máxima retracción en invierno, cuando se le encuentra solamente cerca de la boca del golfo (Lavín *et al.*, 1997; 2009).

Agua del Mínimo de Salinidad Somero (AmSS), esta masa de agua se identifica como intrusiones de agua de baja salinidad ( $\leq 34.5$ ), a las cuales se les asocia un máximo de O<sub>2</sub> y se encuentra entre los 10-110m de profundidad. Es posible distinguir un núcleo cerca de la península ( $S \sim 34.2$ ) y otro núcleo cerca de la costa del margen continental hacia el exterior de la misma ( $S \sim 34.4$ ). Estas intrusiones han sido identificadas por algunos autores como Agua de la Corriente de California (ACC) (Lavín *et al.*, 2009)

Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt). Esta masa de agua se encuentra entre los 9°C y 18°C y se caracteriza por contener un máximo de salinidad distintivo de 34.5-34.9. Presenta una variación estacional con una intrusión máxima hacia la parte norte del golfo en otoño-invierno, mientras que en primavera-verano se retrae hacia la parte sur (Lavín *et al.*, 1997; 2009).

Por debajo del ASsSt se encuentra el Agua Intermedia del Pacífico (AIP), a partir de los 480 m (isoterma de los 9°C) hasta los 1200 m, presenta salinidades de 34.5 – 34.8. La frontera inferior del AIP no muestra variaciones apreciables, pero se ha registrado que la superior se retrae hacia el sur en verano y avanza en invierno. Aunado a sus características antes mencionadas, esta masa de agua presenta un bajo contenido de oxígeno (O<sub>2</sub><0.1ml/L) (Lavín *et al.*, 1997; 2009). Es de importancia mencionar que debido a su bajo contenido de oxígeno, más la alta productividad biológica que caracteriza las aguas superficiales del golfo, se forma una Zona de Oxígeno Mínimo (ZOM) de  $\sim 600$ -1200 m (Bray y Robles, 1991; Keigwin y Jones, 1990). Las áreas donde la ZOM se encuentra subyaciendo, la bioturbación que comúnmente se presenta, se inhibe casi por completo y existe una preservación fiel de las condiciones oceánicas, superficiales y de fondo.

Agua Profunda del Pacífico (APP), la cual está presente desde el fondo hasta  $\sim 1200$  m, y está delimitada por la isoterma de 4°C. Se ha registrado que la salinidad aumenta hacia el fondo (de 34.56 a 34.75). Debido a que esta masa de agua está aislada de la influencia meteorológica, se le considera muy estable, ocupando aproximadamente un 41% del volumen en el golfo (Lavín *et al.*, 1997; 2009).

**Tabla II.1.** Masas de agua descritas para la boca del golfo de California (tomada de Lavín *et al.* (2009)).

Masas de Agua	Abreviación	Salinidad	Temperatura	Profundidad
			(°C)	(m)
Agua del Golfo de California	AGC	34.9-35.35	14-29.5	0-180
Agua Superficial Tropical Evaporada	AS <sub>Te</sub>	34.9-35.1	28-30	0-40
Agua Superficial Tropical	AST	34.5-34.9	18-30	0-120
Agua del Mínimo de Salinidad Somero	AmSS	34.1-34.5	16-25	10-110
Agua Subsuperficial Subtropical	AS <sub>sSt</sub>	34.5-34.9	9-18	50-480
Agua Intermedia del Pacífico	AIP	34.5-34.8	4-9	480-1200
Agua Profunda del Pacífico	APP	34.56-34.75	4	>1200

Particularmente para la cuenca del Carmen, las masas de agua que han sido descritas son durante invierno, de superficie a fondo: El AGC, el AS<sub>sSt</sub>, el AIP y debajo de ella el APP. Durante verano: con excepción del AGC, desplazada por el AST, se identifican claramente las masas de agua presentes en invierno (Torres-Orozco, 1993; Pérez-Cruz *et al.*, 2009).

#### -PRODUCTIVIDAD EN LA CUENCA DEL CARMEN

Un factor importante que modifica la distribución básica de la TSM en los océanos son las surgencias, estos fenómenos ocurren mayormente alrededor del ecuador y a lo largo de las costas occidentales de los continentes, donde el viento mueve el agua superficial fuera de la costa o del ecuador, reemplazándola con agua fría de la termoclina o subtermoclina rica en nutrientes, alterando así la TSM y la productividad (Cheshire *et al.*, 2005).

Durante el invierno boreal, cuando la insolación en el hemisferio norte es la más baja, el AS sobre el Pacífico Oriental se encuentra en su posición más al sur (Cheshire *et al.*, 2005; Dean *et al.*, 2004) y la ZCIT se localiza en o por debajo del ecuador (Chiang *et al.*, 2002; Poore *et al.*, 2004), fuertes vientos del noroeste dominan el golfo de California, como resultado, surgencias intensas del lado del continente ocurren durante este periodo (Astor *et al.*, 2003; Bray y Robles, 1991), ocasionando un importante incremento en la productividad primaria en aguas superficiales y una máximo de flujo de hundimiento de material biogénico (Müller-Karger *et al.*, 2001; Thunell, 1998). Las tasa de productividad pueden ser >1g C/m<sup>2</sup>/día y puede exceder los 4 g C/m<sup>2</sup>/día (Álvarez-Borrego, 1994; Santamaría-del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994; Thunell, 1998), colocando al golfo entre las áreas más productivas en el océano global.

Durante el verano boreal, cuando la insolación en el Hemisferio Norte es la máxima, el AS y la ZCIT migran al norte, resultando en la dominancia de vientos débiles en las regiones centro y sur del golfo de California (Páres-Sierra *et al.*, 2003), bajo estas condiciones, las surgencias



disminuyen, ocasionando el progresivo calentamiento y estratificación termal de la superficie del mar.

Particularmente, Figueroa *et al.*, (2003) encontraron que los giros en la cuenca del Carmen con frecuencia se comparten con la cuenca al norte (Guaymas) o al sur (Farallón). De noviembre a abril, un giro ciclónico se comparte con la cuenca Guaymas; el sentido de este giro, se correlaciona con el propuesto por Fernández-Barajas *et al.* (1994) para la cuenca Guaymas. Giros anticiclónicos con frecuencia se encuentran encima del umbral al sur durante octubre, enero, febrero y marzo, lo cual concuerda con el giro anticiclónico en el borde norte, propuesto por Fernández-Barajas *et al.* (1994) cubriendo las cuencas del Carmen y Farallón.

La zona cerca de la Isla de Carmen es de gran interés, ya que la confluencia de ambos giros (ciclónico y anticiclónico), rodea la zona donde se forma y acumula el AGC, desplazándola principalmente por el lado oriental del golfo, este engrane aleja el agua de la costa e intensifica la productividad primaria en la capa superficial de la cuenca del Carmen (Fernández-Barajas *et al.*, 1994).

#### **- SEDIMENTOS DE LA CUENCA DEL CARMEN**

En la región sur del golfo de California el régimen fluvial, principalmente del lado oriental, impone un carácter terrígeno-detrital en el fondo de las cuencas. Este aporte se ve favorecido por una mayor precipitación local; además se ha observado que el transporte eólico de las regiones áridas del norte juegan un papel importante en el depósito de sedimentos en las cuencas centrales (Van Andel, 1964; Baba *et al.*, 1991; Baumgartner *et al.*, 1991). Por otra parte, en la región suroeste se registra por lo general una baja precipitación (25 – 50 cm/año) por lo que se presenta un decremento de componentes terrígenos, con un mayor aporte biogénico (Van Andel, 1964; Baba *et al.*, 1991). En la parte oriental se tiene un mayor aporte de sedimentos terrígenos, provocado por descargas fluviales que arrastran sedimentos al mar, desde la Sierra Madre Occidental. Este aporte llega hasta las cuencas de Farallón y Carmen, donde alcanza grandes espesores. En la costa occidental de Baja California Sur, los componentes sedimentarios que la conforman, generalmente son: arcillas, limos, sedimento de origen biogénico (testas silíceas-diatomeas, radiolarios y calcáreas-foraminíferos), y arenas costeras (Baba *et al.*, 1991).

Específicamente para la cuenca del Carmen, el registro sedimentario se caracteriza en gran parte por laminaciones anuales o varvas (Barron y Bukry, 2007; Goñi *et al.*, 2006; Pérez-Cruz y Herguera-García, en prensa). Los sedimentos marinos laminados son registros geológicos naturales continuos, que presentan una evidente alternancia de láminas claras y oscuras. Su formación se debe principalmente a dos características esenciales: la primera, es la presencia de una alta productividad primaria en las aguas superficiales, y la segunda, es que el ciclo del cambio climático propicie diferencias en el aporte de material biogénico y terrígeno. La

preservación de estos sedimentos depende de que las aguas de fondo presenten bajo contenido oxígeno, inhibiendo la bioturbación y preservando la señal del aporte sedimentario (Thunell *et al.*, 1993, Schummelmann y Lange, 1996). La lámina clara principalmente se caracteriza por contener sedimentos biogénicos (silíceos en su mayoría) y la oscura de material terrígeno ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ ) (Baumgartner *et al.*, 1991; Thunell *et al.*, 1993; Baba *et al.*, 1991).

Del lado oriental de la cuenca la fuente principal de terrígenos es vía fluvial y eólica, mientras que del lado occidental, es fundamentalmente vía pluvial, aunque el transporte por escorrentías y por el viento también son importantes (Pérez-Cruz y Urrutia-Fucugauchi, 2010b).

### CAPÍTULO III. HISTORIA CLIMÁTICA

#### -CAMBIOS CLIMÁTICOS DURANTE EL HOLOCENO

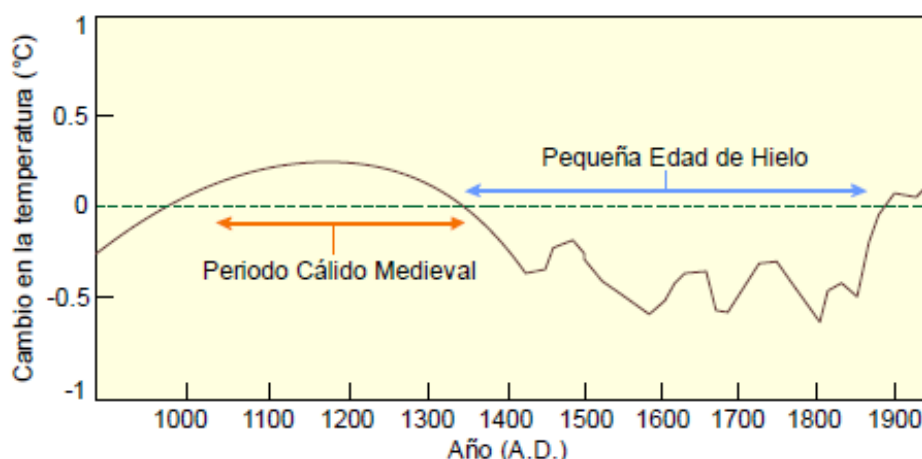
El clima en el Planeta se ha visto afectado a través del tiempo geológico por diversos factores, siendo los externos los de mayor impacto en el clima terrestre, como por ejemplo la actividad solar y los cambios orbitales (excentricidad, oblicuidad, precesión) (Cronin, 1999). Aunado a ello los factores internos (propios del planeta), juegan también un papel importante en la regulación del clima dentro de la Tierra. Ambos dan como resultado un clima terrestre variable.

Los efectos de esta variabilidad climática, se han registrado de diferente manera a través del tiempo en la Tierra. Anteriormente cambios abruptos como calentamientos anómalos o decrementos en la temperatura dentro del Holoceno, era casi imposible vislumbrar, debido a la carencia o limitantes en cuanto al detallado estudio de los registros naturales, y a la menor resolución de los indicadores en el registro estratigráfico utilizados. Mostrando hasta cierto punto una homogeneidad climática, referida como un estadio Interglacial; actualmente se ha descubierto que aún dentro de este intervalo cálido, han existido y siguen presentándose cambios climáticos “en menor escala” como: fríos severos, calentamientos, aridez extrema, humedad y aumento de precipitación, cambios en la intensidad y ocurrencia de fenómenos como “El Niño” Oscilación Austral (ENOA).

La presente época, conocida geológicamente como el Holoceno, comenzó hace ~11,000 años, tiempo transcurrido desde el último periodo glacial, “Edad del Hielo”, hasta nuestros días. El Holoceno estuvo precedido por un periodo frío denominado *Younger Dryas* de 12,700 a 11,500 años cal. AP, marcando el fin de la transición entre el último periodo Glacial y el Interglacial cálido (Holoceno). Cabe mencionara que entre el último periodo Glacial y el *Younger Dryas*, se produjo un brusco calentamiento, denominado *Bølling-Allerød* (~15,000-12,700 años cal. AP), durante el cual, las temperaturas aumentaron del orden de 7°C en menos de cincuenta años (Roberts, 2009).

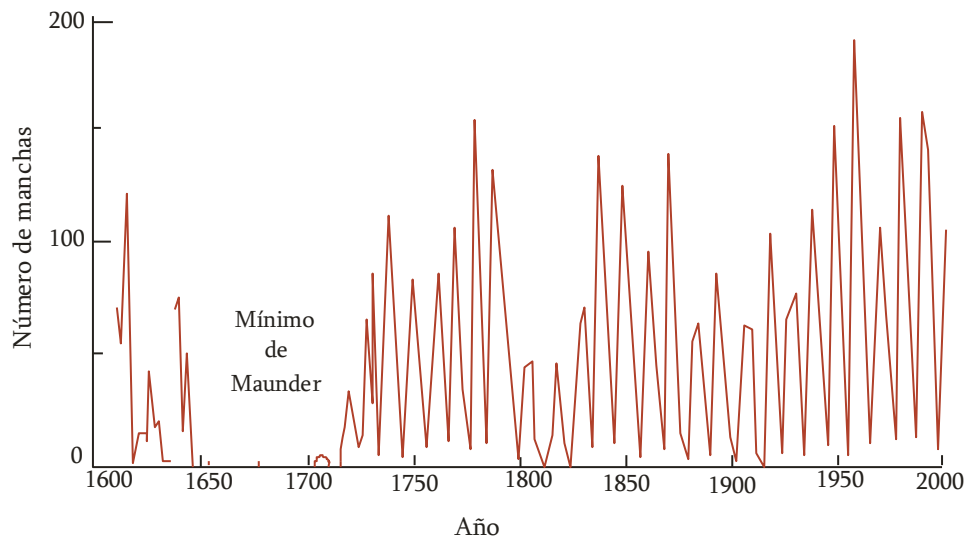
El Holoceno ha sido dividido en: H. Temprano (11,700 – 8,000 cal. AP), H. Medio (8,000 – 3,700 cal. AP) y H. Tardío (los últimos 3,700 años) (Cortese *et al.*, 2005). Al finalizar el *Younger Dryas*, se presentó un calentamiento (H. temprano), el cual se intensificó hacia aproximadamente 9000 y 5000 años cal AP, conocido por diferentes nombre como Altitermal en el Atlántico, el “Pequeño Óptimo Climático” en Europa, el Hipsitermal postglacial, el Máximo del Holoceno, etcétera (Mayewski, 2004; Cronin 1999). Durante este periodo, la temperatura promedio ascendió más de 3°C (Cronin, 1999), ocasionando un intervalo de aridez extrema durante el Holoceno Medio. Aunado a ello, con base en modelos climáticos se pudo inferir que el fenómeno del ENOA se suprimió durante este tiempo, causando grandes e importantes sequías en Norteamérica (Liu *et al.*, 2000; Clement *et al.*, 2000).

Ya para el Holoceno Tardío, se han determinado dos cambios climáticos globales importantes de pequeña escala, denominados: la Anomalía Climática Medieval (ACM), de 850 a 1350 A.D. (Markgraf, 1998) y la Pequeña Edad de Hielo (PEH) de 1450-1890 A.D. (Grove, 1988; Matthes, 1939; Cronin, 1999). La ACM se caracterizó por un clima más cálido que el actual (0.5°C); éste alcanzó su máximo hacia el año 1100 A.D., observándose un desplazamiento de los glaciares suecos a latitudes más altas (Broecker, 2001). La ACM estuvo seguida por un extenso periodo de clima considerablemente frío, la PEH, tiempo en el cual la temperatura media global pudo haber sido entre 0.5-1.0°C más baja que la actual (Bradley y Eddy, 1991; Uriarte-Cantolla, 2003) (Fig. III.1); produciendo la congelación de algunos ríos durante el invierno y el desplazamiento de los glaciares alpinos hacia elevaciones menores. Asimismo, los patrones de precipitación también cambiaron en muchas regiones. Se presentaron dos pulsos principales: 1) en el siglo XIV y 2) al final del periodo en la primera mitad del siglo XIX (deMenocal *et al.*, 2000). Especialmente el segundo pulso coincide con un intervalo de actividad solar mínima, conocido como el Mínimo de Maunder (1645-1715 A.D.; Fig. III.2), el cual fue la fase más fría (Uriarte-Cantolla, 2003).



**Figura III.1.** Variación en la temperatura del aire para los últimos 1000 años, estimada con base en varias fuentes, incluyendo las estimadas a partir de anillos de crecimiento de árboles, del oeste de Europa y de la parte este de Norte América. Mostrando la ACM y la PEH (tomada y modificada de Bradley y Eddy, 1991).

Estos afectaron negativa y positivamente a la humanidad, generando bajas en la agricultura, hambruna, incendios y muertes durante la PEH, y lo opuesto, condiciones climáticas agradables y benéficas, aumento en la producción de vinos, migraciones, etcétera, durante la ACM. Las causas u orígenes de estos cambios, se han atribuido particularmente para el Holoceno Tardío a cambios en la actividad solar (O´Brian *et al.*, 1996) y a la regulación de los subsistemas del planeta Tierra (atmósfera, océanos, biósfera, criósfera) (Bond *et al.*, 1997).



**Figura III.2.** Número de manchas solares a partir de 1600, se señala el mínimo de Maunder (tomada y modificada de Uriarte-Cantolla, 2003).

Eventos cíclicos como los conocidos Eventos Bond, los cuales presenta una ciclicidad aproximada de  $1470 \pm 532$  años (Bond *et al.*, 2001), han podido ser registrado a través del Holoceno, evidenciados hasta el momento ocho y cada uno presenta condiciones climáticas interesantes como: periodos fríos, caídas de imperios importantes (Egipto) por aridez extrema, formación de desiertos (Sahara), migración e invasión a tierras actualmente inhabitables (e.g. costas de Groenlandia); esta amplia gama de variabilidad climática, ha desmentido en la actualidad un Holoceno con clima homogéneo.

## CAPÍTULO IV. PROXIES

### - *PROXY* BIOLÓGICO: LOS RADIOLARIOS

#### *Generalidades*

Los radiolarios son protozoarios que constituyen parte del microzooplancton, son organismos solitarios, adaptados a la flotación. Sus dimensiones van de 50-300  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, algunos grupos de radiolarios pueden formar colonias macroscópicas que consisten de cientos de células interconectadas por filamentos citoplasmáticos, envueltos en una capa gelatinosa (de Wever *et al.*, 2001). Se diferencian de otros protozoarios por: 1) tener el cuerpo protoplasmático dividido en dos partes: el ectoplasma y el endoplasma, separados por una membrana capsular y, 2) presentar tecas de sílice puro amorfo ( $\text{SiO}_2$ ), sulfato de estroncio ( $\text{SrSO}_4$ ), o de conglomerados como sílice más materia orgánica excretoria (Fig. IV.1) (Kling y Boltovskoy, 2002). Se sabe que la aparición de estos organismos inició desde comienzos de la Era Paleozoica-Cámbrico (Lazarus, 2005).

#### *Taxonomía*

De acuerdo a de Wever *et al.*, (2001), la posición taxonómica de los radiolarios es la siguiente:

**Reino** Protista

**Subreino** Protozoa

**Phylum** Sarcomastigophora

**Subphylum** Sarcodina

**Clase** Actinopoda

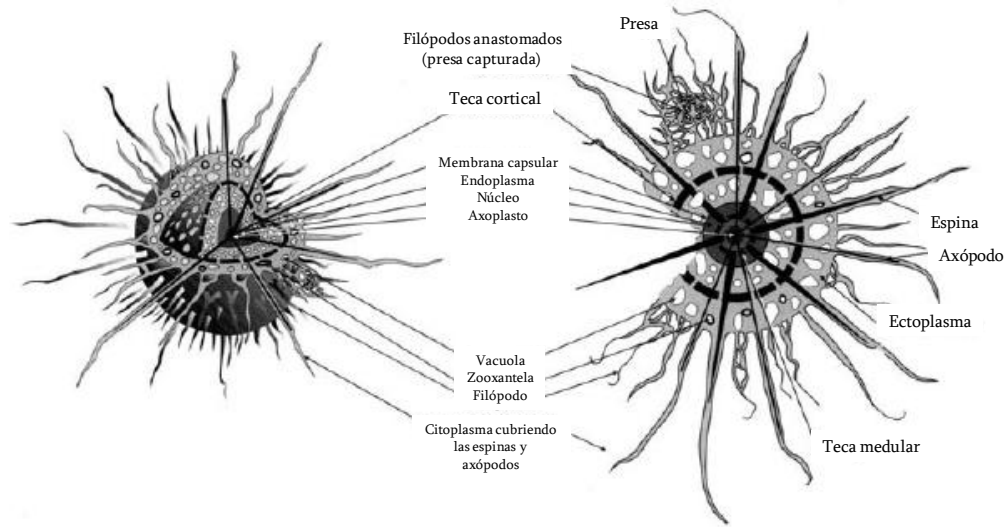
**Subclase** Radiolaria, Müller, 1858

**Superorden** Acantaria

**Superorden** Phaeodaria

**SUPERORDEN** POLYCYSTINA EHRENBERG, 1838 EMEND. RIEDEL, 1967

Los Acantaria presentan tecas formadas de celestita, un mineral compuesto de sulfato de estroncio ( $\text{SrSO}_4$ ), muy soluble en agua, por lo que no se conserva en el registro sedimentario (de Wever *et al.*, 1994), los Phaeodaria tienen tecas formadas de agregados (gránulos pardos de naturaleza probablemente excretoria) o bien, formados por una compleja mezcla de sílice. Esta mezcla se disuelve con facilidad en el agua de mar dando como resultado preservaciones raras o nulas de estos organismo en el sedimento y los Polycystina con tecas sólidas formadas por sílice puro amorfo (opalina) que se conservan en los sedimentos (Kling y Boltovskoy, 2002). A su vez el Superorden Polycystina se divide en cinco órdenes, los cuales se mencionan a continuación señalando su alcance estratigráfico:



**Figura IV.1.** Diagrama de la estructura celular de un radiolario (forma general de un espumelario), la parte negra corresponde a la teca silíceica, formada por dos esferas concéntricas (medular=ínterna, cortical=externa); se pueden observar varias estructuras citoplasmáticas. Estructura general de un radiolario (tomada y modificada de Wever *et al.*, 2001).

**Orden** Archaeospicularia Dumitrica, Caridroit y de Wever, 2000 (Silúrico-Devónico)

**Orden** Albaillellaria Deflandre 1953 (Silúrico-Pérmico)

**Orden** Latentifistularia Caridroit, de Wever y Dumitrica, 1999 (Devónico- Pérmico)

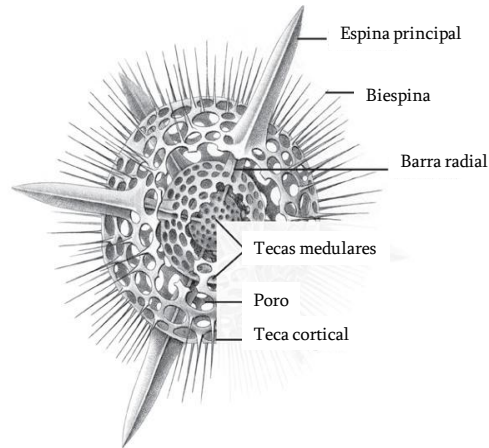
**Orden** Spumellaria Ehrenberg 1875, emend. de Wever *et al.*, 2001 (Pérmico-actualidad)

**Orden** Nasellaria Ehrenberg 1875 (Pérmico-actualidad)

En el presente trabajo se estudiaron las asociaciones de radiolarios polycystinos de los órdenes Spumellaria y Nasellaria, debido a que se encuentran bien representados en los sedimentos del Holoceno, aunado a ello presentan tecas robustas, las cuales tienen una mejor y mayor preservación en sedimento.

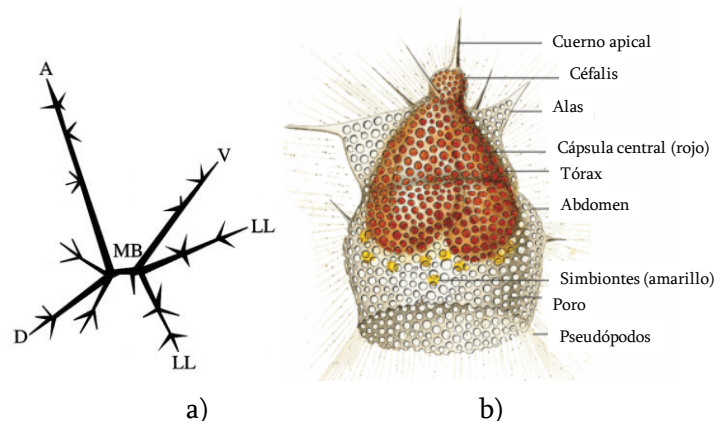
LOS ESPUMELARIOS son reconocidos por presentar una simetría radial, generalmente presenta formas esféricas, radiadas por espinas (Fig. IV.2). Tienen más de una teca o subteca. La teca que se encuentra más externa es llamada teca cortical y la más interna teca medular; las subtecas son conectadas por barras radiales que varían de grosor. Estas barras siempre inician en la superficie de la teca medular extendiéndose hacia fuera, y nunca penetra en el centro del espécimen. Presentan dos tipos de espinas: 1) las espinas principales las cuales son proyecciones externas de las barras radiales fuera de la teca cortical y 2) las biespinas que son espinas que inician en la superficie de la teca cortical, las cuales no son soportadas por las barras radiales internas. Las

formas más comunes en los espumelarios además de la esférica son las discoidales, elipsoidales y formas espirales (Dolven *et al.*, 2009). Las tecas pueden ser reticuladas, perforadas o esponjosas, cuyo crecimiento es hacia el exterior a partir de un centro común (crecimiento centrífugo). El crecimiento regular en todas las direcciones produce tecas esféricas o subesféricas, mientras que el crecimiento irregular resulta en tecas elipsoidales y discoidales (Benson, 2005).



**Figura IV.2** Estructura general de los Espumelarios (tomada y modificada de Haeckel, 1862).

La simetría de LOS NASELARIOS es usualmente bilateral. Una de las características estructurales que presentan todos los especímenes de este orden, es la espícula inicial (Fig. IV.3a). Esta estructura se compone de la siguiente forma: una espícula inicial (estructura básica) la cual está definida por una barra media (BM), espinas unipareadas: apical (A), dorsal (D), ventral (V) y axial (Ax)-esta última es más delgada que las otras espinas y puede o no presentarse-, y espinas pares: lateral primaria (L) y lateral secundaria (l) (Benson, 2005; Arz, 2002; de Wever *et al.*, 2001).



**Figura IV.3** Estructura general de los Naselarios (tomada y modificada de Wever *et al.* (2001) y Haeckel (1862)).



Algunas veces las espinas se conectan a través de arcos, como en un anillo sagital donde la espina apical y ventral está unida. La forma más simple de la teca de los naselarios es la espícula inicial, pero existen formas más complejas y desarrolladas, las cuales se forman alrededor de la espícula y pueden formar uno o más segmentos (Fig. IV.3b). El primer segmento, el cual contiene la espícula inicial, es llamado céfalis, este segmento puede presentar varias formas (esférica o elongada), así como lóbulos formados por arcos de la espícula inicial, poros y en algunas ocasiones cuernos, tubos y/o espinas adicionales; el segundo segmento es nombrado tórax, cuando las espinas se proyectan de este segmento son llamadas alas. El tercer segmento es el abdomen y los subsiguientes son llamados post-abdominales. El céfalis, el tórax y el abdomen con frecuencia tiene poros de varias formas, tamaños y arreglos, y en ocasiones estructuras como estrías. El segmento terminal puede estar cerrado o tener una apertura. En ocasiones pueden también tener un anillo basal denominado peristoma (con o sin pequeños dientes), y proyecciones terminales referidas como pies (Dolven *et al.*, 2009).

La teca de los radiolarios es autógena, formada de sílice tomado del agua de mar por el organismo, es la única parte disponible para los micropaleontólogos. Usualmente se encuentra embebida en el citoplasma (Hollande y Enjumet, 1960; Arz, 2002), por lo que no se encuentra en contacto con el agua de mar por lo cual, no se somete a la disolución mientras está vivo.

### ***Biología***

#### **-Reproducción**

Entre los mecanismos de reproducción que se han observado en este grupo se encuentra la reproducción vegetativa (Hollande y Enjumet, 1960), la fisión binaria, múltiple y gemación. Durante la reproducción se han observado numerosas células nadadoras-biflageladas, similares a las células presentes durante la reproducción sexual, en otros grupos de protozoarios. Sin embargo, las fases subsecuentes aún no se han observado (Kling y Boltovskoy, 2002) y no se puede decir con certeza que presentan reproducción sexual.

#### **-Alimentación**

Al ser parte del zooplancton, es posible pensar que los Radiolarios se alimenten del fitoplancton exclusivamente, como parte de la cadena trófica "lineal"; pero con base en diversos análisis (especialmente cultivos en laboratorio), se ha descubierto que la alimentación de estos organismos es más compleja de lo pensado.

Los radiolarios en general se alimentan de una variedad de presas pequeñas como son, silicoflagelados, cocolitóforos, diatomeas, ciliados, tintinidos, larvas de crustáceos y copépodos, así como de bacterias y detritus orgánico (Anderson, 1983; Kling y Boltovskoy, 2002); se ha observado que son capaces de capturar presas de tamaños mayores a las propias, alcanzando un

tamaño máximo de ~1 cm de longitud. El alimento es capturado y envuelto por vacuolas digestivas dentro del ectoplasma -específicamente al calyma- a través de los pseudópodos (axópodos y rizópodos), después de la digestión los nutrientes llegan al endoplasma por medio de la cápsula central perforada (Anderson, 1983).

Se ha determinado que los radiolarios presentan diversas estrategias alimenticias, particularmente Matsuoka (2007) propone las siguientes, con base en la morfología que presentan las tecas de estos organismos.

#### I. NASELARIOS CON UNA TECA MULTISEGMENTADA

Los integrantes de este grupo presentan una teca cónica multisegmentada (Tabla IV.1), con una apertura larga y circular en la parte final distal de la teca. Es representado por los géneros *Eucyrtidium*, *Pterocorys* y *Spirocyrtis*.

Al conjunto de estructuras que el radiolario utiliza para la captura se le da el nombre de: *aparato de alimentación*, el cual en este caso está compuesto por una proyección axial (XP) y proyecciones terminales (TPs), los cuales se extienden de la apertura, ésta actúa como una boca en el mecanismo de alimentación. La XP es un pseudópodo muy prominente, en la mayoría de los casos más larga y más gruesa, la cual surge-emerge fuera del centro de la apertura. Las TPs se extienden fuera de la apertura y forman un cono terminal (TC) alrededor de la XP (Fig. IV.4a).

El proceso de alimentación se puede dividir en tres fases: 1. Fase de extensión, 2. Fase de captura y 3. Fase de retracción, y se lleva a cabo de la forma siguiente, la presa es capturada por un movimiento cíclico de XP y TC (Fase 1 y 2), transferida dentro de la célula del radiolario (Fase 3) para así ser digerida y aprovechada. Las presas son relativamente grandes, pero más pequeñas que el diámetro de la apertura oral e incluyen ciliados y flagelados.

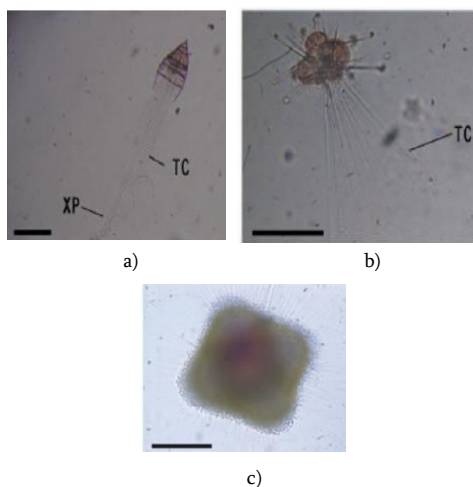
#### II. OTROS NASELARIOS

Dentro de este grupo, las especies presentan una teca compuesta por espículas (elementos espiculares) o con un número menor de segmentos, generalmente uno o dos (Tabla IV.1). *Pseudocubus* y *Arachnocorallium* son los géneros representativos que presentan la siguiente estrategia alimenticia. Su *aparato de alimentación* consiste de un TC, el cual se forma de filamentos axopodales y una membrana entre ellos, semejante a una sombrilla (Fig. IV.4b), no hay presencia de una XP.

El proceso de alimentación inicia cuando el radiolario extiende distalmente su TC desde la apertura o la base de sus elementos de la teca. Las tres fases antes mencionadas se presentan de manera similar en esta estrategia. Estos Naselarios atrapan a sus presas usando su TC como una red de pesca, siendo ventajosa al colectar presas pequeñas como microflagelados y bacterias.

### III. ESPUMELARIOS SOLITARIOS

En este grupo, los organismos muestran una amplia variedad en la morfología de sus tecas. La morfología esférica es una de las básicas y se ve representada por los géneros *Diplosphaera* y *Spongosphaera*, otra de las formas típicas es la discoidal como *Spongaster* (Tabla IV.1). Los espumelarios solitarios poseen un número grande de axópodos radiando en todas direcciones, a través de sus movimientos de contracción-extensión, capturan a sus presas, las cuales en general son pequeñas e incluyen microalgas y bacterias. Se sabe que los movimientos de sus axópodos pueden variar entre especies, haciendo así más especificidad dentro del grupo. Las especies de radiolarios dentro de este grupo pueden vivir en simbiosis con algas (Fig. IV.4c).



**Figura IV.4.** Imágenes a microscopio de luz invertida de radiolarios vivos del Este de China. a) *Eucyrtidium hexagonatum*, b) *Pseudocubus obeliscus* y c) *Spongaster tetras tetras*. XP=proyección axial, TC=Cono terminal; la barra=100  $\mu\text{m}$  (tomada y modificada de Matsuoka (2007)).

### IV. RADIOLARIOS COLONIALES


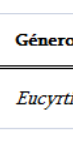
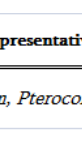
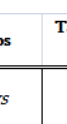
Este grupo se divide en dos tipos de morfologías: a) aquellos radiolarios que presentan espículas como elementos de la teca (e.g. *Collozoum*) y b) aquellos radiolarios con una teca esférica simple como *Buccinosphaera* (Tabla IV.1). La parte celular de ambos tipos se dispersa en una envoltura gelatinosa con numerosas algas simbióticas. No se observa una estrategia alimenticia como tal, lo que concluye que los espumelarios coloniales al parecer viven “exclusivamente” en simbiosis con algas.

Se sabe que la asociación (simbiosis) con otros microorganismos comúnmente se presenta con dinoflagelados, pero también se ha observado asociación con las prymnesiofitas y prasinofitas, pero no en forma simultánea (Anderson, 1983). Se ha encontrado que los radiolarios presentan otro tipo de asociación con microorganismos, *el parasitismo* y particularmente los peores de

ellos son especies de dinoflagelados heterótrofos como *Merodinium* y *Solenodinium* (Anderson, 1983), y es posible que también *Amoebophrya* (Dolven *et al.*, 2007), la invasión en el radiolario tiene resultados letales.

La simbiosis que presentan los radiolarios con estas algas fototróficas, le proveen al hospedero una capacidad de sobrevivir más tiempo en aguas con pocos o escasos nutrientes (aguas oligotróficas), lo que sugiere que los simbiositos juegan un rol importante en la vida de éstos (Anderson, 1983), y de recíprocamente los radiolarios proveen al simbiote protección, nutrientes (residuos de materia con nitrógeno y fósforo) y dióxido de carbono para la fotosíntesis (Dolven *et al.*, 2009). Se ha observado que el tamaño del radiolario juega un papel importante en el número y la densidad de los simbiositos, el número de ellos incrementa con el crecimiento del hospedero, indicando una relación estrecha entre el crecimiento y reproducción del radiolario (Anderson, 1976; 1983; Anderson *et al.*, 1989; de Wever *et al.*, 2001).

**Tabla IV.1.** Resumen de las estrategias alimenticias para radiolarios polycystinos, propuestas por Matsuoka (2007).

Grupo	Morfología de la teca	Esquema de la teca	Géneros representativos	Tamaño de la presa	Tipo de la presa
Naselarios con una teca multisegmentada	Cónicas y multi-segmentadas		<i>Eucyrtidium</i> , <i>Pterocorys</i> y <i>Spyrocyrtis</i>	Grande	Ciliados y flagelados
Otros Naselarios	Espícula, con uno o dos segmentos		<i>Pseudocubus</i> y <i>Arachnocorallium</i>	Pequeña	Microflagelados y bacterias
Espumelarios solitarios	Esférica o discoidal		<i>Diplosphaera</i> , <i>Spongosphaera</i> y <i>Spongaster</i>	Pequeña	Microflagelados y bacterias
Radiolarios coloniales	Espícula o esférica		<i>Collozoum</i> y <i>Buccinosphaera</i>		Algas (simbiosis)

#### -Movilidad

Como tal, los radiolarios no presentan la capacidad de moverse por su propia cuenta, por lo que son organismos adaptados a la flotación. Su flotabilidad es posible debido a su citoplasma vacuolar, el cual incluye gotas lipídicas, vacuolas de CO<sub>2</sub> y por pseudópodos que aumentan el área de superficie y se pueden fijar a objetos flotantes que se encuentran en su ambiente; aunque se ha observado que son capaces de desplazarse por medio del movimiento de sus pseudópodos (de Wever *et al.*, 1994; de Wever *et al.*, 2001).

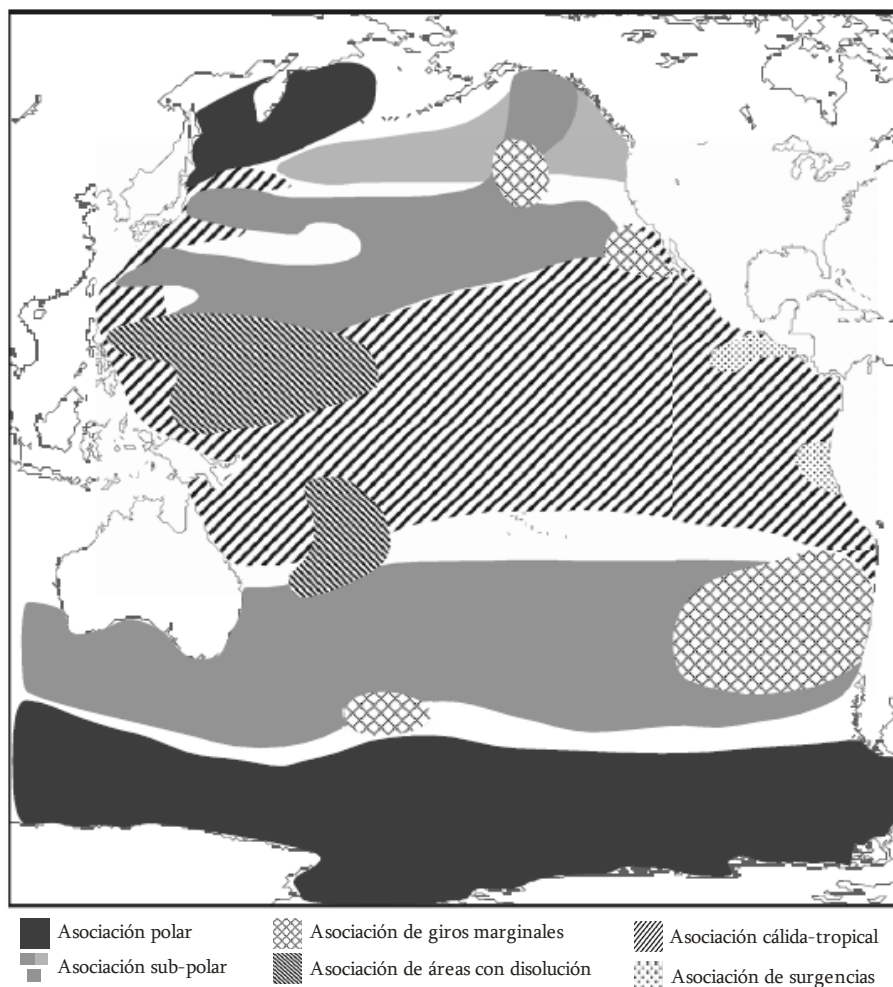
Otra característica importante en la motilidad de los radiolarios es la capacidad de realizar migraciones verticales (de 200 a 350 m en la columna de agua); que principalmente está en función de la simbiosis que sostienen con las zooxantelas, quienes asimilan el CO<sub>2</sub> producido durante el día, almacenándolo en las vacuolas del radiolario. Durante la noche, al detenerse la actividad de las zooxantelas y seguirse produciendo CO<sub>2</sub>, migran hacia partes menos profundas. Nuevamente durante el día, las zooxantelas asimilan completamente el CO<sub>2</sub> y los radiolarios regresan a zonas más profundas (Pokorny, 1963; de Wever *et al.*, 2001). El desplazamiento vertical activo, también está relacionado con cambios ambientales, tales como temperatura o movimiento del agua (de Wever *et al.*, 2001).

### *Ecología*

-Distribución geográfica y en la columna de agua

Los radiolarios se encuentran en todos los océanos y en todas las profundidades, hay desde taxas a pocos metros de la superficie, así como formas abisales en cuencas profundas (Abelmann y Nimmergut, 2005; Kling y Boltovskoy, 1995; Arz, 2002). La biogeografía de los radiolarios es relativamente compleja, pero en general, se encuentra cercanamente relacionada a las masas de agua en donde ellos viven. Particularmente, las especies que viven en aguas superficiales muestran patrones biogeográficos similares a las principales masas de agua superficiales del océano abierto, así como al sistema de corrientes superficiales propias de cada región (Goll y Bjorklund, 1971,1974; Goll, 1976; Moore, 1978; Fig. IV.5), de igual forma, los habitantes de mayores profundidades, presentan distribuciones en relación a factores como: disponibilidad de alimento (Abelmann y Nimmergut, 2005), masas de agua y/o circulación subsuperficial y profunda. Aunado a ello, es posible distinguir asociaciones tropicales, subtropicales, de temperaturas bajas y polares, especies indicadoras o asociaciones características de regiones de fronteras (Boltovskoy, 1998) y regiones de surgencias (Nigrini y Caulet, 1992).

Las asociaciones tropicales contienen más de 400 especies de radiolarios (Casey, 1987; Takahashi, 1991), regiones templadas de 100–150 especies (Kling y Boltovskoy, 1995), en comparación a las asociaciones polares, las cuales tienen de ~50–60 formas (Abelmann, 1992; Schröder-Ritzrau, 1995). Particularmente, se ha observado que las faunas tropical y subtropical son muy similares en todos los océanos en ambos hemisferios (norte y sur), lo contrario se observa en faunas subpolares y polares que muestran una mayor diferencia entre hemisferios. Aunque muchas especies al parecer tienen una distribución bipolar y cosmopolita, otras pueden ser endémicas de un hemisferio, en especial en los océanos de la parte sur (Stanley, 1981).



**Figura IV.5.** Distribución de asociaciones de radiolarios en sedimentos superficiales del Océano Pacífico (tomada de Lazarus (2005)).

A su vez, se ha registrado que las aguas costeras no son favorables para el hábitat de la mayoría de los radiolarios, lo cual se refleja en la baja diversidad reportada en estos ambientes (Bjorklund, 1974; Casey *et al.*, 1981), al compararse con sus equivalentes fuera de la costa. La tolerancia a condiciones costeras, se ha observado en muy pocas especies, y son consideradas como asociaciones costeras características (Nishimura *et al.*, 1997). Actualmente, sólo una especie ha sido reportada en aguas con valores por debajo de las aguas marinas, a salinidades de 30-32 (Boltovskoy *et al.*, 2003).

A través de estudios en aguas profundas, se conoce que hay muchas especies de radiolarios, exclusivas de estas capas, siendo excelentes indicadoras para las características propias de estos hábitats (Kling, 1979; Dwoewtzky y Morley, 1987; Kling y Boltovskoy, 1995; Abelman y Gowing, 1996; Yamashita *et al.*, 2002). A lo largo de la columna de agua, es posible encontrar diferentes hábitats preferentes, con algunas especies habitando en la termoclina, otras justo por

debajo, así como a profundidades mayores de varios cientos de metros o más (Fig. IV.6). Los ambientes epipelágicos, dentro de la zona fótica se ven caracterizados por los espumelarios, pues cuentan con una gran cantidad de vacuolas favoreciendo su flotabilidad, a diferencia de los ambientes meso y batipelágico que se ven caracterizados por los naselarios, especializados en habitar zonas más profundas y con aporte de luz mínimo o nulo (Jones, 2006; Arz, 2002).

#### -Distribución en los sedimentos

La distribución y concentración de tecas de radiolarios polycystinos en los sedimentos depende principalmente de varios factores (Bjørklund y Cortese, 2002), tales como:

- 1.- La producción de radiolarios en la columna de agua.
- 2.- El nivel de energía en el sitio de sedimentación.
- 3.- Qué otros componentes sedimentarios cubran las tecas de radiolarios.
- 4.- La disolución de ópalo biogénico.

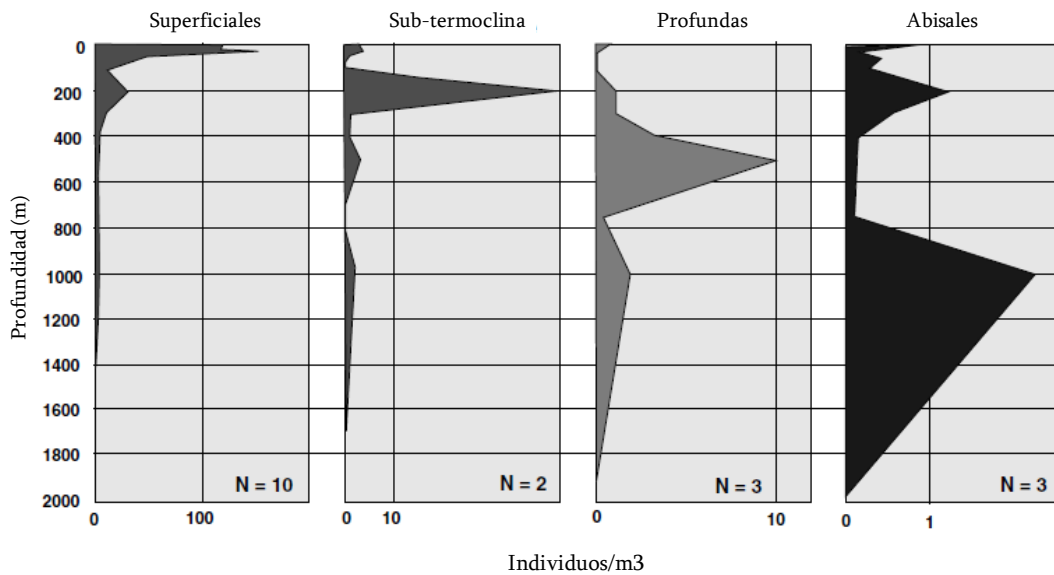
En particular, la distribución de radiolarios en los sedimentos del golfo de California, muestra que las mayores abundancias se encuentran en la boca, disminuyendo hacia la parte norte. Los radiolarios generalmente representan menos del 1% de peso en los sedimentos, debido a que sus tecas se diluyen por la alta concentración de diatomeas (Benson, 2005). Las concentraciones más altas de tecas de radiolarios se encuentran principalmente sobre el talud más que sobre los pisos de las cuencas y en particular en la región central del golfo. Los porcentajes más bajos, se han encontrado en las áreas de rápida depositación (e.g. alrededor de Cabo San Lucas y en los deltas de los ríos Yaqui y Fuerte).

En los sedimentos profundos del piso marino fuera del golfo y en los sedimentos del talud de la región sur del golfo, más del 50% de la fracción gruesa está conformada por radiolarios, excepto en zonas donde se presenta una importante dilución, debido a un mayor aporte de material terrígeno. En las cuencas del norte y centro la presencia de las tecas de radiolarios está restringida a sedimentos de grano fino de las partes más profundas, y generalmente se encuentran ausentes en los sedimentos gruesos de la zona por arriba de los 350 a 550 m, debido a la dilución por las arenas terrígenas.

#### -Cómo herramienta en reconstrucciones paleoambientales

A través de diversos estudios, se ha logrado demostrar que organismos pertenecientes al plancton pueden reflejar las condiciones hidrográficas, con gran precisión, como si hubieran sido medidas con registros instrumentales (Baumgartner *et al.*, 1989), y que ciertas especies tienden a fluctuar con los cambios climáticos (Boltovskoy *et al.*, 1996). En particular los radiolarios polycystinos pertenecen al microzooplancton silíceo que vive en varias profundidades de la capa epipelágica a la batipelágica en el océano, y muestran distribuciones verticales características (Renz, 1976; Kling, 1979), y a su vez estas distribuciones se relacionan a

condiciones físicas (temperatura, salinidad y densidad), químicas (oxígeno y nutrientes) y biológicas (disponibilidad de alimento y simbiosis) (Ishitani y Takahashi, 2007), los radiolarios polycystinos han sido utilizados directamente para correlaciones con: temperatura, salinidad, profundidad, nutrientes y clorofila (Casey, 1971; Petrushevskaya, 1971b; Kling, 1978, 1979; Abelmann, 1992; Molina-Cruz *et al.*, 1999; Pérez-Cruz, 2006). Aunado a ello, es de importancia hacer ver que a través del dato o datos climáticos y oceanográficos que se infieren a partir de los radiolarios, se puede extender el registro del clima, más allá del registro instrumental (Pérez-Cruz *et al.*, 2009).



**Figura IV.6.** Hábitats de las asociaciones de radiolarios a lo largo de la columna de agua en la región del Sistema de la Corriente de California; N = es el número de especies representativas<sup>1</sup>, que se tomaron en cada asociación, la escala de abundancia cambia para cada asociación (tomada y modificada de Kling y Boltovskoy (1995)).

#### - PROXYNO BIOLÓGICO: SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

Los sedimentos marinos generalmente están caracterizados por una mezcla compleja de minerales magnéticos de diferente tamaño de grano. Los minerales magnéticos en el ambiente marino pueden venir de diferentes fuentes, incluyendo el material terrígeno, minerales diagenéticos, minerales biogénicos y minerales magnéticos cosmogénicos (Bloemendal *et al.*, 1992; Maher and Thompson, 1999; Smirnov and Tarduno, 2000), y en particular el material terrígeno puede ser transportado vía fluviales, pluviales o eólicos, dependiendo de la distancia a

<sup>1</sup> Para cada asociación se seleccionaron aquellas especies que presentaron altas abundancias, las cuales son representadas por la letra N.



la costa y de las condiciones climáticas y geográficas. Los sedimentos pueden también ser transportados y re-depositados por las corrientes de fondo y por flujos turbidíticos. La naturaleza del material terrígeno depende de la fuente litológica y de los procesos de erosión y de transporte. Magnetitas bacterianas han sido encontradas como un componente importante en sedimentos pelágicos, así como esférulas magnéticas cósmicas. El análisis de los minerales magnéticos de los sedimentos marinos da información sobre la concentración de minerales magnéticos, el tipo y el tamaño de grano de éstos (Pérez-Cruz y Urrutia-Fucugauchi, 2009). En particular, en el golfo de California, en algunos estudios con enfoque paleoceanográfico han utilizado los registros de susceptibilidad magnética, combinados con otros *proxies*, para inferir la fuente y el transporte de sedimentos terrígenos a hacia las cuencas.

Chesire *et al.*, (2005) utilizaron los registros de susceptibilidad magnética obtenidos de dos núcleos de la cuenca de Guaymas, y los correlacionaron con el Titanio (*proxy* de precipitación). Se observó una correlación con los valores máximos de susceptibilidad magnética y los valores altos de titanio durante el Pleistoceno Tardío, por lo cual los autores infirieron un mayor transporte de terrígenos a la cuenca vía pluvial. Esto concuerda con lo sugerido por varios autores, que proponen que para el Último Glacial hubo un aumento de precipitación en la región (e.g. Betancourt *et al.*, 2001; Metcalfe *et al.*, 2002).

Por otra parte en un registro del Holoceno en la cuenca Alfonso en la Bahía de la Paz (Pérez-Cruz, 2000; 2006) con base en la susceptibilidad magnética y en datos de geoquímica (elementos mayores) propuso que los mayores valores de susceptibilidad magnética podrían estar relacionados con un mayor aporte de terrígenos transportados vía pluvial y que el origen de estos minerales era de las tobas volcánicas que rodean la cuenca. En particular, el mayor aporte de terrígenos coincidió con el periodo de la Anomalía Climática Medieval, sugiriendo condiciones cálidas y húmedas.

## CAPÍTULO V. MATERIAL Y MÉTODOS

### - DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA DIPAL-I K58

Para el desarrollo de este trabajo de investigación de maestría, se estudió una secuencia de sedimentos marinos (DIPAL-I K58), colectada en la parte occidental de la cuenca del Carmen, golfo de California (Fig. V.1) a una profundidad de 710 m, por medio de un nucleador de gravedad tipo Kasten. La descripción de la secuencia sedimentaria, se realizó considerando los siguientes elementos:

- a) Las características texturales, sedimentológicas y su composición.
- b) El color de los sedimentos con base en el código de la Tabla Munsell, 1995.
- c) Una distribución observable de cenizas volcánicas, nódulos, etcétera.
- d) La presencia de estructuras como capas, bandas, láminas, etcétera.
- e) Si presentaba o no inclusiones.
- f) Si la estructura sedimentaria mostraba o no bioturbación.
- g) Si debido a la operación durante su recuperación o al transporte, hubiese habido algún tipo de perturbación.

### -MODELO DE EDAD: DATACIÓN CON $^{210}\text{Pb}$ Y $^{14}\text{C}$ (AMS)<sup>2</sup>

Para contar con un marco geocronológico, se dataron mediante el método de  $^{210}\text{Pb}$  catorce muestras continuas del núcleo de caja DIPAL-I C58, el cual fue colectado en el mismo sitio que el kasten en la misma campaña oceanográfica. Las muestras se tomaron cada cm de la superficie hacia la base (Tabla V.1). Las muestras fueron enviadas para su datación al Laboratorio MicroAnalytic, en Miami Florida.

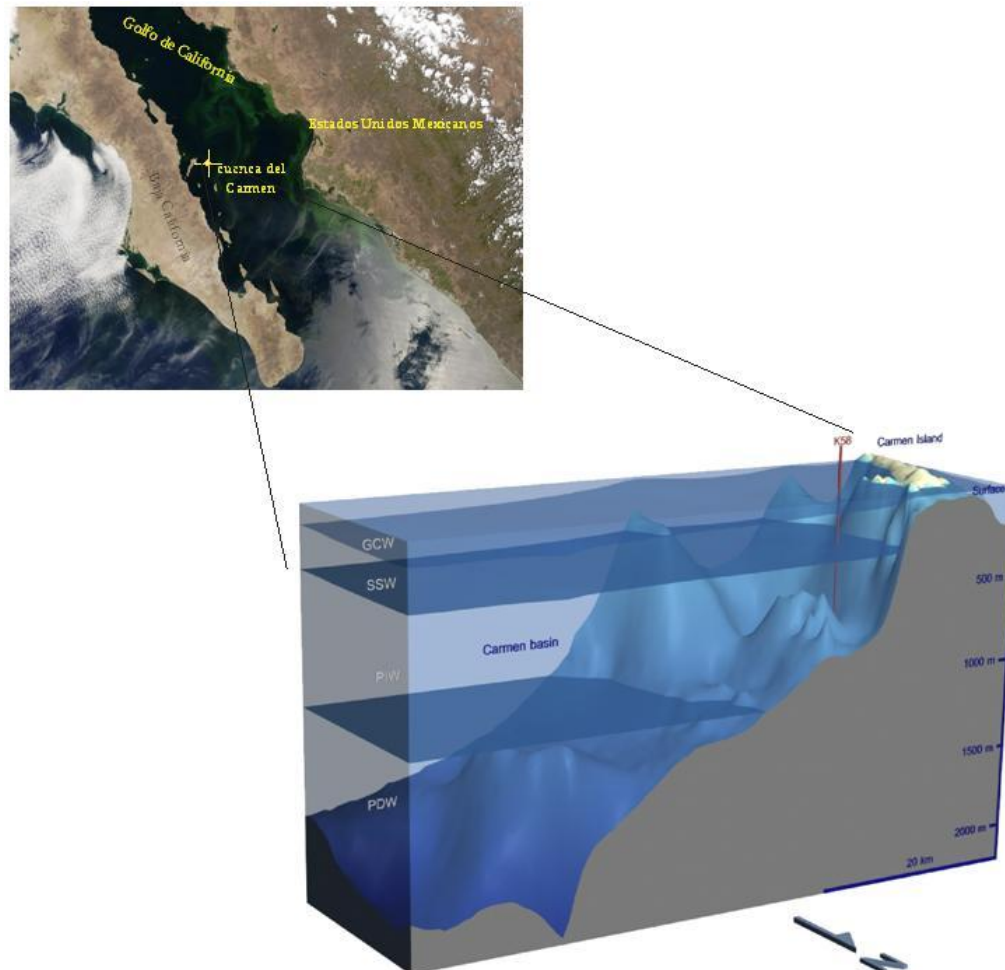
El método de  $^{210}\text{Pb}$  es ampliamente utilizado para la determinación de tasas de sedimentación en ambientes de depósito lacustres y marinos. Los estudios paleoceanográficos y paleolimnológicos comúnmente se apoyan en el  $^{210}\text{Pb}$  como un medio para establecer una tasa de sedimentación centenaria-promedio, y poder usarse en registros que se extienden hasta el Holoceno Medio y Temprano (Goñi *et al.*, 2006).

En este estudio se estimó la tasa de sedimentación de acuerdo con el modelo de “Tasa Constante de Aporte”, que es el más comúnmente utilizado, el cual se basa en las suposiciones de que: (1) el  $^{210}\text{Pb}$  exportado es transportado al sedimento a una tasa constante a través del tiempo, (2) la concentración inicial del  $^{210}\text{Pb}$  en el sedimento es variable, y (3) la tasa de entrada de los sedimentos es variable (Goldberg, 1963; Crozaz *et al.*, 1964; Appleby y Oldfield, 1978). Este modelo fue inicialmente desarrollado por Goldberg (1963) con el propósito de determinar la edad a cualquier profundidad dada dentro de una columna sedimentaria.

---

<sup>2</sup> Espectrómetro de Aceleración de Masas (AMS por sus siglas en inglés).

El laboratorio reportó que sólo los primeros 9 resultados se debían considerar para la estimación de la tasa de sedimentación, debido a que los 5 restantes presentaron valores del exceso de  $^{210}\text{Pb}$  anómalos, por lo que en la ecuación y en la gráfica sólo se muestran los 9 valores sugeridos por el laboratorio.



**Figura V.1.** Ubicación del núcleo DIPAL-I K58 (cruz amarilla), en la cuenca del Carmen, golfo de California.

A continuación se muestran los pasos que se realizaron para determinar la tasa de sedimentación:

**Paso 1.-** Se graficó la actividad de exceso de  $^{210}\text{Pb}$  vs profundidad, ajustando los puntos a una curva exponencial (Fig. V.2) de la forma:

$$\text{Ex } ^{210}\text{Pb} = ^{210}\text{Pb}_o e^{(-\lambda^{210}t)} \quad (1)$$

Donde:

$Ex^{210}Pb$  = exceso de  $^{210}Pb$

$^{210}Pb_o$  = exceso de  $^{210}Pb$  en la superficie del núcleo

$\lambda^{210}$  = tasa de degradación del  $^{210}Pb$  que es una constante = 0.0311

t = tiempo (años AP) = z/s

Donde:

**z** = profundidad en el subsuelo; **s** = tasa de sedimentación

Sustituyendo t = z/s en la ecuación (1) se tiene:

$$Ex^{210}Pb = ^{210}Pb_o e^{(-\frac{z}{s}\lambda^{210})} \quad (2a)$$

O bien

$$y = ^{210}Pb_o e^{(-\frac{z}{s}\lambda^{210})} \quad (2b)$$

**Tabla V.1.** Resultado de las dataciones con  $^{210}Pb$  de catorce muestras sedimentarias del núcleo de caja DIPAL-I C58, para la estimación de la tasa de sedimentación.

Núm de muestra	Profundidad (cm)	Pb-210(exceso) (dpm/g)	Edad años AP
1	0.5	16	3
2	1.5	7.97	11
3	2.5	6.39	19
4	3.5	4.53	28
5	4.5	3.93	38
6	5.5	2.3	48
7	6.5	1.12	59
8	7.5	2.65	68
9	8.5	1.72	73
10	9.5	2.6	71
11	10.5	2.39	**
12	11.5	3.52	**
13	12.5	3.71	**
14	13.5	2.89	**

Donde:

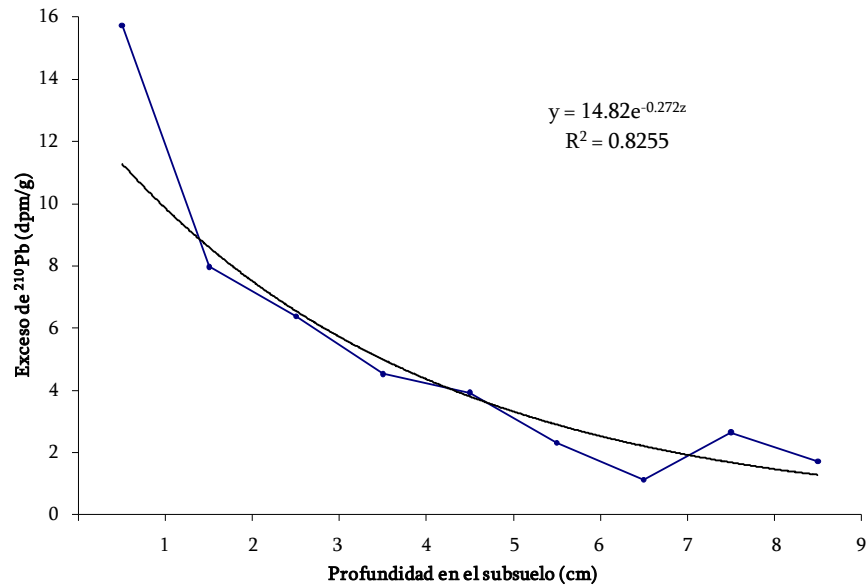
**y** =  $Ex^{210}Pb$

De la ecuación 2a y del ajuste de la curva (Fig. V.2) se obtiene la ecuación (3):

$$\frac{z}{s}\lambda^{210}=0.272 z \quad (3)$$

Finalmente despejando la tasa de sedimentación se tiene que, y teniendo en cuenta que  $\lambda^{210} = 0.311$  se obtiene:

$$s = \frac{0.0311}{0.272} = 0.11 \text{ cm/año} = 1.1 \text{ mm/año}$$



**Figura V.2.** Correlación exponencial del exceso de <sup>210</sup>Pb determinado en las muestras del núcleo DIPAL-I C58 vs profundidad en el subsuelo.

**Paso 2.-** De acuerdo a los valores contenidos en la Tabla V.1 el intervalo de 0.5 a 8.5 cm tiene 8 cm = 80 mm y de 3 – 73 = 70 años

$$\begin{aligned} \text{En 70 años se sedimentaron } & 80 \text{ mm} \\ \text{En 1 año} & - X \text{ mm} \\ X & = \mathbf{1.1428} \text{ mm} \end{aligned}$$

A partir de lo anterior, se obtuvo una tasa de sedimentación de 1.14 mm/año, para la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58, colectada en la parte occidental de la cuenca del Carmen, golfo de California.

Aunado a las mediciones de <sup>210</sup>Pb utilizadas para estimar la tasa de sedimentación en la región de estudio, se dató el primer cm de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58, a través del método de radiocarbono AMS con el objetivo de conocer la edad de la cima de esa secuencia. Para ello se realizó la selección de 2,700 especímenes bien preservados de la especie *G. bulloides* (18 mg). La muestra se envió al Laboratorio BETA Analytic en Miami, Florida y se obtuvo una edad de 840 años AP.

Esta fecha indicó que se perdió sedimento superficial en la secuencia DIPAL-I K58. Lo que pudo ocurrir durante la recuperación del nucleador y durante la extracción de las camisas de acrílico. Este ha sido un problema que se ha presentado anteriormente; por ejemplo, Pérez-Cruz (2006), menciona que tuvo una pérdida de ~15 cm de la cima de la secuencia sedimentaria analizada, la cual fue obtenida también con un nucleador tipo kasten.

Con base en la tasa de sedimentación conocida y la edad datada se realizó una extrapolación de las edades para todo el núcleo de la siguiente forma:

Sí en 1 año – se sedimenta 1.14 mm  
Cuantos años (**x**) transcurrieron para que se sedimentaran - 2150 mm  
**x= 1886 años**

Teniendo estos datos se interpolaron de la siguiente manera:

$$T = (z \cdot e \text{ núcleo}) / p_{\text{total}}$$

Donde:

T=edad años AP

z= profundidad

e núcleo= intervalo abarcado para la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 = 1886 años

p<sub>total</sub> = 2150 mm

Así se logró tener la edad a la profundidad deseada a todo lo largo del núcleo, los resultados finales se muestran en la tabla V.2. Es importante mencionar que el modelo de edad sugerido en este estudio, determinado a partir de las dataciones con <sup>210</sup>Pb y <sup>14</sup>C, presenta ciertas limitaciones, por lo que se sugiere realizar otras dataciones (e.g. <sup>14</sup>C) a lo largo de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 y contar con un modelo de edad robusto.

#### - ANÁLISIS MICROFAUNÍSTICO

##### *Pretratamiento químico y obtención de placas micropaleontológicas*

La secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 se submuestreó a todo lo largo en intervalos de 5 cm y ~2 cm de profundidad; el pretratamiento de las muestras en el laboratorio se realizó de acuerdo con el método modificado por Molina-Cruz (1977), Molina-Cruz *et al.* (1999) y Pérez-Cruz com. per., el cual consiste básicamente en disolver los carbonatos y la materia orgánica por adición de ácido clorhídrico (HCl) al 36% y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30%; la fracción obtenida se lavó con ayuda de un tamiz con abertura de malla de 34 μm. Las muestras tamizadas se vaciaron en frascos de plástico para su posterior montaje en las placas micropaleontológicas y la subsecuente identificación de los taxones de radiolarios.

**Tabla V.2.** Edades interpoladas a través de la ecuación  $T=(z \cdot e \text{ núcleo})/p_{\text{total}}$ , a todo lo largo del núcleo DIPAL-I K58.

Profundidad (cm)	Material	Edad de radiocarbono	Edad (años AP)
1	<i>G. bulloides</i>	420	840
215	18 mg		2728

Profundidad (cm)	Edad años AP	Profundidad (cm)	Edad años AP
1	840	110	1807
5	886	115	1851
10	930	120	1895
15	974	125	1939
20	1018	130	1982
25	1061	135	2026
30	1105	140	2070
35	1149	145	2114
40	1193	150	2158
45	1237	155	2202
50	1281	160	2246
55	1325	165	2289
60	1368	170	2333
65	1412	175	2377
70	1456	180	2421
75	1500	185	2465
80	1544	190	2509
85	1588	195	2553
90	1632	200	2596
95	1675	205	2640
100	1719	210	2684
105	1763	215	2728

#### *Determinaciones taxonómicas y conteo de especímenes*

La observación de las placas micropaleontológicas se realizó con un microscopio óptico Carl Zeiss modelo Axioskop 40, con objetivos planapo de 10x, 20x y 40x. El conteo y la determinación taxonómica de los radiolarios se llevó a cabo registrando como número mínimo 300 especímenes. Este tamaño de muestra fue empleado inicialmente por Sachs (1973) y posteriormente por otros autores (Molina-Cruz, 1984, 1994; Piasias, 1986; Weinheimer, 2002; Pérez-Cruz, 2006), con el fin de validar estadísticamente sus resultados. La identificación taxonómica de los radiolarios se realizó de acuerdo a los trabajos de Nigrini y Moore (1979), Boltovskoy y Jankilevich (1985), Benson (1966, 1983, 2005) y Pérez-Cruz y Benson (en prensa), identificando cada organismo hasta nivel de especie y registrándose en una tabla de conteo.

## -MANEJO DE DATOS

### a) *Análisis ecológico*

Se realizó una revisión bibliográfica de estudios paleoceanográficos y paleoclimáticos con base en radiolarios, en la columna de agua y en sedimentos, llevados a cabo en diferentes regiones (principalmente en golfo de California y en general en el océano Pacífico) con diferentes alcances temporales. El propósito fue investigar las afinidades ecológicas que presentan los radiolarios identificados en las muestras analizadas en este estudio y así tener información de utilidad para la adecuada interpretación del registro de radiolarios en los sedimentos de la cuenca del Carmen.

### b) *Análisis exploratorio de datos-estadística básica*

Los datos obtenidos (abundancias absolutas) se expresaron como un porcentaje de la población de radiolarios polycystinos (abundancias relativas; Apéndice I), a éstos se les aplicó un análisis exploratorio de datos (media, mínimos, máximos y desviación estándar, Apéndice II), con el objetivo de identificar y seleccionar aquellos taxones de radiolarios más representativos. Los cuales conformarán la matriz para realizar el análisis multivariado.

### c) *Análisis de Factores Modo “Q”*

Para poder explicar e interpretar de manera resumida los resultados obtenidos, se empleó un análisis estadístico multivariado, el Análisis de Factores Modo “Q” utilizando el método de Componentes Principales para la extracción de los factores, y una VARIMAX normalizada. Este análisis explica el comportamiento de las variables originales (intervalos muestreados), a través de factores, que expresaran en conjunto el sistema (Pisias, 1986; Molina-Cruz *et al.*, 1999).

La selección del número de factores que deben ser utilizados para interpretar los resultados, se realizó con base en el criterio de la raíz latente según Hair *et al.* (1999), el cual establece que aquellos factores con un autovalor (*eigenvalue*) mayor o igual a 1 serán seleccionados.

Así mismo, se utilizó una rotación de tipo ortogonal (varimax), la rotación factorial es el proceso de manipulación o ajuste de los axis del factor, con el fin de lograr de manera más práctica una interpretación significativa de las cargas factoriales (*factor loading*). La carga factorial se define como la correlación entre factor y los intervalos muestreados. Un valor de carga factorial mayor o igual a 0.70 es significativo dentro de cada factor, en un tamaño de muestra mayor o igual a 50, siempre y cuando los registros sean continuos. Particularmente, en este estudio, el valor de carga factorial que se consideró para detectar los intervalos significativos, fue  $\geq 0.60$ ; debido a que el tamaño de muestra fue menor a 50 (40 intervalos) (Hair *et al.*, 1999).

Otra herramienta a utilizar fue la puntuación factorial (*factor scores*), que es una medida compuesta, creada para cada intervalo sobre cada factor. En este estudio, la puntuación fue



esencial para definir los taxones de radiolarios polycystinos relacionados o que caracterizan a cada factor. Por otra parte, con el objetivo de saber que tan bueno era el ajuste de los datos se determinó la comunalidad, la cual se define como la cantidad total de varianza presente en las variables originales, que comparte con todas las otras variables incluidas en el análisis (Hair *et al.*, 1999).

#### **- ADQUISICIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA-SM.**

Para este análisis se realizó la siguiente medición:

Directamente sobre la secuencia sedimentaria se hicieron mediciones a intervalos continuos cada 0.5 cm, con ayuda de un Sensor Superficial de Alta Resolución Modelo Bartington MS2E, el cual opera a 2 kHz, lo que lo convierte en intermedio entre el sensor de laboratorio de baja (0.465 kHz) y alta frecuencia (4.65 kHz), utilizándose como una medición adicional para cuantificar el efecto de la frecuencia. En particular este instrumento es recomendable para secuencias sedimentarias que muestran laminaciones, debido a que tiene una resolución espacial mínima de 3.8 mm.

#### **-MANEJO DE DATOS**

##### *Análisis exploratorio de datos*

Los datos obtenidos se graficaron en sentido estratigráfico, con el objetivo de observar el comportamiento de la mineralogía magnética (SM) en la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 a través del tiempo.

##### *Tratamiento Matemático (Análisis de series de tiempo)*

Obtención de periodos significativos dentro de la serie de datos discretos

Para este análisis se utilizaron los datos de SM en intervalos cada 0.5 cm, con un total de 386 datos discretos y con un intervalo de muestreo relativamente de mayor resolución. El propósito de este análisis fue identificar si la serie de datos contiene ciclos significativos, y si es así, relacionarlos con alguno o algunos de los ciclos previamente reportados en la literatura, asociados a la variabilidad climática. Para ello, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- 1.- Los datos originales se interpolaron a un  $\Delta t=1$  año.
- 2.- Ya interpolados los datos, se realizó el análisis espectral mediante Transformada Rápida de Fourier.
- 3.- Ya obtenidas las frecuencias, se determinaron los periodos y se elaboró el peridograma.

## CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### -DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA DIPAL-I K58

El núcleo DIPAL-I K58 tiene una longitud de 215 cm. Es una secuencia de sedimentos limo-arcillosos caracterizada por una estructura finamente laminada (Fig. VI.1). Es posible observar a simple vista la alternancia de láminas claras y oscuras. Las láminas claras presentan un tono olivo HUE 5Y 5/3 (tabla de Munsell, 1995), las cuales están compuestas principalmente de sílice biogénico (predominantemente diatomeas), mientras que, las láminas oscuras presentan diferentes tonalidades que van de olivo-oscuro a gris HUE 5Y 3/2 (tabla de Munsell, 1995) y están compuestas principalmente de material terrígeno, y en menor proporción biogénico. En casi todo lo largo del núcleo es posible observar paquetes conformados por una lámina clara y una oscura, los cuales presentan espesores que van de 0.7 a 3 mm, con un promedio de 1.8 mm.

La presencia de esta estructura laminada es el reflejo de un escenario climático marcadamente estacional, el cual origina un aporte diferencial de sedimentos: litogénicos en verano-otoño y biogénicos en invierno-primavera. Las láminas claras son el resultado de una productividad primaria superficial alta, debida a procesos de surgencias y/o por efecto de giros (ciclónicos y anticiclónicos) en la región (Douglas *et al.*, 2007; Fernández-Barajas *et al.*, 1994). Cuando el flujo orgánico precipita al fondo y consume el oxígeno disuelto a profundidades intermedias, de ~600-1200 m (Bray y Robles, 1991; Keigwin y Jones, 1990) origina una zona de oxígeno mínimo, lo que hace que los sedimentos que subyacen esta capa no estén bioturbados y hace posible la preservación de sedimentos laminados (Thunell *et al.*, 1993; Schummelmann y Lange, 1996; Pérez-Cruz y Herguera, en prensa).

La resolución temporal de este estudio es multidecadal, ya que considerando la tasa de sedimentación de 1.14 mm/año, cada muestra estudiada, con 1 cm de espesor, representa las condiciones de sedimentación promedio de alrededor de 9 años, y el intervalo que hay entre cada una de las muestras (5 cm) corresponde a ~50 años.

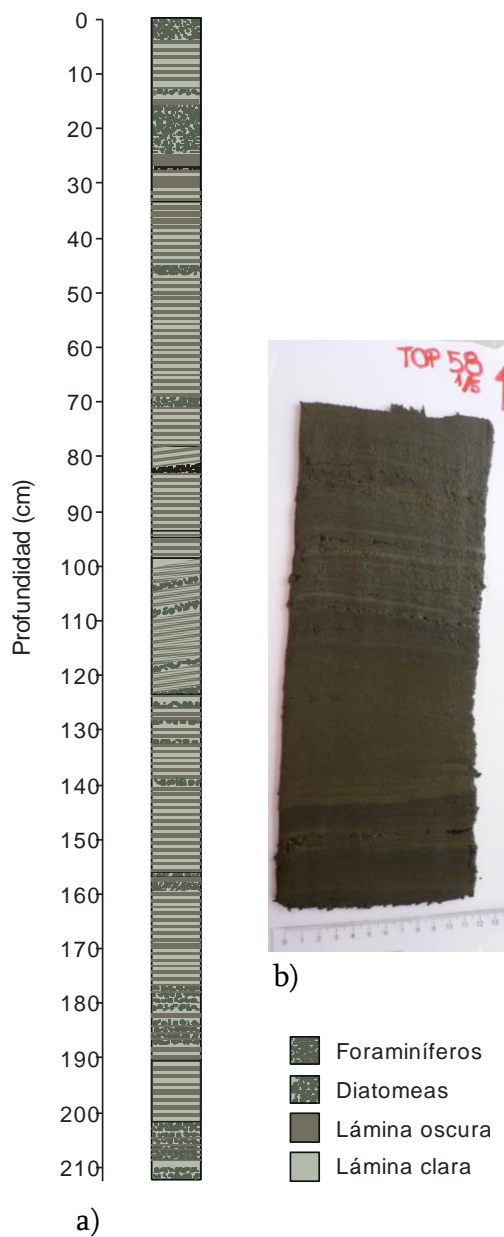
### -ANÁLISIS MICROFAUNÍSTICO

#### a) Los radiolarios polycystinos a lo largo de la secuencia sedimentaria

A lo largo de la secuencia sedimentaria DIPAL- I K58 se analizaron 40 muestras. En cada intervalo se contaron de 700 a 1000 especímenes y se identificaron un total de 208 taxones de radiolarios polycystinos, los cuales fueron abundantes y sus tecas de sílice mostraron muy buena preservación. De éstos, 135 pertenecen al orden Nassellaria (N) y 73 al orden Spumellaria (S). La distribución estratigráfica de los dos órdenes en la secuencia K58, muestra una dominancia de taxones del orden Nassellaria (Fig. VI.2). La dominancia de este orden es el reflejo de la

profundidad de la cuenca, ya que los naselarios habitan preferentemente ambientes mesopelágicos y batipelágicos (Jones, 2006; Arz, 2002).

Las abundancias relativas de cada orden en los intervalos analizados se presentan en la Figura VI.2. Los naselarios representan en promedio en 70% de la fauna, y los espumelarios el 30%. Es posible observar fluctuaciones ligeras en la abundancia de los órdenes a lo largo de la secuencia, pero éstos no son abruptos, lo que sugiere un ambiente relativamente estable durante los pasados ~2728 años AP.



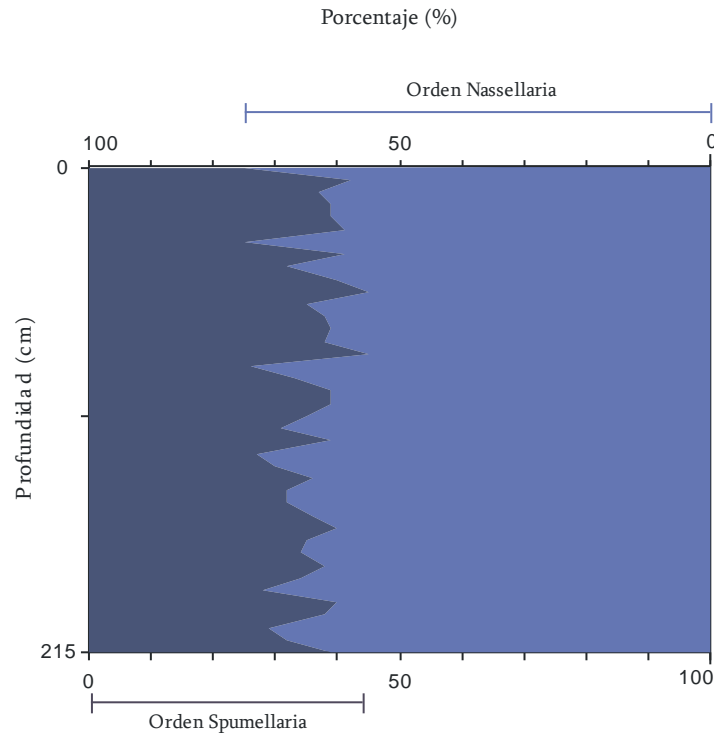
**Figura VI.1.** a) Representación esquemática de la secuencia sedimentaria DIPAL I-K58; b) Fotografía de la laja superficial.

De los 208 taxones de radiolarios identificados en los sedimentos de la cuenca del Carmen, 26 taxones mostraron abundancias significativas promedio  $\geq 1\%$  y se muestran en la Tabla VI. 1, el porcentaje de abundancia se tomó por el total de las muestras analizadas (Legendre y Legendre, 1998; Correa-Metrio, 2010).

**Tabla VI.1.** Taxones de radiolarios polycystinos que presentan un porcentaje promedio de abundancia  $\geq 1$ . Se indica con la letra N los taxones que pertenecen al orden Nassellaria y con la letra S aquellos que pertenecen al orden Spumellaria.

	<b>Taxón</b>	<b>% de abundancia</b>
N	<i>Arachnocorallium calvata</i>	7.2
N	<i>Lithomelissa setosa</i>	6.9
N	<i>Lithomelissa pentacantha</i>	3.4
N	<i>Cladoscenum tricolpium</i>	3.2
N	<i>Lophophaena nadezdae</i>	2.8
S	<i>Phorticium pylonium</i>	2.8
N	<i>Plectacantha oikiskos</i>	2.7
N	<i>Phormacantha hystrix</i>	2.5
N	<i>Pseudocubus obeliscus</i>	2.4
N	<i>Lithomelissa thoracites</i>	2.2
N	<i>Lophophaena butschlii</i>	2.2
N	<i>Clathrocircus stapedius</i>	2.0
N	<i>Lithomelissa hystrix</i>	2.0
N	<i>Peridium longispinum</i>	1.7
S	<i>Larcopyle buetschlii</i> grupo	1.7
S	<i>Tetrapyle octacantha</i> grupo	1.4
N	<i>Peridium</i> sp. cf. <i>P. longispinum</i>	1.3
N	<i>Phormospyris stabilis scaphipes</i>	1.3
N	<i>Trisulcus triacanthus</i>	1.3
N	<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i>	1.2
N	<i>Eucyrtidium hexagonatum</i>	1.1
N	<i>Phormostichoartus corbula</i>	1.1
N	<i>Plectacantha</i> sp.	1.1
N	<i>Stichocorys seriata</i>	1.1
S	<i>Druppatractus variabilis</i>	1.1
S	<i>Stylochlamydidium venustum</i>	1.1
N	<i>Arachnocorys umbellifera</i>	1.0
N	<i>Ceratocyrtilis histicosus</i>	1.0

Particularmente las altas abundancias de *Lithomelissa setosa*, *Lithomelissa pentacantha*, *Phorticium pylonium*, *Phormacantha hystrix*, *Pseudocubus obeliscus* y *Plectacantha* sp., confirman la importante productividad primaria que se presenta en la cuenca del Carmen, debido a que estas especies habitan regiones altamente productivas en diferentes partes del océano mundial (Lange *et al.*, 1997; Yamashita *et al.*, 2002; Ishitani y Takahashi, 2007; Molina-Cruz *et al.*, 1999), como se explicará más adelante.



**Figura VI.2.** Porcentaje de taxones de radiolarios polycystinos identificados, a lo largo de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58.

**b) Análisis ecológico de los taxones de radiolarios polycystinos identificados en la cuenca del Carmen**

Debido a que sólo hay un estudio de la distribución en la columna de agua y las afinidades ecológicas actuales de los radiolarios polycystinos en el golfo de California (Molina-Cruz *et al.*, 1999), fue necesario realizar una revisión bibliográfica detallada de la distribución de radiolarios en otras regiones geográficas principalmente del Pacífico oriental y occidental, así como del Atlántico, que permitieran conocer las afinidades ecológicas de los taxones aquí encontrados y realizar una reconstrucción oceanográfica adecuada. Para complementar esta información, se consideró la información ambiental obtenida de los registros sedimentarios.

De estos estudios se extrajo información sobre los procesos físicos (tales como: la presencia y efecto de giros ciclónicos y anticiclónicos, surgencias), condiciones ambientales (disponibilidad de nutrientes, etcétera), los cuales favorecen la presencia y abundancia de los radiolarios.

En la tabla VI.2 se muestran los diferentes estudios sobre radiolarios que fueron revisados para la interpretación de los resultados de este estudio. Se señalan las diferentes técnicas de muestreo (red de plancton, trampas de sedimento, sedimentos superficiales y núcleos), cuando procede el intervalo de muestreo en la columna de agua y la región geográfica.

**Tabla VI.2.** Estudios sobre la distribución geográfica y en la columna de agua de radiolarios polycystinos holocénicos.

	Autor (es)	Área de Estudio	Intervalo de muestreo
Muestras de agua	Jørgensen 1905	Costa y fiordos de la parte norte de Noruega	0-900 m
Muestras de Plancton	Petrushevskaya (1971a)	Región central del Pacífico	0-5000 m
	Boltovskoy & Riedel (1987)	Corriente de California	0-100 m
	Kling & Boltovskoy (1995)	Corriente de California	0-2000 m (36 muestras; Noviembre-Diciembre 1977)
	Abelmann & Gowing (1997)	Oriente del Atlántico Sur	0-1000 m
	Molina-Cruz <i>et al.</i> (1999)	golfo de California	0-600 m (cuencas Guaymas y Carmen) 0-1000 m (cuenca Pescadero)
	Nimmergut & Abelmann 2002	Mar de Okhotsk	0-1000 m (Verano 1998 y Primavera 1999)
	Yamashita <i>et al.</i> (2002)	Occidente del Pacífico Tropical	0-500, 0-750 y 0-1000 m
	Ishitani & Takahashi (2007)	Costas del Mar de Japón	0-200 m
Trampa de sedimento	Welling <i>et al.</i> (1992)	Corriente de California (región norte)	1000 m (1987-1988) y 1500 m (1988-1989)
	Takahashi (1997)	golfo de Alaska	3800 m (Sept 1982 - Agosto 1983)
	Lange <i>et al.</i> (1997)	cuenca de Santa Bárbara, California	1000 m (Marzo-Sept 1983 y Mayo 1985-Abril 1986)
	Itaki <i>et al.</i> (2008b)	Márgen Occidental del Pacífico Subártico	540 m (Agosto 1993-Nov 1994) 350 m (Junio 2002-Junio 2003)
Sedimento superficial	Benson (1966)	golfo de California	31-2891 m
	Petrushevskaya (1971b)	Océanos Índico y Antártico	
	Casey (1971)	Océano Pacífico	
	Álvarez-Arellano & Molina-Cruz (1986)	golfo de California	163-3023 m
	Molina-Cruz (1986)	golfo de California	712-1280 m
Sedimento superficial	Pisias (1986)	golfo de California	212-1070 m
	Wang <i>et al.</i> (2006)	Mar de Bering	139-3850 m
	Itaki <i>et al.</i> (2008a)	Suroeste del Mar de Okhotsko (Norte de Japón)	193-210 m
	Bjorklund <i>et al.</i> (1998)	Mar de Groenlandia, Islandia y Noruega (GIN)	700-3800 m (225 muestras)
	Cortese <i>et al.</i> (2003)	Mar de Groenlandia, Islandia y Noruega (GIN)	160 muestras
Muestras de plancton y sedimento superficial	Abelmann & Nimmergut (2005)	Mar de Okhotsk	0-1000 m (115 muestras de plancton, Primavera 1999-Verano 1998)
			75-3000 m (28 muestras de sedimento superficial)
Trampa de sedimento y sedimento superficial	Itaki (2003)	Mar de Japón	0-40, 40-80, 80-120, 120-160, 160-200, 200-300, 300-500,
			500-1000 y 1000-2000 m (trampa de sedimento-Julio 1999)
			60-3650 m (muestras de sedimento superficial)
Núcleo de gravedad	Nishimura <i>et al.</i> (1997)	Océano Antártico	323-5010 m (375 muestras de 25 núcleos)

**c) Asociaciones de radiolarios polycystinos de la cuenca del Carmen caracterizadas con base en el Análisis de Factores modo “Q”**

Se aplicó un Análisis de Factores modo “Q” a la matriz de datos que incluía a todos los taxones de radiolarios en todas las muestras, sin embargo no fue posible extraer los factores, debido a que el número de taxones raros -presentes en muy pocas muestras y en ocasiones en una sola- tenían valores de cero en la matriz de correlación, lo cual no representa la varianza real de los datos (Hair *et al.*, 1999).

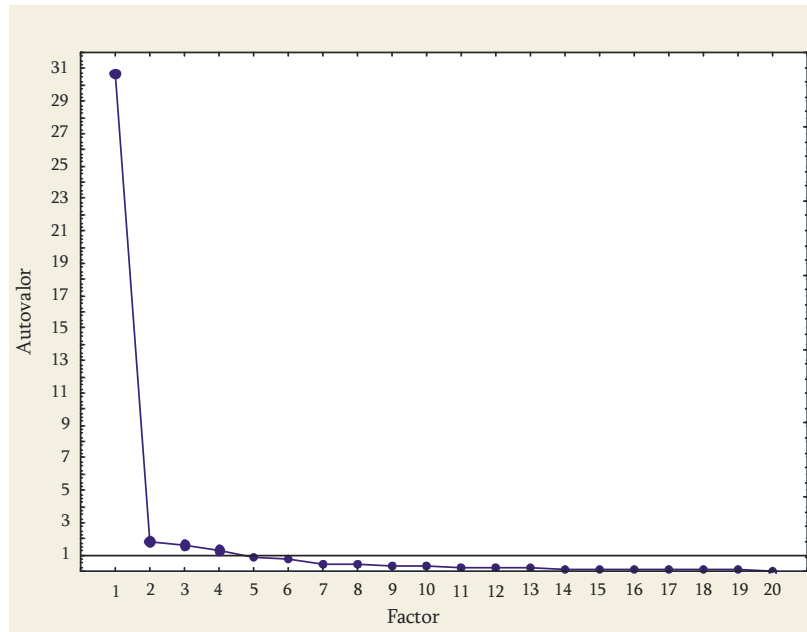
Por lo que se realizó una selección de radiolarios a través de los filtros paleoecológicos de presencia y persistencia (Correa-Metrio *et al.*, 2010), considerándose aquéllos taxones que: 1) presentaban una abundancia relativa  $\geq 1\%$  y, 2) se encontraban en más de tres muestras. Después de la selección anterior, se obtuvo una matriz de 40 intervalos (variables) *versus* 28 taxones de radiolarios (casos) (Apéndice III), a la cual se le aplicó un Análisis de Factores.

A partir de este análisis se extrajeron cuatro factores que explican el 88.47% de la varianza total de los datos de radiolarios (Tabla VI.3), en la Figura VI.3 se puede observar la contribución de cada factor extraído. Las cargas factoriales (Tabla VI.4) se graficaron en sentido stratigráfico con el fin de mostrar su comportamiento y tendencia a través del tiempo.

La selección del número de factores, los cuales se consideraron para realizar las interpretaciones ambientales en este estudio, se realizó con base en el criterio de la raíz latente la cual menciona que se deben tomar aquellos autovalores con un valor  $\geq 1$ . Para ello se graficaron los autovalores totales que el análisis multivariado extrae. La Figura VI. 3 muestra que cuatro factores tienen un valor  $\geq 1$ , por lo que el modelo considerando los cuatro factores es el más adecuado.

**Tabla VI.3** Autovalores de los cuatro factores definidos a través del Análisis de Factores, así como el porcentaje total de varianza.

	Autovalor	% Total de varianza	% acumulado
<b>1</b>	30.69	76.73	76.73
<b>2</b>	1.83	4.57	81.30
<b>3</b>	1.58	3.96	85.25
<b>4</b>	1.29	3.21	<b>88.47</b>



**Figura VI.3** Gráfica de los valores de autovalor para cada factor definido a través del Análisis de Factores modo “Q”, utilizada para tomar el criterio de la raíz latente.

El factor que explica la mayor varianza total de los datos es el Factor 1 (30.69%), el cual brinda información de la parte más antigua y reciente de la secuencia sedimentaria, seguido del Factor 2 el cual explica un 1.83%, el Factor 3 con 1.58% y por último el Factor 4 con un 1.29% (Fig. VI.7). Los valores de puntuación factorial (Tabla VI. 5 y Figs. VI.4, VI.6), se graficaron con el objetivo de inferir las asociaciones de radiolarios que caracterizan a cada factor, para su posterior interpretación.

**d) Reconstrucción oceanográfica y climática de la cuenca del Carmen**

A continuación se realiza una reconstrucción oceanográfica y climática para la cuenca del Carmen durante el intervalo de ~2728 a ~840 años AP, la cual se basa en la interpretación de los factores, de los taxones que caracterizan a cada factor, de sus afinidades ecológicas, así como de los cambios en su distribución a lo largo de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58.

**FACTOR 1**

Al graficar las cargas factoriales del Factor 1 en sentido estratigráfico (Fig. VI.7) se aprecia un intervalo importante de ~2728 a ~2670 años AP, presentando sus valores máximos de ~1034 a ~840 años AP.



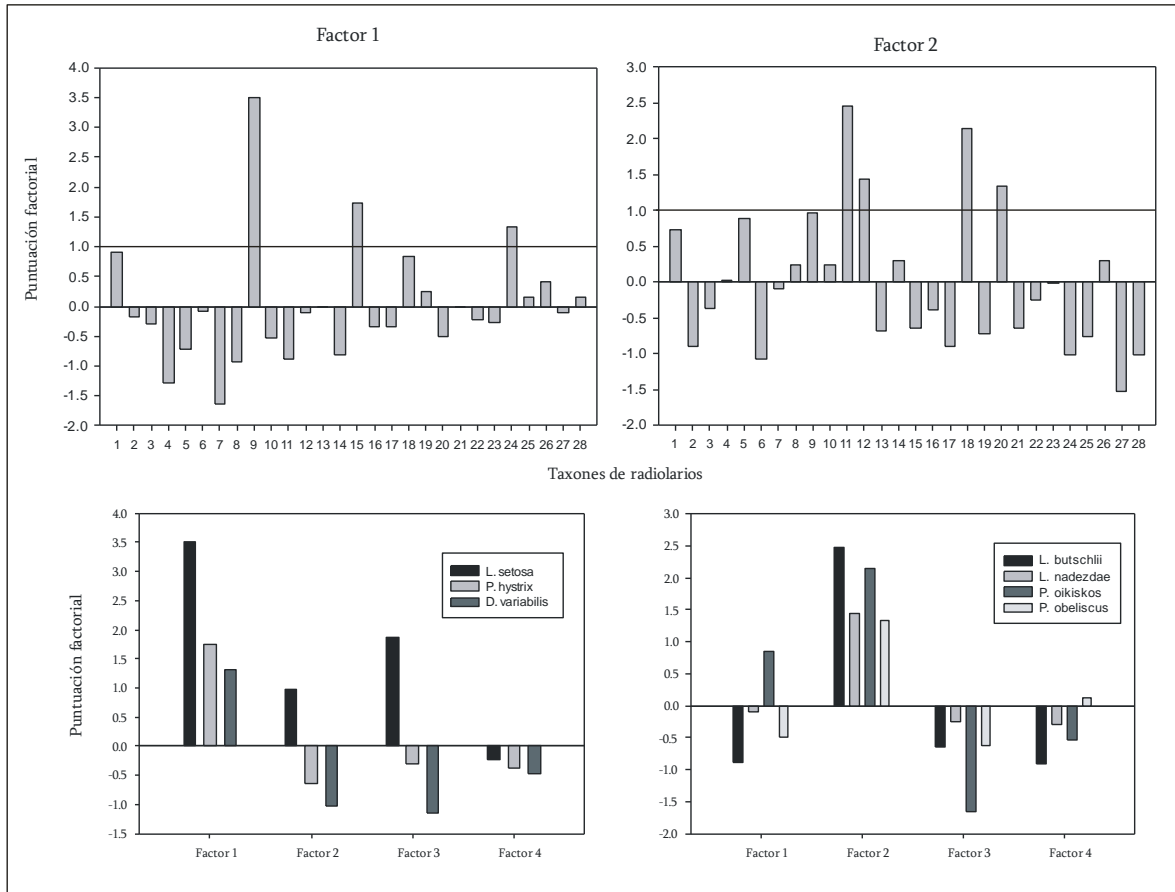
**Tabla VI.4.** Cargas factoriales de los cuatro factores obtenidos a través del Análisis de Factores.  
Los valores significativos están en negritas ( $\geq 0.60$ ).

Edad (años AP)	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
840	<b>0.68</b>	0.52	0.27	0.25
890	<b>0.80</b>	0.27	0.23	0.35
938	<b>0.65</b>	0.29	0.46	0.44
986	<b>0.69</b>	0.28	0.46	0.45
1034	<b>0.70</b>	0.43	0.35	0.41
1083	0.58	0.25	0.34	<b>0.64</b>
1131	0.49	0.44	0.43	0.56
1179	0.19	0.28	0.25	<b>0.88</b>
1227	0.50	0.37	0.23	<b>0.66</b>
1275	0.57	0.35	0.28	<b>0.61</b>
1323	0.43	0.19	0.46	<b>0.63</b>
1371	0.42	0.20	0.50	<b>0.64</b>
1419	0.32	0.25	<b>0.60</b>	<b>0.64</b>
1467	0.37	0.30	0.43	<b>0.69</b>
1516	0.50	0.33	0.33	<b>0.64</b>
1564	0.23	0.54	0.25	<b>0.65</b>
1612	0.29	0.44	<b>0.71</b>	0.30
1660	0.49	0.35	0.42	0.47
1708	0.25	0.26	<b>0.78</b>	0.47
1756	0.32	0.33	<b>0.70</b>	0.45
1804	0.30	0.35	<b>0.76</b>	0.37
1852	0.37	0.32	<b>0.77</b>	0.25
1900	0.43	0.32	0.54	0.50
1949	0.31	0.32	<b>0.81</b>	0.20
1997	0.32	0.46	<b>0.71</b>	0.31
2045	0.17	0.51	0.47	<b>0.62</b>
2093	0.36	0.59	0.56	0.31
2141	0.33	<b>0.71</b>	0.31	0.39
2189	0.34	<b>0.73</b>	0.38	0.14
2237	0.43	<b>0.63</b>	0.38	0.36
2285	0.25	<b>0.73</b>	0.47	0.25
2333	0.34	<b>0.81</b>	0.31	0.24
2382	0.30	<b>0.66</b>	0.43	0.40
2430	0.31	<b>0.78</b>	0.41	0.17
2478	0.26	0.55	0.44	0.56
2526	0.23	<b>0.77</b>	0.02	0.47
2574	0.42	0.51	0.35	0.49
2622	0.53	0.59	0.37	0.35
2670	<b>0.78</b>	0.38	0.31	0.24
2728	<b>0.71</b>	0.40	0.36	0.19

**Tabla VI.5.** Valores de la puntuación factorial de los cuatro factores obtenidos a través del Análisis de Factores, así como los taxones de radiolarios polycystinos correspondientes. Los valores significativos están en negritas y subrayados.

	Taxones de radiolarios polycystinos	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
1	<i>Arachnocorallium calvata</i>	0.9	0.7	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>
2	<i>Arachnocorys umbellifera</i>	-0.2	-0.9	-0.2	-0.3
3	<i>Ceratocyrtilis histricosus</i>	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4
4	<i>Cladoscenum tricolpium</i>	-1.3	0.0	<b>1.4</b>	<b>1.1</b>
5	<i>Clathrocircus stapedius</i>	-0.7	0.9	-0.2	-0.1
6	<i>Eucyrtidium hexagonatum</i>	-0.1	-1.1	-0.6	0.4
7	<i>Lithomelissa hystrix</i>	-1.6	-0.1	<b>2.6</b>	-1.2
8	<i>Lithomelissa pentacantha</i>	-0.9	0.2	-0.8	<b>3.1</b>
9	<i>Lithomelissa setosa</i>	<b>3.5</b>	<b>1.0</b>	<b>1.9</b>	-0.2
10	<i>Lithomelissa thoracites</i>	-0.5	0.2	0.1	0.3
11	<i>Lophophaena butschlii</i>	-0.9	<b>2.5</b>	-0.6	-0.9
12	<i>Lophophaena nadezdae</i>	-0.1	<b>1.4</b>	-0.2	-0.3
13	<i>Peridium</i> sp. cf. <i>P. longispinum</i>	0.0	-0.7	0.7	-1.1
14	<i>Peridium longispinum</i>	-0.8	0.3	0.7	-0.8
15	<i>Phormacantha hystrix</i>	<b>1.7</b>	-0.7	-0.3	-0.4
16	<i>Phormospyris stabilis scaphipes</i>	-0.3	-0.4	-0.3	0.0
17	<i>Phormostichoartus corbula</i>	-0.3	-0.9	0.4	-0.6
18	<i>Plectacantha oikiskos</i>	0.8	<b>2.1</b>	-1.7	-0.5
19	<i>Plectacantha</i> sp.	0.2	-0.7	-0.2	-0.7
20	<i>Pseudocubus obeliscus</i>	-0.5	<b>1.3</b>	-0.6	0.1
21	<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i>	0.0	-0.6	-0.1	-0.4
22	<i>Stichocorys seriata</i>	-0.2	-0.2	-0.1	-0.7
23	<i>Trisulcus triacanthus</i>	-0.3	0.0	0.0	-0.9
24	<i>Drupptractus variabilis</i>	<b>1.3</b>	-1.0	-1.1	-0.5
25	<i>Larcopyle buetschlii</i> grupo	0.2	-0.8	-0.6	0.7
26	<i>Phorticium pylonium</i>	0.4	0.3	-0.9	<b>1.1</b>
27	<i>Stylochlamydidium venustum</i>	-0.1	-1.5	-0.5	0.6
28	<i>Tetrapyle octacantha</i> grupo	0.1	-1.0	-0.5	0.3

El Factor 1 está caracterizado por la siguiente asociación de especies de radiolarios polycystinos: *Lithomelissa setosa*, *Phormacantha hystrix* y *Druppactractus variabilis*, las cuales tienen puntuaciones factoriales de 3.5, 1.7 y 1.3, respectivamente (Tabla VI.5; Fig. VI.4). Las afinidades ecológicas de estas especies se detallan a continuación (Tabla VI.6).



**Figura VI.4.** Valores de puntuación factorial de los Factores 1 y 2 obtenidos a través del Análisis de Factores, así como la importancia de los taxones de radiolarios polycystinos en cada factor.

*L. setosa* forma parte de lo que algunos autores denominan como “fauna intermedia”, la cual se caracteriza por organismos que viven por debajo de la termoclina en aguas relativamente frías y de alta salinidad (Weinheimer, 1994; McGowan, 1974). En el Sistema de la Corriente de California vive por debajo de la capa del mínimo de salinidad, en aguas relativamente frías y salinas. Se ha señalado que el Agua de la Corriente de California, y los organismos que en ella habitan, son llevados hacia las aguas superficiales a través de los procesos físicos locales que transportan aguas subsuperficiales a la superficie (e.g. surgencias) (Boltovskoy y Riedel, 1987; Kling y Boltovskoy, 1995).

En la cuenca de Santa Bárbara California, *L. setosa* habita la zona por debajo de la termoclina, siendo una especie predominante durante los periodos de surgencias costeras en primavera, cuando se presentan altas concentraciones de clorofila-a y altos flujos de diatomeas (Lange *et al.*, 1997). Por otra parte, se relacionó a esta especie con procesos de surgencias y altas concentraciones de nutrientes en el Pacífico Ecuatorial Occidental (Yamashita *et al.*, 2002).

*P. hystrix* es una especie afín a masas de agua frías, principalmente en un rango de 9 a 13°C, habita aguas subsuperficiales de ~120 a 300 m de profundidad (Pacífico ecuatorial: Petrushevskaya, 1971a; región occidental del Pacífico tropical: Yamashita *et al.*, 2002; fiordos Noruegos: Itaki *et al.*, 2008b). Así mismo, se ha encontrado en sedimentos superficiales del Mar de Bering, asociada a regiones de alta productividad (Wang *et al.*, 2006), y ha mostrado una correspondencia con flujos de abundancia de fitoplancton en el golfo de Alaska (Takahashi, 1997), lo cual sugiere que sus mayores abundancias se relacionan a aumentos en la productividad primaria.

Por otra parte, *D. variabilis* habita las aguas por debajo de la termoclina, en un intervalo de profundidad de 400-700 m, es decir dentro del Agua Intermedia del Pacífico en el golfo de California, mostrando sus mayores abundancias alrededor de los 500 m de profundidad en las cuencas del Carmen y Guaymas (Molina-Cruz *et al.*, 1999). En los sedimentos superficiales del golfo *D. variabilis* se presenta con mayor abundancia en la parte sur en zonas donde los procesos de surgencias son importantes (Benson, 1966; 2005).

**Tabla VI.6.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 1.

Factor 1			
Taxones de radiolarios	Puntuación factorial	Afinidades	
		En el golfo de California	En otras áreas del Pacífico
<i>Lithomelissa setosa</i>	3.5		Vive por debajo de la termoclina, en aguas relativamente frías, de alta salinidad y ricas en nutrientes. Presenta flujos importantes de forma sincrónica con picos de mayor flujo de diatomeas. Está asociada a procesos de transporte de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes a la superficie, durante periodos de alta productividad
<i>Phormacantha hystrix</i>	1.7		Vive en aguas subsuperficiales (120-300 m), en aguas frías. Se encuentra asociada a regiones de alta productividad
<i>Druppatractus variabilis</i>	1.3	Puede vivir a profundidades de 400-700 m, mostrando su mayor abundancia a los 500 m de profundidad. Vive en el Agua Intermedia del Pacífico (AIP)	

## INTERPRETACIÓN DEL FACTOR 1

La fauna de radiolarios que caracterizan este factor sugieren hábitats subsuperficiales (*Lithomelissa setosa* y *Phormacantha hystrix*) e intermedios (*Druppatractus variabilis*). Con base en la afinidad ecológica de esta asociación se sugiere que durante ~2728 a ~2670 y de ~1034 a ~840 años AP, hubo una productividad primaria importante en la cuenca del Carmen.

En la actualidad se sabe que uno de los principales mecanismos que generan productividad primaria en la cuenca del Carmen es la presencia e interacción de giros ciclónicos y anticiclónicos. Particularmente para esta cuenca, se ha reportado la presencia de un giro ciclónico para la fase de invierno, la naturaleza de este giro provoca un ascenso en la termoclina, lo cual ocasiona una elevación de la capa subsuperficial rica en nutrientes a capas superficiales; cuando esta agua rica en nutrientes llega a la zona eufótica favorece la productividad biológica por fotosíntesis, debido a la mayor iluminación cerca de la superficie (Merino & Monreal, 2004).

Por otra parte, se sugiere una mayor presencia del Agua Intermedia del Pacífico (AIP) en la cuenca del Carmen, sugerida por la representación en el registro sedimentario de *D. variabilis*. Actualmente se sabe que el AIP muestra su mayor presencia en el golfo de California durante invierno (Lavín *et al.*, 1997).

Bajo este escenario, se sugiere que condiciones oceánicas similares o análogas a las presentes durante la fase de invierno en la cuenca del Carmen, golfo de California, posiblemente dominaron el intervalo caracterizado por el Factor 1, favoreciendo la presencia de radiolarios afines a una productividad primaria importante como lo son *L. setosa* y *P. hystrix*, así como a radiolarios habitantes de aguas intermedias (AIP) como lo es *D. variabilis*.

## FACTOR 2

Con base en la distribución estratigráfica de los valores de las cargas factoriales (Fig. VI.7), es posible observar que los valores más significativos para el Factor 2 se presentan de ~2526 a ~2141 años AP.

La asociación de radiolarios polycystinos que caracterizó al Factor 2 está integrada por *Lophophaena butschlii*, *Plectacantha oikiskos*, *Lophophaena nadezdae* y *Pseudocubus obeliscus*, los cuales presentan puntuaciones factoriales de 2.5, 2.1, 1.4 y 1.3 respectivamente. A continuación se detallan las afinidades ecológicas de cada especie (Tabla VI.5; Fig. VI.4 y Tabla VI.7).

*L. butschlii*, es la especie más importante de este factor, siendo por primera vez descrita en el golfo de California. En otras regiones del Pacífico Occidental (en las aguas que rodean a Japón) habita a profundidades de 120 a 200 m, por debajo de la concentración máxima profunda de

clorofila-a (Ishitani y Takahashi, 2007). Casey *et al.* (1979) y Anderson, (1983), proponen que este taxón es bacteriófago o detritívoro.

*P. oikiskos*, es la segunda especie más importante de este factor, y también es por primera vez descrita en el golfo de California; sin embargo, se ha encontrado en algunos lugares del Pacífico occidental, como por ejemplo: es muy abundante en las aguas intermedias de 200 a 1000 m en el Mar de Okhotsk, en regiones caracterizadas por una fuerte estratificación superficial, en donde la actividad heterotrófica es intensa y el flujo de fitodetrítus a capas más profundas es significativo. Se alimenta de estos fitodetrítus provenientes de las capas superficie, así como de las bacterias adheridas a la materia orgánica, originada por el aumento de actividad heterotrófica durante verano. Por lo anterior, se ha propuesto que su distribución está controlada principalmente por sus preferencias alimenticias más que su afinidad a propiedades específicas de las masas de agua (Nimmergut y Abelmann, 2002; Abelmann y Nimmergut, 2005).

Por su parte, *L. nadezdae* se ha encontrado en los sedimentos superficiales del golfo de California, que subyacen a regiones en donde la mezcla por marea es muy fuerte (cuenca Sal si puedes), así como en los sedimentos de las cuencas de Guaymas y Carmen, particularmente en la parte occidental. Sus mayores abundancias se presentan en regiones de diatomitas en la parte norte del golfo, sugiriendo que su abundancia está en función de los procesos de surgencias locales (Benson 1966; 2005).

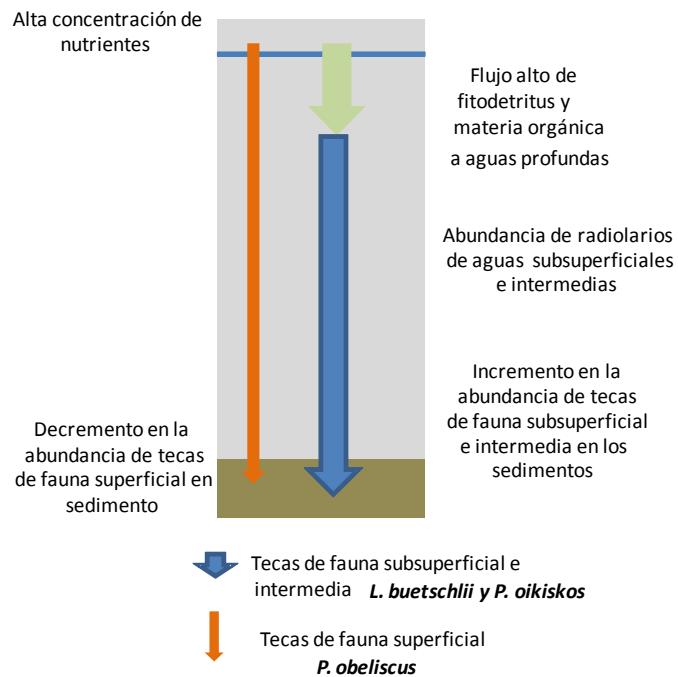
*P. obeliscus* se ha descrito en los sedimentos superficiales del golfo de California, mostrando sus mayores abundancias en la región de las cuencas Guaymas y Carmen (Benson, 1966; 2005). En el Pacífico Ecuatorial presenta sus máximas abundancias en aguas superficiales de 0 a 120 m, en particular en los primeros 40 m, relacionada a zonas de alta productividad primaria (Yamashita *et al.*, 2002; Ishitani y Takahashi, 2007).

**Tabla VI.7.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 2.

F2	Taxones de radiolarios	Puntuación factorial	Afinidades	
			En el golfo de California	En otras áreas del Pacífico
	<i>Lophophaena butschlii</i>	2.5	Es la primera vez que se reporta en el golfo de California	Vive por debajo de la concentración máxima profunda de clorofila-a (120-200 m), se alimenta de bacterias y detritus.
	<i>Plectacantha oikiskos</i>	2.1	Es la primera vez que se reporta en el golfo de California	Vive en aguas intermedias (200-1000 m) Muestra altas abundancias en regiones donde hay una fuerte estratificación superficial. Su distribución es principalmente controlada por sus preferencias alimenticias, y en menor importancia por su afinidad a masas de agua específicas. Se alimenta de fitodetrítus y bacterias adheridas a la materia orgánica que vienen de la superficie.
	<i>Lophophaena nadezdae</i>	1.4	Se encuentra en sedimentos superficiales que subyacen regiones de surgencias locales	
	<i>Pseudocubus obeliscus</i>	1.3		Vive en aguas superficiales ( de superficie a 120 m), mostrándo sus mayores abundancias en los primeros 40 m

## INTERPRETACIÓN DEL FACTOR 2

Las especies que caracterizan al factor sugieren que éstas se beneficiaron por el tipo de nutrientes presentes, y que el flujo de fitodetritus y materia orgánica, originada por el aumento de actividad heterotrófica, hacia el fondo, propiciaron el crecimiento de especies de hábitats sub-superficiales e intermedios, las cuales quedaron registradas en los sedimentos. Las condiciones prevalecientes se explican en el siguiente esquema (Fig. VI.5).



**Fig. VI.5.** Escenario sugerido para el Factor 2, a través de la asociación de radiolarios caracterizada por *L. buetschlii*, *P. oikiskos*, *L. nadezdae* y *P. obeliscus*.

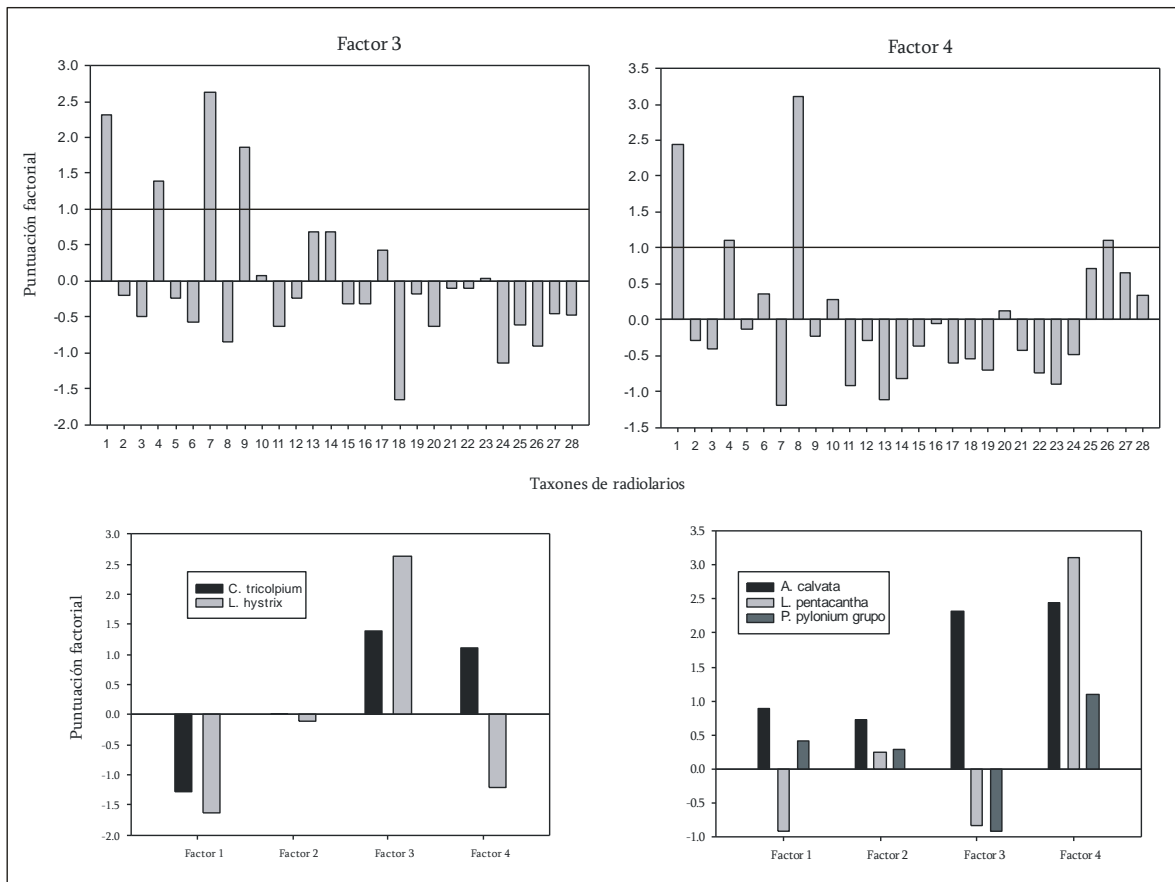
## FACTOR 3

El Factor 3, define el 1.58% de la varianza total de los datos, mostrando sus mayores cargas del factor de ~1997 a ~1612 años AP (Fig. VI.7).

Los radiolarios polycystinos *Lithomelissa hystrix* y *Cladoscenum tricolpium* son los componentes de la asociación que caracteriza al Factor 3 los cuales tienen puntuaciones factoriales de 2.6 y 1.4 respectivamente (Tabla VI.5; Fig. VI.6). Las afinidades ecológicas de cada especie se describen a continuación (Tabla VI.8).

*L. hystrix* es una especie que por primera vez se describe en el golfo de California, como tal, ha sido descrita en la parte norte de la Corriente de California durante el invierno (Welling *et al.*, 1996). En las costas y fiordos de Noruega habita en aguas frías y salinas (~33.37 a 35.11), en capas superficiales hasta 700 m de profundidad (Jørgensen, 1905).

*C. tricolpium* es una especie que habita aguas frías y con salinidades de 34.00-35.95, a una profundidad de 700 m, en las costas occidentales de Noruega. Se le ha asociado a las aguas del Atlántico Norte ( $T \geq 6$  °C y salinidad > 35 (Saetre y Ljoen, 1972; Haugan *et al.*, 1991)), que incursionan al Mar de Noruega (Jørgensen, 1905). Es la primera vez que se reporta en el golfo de California.



**Figura VI.6.** Valores de puntuación factorial de los Factores 3 y 4 obtenidos a través del Análisis de Factores, así como la importancia de los taxones de radiolarios polycystinos en cada factor.



**Tabla VI.8.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 3.

F3			
Taxones de radiolarios	Puntuación factorial	Afinidades	
		En el golfo de California	En otra área del Pacífico
<i>Lithomelissa hystrix</i>	2.6	Es la primera vez que se reporta en el golfo de California	Vive en aguas superficiales, frías y relativamente salinas
<i>Cladoscenum tricolpium</i>	1.4	Es la primera vez que se reporta en el golfo de California	Vive en aguas intermedias (700 m), frías

### INTERPRETACIÓN DEL FACTOR 3

Con base en la asociación de radiolarios que caracteriza al Factor 3, se podría sugerir que durante el intervalo de ~1997 a 1612 años AP, las condiciones ambientales fueron más frías en la región de estudio que las condiciones que actualmente se presentan durante el invierno en el golfo de California.

El ambiente propuesto por este factor, coincide con las condiciones climáticas sugeridas para el intervalo de ~2000 a 1500 años AP, durante el cual se reportó una Temperatura Superficial del Mar de ~9 °C, así como una intensificación de los vientos del noroeste en el golfo de California (Juillet-Leclerc & Schrader, 1978), lo cual pudo generar condiciones favorables para una fauna de radiolarios afines a ellas y por consiguiente su registro importante en sedimento (*L. hystrix* y *C. tricolpium*).

### FACTOR 4

Con base en la distribución estratigráfica de los valores de las cargas factoriales (Fig. VI.7), es posible observar que sus valores más significativos se presentan de ~1564 a ~1083 años AP.

La asociación de radiolarios polycystinos que caracterizó al Factor 4 está integrada por *Lithomelissa pentacantha*, *Arachnocorallium calvata* y *Phortidium pylonium*, los cuales presentan puntuaciones factoriales de 3.1, 2.4 y 1.1 respectivamente. A continuación se detallan las afinidades ecológicas de cada especie (Tabla VI.5; Fig. VI.6 y Tabla VI.9).

En el golfo de California, *L. pentacantha* habita en la capa de mezcla (~10-130 m) en la cuenca de Guaymas, así como a profundidades subsuperficiales (~150-350 m) en la parte noroeste de la cuenca del Carmen. Esta especie es miembro de una asociación de radiolarios que sugirió una relación con los procesos de mezcla y circulación en la región central y sur del golfo, reflejando cómo el Agua del Golfo de California (AGC) se hunde en la cuenca de Guaymas y fluye hacia el

sur, conformando las aguas subsuperficiales de la cuenca del Carmen. Por lo que se sugiere que se relaciona directamente con núcleos subsuperficiales del AGC (Molina-Cruz *et al.*, 1999). *L. pentacantha* se encontró en el Pacífico Nor-Oriental, en el Sistema de la Corriente de California, presentando una relación muy fuerte entre sus mayores abundancias y los flujos de carbono orgánico altos en sitios de alta productividad (Welling *et al.*, 1992).

En el golfo de California *A. calvata* (referida como *Peridium spinipes*), habita en la capa de mezcla (~10-130 m) en la cuenca de Guaymas, así como a profundidades subsuperficiales (~150-350 m) en la parte noroeste de la cuenca del Carmen. Esta especie es miembro de una asociación de radiolarios que sugirió una relación con los procesos de mezcla y circulación en la región central y sur del golfo, reflejando cómo el Agua del Golfo de California (AGC) se hunde en la cuenca de Guaymas y fluye hacia el sur, conformando las aguas subsuperficiales de la cuenca del Carmen. Por lo que se sugiere que se relaciona directamente con núcleos subsuperficiales del AGC (Molina-Cruz *et al.*, 1999). En el margen occidental del Pacífico Subártico se encontraron las mayores abundancias de *A. calvata* de 150 a 320 m de profundidad, con temperaturas >10 °C y salinidades >34.4 (Itaki *et al.*, 2008b).

*P. pylonium* habita en aguas subsuperficiales en la cuenca del Carmen (~140-420 m) y de ~170-370 m en la cuenca de Guaymas, golfo de California (Molina-Cruz *et al.*, 1999). En estudios en muestras de sedimentos superficiales, esta especie se ha encontrado en regiones que subyacen zonas de surgencias en el golfo (Benson, 1966; Álvarez-Arellano y Molina-Cruz 1986; Molina-Cruz, 1986), en particular es muy abundante en áreas de surgencias costeras en la región occidental de la cuenca del Carmen (Pisias, 1986). En otras partes del Océano Pacífico, particularmente en el Mar de Japón, *P. pylonium* se encontró en zonas cercanas del Giro Subártico Oeste (Western Subartic Gyre), habitando aguas frías (Itaki *et al.*, 2008b).

**Tabla VI.9.** Cuadro sintético de las afinidades que presentan los taxones de radiolarios polycystinos que caracterizan al Factor 4.

F4			
Taxones de radiolarios	Puntuación factorial	Afinidades	
		En el golfo de California	En otras áreas del Pacífico
<i>Lithomelissa pentacantha</i>	3.1	Vive en aguas subsuperficiales en la cuenca del Carmen (100-400 m)	Es abundante cuando hay flujos altos de carbono orgánico, en áreas de alta productividad
		Se le relaciona con núcleos subsuperficiales de Agua del Golfo de California (AGC)	
<i>Arachnocorallium calvata</i>	2.4	Vive en aguas subsuperficiales en la cuenca del Carmen (100-400 m)	
		Se le relaciona con núcleos subsuperficiales de Agua del Golfo de California (AGC)	
<i>Phorticium pylonium</i>	1.1	Vive en aguas subsuperficiales e intermedias en la cuenca de Guaymas (200-400 m)	Vive en aguas frías y en zonas de alta productividad

#### INTERPRETACIÓN DEL FACTOR 4

Con base en las afinidades ecológicas de *L. pentacantha* y *A. calvata*, se sugiere que su incremento en el registro sedimentario durante ~1564 a ~1083 años AP, posiblemente evidencia la presencia del Agua del Golfo de California (AGC) en la cuenca del Carmen. Por lo antes mencionado, se sugiere que debido a que estas especies de radiolarios habitan en esta masa de agua y muestran un incremento importante durante el intervalo caracterizado por el Factor 4, posiblemente hubo una mayor ocurrencia del AGC durante este periodo, así como evidencia de productividad primaria, reflejado por la presencia de *L. pentacantha* y *P. pylonium*.

Actualmente se sabe que debido a las altas tasas de evaporación en las cuencas centrales del golfo durante verano, hay una producción de aguas superficiales de alta salinidad (>35). Cuando el invierno inicia, estas aguas superficiales se enfrían, y se vuelven más densas, lo que genera un subsecuente hundimiento y flujo de ellas hacia el sur (Álvarez-Borrego & Schwartzlose, 1979; Torres Orozco & Robles, 1995). De acuerdo a Molina-Cruz *et al.*, 1999, el efecto que este proceso tiene en la comunidad del plancton es que contribuye a la presencia de una alta abundancia de radiolarios afines a esta masa de agua (e.g. *L. pentacantha* y *A. calvata*) tanto en un ambiente superficial como subsuperficial.

Por otra parte, haciendo un análisis y comparación con los resultados obtenidos por Molina-Cruz *et al.*, 1999, en la parte noroccidental de la cuenca del Carmen, se observó que la asociación de radiolarios que caracterizan al Factor 4 (*Lithomelissa pentacantha*, *Arachnocorallium calvata* y *Phortidium pylonium*), concuerda con la asociación de radiolarios en columna de agua (*Lithomelissa pentacantha*, *Arachnocorallium calvata*) como en los sedimentos (*Lithomelissa pentacantha*, *Arachnocorallium calvata* y *Phortidium pylonium*), que estos autores denominaron “ Agua del Golfo de California” por su afinidad a esta masa de agua.

#### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los escenarios sugeridos por los cuatro factores antes mencionados, es posible evidenciar que en el periodo que abarca este estudio, de ~2728 a ~840 años AP, la cuenca del Carmen ha presentado una productividad primaria significativa.

En la actualidad la cuenca del Carmen es considerada como una cuenca muy productiva, reportando valores promedio en concentración de pigmentos de 3 a 1.5 mg/m<sup>3</sup> durante la fase de invierno (Santamaría-del-Ángel y Álvarez-Borrego, 1994; Thunell, 1998). Y se ha documentado que los procesos que propician esta productividad del lado oriental son las surgencias que ocurren en invierno, mientras que para el lado occidental, se ha sugerido que la presencia e interacción de giros ciclónicos y anticiclónicos son los responsables (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Douglas *et al.*, 2007).

Es precisamente esta alta productividad (con carácter estacional), así como la presencia de una zona de oxígeno mínimo bien definida a profundidades de ~600 y 1200 m (Keigwin y Jones, 1990; Bray y Robles, 1991), lo que ha hecho posible la formación y preservación de sedimentos laminados en la cuenca.

En este contexto, al analizar las asociaciones de radiolarios en el registro sedimentario, el resultado que se obtuvo, debido a la resolución temporal del muestreo cada 5 cm (multidecadal) y el estudio de muestras de 1 cm de espesor que representan el registro de condiciones promedio de ~9 años (considerando la tasa de sedimentación estimada de 1.4 mm/año), refleja escenarios en donde especies con afinidades a ambientes de alta productividad primaria están presentes en todas las asociaciones, lo cual se observa como un “recambio” de especies.

La limitada información que se tiene de las afinidades ecológicas (profundidad a la que habitan, temperatura, salinidad, etcétera) de las especies de radiolarios (en el golfo de California y en otros mares), sólo permite realizar inferencias ambientales generales. Ya que como se mencionó en los antecedentes, sólo hay un trabajo sobre radiolarios en la columna de agua en el golfo de California (Molina-Cruz *et al.*, 1999).

Debido a estas limitaciones en este trabajo, no es posible reconstruir escenarios climáticos considerando como único *proxy* de las condiciones oceánicas a los radiolarios. Sin embargo, se pueden proponer algunas condiciones como son las siguientes: una alta productividad primaria, así como una mayor incursión del AIP en la cuenca del Carmen durante ~2728 a ~2670 y de ~1034 a ~840 años AP, sugerida por la asociación de radiolarios que caracterizan al Factor 1.

Las especies que caracterizan al factor 2, están más relacionadas con el tipo de alimentación (detritívoros y bacteriófagos) que con masas de aguas (Casey *et al.*, 1979; Anderson, 1983; Nimmergut y Abelmann, 2002), lo que podría sugerir que hubo una mayor disponibilidad de este tipo de alimento lo cual favoreció el crecimiento de especie que habitan aguas sub-superficiales e intermedias para el intervalo de ~2526 a ~2141 años AP.

El Factor 3, las especies que conforman al factor 3 sugieren un ambiente con condiciones más frías a las que se presentan durante la fase de invierno en el golfo de California, ya que presenta especies reportadas en masas de agua del mar de Noruega con temperaturas bajas de ~2-5 °C.

Por último la asociación de radiolarios que caracterizan al Factor 4, muestran una afinidad estrecha al AGC, lo cual puede evidenciar que de ~1564 a ~1083 años AP, hubo una mayor presencia y del AGC en la cuenca del Carmen.

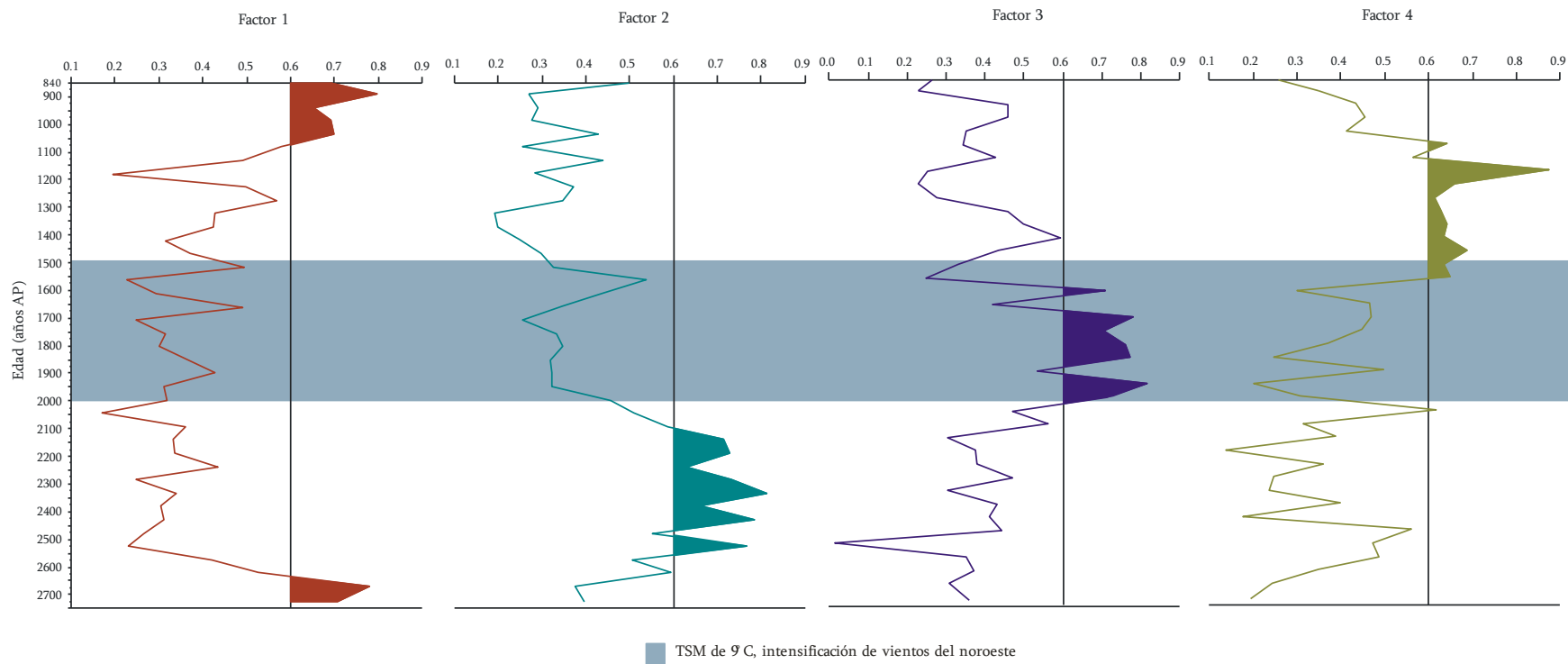
Recomendaciones:

Por esta razón, se propone que para poder realizar la reconstrucción de las condiciones climáticas del área de estudio es necesario auxiliarse de otros *proxies*, con los cuales se pueda

correlacionar la información a que hasta ahora se tiene, como por ejemplo, otros grupos de microorganismos: diatomeas, silicoflagelados, ambos grupos forman parte del fitoplancton, restringiendo su distribución a la zona eufótica (Sancetta, 1995; McCartney, 1995). Estos guardan una estrecha relación con las masas de aguas superficiales (Sancetta, 1995; Poelchau, 1976), así como a distintas condiciones de temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes y concentraciones de sílice en los océanos (Murray, 1982; Murray y Schrader, 1983; Schrader y Baumgartner, 1983; Schrader *et al.*, 1986). Por ejemplo, cambios en la abundancia de *Azpeitia nodulifera*, una diatomea tropical, brinda información de un aumento en la TSM, por otra parte, el silicoflagelado *Octactis pulchra*, es un *proxy*, que se considera indicador de la paleoproduktividad (Barron y Bukry, 2007).

Entre los *proxies* geoquímicos, se puede mencionar al Ti, Fe, Al, Mn, K, Ca, Si y Mo. Que podrían indicar cambios en los regímenes de precipitación, aporte de sedimentos terrígenos a la cuenca y condiciones de oxigenación en las aguas que subyacen los sedimentos laminados. En particular el Ti es considerado un *proxy* de precipitación y en conjunto con el Fe, Al, Mn y K es una medida de aporte de sedimentos terrígenos a las cuencas marinas (Dean *et al.*, 2004). El Mo, es un *proxy* de oxigenación de las aguas de fondo, se relaciona a su vez con la alta productividad en superficie (Dean *et al.*, 2004; Dean, 2006).

Por último, es de gran importancia hacer mención, que debido a los resultados arrojados en este trabajo, se genera una gran necesidad de realizar estudios de la distribución de los radiolarios en la columna de agua, con el fin de conocer de manera certera el ambiente (profundidad, temperatura, salinidad, concentración de oxígeno y de nutrientes) en el cual estos organismos habitan. Lo cual nos puede brindar información muy útil para enriquecer e interpretar con mejor eficacia las condiciones climáticas en el pasado.

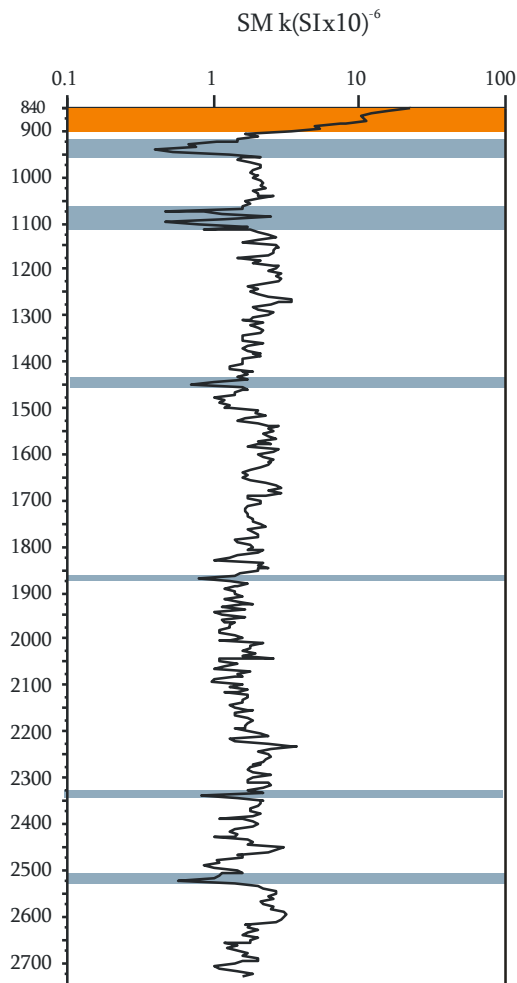


**Figura VI.7.** Cargas factoriales de los cuatro factores durante el intervalo de ~2728 a ~840 años AP en la cuenca del Carmen, golfo de California; las áreas sombreadas muestran los intervalos significativos para cada factor.

## -SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

### a) Variabilidad de la susceptibilidad magnética a lo largo de la secuencia sedimentaria

La susceptibilidad magnética del núcleo DIPAL-I K58, presentó valores de 0.4 a 29.1  $\text{k}(\text{SI}\times 10)^{-6}$ , con un promedio de 1.8  $\text{k}(\text{SI}\times 10)^{-6}$ . Es posible observar que los valores más altos se presentan aproximadamente en los primeros seis centímetros de la secuencia, correspondientes al intervalo ~900 – 840 años AP (Fig. VI.8), por lo que se sugiere una mayor concentración de minerales magnéticos durante este periodo. Posteriormente, a lo largo de la secuencia se pueden observar ciertas fluctuaciones, en donde los valores más bajos se muestran a ~2530-2510, ~2350-2330, ~1870-1860, ~1450-1430, ~1110-1060 y ~950-920 años AP (Fig. VI.8). Estos valores mínimos de susceptibilidad magnética (muy cercanos a cero: ~0.4), podrían indicar una dilución de minerales magnéticos debido a un mayor aporte de sedimentos biogénicos a la cuenca.



**Figura VI.8.** Susceptibilidad Magnética (SM) de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58 durante ~2728-840 años AP, los registros son cada 0.5 cm. El área en color naranja indica valores altos de SM y las áreas de color azul indican valores bajos de SM.

En este estudio se considera que la señal de la Susceptibilidad Magnética está relacionada principalmente con el aporte de terrígenos a la cuenca del Carmen, aunque no es posible inferir el origen de estos sedimentos y conocer con certeza si son transportados vía pluvial o eólica. Sin embargo, con base en los escenarios climáticos que proporciona la interpretación de la microfauna de radiolarios y de información previa en el área de estudio, se sugiere que el transporte de terrígenos ha sido principalmente vía pluvial o por escorrentías, ya que en el área no se presenta un aporte fluvial importante (van Andel *et al.*, 1964; Baba *et al.*, 1991).

El transporte de terrígenos es más evidente cuando ocurren tormentas tropicales y/o huracanes (Nava-Sánchez, 1997, 2001) en la región, asociado con eventos de “El Niño” Oscilación Austral (ENOA) (Pérez-Cruz, 2006; Barron y Bukry, 2007; Douglas *et al.*, 2005; Pérez-Cruz y Urrutia-Fucugauchi, 2009). Cabe señalar que no se descarta la presencia de material transportado vía eólica, lo cual ya se ha sugerido por otros autores (Baumgartner *et al.*, 1991; Douglas *et al.*, 2007) que ocurre cuando los vientos intensos provenientes del Noroeste, son capaces de transportar material de grano fino, de las regiones desérticas próximas (e.g. el desierto de Sonora), así que el aporte de terrígenos podría ser una mezcla de ambos con un fuerte componente transportado del continente hacia la cuenca del Carmen vía pluvial.

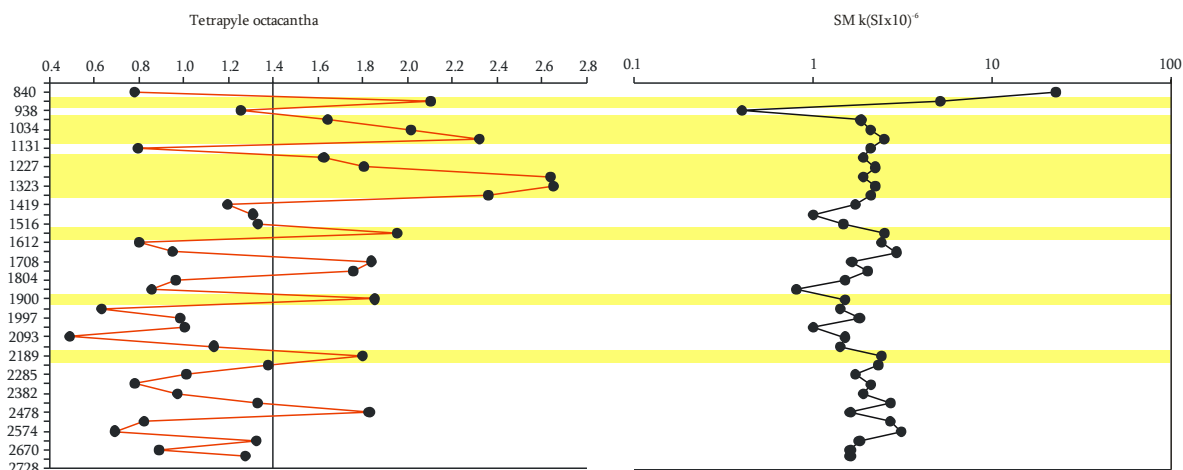
Con el objetivo, de comprobar que el registro de Susceptibilidad Magnética está relacionado principalmente con un mayor aporte de terrígenos a la cuenca vía pluvial, se graficó la abundancia relativa de *Tetrapyle octacantha* en sentido estratigráfico y se correlacionó con el registro de Susceptibilidad Magnética.

*T. octacantha* es un taxón clave del conjunto subtropical-ecuatorial (Pisias, 1986; Molina-Cruz, 1977; Weinheimer & Cayan, 1997; Lombardi & Boden, 1985; Welling *et al.*, 1992; Welling & Pisias, 1993, 1998). Sus mayores abundancias se han reportado en la parte central del Pacífico Ecuatorial durante los eventos de ENOA, por lo que se le ha designado como una especie indicadora de aguas tropicales en muestras de sedimento (Welling & Pisias, 1998). Es una especie que habita en aguas cálidas-superficiales oligotróficas (Agua Superficial Tropical-AST-) por encima de la termoclina en la parte centro y sur del golfo de California, y particularmente en la región de la boca donde domina la capa de mezcla (Molina-Cruz *et al.*, 1999), actualmente se sabe que la incursión del AST ocurre durante la fase de verano y/o cuando el ENOA se presenta en el golfo de California, siendo más persistente y llegando más allá de la cuenca Guaymas (Ripa & Marinone, 1989; Santamaría del Ángel *et al.*, 1994; Thunell, 1998; Soto-Mardones *et al.*, 1999).

Debido a que *T. octacantha* ha sido asociada con los eventos del ENOA, cuando en el golfo de California hay una mayor incursión y tiempo de residencia del AST y una anomalía de temperatura superficial del mar de ~3° C, y la ocurrencia frecuente de tormentas tropicales intensas que arrastran material del continente, se sugiere, al comparar la curva de abundancias



relativas de esta especie con el registro de Susceptibilidad Magnética que hay una correlación significativa (Figura VI.9) y se puede observar que en general cuando los porcentajes de *T. octacantha* son altos, también así los de la Susceptibilidad Magnética. Por lo que se propone que en estos intervalos, la principal vía de aporte de sedimentos terrígenos a la cuenca del Carmen es vía pluvial, como lo sugerido anteriormente.



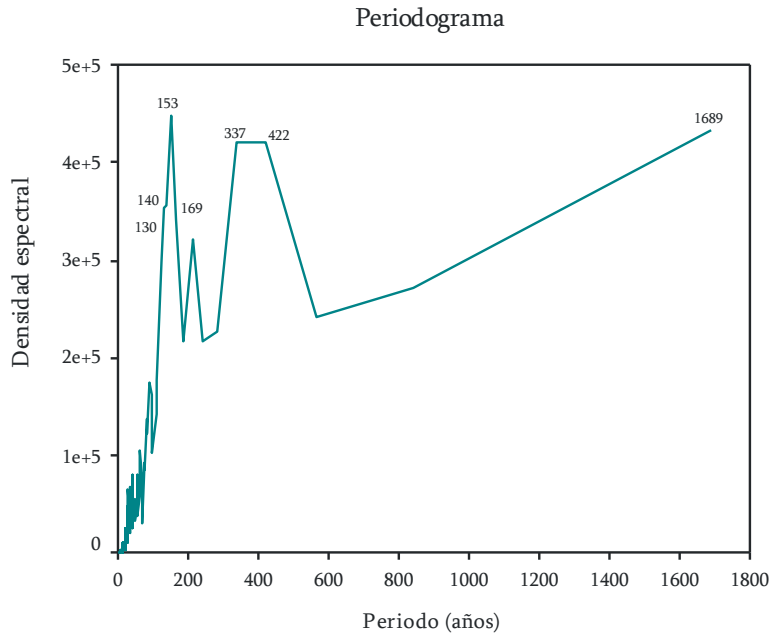
**Figura VI.9.** Registro de la Susceptibilidad Magnética (SM-graficado en escala logarítmica) de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58, así como la abundancia relativa de *Tetrapyle octacantha*. Las áreas sombreadas sugieren una posible relación entre los valores altos de SM y condiciones climáticas cálidas y húmedas.

*b) Correlación de fenómenos cíclicos encontrados*

Los datos interpolados a un  $\Delta t=1$  año constaron de 1877 lecturas, por medio de las cuales fue posible encontrar siete frecuencias importantes, dentro de la serie de datos analizada.

A partir de la obtención de las frecuencias a través de la Transformada Rápida de Fourier, se realizó el periodograma, mostrando los periodos correspondientes a cada frecuencia, en la Figura VI.10, se puede observar lo antes mencionado.

Con base en los periodos obtenidos, se revisó en la literatura fenómenos cíclicos que ocurren en el sistema climático y que podrían correlacionarse con los periodos encontrados en el análisis. En la Tabla VI.10, se ejemplifica la posible correlación de los periodos obtenidos con algunos fenómenos climáticos descritos, principalmente con aquellos de procedencia solar.



**Figura VI.10.** Periodos obtenidos para la serie de medición de Susceptibilidad Magnética DIPAL-I K58.

Debido a que los periodos encontrados a partir de los datos de susceptibilidad magnética concuerdan con algunos periodos correspondientes a ciclos de actividad solar obtenidos a través del análisis espectral, se sugiere que ésta juega un papel importante en la variabilidad climática de esta región, lo cual se refleja en los patrones de sedimentación.

Con base en estos resultados, se sugiere que durante intervalos en los cuales se presenta una actividad solar máxima, las condiciones climáticas en la región del golfo de California, son generalmente más cálidas y hay una mayor precipitación, lo cual genera un importante aporte vía pluvial de sedimentos terrígenos a la cuenca y un registro de valores altos de susceptibilidad magnética (Fig. VI.9).

De forma contraria durante los intervalos en los cuales la actividad solar es mínima (e.g. mínimos de manchas solares), las condiciones climáticas para esta región generalmente son frías y secas, disminuyendo el transporte pluvial de sedimento terrígeno a la cuenca, evidenciado por valores mínimos en la susceptibilidad magnética.

Aún cuando no sea posible evidenciar una correlación exacta con ciclos solares conocidos como por ejemplo el Gleissberg o Suess, no se descarta la importancia de esta actividad solar en la variabilidad climática y por consiguiente en cambios más locales como el aporte de material terrígeno a las cuencas en el golfo de California; por lo que se propone seguir buscando información acerca de ello, para lo que se sugiere analizar otros *proxies* como pueden ser los geoquímicos y enriquecer con otros análisis de minerales magnéticos.

**Tabla VI.10** Correlación de los ciclos descritos en la literatura y los periodos significativos obtenidos a través del análisis de series de tiempo de la susceptibilidad magnética medida de la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58.

Ciclos	Periodo (años)	Periodos obtenidos (SM DIPAL-I K58)
Ciclo doble de Gleissberg	180	130, 140, 152, 169, 337 y 422
Ciclo de Suess	200	
Variabilidad solar	123-130, 147-155, 208-229	
	355-363, 444-457 y 508-512	
Ciclos Bond	1500 +/- 420	1689

## CONCLUSIONES

La secuencia sedimentaria DIPAL-I K58, colectada en la cuenca del Carmen, presenta una tasa de sedimentación de 1.14 mm/año, proporcionando un registro de los últimos ~2728 años AP.

Se identificaron 208 taxones de radiolarios polycystinos, los cuales fueron diversos y abundantes, y mostraron una buena preservación a todo lo largo de la secuencia sedimentaria.

Se observó la dominancia de los taxones del orden Nassellaria, lo cual es el reflejo de las condiciones ambientales de la cuenca, puesto que son afines a ambientes mesopelágicos y batipelágicos.

Se describen por primera vez en el golfo de California cuatro especies de radiolarios polycystinos pertenecientes al orden Nassellaria: *Plectacantha oikiskos*, *Lophophaena butschlii*, *Lithomelissa hystrix* y *Cladoscenum tricolpium*.

Particularmente las altas abundancias de *L. setosa*, *P. pylonium*, *P. oikikos*, *Pseudocubus obeliscus* y *Plectacantha* sp. (indicadoras de alta productividad primaria) en el registro sedimentario de la cuenca del Carmen, sugieren que durante el periodo que abarcó este estudio, la productividad primaria ha sido significativa.

A través del Análisis de Factores modo "Q", se definieron cuatro factores, los cuales explican el 88.47% de la varianza total de los datos. Con base en las afinidades de las especies de radiolarios polycystinos, que caracterizaron a cada componente, se sugieren escenarios en los que se pueden apreciar fluctuaciones en la productividad primaria y dominancia de diferentes masas de agua en la cuenca del Carmen, golfo de California.

El Factor 1 (~2728 a ~2670 y ~1034 a ~840 años AP), evidencia una dominancia de radiolarios afines a aguas subsuperficiales e intermedias. Este componente sugiere que para ambos intervalos, hubo una productividad primaria importante, evidenciada por *L. setosa* y *Phormacantha hystrix*, así como una mayor presencia de un agua análoga al Agua Intermedia del Pacífico (AIP), sugerida por *Druppatractus variabilis*.

Las especies que caracterizan al Factor 2, están más relacionadas con el tipo de alimentación (detritívoros y bacteriófagos) que con masas de aguas (Casey *et al.*, 1979; Anderson, 1983; Nimmergut y Abelmann, 2002), lo que podría sugerir que hubo una mayor disponibilidad de este tipo de alimento lo cual favoreció el crecimiento de especie que habitan aguas subsuperficiales e intermedias para el intervalo de ~2526 a ~2141 años AP.

Las especies que conforman al Factor 3 sugieren un ambiente con condiciones más frías a las que se presentan durante la fase de invierno en el golfo de California, ya que presenta especies reportadas en masas de agua del mar de Noruega con temperaturas bajas de ~2-5 °C.

Por último la asociación de radiolarios que caracterizan al Factor 4, muestran una afinidad estrecha al AGC, lo cual puede evidenciar que de ~1564 a ~1083 años AP, hubo una mayor presencia y del AGC en la cuenca del Carmen.

La Susceptibilidad Magnética del núcleo DIPAL-I K58, presentó valores de 0.4 a 29.1 k(SI $\times$ 10)<sup>-6</sup>, los valores más altos se presentaron en los primeros seis centímetros de la secuencia, correspondientes al intervalo ~900-~840 años AP, sugiriendo que el aporte de sedimentos terrígenos a la cuenca fue más evidente durante este periodo, y que posiblemente la principal vía de aporte es pluvial, sugerido por la correlación significativa que se presenta entre los valores altos de abundancia relativa de *Tetrapyle octacantha* y valores altos de susceptibilidad.

A partir del análisis espectral, se sugiere que la actividad solar juega un papel muy importante en la variabilidad climática que se presenta en esta zona y que ha sido registrada en la secuencia estudiada, debido a que los periodos encontrados a partir de las mediciones de susceptibilidad magnética concuerdan con algunos periodos correspondientes a ciclos de actividad solar.

## LITERATURA CITADA

- Abelman, A. 1992. Radiolarian taxa from Southern Ocean sediment trap (Atlantic sector). *Polar Biology*, 12:373-385.
- Abelmann, A. y M.M. Gowing. 1996. Spatial distribution pattern of living polycystine radiolarian taxa-baseline study for paleoenvironmental reconstructions in the Southern Ocean (Atlantic sector). *Marine Micropaleontology*, 30, 3-28.
- Abelmann, A. y A. Nimmergut. 2005. Radiolarians in the Sea of Okhotsk and their ecological implication for paleoenvironmental reconstructions. *Deep-Sea Research II*. 52:2302-2331.
- Allen, W. 1937. *The Hancock Pacific Expeditions*, Publ. 3, 37-59 (South California University).
- Álvarez-Arellano, A. y A. Molina-Cruz. 1986. Aspectos paleoceanográficos cuaternarios del golfo de California, evidenciados por conjuntos de radiolarios. *An. Inst. de Cienc. Mar y Limnol. UNAM*. 13(2): 67-94.
- Álvarez-Borrego, S. 1994. Secondary productivity in coastal lagoons. En: B. Kjerfve, Editores. "Coastal Lagoon Processes". Publicado (PA: CEECH9401).
- Álvarez-Borrego, S. y R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In: Dauphin, J.P. y B.R.T. Simoneit (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists, *Memoir*, 47, 555-567.
- Álvarez-Borrego, S. y R.A. Schwartzlose. 1979. Masas de agua del Golfo de California. *Rev. Inst. Mex. Pet.* XIII 3:5-19.
- Amador, J.A., E.J. Alfaro, O.G. Lizano y V.O. Magaña. 2006. Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography: A review of Eastern Tropical Pacific Oceanography*. 69,101-142.
- Anderson, O.R., 1976. A cytoplasmic fine-structure study of two spumellarian Radiolaria and their symbionts. *Marine Micropaleontology*, 1: 81-99.
- Anderson, O. R., 1983. *Radiolaria*. Springer-Verlag. New York, USA, 355 pp.
- Anderson, O.R., P. Bennett, D. Angel y M. Bryan. 1989. Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 2. Trophic activity and symbiont primary productivity of Spongaster tetras tetras with comparative data on predatory activity of some Nassellarida. *Mar. Micropaleontol.*, 14: 267-273.
- Appleby, P.G. y F. Oldfield. 1978. The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply unsupported 210Pb to the sediment. *Catena*. 5: 1-8.
- Arz, J.A. 2002. Radiolarios. P.p: 247-264, In Molina, E. (ed.), 2002. *Micropaleontología*. Prensas Universitarias de Zaragoza. 704 pp.
- Astor, Y., F. Muller-Karger y M.I. Scranton. 2003. Seasonal and interannual variation in the hydrography of the Cariaco Basin: Implications for basin ventilation, *Cont. Shelf Res.*, 23, 125- 144.
- Atwater, T. 1989. Plate tectonic history of the northeast Pacific and western North America. *Geological Society America, Decade of North American Geology*, 21-71.

- Baba, J., C.D. Peterson y H. Schrader. 1991. Modern fine-grained sediments in the gulf of California. P.p: 569-587, In Dauphin, J. y B. Simoneit (eds.), The gulf and peninsular province of the Californias. Memoir, AAPG.
- Badan-Dangon, A. 1998. Coastal circulation from the Galápagos to the Gulf of California. In: Robinson, A.R. and K.H. Brink (eds), The Sea, Vol. 11. John Wiley and Sons, New York, 315–343.
- Barron, J.A. y D. Bukry. 2007. Solar forcing of gulf of California climate during the past 2000 yr suggested by diatoms and silicoflagellates. *Mar. Micropaleontol.* 62: 115–139.
- Barron, J., D. Bukry y J. Bishoff. 2003. A 2000-year-long record of climate from the Gulf of California. In: West, G.J., Buffaloe, L.D. (Eds.), Proceedings of the Nineteenth PACLIM Workshop, Asilomar, Pacific Grove, CA, pp. 11–21.
- Barron, J.A., D. Bukry y J.L. Bischoff. 2004. High resolution paleoceanography of the Guaymas Basin, Gulf of California, during the past 15,000 years. *Marine Micropaleontology* 50: 185–207.
- Baumgartner, T.R. y N. Christiansen Jr. 1985. Coupling of the Gulf of California of large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*, 43, 825-848.
- Baumgartner, T.R., V. Ferreira-Bartrina y A. Moreno-Hentz. 1991. Varve formation in the central gulf of California: a reconsideration of the origin of the dark laminae from the 20th century varve record. P.p: 617-635, In Dauphin, J., B. Simoneit (eds.), The gulf of California and peninsular province of the Californias. Memoir, AAPG.
- Baumgartner, T.R., J. Michaelsen, L.G. Thompson, G.T. Shen, A. Soutar y R.E. Casey. 1989. The recording of interannual climatic change by high-resolution natural systems: tree-rings, coral bands, glacial ice layers, and marine varves. In Peterson, D.H: (Ed.), Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas. U.S. Geological Survey, Geophysics Monography, 55, 1-14.
- Benson, R.N. 1966. Recent radiolaria from the gulf of California. Ph.D. thesis, University of Minnesota, United States. 577 pp.
- Benson, R.N. 1983. Quaternary radiolarians from the mouth of the gulf of California. P.p: 491-523, In Lewis, B.T.R., Robinson, et al. (eds.), Initial reports of the Deep Sea Drilling Project 65, Govt. Printing Office, Washington, U.S.
- Benson, R.N. 2005. Holocene radiolaria from sediments from Gulf of California. 52 pp.
- Beron-Vera, F.J. y P. Ripa. 2000. Three dimensional aspects of the seasonal heat balance in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 105, 11,441–11,457.
- Beron-Vera, F.J. y P. Ripa. 2002. Seasonal salinity balance in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 107 (C8), 3100.
- Betancourt JL, Rylander KA, Peñalba MC, McVickar JL. 2001. Late Quaternary vegetation history of Rough Canyon, central New Mexico, USA. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 165: 71–95.
- Bischoff, J.V. y W. Niemitz. 1980. Bathymetric maps of the Gulf of California. Geological Survey Misc. Investing. Ser (U.S.) Map. I-1244, 4 plates.
- Bjørklund, K. R., G. Cortese, N. Swanberg y H. J. Schrader. 1998. Radiolarian faunal provinces in surface sediments of the Greenland, Iceland and Norwegian (GIN) seas. *Marine Micropaleontology*, 35, 105-140.

- Bjørklund, K.R. 1974. The seasonal occurrence and depth zonation of radiolarians in Korsfjorden, Western Norway. – *Sarsia* 56: 13–42.
- Bjørklund, K.R. y G. Cortese. 2002. Quaternary radiolarians. Consultado en marzo de 2007. [http:// www.radiolaria.org](http://www.radiolaria.org) 46.
- Bloemendal, J., B. Lamb y J. Kling. 1988. Paleoenvironmental implications of rock-magnetic properties of Late Quaternary sediment cores from the eastern equatorial Atlantic. *Paleoceanography*, 3, 61-87.
- Bloemendal, J., J.W. Kling, F.R. Hall y S.J. Doh. 1992. Rock magnetism of late Neogene and Pleistocene deep-sea sediments-relationship to sediment source, diagenetic processes and sediment source, diagenetic processes and sediment lithology. *J. Geophys. Res.*, 97, 4361-4375.
- Boltovskoy, D. 1998. Classification and distribution of south Atlantic recent polycystine radiolaria. 111 pp.
- Boltovskoy, D. y W.R. Riedel. 1987. Polycystine Radiolaria from the Southwestern Atlantic ocean plankton. *Revista Española de Micropaleontología*, 12, 99-146.
- Boltovskoy, D. y S.S. Jankilevich. 1985. Radiolarian distribution in east equatorial Pacific plankton. *Oceanologica Acta*. 8(1): 101-123.
- Boltovskoy, D., E. Uliana y G. Wefer. 1996. Seasonal variations in the flux of microplankton and radiolarian assemblage compositions in the northeastern tropical Atlantic at 2195 m. *Limnology and Oceanography*, 41:615-635.
- Boltovskoy, D., M. Kogan, V. Alder y M. Mianzan. 2003. First record of a brackish radiolarian (*Polycystina*): *Lophophaena rioplatensis* sp. in the Río de la Plata estuary. *Journal of Plankton Research* 25: 1551–1559.
- Bond, G., B. Kromer, J. Beer, R. Muscheler, M.N. Evans, W. Showers, S. Hoffmann, R. Lotti-Bond, I. Hajdas y G. Bonani, 2001. Persistent solar influence on north atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294(5549):2130-2136.
- Bond, G., W. Showers, M. Cheseby, R. Lotti, P. Almasi, P. deMenocal, P. Priore, H. Cullen, I. Hajdas y G. Bonani. 1997. A pervasive millennial-scale cycle in north America and glacial climates. *Sci.* 278:1257-1265.
- Bordoni, S. y B. Stevens. 2005. A principal component analysis of the summer time winds over the Gulf of California: a Gulf surge index. *Monthly Weather Review*, in press.
- Bordoni, S., P. Ciesielski, R. Johnson, B. McNoidy y B. Stevens. 2004. The low-level circulation of the North American Monsoon as revealed by QuikSCAT. *Geophysical Research Letters* 31 (L10109).
- Bradley, R.S y J.A. Eddy. 1991. In: Houghton J.T. et al. (eds), *Climate Change: The IPCC Assessment*. *EarthQuest*. 5(1).
- Bray, N.A. 1988. Water mass formation in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 93, 9233–9240.
- Bray, N.A. y J. Robles. 1991. Physical oceanography of the gulf of California. P.p: 511-553, In Dauphin, J. y B. Simoneit (eds.), *The gulf and peninsular province of the Californias*. *Memoir, AAPG*. 47.
- Broecker, W. 2001. Was the Medieval Warm Period global?. *Sci.* 291: 1497-1499.



- Caridroit, M., P. de Wever & P. Dumitrica. 1999. Un nouvel ordre, une nouvelle famille et un nouveau genre de radiolaires du Paléozoïque : *Latentifistularia*, *Cauletellidae* et *Cauletella*. *C.R. Acad. Sci.* 2(329): 603-608.
- Casey, R.E. 1987. The ecology and distribution of Recent Radiolaria. In: RAMSAY, A.T.S., ed., *Oceanic Micropalaeontology*: 809-845, London (Academic Press).
- Casey, R.E. 1971. Radiolarians as indicators of past and present water masses. P.p: 331-340, In Funnell, B.M., W.R. Riedel (eds.), *The Micropaleontology of the oceans*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Casey, R.E., R.E. Asey. A. Leavesley, J.M. Spaw, K. Mcmillen y J. Sloan. 1981. Radiolarian species composition, density and diversity as indicators of water structure and circulation on the South Texas shelf. – *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies* 31: 257-263.
- Casey, R., Gust, L., Leavesley, A., Williams, D., Reynolds, R., Duis, T. y Spaw, M., 1979. Ecological niches of radiolarians, planktonic foraminiferans and pteropods inferred from studies on living forms in the Gulf of Mexico and adjacent waters. *Transactions – Gulf Coast Association of Geological Societies* 24, 216-223.
- Castro, R., M.F. Lavín y P. Ripa. 1994. Seasonal heat balance in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 99: 3249-3261.
- Cheshire, H., J. Thurow y A. Nederbragt. 2005. Late Quaternary climate change record from two long sediment cores from Guaymas basin, Gulf of California. *Journal of Quaternary Science*, 20, 457-469.
- Chiang, J.C.H., Y. Kushnir y A. Giannini. 2002. Deconstructing Atlantic Intertropical Convergence Zone variability: Influence of the local cross-equatorial sea surface temperature gradient and remote forcing from the eastern equatorial Pacific, *J. Geophys. Res.*, 107(D1), 4004, doi:10.1029/2000JD000307.
- Clarke, A.J. y S. Van Gorder. 1994. On ENSO coastal currents and sea levels. *Journal of Physical Oceanography*. 24: 661-680.
- Clement, A.C., R. Seager y M.A. Cane. 2000. Suppression of El Niño during the mid-Holocene by changes in the Earth's orbit. *Paleoceanography*, 15, 731-737.
- Correa-Metrio, A., K.R. Cabrera y M.B. Bush. 2010. Quantifying ecological change through discriminant analysis: a paleoecological example from the Peruvian Amazon. *Journal of Vegetation Science*. 21: 695-704.
- Cortese, G., K.R. Bjørklund y J.K. Dolven. 2003. Polycystine radiolarians in the Greenland-Iceland-Norwegian Seas: species and assemblage distribution. *Sarsia* 88:65-88.
- Cortese, G., J.K. Dolven, K.R. Bjørklund y B.A. Malmgren. 2005. Late Pleistocene-Holocene radiolarian paleotemperatures in the Norwegian Sea based on artificial neural networks. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 224:311- 332.
- Cronin, T.M. 1999. *Principles of Paleoclimatology*. Columbia University Press. New York. 560 pp.
- Crozaz, G., E. Picciotto y W. de Breuck. 1964. Antarctic snow chronology with <sup>210</sup>Pb. *J. Geophys. Res.* 69: 2597-2604.

- Curry, J.R., D.G. Moore, K. Kelts y G. Einsele. 1982. Tectonics and geological history of the passive continental margin at the tip of Baja California. In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project 64. LXIV, 2, 1089-1116.
- de Wever P., J. Azema y E. Fourcade. 1994. Radiolaires et radiolarites: production primaire, diagenèse et paléogéographie. Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf., Aquitaine. 18(1): 315-379.
- de Wever, P., P. Dumitrica, J.P. Caulet, C. Nigrini y M. Caridroit. 2001. Radiolarians in the sedimentary record. Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam. 533 pp.
- Dean, W. 2006. The Geochemical Record of the Last 17,000 Years in the Guaymas Basin, Gulf of California. *Chemical Geology*. 232:87-98
- Dean, W., Pride, C. y Thunell, R. 2004. Geochemical cycles in sediments deposited on the slopes of the Guaymas and Carmen Basins of the Gulf of California over the last 180 years. *Quat. Sci. Rev.* 23, 1817-1833.
- Deflandre, G. 1953. Radiolaires fossiles. P.p : 389-436, In P.P. Grassé (ed.), *Traite de Zoologie*. Masson, Paris, France.
- deMenocal, P., J. Ortiz, T. Guilderson y M. Sarnthein. 2000. Coherent high- and low-latitude climate variability during the Holocene warm period. *Sci.* 288 (5474): 2198 – 2202
- Dolven, J.K., C. Lindqvist, V.A. Albert, K.R. Bjørklund, T. Yuasa, O. Takahashi y S. Mayama, 2007. Molecular diversity of alveolates associated with neritic North Atlantic radiolarians, *Protist*, 158: 65-76.
- Dolven, J.K., K.R. Bjørklund, J. Bråte, A.K. Krabberød, D. Klaveness y K. Shalchian-Tabrizi. 2009. Polycystina. Polycystine radiolarians. Version 29 October 2009 (under construction). [http://tolweb.org/Polycystine\\_radiolarians/121189/2009.10.29](http://tolweb.org/Polycystine_radiolarians/121189/2009.10.29) in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>.
- Douglas, R., O. Gonzalez-Yajimovich, J. Ledesma-Vázquez, F. Staines-Urias. 2007. Climate forcing, primary production and the distribution of Holocene biogenic sediments in the Gulf of California. *Quaternary Science Review*. 26:115-129.
- Douglas, R.G., Gorsline, D., Grippio, A., Granados, I. y Gonzalez-Yajimovich, O., 2002. Holocene ocean-climate variation in Alfonso Basin, Gulf of California, Mexico. In: West, G.J., Buffaloe, L.D. (Eds.), *Proceedings of the Eighteenth PACLIM Workshop*. Asilomar, Pacific Grove, CA, pp. 7-20.
- Dumitrica, P. M. Caridroit & P. De Wever. 2000. Archaeospicularia, ordre nouveau de radiolaires: une nouvelle étape pour la classification des radiolaires du Paléozoïque inférieur. *C.R. Acad. Sci., Paris*. 2 (330): 563-569.
- Dworetzky, B.A. y J.J. Morley. 1987. Vertical distribution of Radiolaria in the eastern Equatorial Atlantic; analysis of a multiple series of closely-spaced plankton tows. – *Marine Micropaleontology* 12 (1): 1-19.
- Ehrenberg, C. G., 1838. Über die Bildung der Kriedefelsen und des Kriedemergels durch unsichtbare Organismen. *Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Abhandlungen*, 59-147.
- Ehrenberg, C. G., 1875. Fortsetzung der mikrogeologischen Studien als Gesamt-Uebersicht der mikroskopischen Paläontologie gleichartig analysirter Gebirgsarten der Erde, mit specieller Rücksicht auf den Polycystinen-Mergel von Barbados. *Königliche Akademie der Wissenschaften zur Berlin, Abhandlungen*, 1-225.

- Enfield, D.B. y J.S. Allen. 1980. On the structure and dynamics of monthly mean sea level anomalies along the Pacific coast of North and South America. *Journal of Physical Oceanography*. 10, 557-578.
- Fernández-Barajas, M.E., M.A. Monreal-Gómez y A. Molina-Cruz. 1994. Estructura termohalina y flujo geostrófico, en el golfo de California, durante 1992. *Ciencias Marinas* 20(2): 267-286.
- Figueroa, J.M., S.G. Marinone y M.F. Lavín. 2003. A description of geostrophic gyres in the southern gulf of California. 237-255. In: Velasco Fuentes, O.U. et al. (eds.), *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers.
- Fletcher, J.M. y L. Munguía-Orozco. 2000. Active continental rifting in southern Baja California, México: implications for plate motion partitioning and the transition to seafloor spreading in the Gulf of California. *Tectonics* 19(6): 1107-1123.
- Flores-Morales, A.L., A. Parés-Sierra y S.G. Marinone. 2009. Factors that modulate the seasonal variability of the sea surface temperature of the Eastern Tropical Pacific. *Geofísica Internacional* 48 (3), 337-349.
- Goldberg, E.D. 1963. Geochronology with <sup>210</sup>Pb: Radioactive Dating. Conference Proceedings, November 19-23. 1962. Athens, IAEA, Vienna. 121-131. 48.
- Goll, R.M. y K.R. Bjorklund. 1971. Radiolaria in surface sediments of the North Atlantic Ocean. *Micropaleontology* 17 (4): 434-454.
- Goll, R.M. y K.R. Bjorklund. 1974. Radiolaria in surface sediments of the South Atlantic. – *Micropaleontology* 20 (1): 38-75.
- Goll, R.M. 1976. Morphological integration between modern populations of *Lophospyris* and *Phormos-pyris* (Trissocyclidae, Radiolaria). *Micropaleontology*, 22, 4, 379-418.
- González-Yajimovich, O., R.G. Douglas and D. Gorsline. 2007. Holocene record of Ocean-Climate Variation in the Gulf of California: rainfall and Productivity. Proceedings of the Twenty-first annual Pacific Climate Workshop, Asilomar Conference Grounds, California. Technical Report 77 of the Interagency Ecological program for the San Francisco Estuary. P59-68.
- Goñi, M.A., R.C. Thunell, M.P., Woodworth y F.E. Müller-Karger. 2006. Changes in wind-driven upwellings during the last three centuries: interocean teleconnections. *Geophys. Res. Letters*. 33: L15604.
- Grove, J.M. 1988. *The Little Ice Age*. London, Methuen.
- Haeckel, E. 1862. *Die Radiolarien (Rhizopoda, Radiolaria)*. Eine Monographie. Reimer, Berlin. 1-572.
- Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham y W.C. Black. 1999. *Análisis Multivariante*. 5a Ed. Prentice Hall. Madrid, España. 745 pp.
- Haugan, P.M., G. Evensen, J.A. Johannessen, O.M. Johannessen y L.H. Pettersson, 1991. Modeled and observed mesoscale circulation and wave current refraction during the 1988 Norwegian continental shelf experiment. *Journal of Geophysical Research*, 96, 10487-10506.

- Hausback, B.P. 1984. Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, México. *Gology of the Baja California Península*, Frizzell Jr. V.A. (Ed.), Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Paper 39:219-236.
- Herguera-García, J.C., G. Bernal-Franco y A. Molina-Cruz. 2003. Decadal surface ocean variability in the lower Gulf of California: Records for the past 300 years. *Geofísica Internacional*, 42, 397-406.
- Hollande, A. y M. Enjument. 1960. Cytologie, évolution et systématique des Sphaeroides (Radiolaires). *Arch. Mus. Nat. Hist. Paris*. 7: 1-134.
- Ishitani, Y. y K. Takahashi. 2007. The vertical distribution of Radiolaria in the waters surrounding Japan. *Marine Micropaleontology*. 65:113-136.
- Itaki, T. 2003. Depth-related radiolarian assemblage in the water-column and surface sediments of the Japan Sea. *Marine Micropaleontology*. 47:253-270.
- Itaki, T., B.K. Khim y K. Ikehara. 2008a. Last glacial-Holocene water structure in the southwestern Okhotsk Sea inferred from radiolarian assemblages. *Marine Micropaleontology*. 67:191-215.
- Itaki, T., K. Minoshima y H. Kawahata. 2008b. Radiolarian flux at an IMAGES site at the western margin of the subarctic Pacific and its seasonal relationship to the Oyashio Cold and Tsugaru Warm currents. *Marine Geology*. 255:131-148.
- Jones, R.W. 2006. *Applied Paleontology*. Cambridge university press, Cambridge. 434 pp.
- Jørgensen, E. 1905. The Protist plankton and the diatoms in bottom samples. In: Nurdgaard, O. (Ed.), *Hydrographical and Biological Investigation in Norwegian Fiords*. Bergen Museum, Bergen, Pp. 49-151.
- Julliet-Leclerc, A. y Schrader, H.J., 1987. Variations of upwelling intensity recorded in varved sediment from the Gulf of California during the past 3000 years. *Nature* 329, 146-149.
- Keigwin, L.D. y G.A. Jones. 1990. Deglacial climatic oscillations in the Gulf of California. *Paleoceanography* 5: 1009-1023.
- Kling, S.A. 1978. Radiolaria. Pp: 203-244, In Haq, B.U. y A. Boersma (eds.), *Introduction to marine micropaleontology*. Elsevier Press, Amsterdam.
- Kling, S.A., 1979. Vertical distribution of polycystine radiolarians in the central North Pacific. *Marine Micropaleontology*, 4:295-318.
- Kling, S.A. y D. Boltovskoy. 1995. Radiolarian vertical distribution patterns across the southern California Current. – *Deep-Sea Research* 42 (2): 191-231.
- Kling, S.A. y D. Boltovskoy. 2002. What are radiolarians? [http:// www.radiolaria.org](http://www.radiolaria.org) 49.
- Lange, C.B., A.L. Weinheimer, F.M.H. Reid y R.T.C. Thunell. 1997. Sedimentation patterns of diatoms, radiolarians and silicoflagellates in Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI Rep.* 38:161-170.
- Lavín, M.F., E. Beier y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del golfo de California: escalas estacional e interanual. P.p: 141-171, In *Contribuciones a la oceanografía física en México*. Monografía, Unión Geofísica Mexicana.
- Lavín, M.F., R. Castro, E. Beier, V.M. Godinez, A. Amador y P. Guest. 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern gulf of California in June 2004 during the north american monsoon experiment. *Journal of Geophysical Research*, 2(114).

- Lazarus, D. 2005. A brief review of radiolarian research. *Paläontologische Zeitschrift* 79(1): 183–200.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier Scientific, Oxford, UK.
- Liu, Z., J. Kutzbach y L. Wu. 2000. Modeling climate shift of El Niño variability in the Holocene. *Geophysical Research Letters*, 27, 2265-2268.
- Lombardi G. & G. Boden. 1985. Modern radiolarian global distributions. 127 pp.
- Lonsdale, P. 1989. Geology and tectonic history of the Gulf of California. *The Eastern Pacific Ocean and Hawaii: The Geology of North America*, Winterer, E.L., Hussong, D.M., Decker, R.W. (Eds.), Geological Society of America Bulletin 101:499-522.
- López, M. 1997. A numerical simulation of water mass formation in the northern Gulf of California during winter. *Continental Shelf Research*. 17(13):1581-1607.
- McCartney, K., 1995. Silicoflagellates. In: Blome, C. D., Whalen, P. M. and Reed, K. M. (eds.), *Siliceous Microfossils, Short Courses in Paleontology*, 8: 159-176.
- Magaña, V.O. y E. Caetano. 2005. Temporal evolution of summer convective activity over the Americas warm pools. *Geophysical Research Letters*. 32, 2.
- Magaña, V., J. Amador y S. Medina. 1999. Midsummer drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*. 12, 1577-1588.
- Maher, B.A. y Thompson, R. 1999. *Quaternary Climates, Environments and Magnetism*. Cambridge Univ. Press. 390 p.
- Markgraf, V. 1998. Researches investigate inter-hemispheric climate linkages in the Americas and their societal effects. *Eos Trans. American Geophys. Union (AGU)*. 79(31): 371-378.
- Mascarenhas, A.S.J., R. Castro, C.A. Collins y R. Durazo. 2004. Seasonal variation of geostrophic velocity and heat flux at the entrance to the Gulf of California, Mexico. *Journal of Geophysical Research*. 109 (C07008).
- Matsuoka, A. 2007. Living radiolarian feeding mechanisms: new light on past marine ecosystems. *Swiss j. geosci.* 100: 273–279.
- Matthes, F.E. 1939. Report of committee on Glaciers, April 1939. *Eos Trans, AGU*. 20: 518-523.
- Mayewski, P. A, E. E. Rohlingb, J. C. Stagerc, W. Karlén, K. A. Maascha, L. D. Meekere, E. A. Meyersona, F. Gassef, S. van Krevelde, K. Holmgrend, J. Lee-Thorph, G. Rosqvistd, F. Racki, M. Staubwasserj, R. R. Schneiderk and E. J. Steigl, 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62, 243–255.
- Merino M, y Monreal A (2004) Ocean currents and their impact on marine life: nutrient circulation and productivity of oceans. En Duarte CM (Ed.) *Marine Ecology. Encyclopedia of Life Support Systems*. EOLSS/UNESCO. Oxford, RU. <http://www.eolss.net>.
- McGowan, J.A. 1974. The nature of oceanic ecosystems. In *The biology of the oceanic Pacific*, C. 11. Miller, ed. Corvallis: Oregon State Univ. Press, pp. 9-28.
- Metcalfe SE, Say A, Black S, McCulloch R, O'Hara SL. 2002. Wet conditions during the last glaciation in the Chihuahua Desert, Alta Babicora Basin, Mexico. *Quaternary Research* 57: 91–101
- Molina-Cruz, A. 1977. Radiolarian assemblages and their relationship to the oceanography of the subtropical southeastern Pacific. *Mar. Micropaleontol.* 2:315-352. 50.
- Molina-Cruz, A. 1984. Radiolaria as indicators of upwelling processes: the Peruvian connection. *Marine Micropaleontology*, vol. 9, no. 1, 53-75.

- Molina-Cruz, A. 1986. Evolución oceanográfica de la boca del golfo de California. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.* 13(2): 95-120.
- Molina-Cruz, A., 1994. Bioestratigrafía y significado paleoceanográfico de los radiolarios de la protoboca del Golfo de California [Biostratigraphy and paleoceanographic significance of the radiolarians from the protomouth of the Gulf of California]. *Ciencias Marinas*, vol. 20, no. 4, 441-465.
- Molina-Cruz, A., L. Welling y A. Caudillo-Bohorquez. 1999. Radiolarian distribution in the water column, southern gulf of California, and its implication in thanatocoenose constitution. *Mar. Micropaleontol.* 37(2): 149-171.
- Moore, T.C. Jr. 1978. The distribution of radiolaria assemblages in the modern and ice-age Pacific. *Mar. Micropaleontol.* 3: 229-266.
- Murray, D.W., 1982. Paleo-oceanography of the Gulf of California Based on Silicoflagellates from Marine Varved Sediments. M.S. Thesis, Oregon State University, 129 pp.
- Murray, D. & H. Schrader, 1983. Distribution of silicoflagellates in plankton and core top samples from the Gulf of California. *Mar. Micropaleontol.*, 7: 517-539.
- Müller, J., 1858. Über die Thalassicollen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. *Königliche Akademie Wissenschaften Berlin, Abhandlungen*, 1-62.
- Müller-Karger, F., Ramon Varela, Robert Thunell, Mary Scranton, Richard Bohrer, Gordon Taylor, Juan Capelo, Yrene Astor, Eric Tappa, Tung-Yuan Ho, John J. Walsh. 2001. Annual cycle of primary production in the Cariaco Basin: Response to upwelling and implications for vertical export, *J. Geophys. Res.*, 106, 4527– 4542.
- Munsell, 1995. Developed by the Rock-Color Chart Committee: E. N. Goddard, Chairman, U. S. Geological Survey; Parker D. Trask, the Geological Society of America; Ronald K. De Ford, American Association of Petroleum Geologists; Olaf N. Rove, Society of Economic Geologists; and Joseph T. Singewald, Jr., and R. M. Overbeck, Association of American State Geologists, 1948 (reprinted 1951, 1963, 1970, 1975, 1979, 1980, 1984, 1991, 1993, and 1995).
- Nava-Sánchez, E.H. 1997. Modern fan deltas of the west coast of the Gulf of California, México. PhD Dissertation, University of Southern California, Los Angeles, p. 280.
- Nava-Sánchez, E.H., D.S. Gorsline y A. Molina-Cruz. 2001. The Baja California Peninsula Borderland: Structural and sedimentological characteristics. *Sedimentary Geology.* 144:63-82.
- Nigrini, C. y J.P. Caulet. 1992. Late Neogene radiolarian assemblages characteristic of Indo-Pacific areas of upwelling. *Micropaleontol.* 38(2): 139–164.
- Nigrini, C. y T.C. Moore. 1979. A guide to modern Radiolaria. *Cushman Foundation of Foraminiferal Research. Special Publication*, 16, 1-248.
- Nimmergut, A. y A. Abelmann. 2002. Spatial and seasonal changes of radiolarian standing stocks in the Sea of Okhotsk. *Deep-Sea Research I.* 49:463–493.
- Nishimura, A., K. Nakaseko y Y. Okuda. 1997. A new costal water radiolarian assemblage recovered from sediment samples from the Antarctic Ocean. *Marine Micropaleontology.* 30:29-44.
- O'Brien, S.R., A. Mayewski, L.D. Meeker, D.A. Meese, M.S. Twickler y S.I. Whitlow. 1996. Complexity of Holocene climate as reconstructed from Greenland ice core. *Sci.* 270: 1962-2964.

- Parés-Sierra, A. y J. O'Brien. 1989. The seasonal and interannual variability of the California Current System: a numerical model. *Journal of Geophysical Research*. 94, 3159–3180.
- Páres-Sierra, A., A. Mascarenhas, S.G. Marinone y R. Castro. 2003. Temporal and spatial variation of the surface winds in the Gulf of California, *Geophys. Res. Lett.*, 30(6), 1312, doi:10.1029/2002GL016716.
- Pérez-Cruz, L., 2000. Estudio paleoceanográfico y sedimentológico Holocénico de la Bahía de La Paz, Golfo de California. Tesis de Doctorado (Oceanografía Geológica). UNAM, México, D.F., 167 pp.
- Pérez-Cruz, L. 2006. Climate and ocean variability during middle and late Holocene recorded in laminated sediments from Alfonso basin, gulf of California, Mexico. *Quater. Res.* 65:401-410.
- Pérez-Cruz, L. y J. Urrutia-Fucugauchi. 2009. Magnetic mineral study of Holocene marine sediments from the Alfonso Basin, Gulf of California-implications for depositional environment and sediment sources. *Geofísica Internacional*. 48(3):305-318.
- Pérez-Cruz, L. y J. Urrutia-Fucugauchi. 2010a. Holocene laminated sediments from the southern Gulf of California: geochemical, mineral magnetic and microfossil study. *J. Quaternary Sci.* ISSN 0267-8179.
- Pérez-Cruz, L. y J. Urrutia-Fucugauchi. 2010b. Multiproxy study of Holocene laminated sediments from the southern gulf of California. *Eos Trans. AGU*, 91(26), Meet. Am. Suppl., Abstract PP22A-01.
- Pérez-Cruz, L. y J.C. Herguera-García en prensa. Génesis de los sedimentos laminados en el golfo de California: implicaciones climáticas y oceanográficas. P.p: 1-27, En *Estudios sobre el Cuaternario*. Editorial Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México.
- Pérez-Cruz, L.L. y R.A. Benson en prensa. Radiolaires polycystines del'Holocène dans des sédiments anoxiques dans la Baie de la Paz (golfe de la Californie): Abondance, préservation et taxonomie (Holocene polycystine radiolarians in anoxic sediments in the Bay of La Paz (gulf of California): abundance, preservation and taxonomy). *Rev. Micropaléontol.*
- Pérez-Cruz, L.L., G.E. Villagrán-de-la-Cruz, y L.E. Gómez-Lizárraga. 2009. Radiolarios en los sedimentos marinos del Cuaternario Tardío del Golfo de California-Paleoceanografía y Paleoclimatología. En: *Monografías del Instituto de Geofísica*, Gogichaisvilli, A. (Ed.), UNAM, 15, 72 p.
- Petrushevskaya, M.G. 1971a. Spumellarian and Nassellarian Radiolaria in the plankton and bottom sediments of the Central Pacific. In: Funell B.M. and W.R. Riedel (eds). *The micropaleontology of oceans*. Cambridge University Press. 309-317.
- Petrushevskaya, M.G. 1971b. Radiolaria in the plankton and recent sediments from the Indian Ocean and Antarctic. Pp: 319-329, In Funell B.M. y W.R. Riedel (eds.), *The micropaleontology of oceans*. Cambridge University press, Cambridge.
- Philander, S.G.H. 1981. The response of equatorial oceans to a relaxation of the trade winds. *J. Phys. Oceanogr.* 11:176-189.
- Pike, J. y A.E.S. Kemp. 1997. Early Holocene decadal-scale ocean variability recorded in Gulf of California laminated sediments. *Paleoceanography*. 12(2):227-238.

- Pisias, N.G. 1986. Vertical water mass circulation and the distribution of radiolaria in surface sediments of the gulf of California. *Mar. Micropaleontol.* 10: 189-205.
- Pokorny, J. 1963. The Development of mogotes in the southern part of the Cracow Upland. *Bull.Acad. Pol. Sci., Ser. geol. et geogr.* 11(3): 169-175.
- Poelchau, H.S., 1976. Distribution of Holocene silicoflagellates in North Pacific sediments. *Micropaleontology* 22(2): 164-193.
- Poore, R.Z., T.M. Quinn y S. Verardo. 2004. Century-scale movement of the Atlantic Intertropical Convergence Zone linked to solar variability, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L12214, doi:10.1029/2004GL019940.
- Pride, C.R., D. Thunell, D. Sigman, L. Keigwin, M. Altabet y E. Tappa. 1999. Nitrogen isotopic variations in the gulf of California since the last deglaciation: response to global climate change. *Paleoceanography.* 14: 397-409.
- Renz, G.W. 1976. The distribution and ecology of Radiolaria in the Central Pacific plankton and surface sediments. – *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography, University of California* 22:1-267.
- Reyes, A.C. y M.F. Lavín. 1997. Effects of the autumn-winter meteorology upon the surface heat loss in the Northern Gulf of California. *Atmosfera.* 10:101-123.
- Riedel, W. R., 1967. Subclass Radiolaria. In: Harland, W.B. (Ed.), *The Fossil Record.* Geological Society, London, 291-298.
- Ripa, P. y S.G. Marinone. 1989. Seasonal Variability of Temperature, Salinity, Velocity and Sea Level in the Central Gulf of California, as Inferred from Historical Data. *Quarterly J. of the Royal Meteor. Soc.* 115:887-913.
- Robinson, M.K. 1973. Atlas of Monthly Mean Sea Surface and Subsurface Temperatures in the Gulf of California, Mexico. San Diego Society of Natural History, Memoir 5, pp. 1-97.
- Robles, J.M. y S.G. Marinone. 1987. Seasonal and interannual termohaline variability in the Guaymas basin of the Gulf of California. *Continental Shelf Research,* 7,715-733.
- Roden, G.I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pac. Sci.* 12(1):21-45.
- Roden, G.I. 1964. Marine Geol. Gulf of California Mem. 3, (eds Van Andel, Tj. H y Shor, G.G. Jr) 30-58.
- Roden, G.I. y G.W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research,* 18, 1, 10-35.
- Saetre, R. y R. Ljoen, 1972: The Norwegian Coastal Current. *Proceedings of the First International Conference on Port and Ocean Engineering,* vol.1, pp.514-535.
- Schrader, H, & T. Baumgartner, 1983. Decadal variation of upwelling in the central Gulf of California. In: Thiede, J. & E. Suess, (eds), *Coastal Upwelling: Its sediment record.* Plenum Publishing Corporation, New York, 247-276 pp.
- Schrader, H., Pisias, N. & G. Cheng, 1986. Seasonal variation of silicoflagellates in phytoplankton and varved sediments in the gulf of California. *Marine Micropaleontology,* 10: 207-233.
- Sachs, H.M. 1973. Quantitative radiolarian-based paleoceanography in Late Pleistocene subarctic Pacific sediments. Thesis, Brown University, Providence, R.I.
- Sancetta, C. 1995. Diatoms in the gulf of California: seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanography.* 10(1):67-84.



- Santamaría-del-Ángel, E. y Álvarez-Borrego, S. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research* 99 (C4), 7411–7421.
- Santamaría-del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger. 1994. The 1982–84 El Niño in the Gulf of California as seen in coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research* 99 (C4), 7423–7431.
- Schröder-Ritzrau, A. 1995. Aktuopaläontologische Untersuchung zur Verbreitung und Vertikalfluss von Radiolarien sowie ihre räumliche und zeitliche Entwicklung im Europäischen Nordmeer, *Berichte aus dem Sonderforschungsbereich 313*. Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 52, 99 pp.
- Schummelmann, A. y C.B. Lange. 1996. Tales of 1001 varves: A review of Santa Barbara basin sediment studies. P.p: 121-141, In Kemp, A.E.S. (ed.), *Palaeoclimatology and palaeoceanography from laminated sediments*. Special Publication, Geol. Soc. London. 52.
- Smirnov, A. and J. A. Tarduno, 2000. Low-temperature magnetic properties of pelagic sediments (Ocean Drilling Site 805C): Tracers of maghematization and magnetic mineral reduction. *J. Geophys. Res.*, 105, 16,457-16,471.
- Soto-Mardones, L., S.G. Marinone y A. Pares-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el golfo de California. *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)*. *Ciencias Marinas* 25(1): 1-30.
- Spencer, J.E. y Normark, W.R. 1979. Neogene plate-tectonic evolution of the Baja California Sur continental margin and the southern Gulf of California, México. In: Winterer, E.L., Hussong, D.M., Decker, R.W., (Eds.), *The Eastern Pacific Ocean and Hawaii: The Geology of North America*. Geological Society of America, v.N, pp. 489-497.
- Staines-Urias, F. y Douglas, R.G. 2007. Climatic-related variations in  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  in benthic and planktic foraminifera from the Gulf of California. In: *Proceedings of the 19th PACLIM Workshop*, Asilomar.
- Stanley, E.M. 1981. Biogeography and evolution of “bipolar” Radiolaria. 134 p., Ph.D. thesis, University California, Davis.
- Sverdrup, H.U. 1941. The Gulf of California: Preliminary discussion of the cruise of the E. W. Scripps in February and March of 1939. In: *Proceedings of the 6th Pacific Scientific Congress*. 161-166.
- Takahashi, K. 1991. Radiolaria: flux, ecology, and taxonomy in the Pacific and Atlantic Ocean Biocoenosis, Woods Hole Oceanographic Institution (Massachusetts). Series, 3:1-303.
- Takahashi, K. 1997. Time series fluxes of Radiolaria in the eastern subarctic Pacific Ocean. (10):299-309.
- Thunell, R.C. 1998. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: A response to climate forcing. *Deep-Sea Research, Part I*. *Oceanographic Research Papers*, 45, 12, 2959-2083.
- Thunell, R., C. Pride, E. Tappa y F. Muller-Karger. 1993. Varve formation in the gulf of California: insights from time series sediment trap sampling and remote sensing. *Quat. Sci. Rev.* 12: 451-464.
- Thunell, R., Pride, C., Tappan, E. y Muller-Karger, F.E. 1996. Plankton response to physical forcing in the Gulf of California. *Journal of Plankton Research* 18, 2017–2026.

- Torres-Orozco, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua en el golfo de California. Tesis de maestría, CICESE, Baja California, México.
- Torres-Orozco, E. y J.M. Robles-Pacheco. 1995. Variabilidad de las masas de agua mediante análisis volumétrico. In: Trabajos sometidos al Premio a la Investigación Oceanográfica 1995, Secretaria de Marina, Mexico, D.F.
- Uriarte-Cantolla, A. 2003. Historia del clima de la Tierra. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 306 pp.
- Urrutia-Fucugauchi, J., J. Ortega-Ramírez y R. Cruz-Gatica. 1997. Rock magnetic study of Late Pleistocene-Holocene sediments from Babicora lacustrine basin, Chihuahua, Northern Mexico. *Geofísica Internacional*. 36(2):77-86.
- Van Andel, Tj.H. 1964. Recent marine sediments of the Gulf of California. In: Van Andel, Tj.H. y G.G. Shor (Eds.), *Marine Geology of the Gulf of California: American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 3*, 216-310.
- Villagrán-de-la-Cruz, G.E. 2008. Los radiolarios policistinos en los sedimentos laminados de la cuenca del Carmen, golfo de California: su significado paleoceanográfico. Tesis de Licenciatura (Biología Marina). UMAR, Campus Puerto Ángel, Oaxaca, México. 85 pp.
- Wang, C. y D.B. Enfield. 2001. The Tropical Western Hemisphere Warm Pool. *Geophysical Research Letters*. 28, 1635–1638.
- Wang, C. y D.B. Enfield. 2003. A further study of the Tropical Western Hemisphere Warm Pool. *Journal of Climate*. 16, 1476-1493.
- Wang, R., W. Xiao, Q. Li y R. Chen. 2006. Polycystine radiolarians in surface sediments from Bearing Sea Green Belt area and their ecological implication for paleoenvironmental reconstructions. *Marine Micropaleontology*. 59:135-152.
- Weinheimer, A.L. 1994. Radiolarian and diatom fluxes in two California borderland basins as indices of climate variability. Ph.D. diss., Univ. Calif, Santa Barbara, 117 pp.
- Weinheimer, A.L. 2002. Radiolarians from northern Cape Basin, Site 1082. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. Wefer, G., Berger, W.H., and Richter, C. [eds.], College Station, TX [Ocean Drilling Program], vol. 175: 16 pp.
- Weinheimer, A.L. & D.R. Cayan. 1997. Radiolarian assemblages from Santa Bárbara basin sediments: recent interdecadal variability. *Paleoceanography*. 12(5): 658-670.
- Welling, L.A. & N.G. Pisias. 1993. Seasonal trends and preservational biases of radiolaria in the northern California Current System. *Paleoceanography*. 8:351-372.
- Welling, L.A. & N.G. Pisias. 1998. How do radiolarian sediment assemblages represent surface ocean ecology in the central equatorial Pacific. *Paleoceanography*. 13(2): 131-149.
- Welling, L.A., N.G. Pisias y A.K. Roelofs. 1992. Radiolarian microfauna in the northern California Current System: indicators of multiple processes controlling productivity. P.p: 177-195, In Summerhayes, C.P., W.L. Prell, y K.C. Emeis (eds.), *Upwellings systems: Evolution since Early Miocene*. Special publication. Geol. Soc. London. 64.
- Welling, L.A., N.G. Pisias, E.S. Johnson y J.R. White. 1996. Distribution of polycystine radiolarian and their relation to the physical environment during the 1992 El Niño and following cold event. *Deep-Sea Research II*. 43:1413-1434.
- Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses of the eastern tropical Pacific Ocean, *Int. J. Oceanogr. Limnol.*, 1, 117– 147. 54

- Wyrтки, K. 1975. El Niño, the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. *J. Phys. Oceanogr.* 5:572-584.
- Yamashita, H., K. Takahashi y N. Fujitani. 2002. Zonal and vertical distribution of radiolarians in the western and central Ecuatorial Pacific in January 1999. *Deep-Sea Research II*, 49: 2823-2862.
- Zhang, Y., J.M Wallace y D.S. Battisti. 1997. ENSO-like interdecadal variability, 1900-93. *Journal of Climate*, 10, 5, 1004-1020.

# APÉNDICES

## Apéndice I. Abundancia relativa de los 208 taxones de radiolarios polycystinos-Naselarios (N), identificados en los sedimentos laminados de la cuenca del Carmen, golfo de California.

Taxa/Intervalos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
N 1 <i>Acanthodesmia vinculata</i> (Müller, 1858)	0.00	0.25	0.21	0.51	1.23	0.33	0.11	0.43	0.23	0.00	0.20	0.75	0.40	0.30	0.12	0.57	0.16	0.42	0.41	0.33	0.21	0.11	0.00	0.13	0.37	0.33	0.37	0.23	0.24	0.11	0.10	0.00	0.10	0.20	0.10	0.21	0.10	0.48	0.22	0.12	
N 2 <i>Acrobotrys cribosa</i> (Popofsky, 1913)	0.78	1.36	0.10	1.03	0.45	0.77	0.57	0.76	0.23	0.63	0.10	1.29	1.40	0.91	0.48	0.57	0.64	0.95	0.71	0.55	0.75	0.54	0.44	1.01	0.61	1.11	0.00	0.57	0.36	0.21	0.71	0.20	0.19	0.31	0.19	0.21	0.20	0.96	1.78	0.70	
N 3 <i>Acrobotrys</i> spp. -Bolotovskoy 1908-	0.00	0.25	0.31	0.62	0.78	0.33	0.00	0.43	0.68	0.74	0.20	0.32	0.30	0.20	1.09	0.57	0.16	0.11	0.10	0.11	0.11	0.21	0.00	0.13	0.00	0.11	0.00	0.34	0.00	0.21	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.58	
N 4 <i>Acrobotrys teralans</i> Renz, 1976	0.00	0.25	0.00	0.00	0.22	0.11	0.46	0.11	0.11	0.00	0.20	0.64	0.20	0.40	0.24	0.23	0.64	0.42	0.20	0.11	0.11	0.21	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.12	0.21	0.10	0.20	0.19	0.10	0.00	0.10	0.49	0.36	0.44	0.23		
N 5 <i>Amphiplecta acetosa</i> Haekel, 1887	0.00	0.00	0.10	0.31	0.11	0.22	0.00	0.22	0.00	0.00	0.10	0.11	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.21	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.20	0.00	0.11	0.23		
N 6 <i>Amphiplecta</i> sp. Petrushevskaya, 1971	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N 7 <i>Anthocytidium ophiense</i> (Ehrenberg, 1872)	0.00	0.00	0.00	0.21	0.11	0.00	0.23	0.00	0.00	0.21	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00	0.11	0.00	0.00	0.13	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00		
N 8 <i>Anthocytidium zanguebaricum</i> (Ehrenberg, 1872)	0.00	0.12	0.31	0.62	0.34	0.33	0.00	0.33	0.11	0.42	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.34	0.16	0.11	0.00	0.22	0.64	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.30	0.29	0.39	0.41	0.00	0.41	0.69	0.36	0.22	0.35		
N 9 <i>Arachnocorallium calvata</i> Petrushevskaya, 1971	9.09	5.45	10.76	9.76	6.88	7.41	9.68	6.50	5.64	7.07	8.46	7.40	7.08	7.34	5.33	6.20	7.20	7.38	8.16	9.88	8.36	8.05	6.11	7.22	10.32	8.81	8.73	6.36	3.84	5.50	5.16	5.87	6.61	6.54	7.41	4.23	6.32	8.55	5.78	4.52	
N 10 <i>Arachnocorys circumtexta</i> Haekel B 1998	0.00	0.25	0.31	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.11	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.21	0.40	0.00	0.39	0.41	0.96	0.31	0.30	0.36	0.22	0.00		
N 11 <i>Arachnocorys umbellifera</i> Haekel, 1862	1.04	0.62	0.79	0.92	0.90	0.77	1.48	0.98	0.79	1.48	1.33	1.07	1.10	1.21	1.21	0.69	0.96	1.26	1.02	1.21	0.86	0.43	1.31	0.63	1.11	1.90	0.86	1.14	1.44	0.95	1.01	0.59	0.78	0.31	0.38	0.41	0.49	1.20	1.00	1.27	
N 12 <i>Artipolium undulatum</i> Popofsky, 1913	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23		
N 13 <i>Artobotrys boreales</i> (Cleve, 1899)	0.52	0.00	0.00	0.62	0.34	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.66	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.29	0.72	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.23		
N 14 <i>Artostrobos annulatus</i> (Bailey, 1856)	1.30	0.12	0.42	0.21	0.45	0.11	0.34	0.11	0.23	0.32	0.10	0.00	0.10	0.00	0.23	0.16	0.74	0.41	0.22	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N 15 <i>Artostrobos joergenseni</i> Petrushevskaya, 1967	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N 16 <i>Botryocytis quinaria</i> (?) Ehrenberg, 1872	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
N 17 <i>Botryocytis scutum</i> (Harting, 1863)	0.26	0.12	0.10	0.41	0.22	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.00	0.20	0.10	0.12	0.00	0.00	0.32	0.10	0.11	0.00	0.11	0.22	0.13	0.00	0.22	0.12	0.11	0.24	0.63	0.00	0.78	0.10	0.00	0.10	0.00	0.99	0.24	0.11	0.35		
N 18 <i>Botryopyle dictyocephalus</i> Haekel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N 19 <i>Botryostrobos aquilonaris</i> (Bailey, 1856)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.24	0.11	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.12	
N 20 <i>Botryostrobos auritus-australis</i> (Ehrenberg) grupo Nigrini, 1977	0.26	0.00	0.31	0.82	0.45	1.11	1.37	0.76	1.01	0.53	0.61	0.86	1.10	1.21	0.36	0.57	0.64	1.05	0.51	0.44	0.86	0.43	0.55	0.63	0.98	0.67	0.37	0.45	0.00	0.11	0.10	0.49	0.49	0.20	0.77	0.72	0.79	0.72	1.44	2.32	
N 21 <i>Callimitra emmae</i> Haekel, 1887	0.52	0.12	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.22	0.11	0.00	0.11	0.13	0.00	0.11	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.20	0.00	0.10	0.10	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00		
N 22 <i>Calocyclus monumentum</i> Haekel, 1887	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.12	0.00	0.12	
N 23 <i>Campylacantha cladophora</i> Jørgensen, 1905	0.00	0.25	0.21	0.00	0.11	0.11	0.11	0.22	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.32	0.21	0.31	0.11	0.00	0.11	0.11	0.51	0.00	0.33	0.12	0.34	0.48	0.00	0.20	0.29	0.29	0.10	0.29	0.52	0.30	0.00	0.44	0.12		
N 24 <i>Carpocanarium papillosum</i> (Ehrenberg, 1872)	0.26	0.00	0.31	0.00	0.00	0.66	0.23	0.11	0.23	0.32	0.51	0.11	0.20	0.00	0.00	0.23	0.00	0.11	0.31	0.33	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00		
N 25 <i>Carpocanistrum</i> sp. A (Nigrini, 1970)	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N 26 <i>Carpocanistrum</i> sp. (Nigrini, 1970)	0.26	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.21	0.10	0.00	0.10	0.50	0.00	0.11	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00		
N 27 <i>Centrobrotis thermophila</i> Petrushevskaya Petrushevskaya (1965)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.45	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00		
N 28 <i>Ceratocytis galeus</i> (Cleve, 1899)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
N 29 <i>Ceratocytis histricosus</i> (Jørgensen, 1905)	0.52	1.24	1.15	0.82	0.78	0.77	0.80	0.65	0.68	0.63	0.92	1.82	1.20	0.20	1.45	0.69	1.60	1.05	0.61	0.77	0.75	0.32	0.55	0.76	0.37	1.11	0.86	1.36	0.96	1.69	1.52	1.57	0.58	0.51	1.92	1.44	0.79	0.84	0.67	1.27	
N 30 <i>Ceratospyrus</i> sp. cf. C. borealis Benson, 1983	0.00	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	
N 31 <i>Cladocentium limbatum</i> Jørgensen, 1905	0																																								

**Apéndice I.** Abundancia relativa de los 208 taxones de radiolarios polycystinos-Naselarios (N), identificados en los sedimentos laminados de la cuenca del Carmen, golfo de California.

Taxa/Intervalos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
N 46 Dictyophimus sp. cf. D. tripus Benson, 1966	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.11	0.00	0.00	0.20	0.10	0.36	0.00	0.16	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.13	0.25	0.22	0.37	0.00	0.84	0.21	0.10	0.10	0.29	0.41	0.96	0.41	0.79	0.24	0.67	0.58	
N 47 Enneaphormis rotula Haeckel, 1881	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.33	0.00	0.21	0.10	0.00	0.00	0.00	0.12	0.23	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.20	0.38	0.31	0.00	0.12	0.00	0.12		
N 48 Eucecyphalus dinatus Takahashi, 1991	0.26	0.62	0.10	0.21	0.00	0.22	0.34	0.43	0.00	0.32	0.10	0.21	0.10	0.00	0.61	0.11	0.00	0.00	0.00	0.22	0.21	0.00	0.00	0.00	0.12	0.45	0.12	0.34	0.12	0.00	0.00	0.10	0.10	0.31	0.19	0.31	0.00	0.84	1.00	0.23	
N 49 Eucyrtidium annulatum (Popofsky, 1913)	0.00	0.12	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.10	0.21	0.30	0.40	0.24	0.00	0.16	0.42	0.10	0.00	0.32	0.11	0.11	0.13	0.37	0.11	0.12	0.23	0.12	0.21	0.30	0.10	0.10	0.31	0.00	0.21	0.39	0.12	0.11	0.35	
N 50 Eucyrtidium anomalum Haeckel, 1861	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.22	0.11	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	
N 51 Eucyrtidium erythromystax Nigrini & Caulet, 1992	0.52	0.25	0.10	0.41	0.22	0.44	0.23	0.54	0.23	0.63	0.31	0.32	0.50	0.50	0.24	0.11	0.16	0.53	0.20	0.55	0.32	0.21	0.00	0.13	0.12	0.11	0.25	0.11	0.24	0.11	0.10	0.20	0.19	0.31	0.00	0.41	0.49	0.00	0.56	0.46	
N 52 Eucyrtidium hexagonatum Haeckel, 1887	1.04	1.11	1.25	1.64	0.78	1.55	0.68	1.41	2.25	1.48	0.92	2.15	0.60	1.41	1.09	1.49	0.32	0.95	1.12	2.41	0.64	0.32	1.64	0.63	0.98	1.78	0.49	0.68	0.24	0.74	0.71	0.78	1.17	0.31	0.67	0.93	1.97	1.45	1.33	0.81	
N 53 Eucyrtidium hexastichum (Haeckel, 1887)	0.26	0.25	0.52	0.72	0.34	0.22	0.11	0.22	0.23	0.42	0.20	0.21	1.00	0.30	0.24	0.23	0.48	0.42	0.31	0.33	0.32	0.00	0.65	0.25	0.49	0.11	0.74	0.45	0.24	0.74	0.10	0.59	0.49	0.20	0.29	0.62	0.49	0.48	0.78	0.35	
N 54 Euscenium coryneporum Jørgensen, 1900	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.29	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
N 55 Gonosphaera primordialis Jørgensen, 1905	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.16	0.21	0.10	0.11	0.00	0.00	0.00	0.25	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.29	0.39	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.22	0.35		
N 56 Lamprocyclus maritilis grupo Haeckel, 1887	0.00	0.00	0.10	0.00	0.11	0.22	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.10	0.00	0.21	0.11	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.23	0.00	0.11	0.20	0.10	0.10	0.00	0.19	0.31	0.30	0.00	0.00	0.00	
N 57 Lamprocyclus nigrinae (Caulet, 1971)	0.00	0.87	0.42	0.62	0.56	0.44	0.34	0.76	0.90	0.32	0.61	0.43	1.10	1.41	0.36	0.69	0.64	0.95	0.82	0.33	1.18	0.32	0.65	0.25	0.49	0.78	0.62	0.91	0.12	0.74	0.91	0.68	0.39	0.31	0.67	0.82	1.28	0.60	0.78	0.58	
N 58 Lampromitra cracenta Takahashi, 1991	0.26	0.12	0.21	0.10	0.45	0.11	0.00	0.11	0.00	0.21	0.31	0.11	0.20	0.50	0.36	0.11	0.16	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.13	0.12	0.11	0.00	0.11	0.12	0.32	0.30	0.29	0.19	0.41	0.10	0.21	0.00	0.00	0.11	0.35	
N 59 Lampromitra quadricuspis Haeckel, 1887	0.00	0.37	0.52	0.31	0.67	0.11	0.11	0.33	0.79	0.32	0.71	0.32	0.30	0.20	0.48	0.46	0.16	0.32	0.31	0.55	0.11	0.43	0.33	0.63	0.37	0.45	0.25	0.34	0.36	0.21	0.61	0.20	0.58	0.10	0.29	0.10	0.20	0.24	0.22	0.35	
N 60 Lipmanella bomus (Haeckel, 1887)	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.13	0.12	0.00	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	
N 61 Lipmanella dictyoceras (Haeckel, 1861)	0.26	0.37	0.31	0.51	0.67	0.33	0.11	0.33	0.79	0.21	0.20	0.21	0.20	0.30	0.12	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.11	0.00	0.25	0.00	0.22	0.00	0.23	0.00	0.10	0.10	0.10	0.19	0.10	0.10	0.12	0.33	0.12			
N 62 Liriospyris reticulata (Ehrenberg, 1872)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
N 63 Litharachnium tentorium Haeckel, 1862	0.00	0.25	0.42	0.00	0.56	0.55	0.11	0.43	0.00	0.21	0.31	0.54	0.20	0.40	0.24	0.23	0.16	0.21	0.20	0.22	0.21	0.11	0.00	0.63	0.12	0.33	0.37	0.11	0.24	0.32	0.10	0.20	0.19	0.31	0.19	0.52	0.10	0.48	0.11	0.58	
N 64 Lithomelissa hystrix Jørgensen, 1900	0.00	0.99	0.73	1.03	0.56	0.22	0.46	0.98	0.56	1.27	0.41	0.86	2.09	1.51	1.21	1.95	5.76	3.57	4.18	3.73	5.25	4.94	1.74	5.07	4.05	2.56	3.69	1.02	2.40	1.38	2.22	1.76	2.33	2.55	2.21	1.13	1.88	1.57	0.56	1.27	
N 65 Lithomelissa laticaps Jørgensen, 1905	0.52	0.62	0.63	0.92	1.34	0.33	0.34	0.65	0.90	0.63	0.71	0.43	0.30	0.50	0.48	1.03	0.32	0.21	0.51	0.44	0.43	0.75	0.44	0.51	0.37	0.33	0.49	1.02	0.72	0.63	0.51	1.17	0.97	1.12	0.77	0.62	0.89	0.36	0.33	0.81	
N 66 Lithomelissa pentacantha (Popofsky, 1913)	2.86	2.10	2.09	2.88	2.91	3.98	5.58	6.07	5.41	4.64	3.06	3.65	3.89	4.33	4.73	4.59	3.68	3.58	2.65	2.31	3.22	1.72	4.03	2.41	2.46	5.35	4.43	3.06	3.00	2.65	2.33	2.05	3.11	1.94	5.39	3.40	3.26	1.93	1.89	2.32	
N 67 Lithomelissa setosa Jørgensen, 1900	10.39	6.93	8.88	10.38	8.51	6.86	9.68	4.01	6.65	6.65	4.69	5.79	5.88	4.73	6.91	4.94	10.40	6.74	5.82	6.00	8.36	8.26	8.83	7.35	9.21	5.24	8.00	6.13	6.84	6.67	5.86	5.28	5.25	5.31	5.97	3.40	5.92	8.07	7.78	7.42	
N 68 Lithomelissa thoracites Haeckel, 1862	1.56	1.73	1.57	1.44	1.68	1.44	1.71	2.17	1.47	1.79	1.73	2.04	2.59	1.91	2.42	1.72	2.24	3.69	2.76	2.52	3.32	2.47	1.85	1.77	2.21	2.45	2.34	2.72	1.56	2.86	1.72	2.15	2.63	1.63	3.46	2.58	2.76	3.86	2.00	1.62	
N 69 Lithostrobilus hexagonalis Haeckel, 1887	0.00	0.62	0.21	0.21	0.11	0.22	0.11	0.11	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.22	0.25	0.00	0.33	0.12	0.23	0.24	0.32	0.20	0.19	0.00	0.29	0.21	0.10	0.12	0.22	0.35		
N 70 Lophocorys polyacantha Popofsky, 1913	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.23	0.00	0.00	0.32	0.10	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.11	0.00	0.11	0.51	0.00	0.00	0.22	0.12	0.00	0.24	0.32	0.00	0.49	0.20	0.00	0.00	0.10	0.12	0.33	0.12	
N 71 Lophophaena butschlii (Haeckel) Petrushevskaya (1971a)	3.64	1.86	1.88	1.85	2.02	4.41	1.71	1.52	1.80	1.05	0.92	1.39	0.70	0.91	0.48	1.95	1.92	1.16	1.22	1.76	1.61	1.39	2.18	0.63	3.69	3.34	4.55	3.41	4.08	2.01	3.44	4.11	3.99	4.19	2.79	2.99	3.65	3.73	0.89	1.16	
N 72 Lophophaena clevei Petrushevskaya, 1971	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	
N 73 Lophophaena hispida (Ehrenberg, 1872)	0.00	0.25	0.52	0.62	1.12	0.66	0.46	0.33	2.48	0.84	0.71	0.54	1.20	0.60	0.73	1.03	1.60	0.74	0.31	0.44	0.86	0.21	0.76	0.76	0.00	1.00	0.74	1.02	0.48	0.74	0.81	0.29	1.65	0.41	0.67	0.52	0.99	0.84	0.56	1.62	
N 74 Lophophaena nadezdae Petrushevskaya, 1971	2.08	2.10	1.67	2.06	2.35	1.99	3.99	2.60	3.16	2.85	1.43	2.68	1.40	2.11	2.30	2.87	3.68	2.74	2.35	2.96	1.61	2.58	3.27	2.41	3.81	2.12	4.18	3.29	5.40	4.23	2.63	3.13	1.36	4.09	2.98	2.99	3.06	3.01	1.89	3.36	
N 75 Lophophaena variabilis Petrushevskaya, 1971	0.00	0.00	0.10	0.11	0.00	0.11	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.58	
N 76 Lophophaena witjazii (Petrushevskaya, 1971)	0.26	0.00	0.21	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11																													





**Apéndice I.** Abundancia relativa de los 208 taxones de radiolarios polycystinos-Espumelarios (S), identificados en los sedimentos laminados de la cuenca del Carmen, golfo de California.

Taxa/Intervalos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
E 172 Euchitonina triangulum (Ehrenberg, 1872)	0.00	0.12	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	
E 173 Heliodiscus asteriscus Haeckel, 1887	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.12	0.11	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.12	0.00	0.00		
E 174 Heliodiscus echiniscus Haeckel, 1887	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.11	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.12	0.00	0.00				
E 175 Heliosphaera radiata Popofsky, 1912	0.00	0.12	0.00	0.31	0.45	1.00	0.46	0.87	0.45	0.21	0.20	0.21	0.50	0.40	0.36	0.92	0.16	0.42	0.51	0.33	0.11	0.21	0.55	0.00	0.12	0.11	0.12	0.00	0.48	0.95	0.20	0.88	0.29	0.20	0.38	0.21	0.00	0.60	0.00	0.12	
E 176 Hexacantium arachnoidale Hollande & Enjume, 1960	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
E 177 Hexacantium giganthum Jørgensen, 1900	0.00	0.37	0.00	0.10	0.11	0.11	0.34	0.54	0.34	0.32	0.10	0.21	0.40	0.00	0.24	0.23	0.32	0.42	0.10	0.22	0.00	0.32	0.11	0.38	0.25	0.00	0.00	0.45	0.00	0.74	0.00	0.78	0.29	0.10	0.19	0.52	0.20	0.12	0.00	0.12	
E 178 Hexacantium giganthum Cortese and Bjørklund, 1998	0.26	0.00	0.00	0.00	0.22	0.66	0.11	0.65	0.79	0.74	0.20	0.11	0.10	0.40	0.24	0.11	0.00	0.63	0.00	0.22	0.43	0.32	0.22	0.00	0.00	0.56	0.12	0.00	0.48	0.32	0.40	0.10	0.19	0.41	0.38	0.00	0.20	0.12	0.11	0.00	
E 179 Hexacantium laevigatum Haeckel, 1887	0.26	0.12	0.00	0.31	0.22	0.11	0.00	0.11	0.00	0.21	0.10	0.11	0.40	0.30	0.48	0.46	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.37	0.23	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.12	0.00	0.12		
E 180 Hexacantium melpomene (Haeckel, 1887)	0.00	0.12	0.10	0.00	0.45	0.22	0.34	0.43	0.56	0.53	0.31	0.11	0.60	0.91	0.24	0.11	0.32	0.32	0.20	0.00	0.43	0.00	0.22	0.38	0.37	0.11	0.00	0.68	0.12	0.00	0.00	0.29	0.19	0.31	0.19	0.10	0.10	0.24	0.22	0.12	
E 181 Hexacantium pachydermum Jørgensen, 1900	0.00	0.12	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.10	0.11	0.20	0.40	0.12	0.11	0.00	0.11	0.31	0.11	0.21	0.11	0.00	0.38	0.37	0.22	0.25	0.34	0.24	0.11	0.10	0.49	0.29	0.10	0.58	0.21	0.10	0.00	0.00	0.35	
E 182 Hexacantium sp. cf. H. giganthum det. Benson, 2003	0.26	0.74	1.67	0.62	1.34	1.00	0.46	1.63	1.47	1.05	0.61	1.93	0.90	0.50	0.85	0.57	0.48	1.16	0.51	1.32	1.39	0.32	0.97	1.65	0.37	0.33	0.74	0.79	0.96	1.27	0.81	1.08	1.36	0.41	0.38	0.93	0.30	0.72	0.22	0.46	
E 183 Hexacantium sp. cf. H. heracitii Benson, 1956	0.00	0.37	0.00	0.10	0.11	0.11	0.00	0.33	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.23	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E 184 Hexapyle dodecantha grupo Haeckel, 1887	0.26	0.37	0.63	0.41	0.34	0.44	0.34	1.30	0.34	0.32	0.20	0.64	0.50	1.01	0.36	0.46	0.80	0.53	0.31	0.44	0.32	0.32	0.98	0.13	0.49	0.67	0.37	1.14	0.60	0.63	0.51	0.39	0.97	0.51	0.10	1.03	0.59	0.48	0.89	0.46	
E 185 Hexastylus triaxonius Haeckel, 1887	0.00	0.25	0.21	0.41	0.11	0.11	0.11	0.22	0.00	0.00	0.21	0.40	0.20	0.00	0.11	0.00	0.00	0.10	0.11	0.54	0.32	0.44	0.00	0.37	0.11	0.12	0.23	0.12	0.21	0.10	0.39	0.10	0.20	0.00	0.21	0.30	0.24	0.11	0.23		
E 186 Hymenastrium euclidis Haeckel, 1887	0.00	0.12	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.10	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E 187 Iarcopyle buetschlii grupo Dreyer, 1889	1.30	2.10	2.19	2.57	1.79	0.88	1.03	2.28	3.27	2.53	1.83	2.36	1.50	1.51	2.67	2.76	1.44	2.95	2.14	1.54	2.14	1.82	2.40	0.76	1.23	1.23	1.11	1.14	1.20	1.59	1.11	1.17	1.56	1.02	1.35	2.06	1.88	1.57	1.67	1.27	
E 188 Iarcospira minor (Jørgensen, 1900)	0.00	0.25	0.94	0.21	0.45	0.33	0.00	1.19	0.23	0.32	0.41	0.00	0.00	0.30	1.09	0.23	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.21	0.55	0.51	0.25	0.45	0.00	0.12	0.11	0.10	0.29	0.10	0.20	0.38	0.31	0.59	0.12	1.00	0.12		
E 189 Iarcospira quadrangula Haeckel, 1887	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.11	0.30	0.10	0.12	0.11	0.00	0.00	0.00	0.41	0.11	0.11	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.40	0.10	0.19	0.10	0.38	0.31	0.20	0.00	0.22	0.12			
E 190 Iarcospira sp. Bjørklund et al., 1998	0.26	0.12	0.42	0.10	0.11	0.66	0.00	0.65	0.34	0.00	0.31	0.21	0.30	0.10	0.36	0.11	0.80	0.11	0.10	0.11	0.32	0.00	0.00	0.25	0.25	0.22	0.00	0.57	0.12	0.00	0.20	0.29	0.00	0.00	0.19	0.10	0.10	0.00	0.00	0.12	
E 191 Octopyle stenozona Haeckel, 1887	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.25	0.00	0.00	0.21	0.10	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	
E 192 Phorticium pylonium grupo Haeckel, 1887	1.30	4.33	3.24	3.19	2.80	3.65	2.16	3.36	3.04	2.22	2.55	3.43	3.29	3.22	1.94	2.87	1.92	3.16	2.65	3.18	2.04	2.58	3.16	1.52	1.72	2.90	1.23	3.18	1.68	3.28	2.43	2.84	2.92	2.55	2.79	4.23	3.26	3.25	3.00	2.90	
E 193 Pylonium sp. Benson, 1966	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00		
E 194 Rhizoplegma boreale (Cleve, 1899)	0.26	0.62	0.52	0.10	0.11	0.11	0.00	0.33	0.00	0.00	0.31	0.21	0.10	0.00	0.00	0.23	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.48	0.11	0.10	0.20	0.19	0.10	0.38	0.72	0.20	0.12	0.44	0.35	
E 195 Sphaerozom punctatum Müller, 1858	0.00	0.87	0.42	0.31	0.34	0.55	0.00	0.22	0.00	0.53	0.41	0.00	0.50	0.10	0.00	0.57	0.16	0.00	0.61	0.77	0.32	0.54	0.11	0.38	0.12	0.11	0.12	0.45	0.48	0.21	0.51	0.49	0.19	0.41	0.38	0.31	0.20	0.24	0.11	0.12	
E 196 Spongaster tetras Ehrenberg, 1860	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.12	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.12	
E 197 Spongocore puella Haeckel, 1887	0.26	0.25	0.10	0.00	0.22	0.33	0.23	0.00	0.34	0.32	0.82	0.21	0.20	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.20	0.11	0.11	0.11	0.22	0.00	0.00	0.11	0.25	0.00	0.00	0.11	0.00	0.19	0.00	0.00	0.10	0.10	0.24	0.11	0.23		
E 198 Spongodiscus biconcavus Haeckel, 1887	0.00	0.50	0.21	0.10	0.34	0.11	0.00	0.00	0.00	0.21	0.10	0.21	0.20	0.10	0.12	0.23	0.00	0.00	0.10	0.11	0.11	0.00	0.11	0.00	0.12	0.00	0.12	0.11	0.48	0.21	0.30	0.10	0.10	0.41	0.19	0.10	0.20	0.00	0.33	0.00	
E 199 Spongodiscus resurgens Ehrenberg, 1854	0.00	0.37	0.31	0.10	0.11	0.22	0.00	0.22	0.23	0.32	0.00	0.21	0.20	0.40	0.48	0.23	0.16	0.32	0.10	0.44	0.11	0.11	0.00	0.00	0.12	0.11	0.00	0.23	0.24	0.63	0.10	0.00	0.10	0.20	0.00	0.41	0.79	0.12	0.33	0.23	
E 200 Spongopyle osculosa Dreyer, 1889	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.21	0.11	0.22	0.00	0.12	0.11	0.12	0.00	0.12	0.11	0.10	0.00	0.29	0.10	0.00	0.30	0.24	0.11	0.12		
E 201 Spongospaera streptacantha Haeckel, 1861	0.00	1.36	1.25	0.82	1.57	0.77	1.37	1.01	0.79	0.32	1.02	0.75	0.90	0.91	0.61	0.34	0.48	0.21	1.43	1.76	1.93	0.75	0.98	1.01	1.35	0.78	0.49	0.91	1.56	0.42	0.51	0.98	0.78	0.61	0.48	0.00	0.30	0.12	0.22	0.46	
E 202 Spongotrochus glacialis Popofsky, 1908	0.26	0.12	0.10	0.31	0.56	0.44	0.00	0.76	0.34	0.32	0.41	0.00	0.10	0.10	0.12	0.11	0.00	0.00	0.20																						



**Apéndice II.** Análisis exploratorio de datos (media, mínimos, máximos y desviación estándar), realizado a la base de datos del conteo de radiolarios polycystinos-Naselarios (N) identificados en la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58. Los valores de abundancia promedio (media)  $\geq 1$ , se resaltan en negritas.

		<b>Taxones de radiolarios polycystinos</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desv. Est.</b>
1	N	<i>Acanthodesmia vinculata</i> (Müller, 1858)	0.3	0.00	1.23	0.23
2	N	<i>Acrobotrys cribosa</i> (Popofsky, 1913)	0.6	0.00	1.78	0.40
3	N	<i>Acrobotrys</i> spp. Boltovskoy 1998	0.2	0.00	1.09	0.27
4	N	<i>Acrobotrys teralans</i> Renz, 1976	0.2	0.00	0.64	0.18
5	N	<i>Amphiplecta acrostoma</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.31	0.09
6	N	<i>Amphiplecta</i> sp. Petrushevskaya, 1971	0.0	0.00	0.11	0.03
7	N	<i>Anthocyrtidium ophirens</i> (Ehrenberg, 1872)	0.1	0.00	0.23	0.08
8	N	<i>Anthocyrtidium zanguebaricum</i> (Ehrenberg, 1872)	0.2	0.00	0.69	0.20
9	N	<i>Arachnocorallium calvata</i> Petrushevskaya, 1971	<b>7.2</b>	3.84	10.76	1.68
10	N	<i>Arachnocorys circumtexta</i> Haeckel B 1998	0.1	0.00	0.96	0.20
11	N	<i>Arachnocorys umbellifera</i> Haeckel, 1862	<b>1.0</b>	0.31	1.90	0.34
12	N	<i>Artopilium undulatum</i> Popofsky, 1913	0.0	0.00	0.23	0.06
13	N	<i>Artobotrys boreales</i> (Cleve, 1899)	0.2	0.00	1.29	0.29
14	N	<i>Artostrobos annulatus</i> (Bailey, 1856)	0.1	0.00	1.30	0.25
15	N	<i>Artostrobos joergenseni</i> Petrushevskaya, 1967	0.0	0.00	0.11	0.02
16	N	<i>Botryocyrtis quinaria</i> (?) Ehrenberg, 1872	0.0	0.00	0.12	0.03
17	N	<i>Botryocyrtis scutum</i> (Harting, 1863)	0.2	0.00	0.99	0.21
18	N	<i>Botryopyle dictyocephalus</i> Haeckel	0.0	0.00	0.12	0.02
19	N	<i>Botryostrobos aquilonaris</i> (Bailey, 1856)	0.0	0.00	0.33	0.07
20	N	<i>Botryostrobos auritus-australis</i> (Ehrenberg) grupo Nigrini, 1977	0.7	0.00	2.32	0.44
21	N	<i>Callimitra emmae</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.52	0.10
22	N	<i>Calocyclus monumentum</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.46	0.10
23	N	<i>Campylacantha cladophora</i> Jørgensen, 1905	0.2	0.00	0.52	0.16
24	N	<i>Carpocanarium papillosum</i> (Ehrenberg, 1872)	0.1	0.00	0.66	0.16
25	N	<i>Carpocanistrum</i> sp. A (Nigrini, 1970)	0.0	0.00	0.34	0.07
26	N	<i>Carpocanistrum</i> spp. (Nigrini, 1970)	0.1	0.00	0.50	0.10
27	N	<i>Centrobotrys thermophila</i> Petrushevskaya (1965)	0.0	0.00	0.45	0.08
28	N	<i>Ceratocyrtis galeus</i> (Cleve, 1899)	0.0	0.00	0.11	0.02
29	N	<i>Ceratocyrtis histicosus</i> (Jørgensen, 1905)	<b>1.0</b>	0.20	1.92	0.43
30	N	<i>Ceratospyrus</i> sp. cf. <i>C. borealis</i> Benson, 1983	0.0	0.00	0.50	0.10
31	N	<i>Cladoscenium limbatum</i> Jørgensen, 1905	0.0	0.00	0.24	0.05
32	N	<i>Cladoscenium</i> sp. cf. <i>C. tricolpium</i> Benson, 1966	0.5	0.11	1.13	0.27
33	N	<i>Cladoscenium tricolpium</i> (Haeckel, 1887)	<b>3.2</b>	1.22	5.69	1.14
34	N	<i>Clathrocanium coarctatum</i> Ehrenberg, 1860	0.0	0.00	0.13	0.03
35	N	<i>Clathrocircus stapedius</i> Haeckel, 1887	<b>2.0</b>	0.95	3.90	0.70
36	N	<i>Clathrocorys murrayi</i> Haeckel, 1887	0.2	0.00	0.60	0.17
37	N	<i>Clathromitra pterophormis</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.12	0.02
38	N	<i>Coracalyptra cervus</i> (Ehrenberg, 1872)	0.4	0.00	1.41	0.29
39	N	<i>Coracalyptra craspedota</i> (Jørgensen, 1900)	0.2	0.00	0.61	0.17
40	N	<i>Coracalyptra kruegeri</i> Popofsky 1913	0.3	0.00	0.62	0.19

**Apéndice II continuación.** Análisis exploratorio de datos (media, mínimos, máximos y desviación estándar), realizado a la base de datos del conteo de radiolarios polycystinos-Naselarios identificados en la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58. Los valores de abundancia promedio (media)  $\geq 1$ , se resaltan en negritas.

		<b>Taxones de radiolarios polycystinos</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desv. Est.</b>
41	N	<i>Cornutella profunda</i> Ehrenberg, 1854	0.4	0.00	1.03	0.23
42	N	<i>Cycladophora davisiana</i> Ehrenberg, 1862	0.8	0.00	1.62	0.39
43	N	<i>Dictyophimus crisiæ</i> Ehrenberg, 1854	0.0	0.00	0.20	0.05
44	N	<i>Dictyophimus histricosus</i> Jørgensen, 1905	0.0	0.00	0.50	0.09
45	N	<i>Dictyophimus killmari</i> (Renz, 1974)	0.3	0.00	1.00	0.22
46	N	<i>Dictyophimus</i> sp. cf. <i>D. tripus</i> Benson, 1966	0.2	0.00	0.96	0.26
47	N	<i>Enneaphormis rotula</i> Haeckel, 1881	0.1	0.00	0.38	0.11
48	N	<i>Eucecryphalus clinatus</i> Takahashi, 1991	0.2	0.00	1.00	0.23
49	N	<i>Eucyrtidium annulatum</i> (Popofsky, 1913)	0.2	0.00	0.42	0.13
50	N	<i>Eucyrtidium anomalum</i> Haeckel, 1861	0.0	0.00	0.36	0.08
51	N	<i>Eucyrtidium erythromystax</i> Nigrini & Caulet, 1992	0.3	0.00	0.63	0.18
52	N	<i>Eucyrtidium hexagonatum</i> Haeckel, 1887	<b>1.1</b>	0.24	2.41	0.55
53	N	<i>Eucyrtidium hexastichum</i> (Haeckel, 1887)	0.4	0.00	1.00	0.22
54	N	<i>Euscenium corynephorum</i> Jørgensen, 1900	0.0	0.00	0.29	0.05
55	N	<i>Gonosphaera primordialis</i> Jørgensen, 1905	0.1	0.00	0.39	0.11
56	N	<i>Lamprocyclas maritalis</i> grupo Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.53	0.12
57	N	<i>Lamprocyrtis nigrinae</i> (Caulet, 1971)	0.6	0.00	1.41	0.31
58	N	<i>Lampromitra cracenta</i> Takahashi, 1991	0.2	0.00	0.50	0.13
59	N	<i>Lampromitra quadricuspis</i> Haeckel, 1887	0.3	0.00	0.79	0.19
60	N	<i>Lipmanella bombus</i> (Haeckel, 1887)	0.0	0.00	0.32	0.07
61	N	<i>Lipmanella dictyoceras</i> (Haeckel, 1861)	0.2	0.00	0.79	0.18
62	N	<i>Liriospyris reticulata</i> (Ehrenberg, 1872)	0.0	0.00	0.12	0.04
63	N	<i>Litharachnium tentorium</i> Haeckel, 1862	0.3	0.00	0.63	0.17
64	N	<i>Lithomelissa hystrix</i> Jørgensen, 1900	<b>2.0</b>	0.00	5.76	1.51
65	N	<i>Lithomelissa laticeps</i> Jørgensen, 1905	0.6	0.21	1.34	0.27
66	N	<i>Lithomelissa pentacantha</i> (Popofsky, 1913)	<b>3.4</b>	1.72	6.07	1.18
67	N	<i>Lithomelissa setosa</i> Jørgensen, 1900	<b>6.9</b>	3.40	10.40	1.75
68	N	<i>Lithomelissa thoracites</i> Haeckel, 1862	<b>2.2</b>	1.44	3.86	0.63
69	N	<i>Lithostrobis hexagonalis</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.62	0.13
70	N	<i>Lophocorys polyacantha</i> Popofsky, 1913	0.1	0.00	0.51	0.14
71	N	<i>Lophophaena butschlii</i> Petrushevskaya 1971a	0.0	0.44	4.55	1.21
72	N	<i>Lophophaena clevei</i> Petrushevskaya, 1971	0.8	0.00	0.12	0.02
73	N	<i>Lophophaena hispida</i> (Ehrenberg, 1872)	<b>2.2</b>	0.00	2.48	0.48
74	N	<i>Lophophaena nadezdae</i> Petrushevskaya, 1971	<b>2.8</b>	1.36	5.40	0.88
75	N	<i>Lophophaena variabilis</i> Petrushevskaya, 1971	0.0	0.00	0.58	0.10
76	N	<i>Lophophaena witjazii</i> (Petrushevskaya, 1971)	0.0	0.00	0.26	0.06
77	N	<i>Lophospyris pentagona hyperborea</i> (Jørgensen), emend. Goll, 1976	0.1	0.00	0.36	0.09
78	N	<i>Lophospyris pentagona pentagona</i> (Ehrenberg, emend. Goll, 1969)	0.4	0.00	0.92	0.21
79	N	<i>Lophospyris pentagona quadriforis</i> (Haeckel 1887, emend. Goll, 1976)	0.0	0.00	0.24	0.06
80	N	<i>Neosemantis distephanus distephanus</i> Goll, 1979	0.3	0.00	0.69	0.19
81	N	<i>Neosemantis hofferti</i> Goll, 1980	0.1	0.00	0.61	0.16

**Apéndice II continuación.** Análisis exploratorio de datos (media, mínimos, máximos y desviación estándar), realizado a la base de datos del conteo de radiolarios polycystinos-Naselarios identificados en la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58. Los valores de abundancia promedio (media)  $\geq 1$ , se resaltan en negritas.

		<b>Taxones de radiolarios polycystinos</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desv. Est.</b>
82	N	<i>Nephrospyris renilla</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.30	0.05
83	N	<i>P. killmari</i>	0.0	0.00	0.11	0.02
84	N	<i>Peridium</i> sp. cf. <i>P. longispinum</i> Benson, 1966	<b>1.3</b>	0.00	3.33	0.73
85	N	<i>Peridium longispinum</i> Jørgensen, 1900	<b>1.7</b>	0.20	3.42	0.76
86	N	<i>Peripyramis circumtexta</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.57	0.09
87	N	<i>Peromelissa phalacra</i> (Haeckel), 1887	0.1	0.00	0.30	0.09
88	N	<i>Phormacantha hystrix</i> (Jørgensen, 1900)	<b>2.5</b>	0.86	5.97	1.11
89	N	<i>Phormospyris</i> sp. det. Benson, 2003	0.1	0.00	0.46	0.13
90	N	<i>Phormospyris</i> sp. cf. <i>P. ophirensis</i> Ehrenberg, 1872	0.3	0.00	0.64	0.17
91	N	<i>Phormospyris stabilis scaphipes</i> (Haeckel, 1887)	<b>1.3</b>	0.52	2.84	0.52
92	N	<i>Phormospyris stabilis capoi</i> Goll, 1976	0.2	0.00	0.61	0.17
93	N	<i>Phormospyris stabilis stabilis</i> Goll, 1976	0.2	0.00	0.64	0.19
94	N	<i>Phormospyris tricostata</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.10	0.02
95	N	<i>Phormostichoartus corbula</i> (Harting, 1863)	<b>1.1</b>	0.22	3.44	0.67
96	N	<i>Plagiacantha arachnoides</i> (Claparède, 1855)	0.0	0.00	0.26	0.06
97	N	<i>Plectacantha cremastoplegma</i> Nigrini, 1968	0.3	0.00	1.12	0.28
98	N	<i>Plectacantha oikiskos</i> Jørgensen, 1905	<b>2.7</b>	0.76	7.01	1.24
99	N	<i>Plectacantha</i> sp. Benson, 1966	<b>1.1</b>	0.00	2.53	0.55
100	N	<i>Plectacantha trichoides</i> Jørgensen, 1905	0.5	0.00	1.18	0.28
101	N	<i>Plectopyramis dodecomma</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.21	0.04
102	N	<i>Protoscenium simplex</i> (Cleve, 1899)	0.1	0.00	0.52	0.12
103	N	<i>Pseudocubus obeliscus</i> Haeckel, 1887	<b>2.4</b>	0.84	4.65	0.79
104	N	<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i> (Bailey, 1856)	<b>1.2</b>	0.33	2.10	0.42
105	N	<i>Pseudodictyophimus platycephalus</i> (Haeckel, 1887)	0.8	0.11	1.56	0.38
106	N	<i>Pterocanium auritum</i> Nigrini & Caulet, 1992	0.4	0.00	1.05	0.23
107	N	<i>Pterocanium elegans</i> (Haeckel, 1887)	0.0	0.00	0.20	0.05
108	N	<i>Pterocanium praetextum eucolpum</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.46	0.10
109	N	<i>Pterocanium praetextum praetextum</i> (Ehrenberg, 1872)	0.0	0.00	0.10	0.02
110	N	<i>Pterocanium trilobum</i> (Haeckel, 1861)	0.1	0.00	0.48	0.11
111	N	<i>Pterocorys clausus</i> (Popofsky, 1913)	0.3	0.00	1.13	0.25
112	N	<i>Pterocorys hertwigii</i> (Haeckel, 1887)	0.0	0.00	0.32	0.06
113	N	<i>Pterocorys minythorax</i> (Nigrini, 1968)	0.1	0.00	0.58	0.12
114	N	<i>Saccospyris antarctica</i> Haecker, 1908	0.1	0.00	0.40	0.10
115	N	<i>Saccospyris preantarctica</i> Petrushevskaya, 1975	0.8	0.10	2.04	0.51
116	N	<i>Sethoconus anthocyrts</i> (Haeckel, 1887)	0.1	0.00	0.37	0.10
117	N	<i>Sethophormis aurelia</i> Haeckel Petrushevskaya, 1971a	0.1	0.00	0.37	0.09
118	N	<i>Siphocampe arachnea</i> (Ehrenberg, 1838)	0.0	0.00	0.68	0.12
119	N	<i>Siphocampe corbula</i> (Harting, 1863)	0.0	0.00	0.10	0.02
120	N	<i>Siphocampe lineata</i> (Ehrenberg, 1838)	0.0	0.00	0.21	0.05
121	N	<i>Siphocampe</i> sp. (Benson, 1966)	0.4	0.00	3.39	0.74
122	N	<i>Spirocyrtis scalaris</i> Haeckel, 1887	0.2	0.00	0.56	0.15

**Apéndice II continuación.** Análisis exploratorio de datos (media, mínimos, máximos y desviación estándar), realizado a la base de datos del conteo de radiolarios polycystinos-Naselarios y Espumelarios (S) identificados en la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58. Los valores de abundancia promedio (media)  $\geq 1$ , se resaltan en negritas.

		<b>Taxones de radiolarios polycystinos</b>	<b>Media</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desv. Est.</b>
123	N	<i>Stichocorys seriata</i> Jørgensen, 1905	<b>1.1</b>	0.21	2.63	0.50
124	N	<i>Stichopilium bicornis</i> Haeckel, 1887	0.2	0.00	0.50	0.15
125	N	<i>Theocorys veneris</i> Haeckel, 1887	0.2	0.00	0.73	0.19
126	N	<i>Theocorythium trachelium trachelium</i> (Ehrenberg, 1872)	0.0	0.00	0.12	0.04
127	N	<i>Theopilium tricostatum</i> Haeckel, 1887	0.7	0.00	2.04	0.48
128	N	<i>Tholospyris baconiana baconiana</i> Goll, 1972	0.0	0.00	0.11	0.02
129	N	<i>Tholospyris devexa</i> Goll, 1969	0.2	0.00	0.63	0.18
130	N	<i>Tholospyris procera</i> Goll, 1969	0.0	0.00	0.11	0.02
131	N	<i>Tholospyris rhombus</i> Goll, 1972	0.2	0.00	0.78	0.17
132	N	<i>Tholosphyris</i> spp grupo Boltovskoy	0.1	0.00	0.41	0.12
133	N	<i>Trisulcus triacanthus</i> Petrushevskaya, 1971a	<b>1.3</b>	0.33	2.60	0.54
134	N	<i>Verticillata hexacantha</i> Popofsky, 1913	0.0	0.00	0.23	0.06
135	N	<i>Zygocircus productus capulosus</i> Goll, 1979	0.7	0.19	1.92	0.34
136	S	<i>Acanthosphaera actinota</i> (Haeckel, 1862)	0.5	0.00	0.93	0.21
137	S	<i>Acanthosphaera bernardi</i> Blueford, 1982	0.0	0.00	0.20	0.03
138	S	<i>Acrosphaera murrayana</i> (Haeckel, 1887)	0.1	0.00	0.24	0.07
139	S	<i>Actinomma antarcticum</i> (Haeckel, 1887)	0.0	0.00	0.11	0.03
140	S	<i>Actinomma boreale</i> Cleve, 1899	0.1	0.00	0.53	0.12
141	S	<i>Actinomma delicatulum</i> (Dogiel & Reschetnjak, 1952)	0.2	0.00	0.53	0.13
142	S	<i>Actinomma leptoderma</i> (Jørgensen, 1900)	0.1	0.00	0.48	0.10
143	S	<i>Actinomma medianum</i> Nigrini, 1967	0.0	0.00	0.21	0.05
144	S	<i>Actinomma sol</i> Cleve, 1901	0.1	0.00	0.39	0.10
145	S	<i>Actinomma</i> sp. det. Benson, 2003	0.0	0.00	0.12	0.04
146	S	<i>Actinomma trinacria</i> (Haeckel, 1860)	0.0	0.00	0.23	0.04
147	S	<i>Actinosphaera acanthophora</i> (Popofsky, 1912)	0.2	0.00	0.80	0.19
148	S	<i>Amphirhopalum ypsilon</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.43	0.10
149	S	<i>Amphitholus acanthometra</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.23	0.06
150	S	<i>Anomalacantha dentata</i> (Mast, 1910)	0.3	0.00	0.76	0.19
151	S	<i>Arachnosphaera dichotoma</i> Jørgensen, 1900	0.0	0.00	0.24	0.04
152	S	<i>Cenosphaera compacta</i>	0.0	0.00	0.11	0.02
153	S	<i>Cenosphaera reticulata</i> Haeckel, 1860	0.0	0.00	0.11	0.02
154	S	<i>Cenosphaera</i> sp. det. Benson, 2003	0.0	0.00	0.22	0.04
155	S	<i>Circodiscus microporus</i> (Stöhr, 1880)	0.1	0.00	0.33	0.08
156	S	<i>Cladococcus abietinus</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.78	0.16
157	S	<i>Cladococcus cervicornis</i> Haeckel, 1862	0.0	0.00	0.30	0.07
158	S	<i>Cladococcus viminalis</i> Haeckel, 1862	0.0	0.00	0.10	0.02
159	S	<i>Collosphaera polygona</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.26	0.04
160	S	<i>Collosphaera</i> sp. det. Benson, 2003	0.0	0.00	0.10	0.02
161	S	<i>Cubotholus octoceras</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.20	0.03
162	S	<i>Cypassis irregularis</i> Nigrini, 1968	0.1	0.00	0.36	0.11
163	S	<i>Dictycoryne truncatum</i> (Ehrenberg, 1861)	0.0	0.00	0.41	0.08

**Apéndice II continuación.** Análisis exploratorio de datos (media, mínimos, máximos y desviación estándar), realizado a la base de datos del conteo de radiolarios polycystinos-Espumelarios identificados en la secuencia sedimentaria DIPAL-I K58. Los valores de abundancia promedio (media)  $\geq 1$ , se resaltan en negritas.

	Taxones de radiolarios polycystinos	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Est.
164 S	<i>Dictyocoryne profunda</i> Ehrenberg, 1860	0.0	0.00	0.43	0.10
165 S	<i>Didymocyrtis tetrathalamus</i> (Haeckel, 1887)	0.4	0.00	1.10	0.23
166 S	<i>Doryconthidium</i> sp. cf. <i>D. hexactis</i> Benson, 1983	0.0	0.00	0.11	0.02
167 S	<i>Drupptractus irregularis</i> Popofsky, 1912	0.7	0.00	2.96	0.69
168 S	<i>Drupptractus variabilis</i> Dumitrica, 1973	<b>1.1</b>	0.10	3.71	0.91
169 S	<i>Euchitonia elegans/furcata</i> grupo Boltovskoy, 1998	0.1	0.00	0.42	0.12
170 S	<i>Euchitonia</i> sp. Benson, 1983	0.1	0.00	0.32	0.09
171 S	<i>Euchitonia</i> sp. cf. <i>E. furcata</i> Benson, 1966	0.4	0.00	1.03	0.26
172 S	<i>Euchitonia triangulum</i> (Ehrenberg, 1872)	0.0	0.00	0.31	0.06
173 S	<i>Heliodiscus asteriscus</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.21	0.06
174 S	<i>Heliodiscus echiniscus</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.21	0.06
175 S	<i>Heliosphaera radiata</i> Popofsky, 1912	0.3	0.00	1.00	0.28
176 S	<i>Hexacontium arachnoidale</i> Hollande & Enjumet, 1960	0.0	0.00	0.72	0.12
177 S	<i>Hexacontium enthacanthum</i> Jørgensen, 1900	0.2	0.00	0.78	0.20
178 S	<i>Hexacontium giganteum</i> Cortese & Bjørklund, 1998	0.2	0.00	0.79	0.23
179 S	<i>Hexacontium laevigatum</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.48	0.14
180 S	<i>Hexacontium melpomene</i> (Haeckel, 1887)	0.2	0.00	0.91	0.21
181 S	<i>Hexacontium pachydermum</i> Jørgensen, 1900	0.2	0.00	0.58	0.15
182 S	<i>Hexacontium</i> sp. cf. <i>H. giganteum</i> det. Benson, 2003	0.9	0.22	1.93	0.45
183 S	<i>Hexacontium</i> sp. cf. <i>H. heracliti</i> Benson, 1966	0.1	0.00	0.37	0.09
184 S	<i>Hexapyle dodecantha</i> grupo Haeckel, 1887	0.5	0.10	1.30	0.28
185 S	<i>Hexastylus triaxonius</i> Haeckel, 1887	0.2	0.00	0.54	0.14
186 S	<i>Hymeniastrum euclidis</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.12	0.05
187 S	<i>Larcopyle buetschlii</i> grupo Dreyer, 1889	<b>1.7</b>	0.76	3.27	0.62
188 S	<i>Larcospira minor</i> (Jørgensen, 1900)	0.3	0.00	1.19	0.31
189 S	<i>Larcospira quadrangula</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.41	0.13
190 S	<i>Larcospira</i> sp. Bjørklund <i>et al.</i> 1998	0.2	0.00	0.80	0.20
191 S	<i>Octopyle stenozona</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.25	0.07
192 S	<i>Phorticium pylonium</i> Haeckel, 1887	<b>2.8</b>	1.23	4.33	0.71
193 S	<i>Pylonium</i> sp. Benson, 1966	0.0	0.00	0.12	0.03
194 S	<i>Rhizoplegma boreale</i> (Cleve, 1899)	0.2	0.00	0.72	0.19
195 S	<i>Sphaerozoum punctatum</i> Müller, 1858	0.3	0.00	0.87	0.22
196 S	<i>Spongaster tetras</i> Ehrenberg, 1860	0.0	0.00	0.16	0.05
197 S	<i>Spongocore puella</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.82	0.16
198 S	<i>Spongodiscus biconcavus</i> Haeckel, 1887	0.1	0.00	0.50	0.13
199 S	<i>Spongodiscus resurgens</i> Ehrenberg, 1854	0.2	0.00	0.79	0.18
200 S	<i>Spongopyle osculosa</i> Dreyer, 1889	0.1	0.00	0.30	0.09
201 S	<i>Spongosphaera streptacantha</i> Haeckel, 1861	0.8	0.00	1.93	0.49
202 S	<i>Spongotrochus glacialis</i> Popofsky, 1908	0.2	0.00	0.76	0.21
203 S	<i>Spongurus</i> sp. cf. <i>S. elliptica</i> Benson, 1966	0.0	0.00	0.11	0.02
204 S	<i>Stylochlamydidium asteriscus</i> Haeckel, 1887	0.0	0.00	0.12	0.03
205 S	<i>Stylochlamydidium venustum</i> (Bailey, 1856)	<b>1.1</b>	0.22	2.60	0.62
206 S	<i>Stylodictya tenuispina</i> Jørgensen, 1905	0.2	0.00	0.67	0.16
207 S	<i>Stylodictya validispina</i> Jørgensen, 1905	0.1	0.00	0.25	0.08
208 S	<i>Tetrapyle octacantha</i> grupo Müller, 1858	<b>1.4</b>	0.49	2.65	0.57

Apéndice III. Abundancia relativa de los 28 taxones de radiolarios polycystinos utilizados para el Análisis de Factores modo “Q”.

	Intervalo/Taxones																											
	<i>Arachnocorallium calvata</i> Petrushevskaya, 1971 <i>Arachnocypris umbellifera</i> Haeckel, 1862 <i>Centocorytis histricosus</i> (Jørgensen, 1905) <i>Cladocentrum tricolpium</i> (Haeckel, 1887) <i>Clathrocircus stapedius</i> Haeckel, 1887 <i>Eucyrtidium hexagonatum</i> Haeckel, 1887 <i>Lithomelissa hystrix</i> Jørgensen, 1900 <i>Lithomelissa penacantha</i> (Popofsky, 1913) <i>Lithomelissa setosa</i> Jørgensen, 1900 <i>Lithomelissa thonacites</i> Haeckel, 1862 <i>Lophophaena butschii</i> Petrushevskaya (1971a) <i>Lophophaena nadezdae</i> Petrushevskaya, 1971 <i>Peridium</i> sp. cf. <i>P. longispinum</i> Benson, 1966 <i>Peridium longispinum</i> Jørgensen, 1900 <i>Phormacantha hystrix</i> (Jørgensen, 1900) <i>Phormosyris stabilis scaphipes</i> (Haeckel, 1887) <i>Phormostichoartus corbula</i> (Harring, 1863) <i>Plectacantha oikiskos</i> Jørgensen, 1905 <i>Plectacantha</i> sp. Benson, 1966 <i>Pseudocubus obeliscus</i> Haeckel, 1887 <i>Pseudodicyrtophimus gracilipes</i> (Bailey, 1856) <i>Stichocorys serjata</i> Jørgensen, 1905 <i>Trisulcus triacanthus</i> Petrushevskaya (1971a) <i>Druppatractus variabilis</i> Dumitrica, 1973 <i>Larcopele bueschlii</i> grupo Dreyer, 1889 <i>Phortictium pylonium</i> Haeckel, 1887 <i>Stylochlamydidium venustum</i> (Bailey, 1856) <i>Terapyle octacantha</i> grupo Müller, 1858																											
1	9.09	1.04	0.52	1.56	2.86	1.04	0.00	2.86	10.39	1.56	3.64	2.08	1.82	1.04	5.97	0.52	0.52	7.01	1.30	2.34	1.56	0.26	1.56	0.52	1.30	1.30	1.30	0.78
2	5.45	0.62	1.24	2.10	1.49	1.11	0.99	2.10	6.93	1.73	1.86	2.10	1.36	0.87	4.21	0.62	0.99	2.85	0.87	1.36	2.10	0.62	0.99	3.71	2.10	4.33	1.24	2.10
3	10.76	0.73	1.15	2.93	1.25	1.25	0.73	2.09	8.88	1.57	1.88	1.67	0.84	1.57	3.66	1.99	0.73	2.93	0.63	0.84	1.04	1.25	1.88	2.72	2.19	3.24	1.36	1.25
4	9.76	0.92	0.82	2.67	1.44	1.64	1.03	2.88	10.38	1.44	1.85	2.06	0.82	1.23	4.42	1.34	0.51	2.06	1.34	1.85	0.72	1.03	0.62	1.85	2.57	3.19	1.85	1.64
5	6.83	0.90	0.78	2.35	1.23	0.78	0.56	2.91	8.51	1.68	2.02	2.35	0.78	1.68	3.14	0.67	0.90	3.81	0.67	1.57	0.78	1.01	1.12	1.57	1.79	2.80	1.57	2.02
6	7.41	0.77	0.77	2.88	1.55	1.55	0.22	3.98	6.86	1.44	0.44	1.99	1.11	0.88	2.65	1.88	0.44	2.65	1.33	1.55	1.33	1.44	0.66	0.77	0.88	3.65	2.32	2.32
7	9.68	1.48	0.80	3.87	2.51	0.68	0.46	5.58	9.68	1.71	1.71	3.99	0.00	0.80	3.19	1.59	0.80	2.28	0.00	2.73	1.03	1.48	1.14	0.68	1.03	2.16	1.03	0.80
8	6.50	0.98	0.65	4.23	1.73	1.41	0.98	6.07	4.01	2.17	1.52	2.60	0.43	1.19	2.38	1.52	0.22	1.30	0.76	2.60	0.33	0.65	0.33	1.19	2.28	3.36	2.60	1.63
9	5.64	0.79	0.68	2.71	1.35	2.25	0.56	5.41	6.65	1.47	1.80	3.16	1.69	1.13	2.03	1.13	1.01	2.93	1.80	2.14	1.01	1.13	0.45	0.79	3.27	3.04	1.58	1.80
10	7.07	1.48	0.63	2.95	1.16	1.48	1.27	4.64	6.65	1.79	1.05	2.85	0.95	0.84	2.95	0.53	0.74	3.69	1.05	3.27	0.63	0.21	0.84	2.64	2.53	2.22	1.69	2.64
11	8.46	1.33	0.92	4.28	1.43	0.92	0.41	3.06	4.69	1.73	0.92	1.43	1.63	1.83	3.57	1.94	1.12	2.34	1.43	1.02	1.02	0.31	1.33	0.71	1.83	2.55	1.43	2.65
12	7.40	1.07	1.82	3.65	0.97	2.15	0.86	3.65	5.79	2.04	1.39	2.68	1.82	2.04	2.04	0.86	0.97	0.97	1.29	0.86	1.82	1.39	1.07	0.75	2.36	3.43	1.18	2.36
13	7.08	1.10	1.20	3.99	2.29	0.60	2.09	3.89	5.88	2.59	0.70	1.40	1.40	1.99	1.89	1.99	1.10	1.40	1.10	1.79	2.09	1.50	1.00	0.40	1.50	3.29	2.19	1.20
14	7.34	1.21	0.20	2.52	1.41	1.41	1.51	4.33	4.73	1.91	0.91	2.11	1.01	1.01	2.92	0.60	2.01	1.51	1.11	3.22	1.61	1.01	0.91	0.60	1.51	3.22	1.21	1.31
15	5.33	1.21	1.45	3.39	1.94	1.09	1.21	4.73	6.91	2.42	0.48	2.30	0.61	0.85	1.94	1.45	0.85	2.91	1.21	2.55	0.97	0.73	1.09	1.33	2.67	1.94	2.18	1.33
16	6.20	0.69	0.69	5.17	3.90	1.49	1.95	4.59	4.94	1.72	1.95	2.87	0.46	0.69	2.41	1.03	0.57	4.25	0.11	3.79	1.84	0.92	0.46	1.03	2.76	2.87	1.38	1.95
17	7.20	0.96	1.60	5.28	2.08	0.32	5.76	3.68	10.40	2.24	1.92	3.68	1.12	1.28	0.96	1.60	0.48	1.76	0.64	2.88	1.44	0.64	2.56	0.16	1.44	1.92	0.96	0.80
18	7.38	1.26	1.05	1.26	0.95	0.95	3.37	3.58	6.74	3.69	1.16	2.74	0.53	1.48	1.48	1.26	1.79	2.85	0.95	2.85	0.74	0.84	0.95	3.48	2.95	3.16	1.26	0.95
19	8.16	1.02	0.61	4.49	1.43	1.12	4.18	2.65	5.82	2.76	1.22	2.35	2.04	2.45	2.14	0.71	1.43	1.12	0.51	1.43	1.33	0.82	1.53	0.61	2.14	2.65	1.22	1.84
20	9.88	1.21	0.77	3.62	1.32	2.41	3.73	2.31	6.70	2.52	1.76	2.96	1.87	2.63	1.54	1.43	0.77	1.43	0.77	1.87	0.77	1.87	1.21	0.66	1.54	3.18	0.77	1.76
21	8.36	0.86	0.75	3.75	3.22	0.64	5.25	3.22	8.36	3.32	1.61	1.61	1.39	1.82	1.82	1.18	2.25	1.93	1.18	1.82	1.07	1.50	0.86	0.11	2.14	2.04	1.29	0.96
22	8.05	0.43	0.32	5.69	2.15	0.32	4.94	1.72	8.26	2.47	1.39	2.58	3.33	2.90	4.83	0.97	1.18	1.61	0.75	2.79	1.61	1.50	1.07	0.32	1.82	2.58	1.07	0.86
23	6.11	1.31	0.55	4.47	1.85	1.64	1.74	4.03	8.83	1.85	2.18	3.27	2.18	0.44	1.53	1.64	2.51	0.76	0.87	2.62	1.31	0.55	0.98	0.33	2.40	3.16	1.31	1.85
24	7.22	0.63	0.76	4.69	2.41	0.63	5.07	2.41	7.35	1.77	0.63	2.41	3.04	3.42	3.04	1.01	1.14	2.03	2.53	2.03	1.39	0.76	1.65	0.63	0.76	1.52	0.25	0.63
25	10.32	1.11	0.37	4.18	2.83	0.98	4.05	2.46	9.21	2.21	3.69	3.81	0.98	1.72	0.86	1.35	3.44	1.60	1.47	2.21	1.72	0.86	1.97	0.61	1.23	1.72	0.37	0.98
26	8.81	1.90	1.11	2.90	2.90	1.78	2.56	5.35	5.24	2.45	3.34	2.12	0.56	2.01	1.67	1.78	2.12	2.34	1.00	2.79	1.45	0.78	1.23	0.33	1.23	2.90	0.22	1.00
27	8.73	0.86	0.86	2.34	2.21	0.49	3.69	4.43	8.00	2.34	4.55	4.18	1.35	2.95	3.08	0.86	1.72	2.95	1.97	2.21	1.11	0.98	0.86	0.86	1.11	1.23	0.74	0.49
28	6.36	1.14	1.36	2.84	2.72	0.68	1.02	3.06	6.13	2.72	3.41	3.29	1.25	1.48	1.48	2.84	1.25	3.29	2.16	4.65	0.57	1.70	1.93	0.45	1.14	3.18	0.68	1.14
29	3.84	1.44	0.96	3.36	2.16	0.24	2.40	3.00	6.84	1.56	4.08	5.40	1.56	2.40	2.88	1.20	0.96	3.12	1.08	3.00	0.96	1.20	1.08	0.36	1.20	1.68	0.36	1.80
30	5.50	0.95	1.69	4.13	3.39	0.74	1.38	2.65	6.67	2.86	2.01	4.23	1.06	2.54	2.65	1.38	0.32	3.49	0.63	2.12	1.27	1.48	1.59	1.16	1.59	3.28	0.42	1.38
31	5.16	1.01	1.52	4.35	2.63	0.71	2.22	2.33	5.86	1.72	3.44	2.63	0.91	2.93	1.82	0.81	0.81	3.74	1.11	2.83	0.81	2.63	1.72	0.10	1.11	2.43	0.71	1.01
32	5.87	0.59	1.57	2.15	2.05	0.78	1.76	2.05	5.28	2.15	4.11	3.13	2.05	1.86	1.76	1.08	0.88	4.79	0.68	3.13	1.08	1.47	1.08	0.10	1.17	2.84	0.78	0.78
33	6.61	0.78	0.58	2.24	2.24	1.17	2.33	3.11	5.25	2.63	3.99	1.36	1.36	2.33	1.65	1.46	0.88	2.92	1.07	3.21	1.65	1.07	1.75	1.36	1.56	2.92	0.29	0.97
34	6.54	0.31	0.51	2.86	2.15	0.31	2.55	1.94	5.31	1.63	4.19	4.09	2.35	2.35	2.04	1.12	1.12	4.60	0.82	3.06	1.33	1.02	2.35	1.02	1.02	2.55	0.31	1.33
35	7.41	0.38	1.92	2.60	1.83	0.67	2.21	5.39	5.97	3.46	2.79	2.98	1.64	2.02	1.54	0.96	1.15	2.79	0.48	2.31	1.15	1.73	2.60	0.58	1.35	2.79	0.96	1.83
36	4.23	0.41	1.44	2.37	2.99	0.93	1.13	3.40	3.40	2.58	2.99	2.99	0.41	2.27	1.96	1.24	0.52	3.81	1.03	2.47	1.34	0.82	1.44	1.55	2.06	4.23	0.31	0.82
37	6.32	0.49	0.79	1.97	1.38	1.97	1.88	3.26	5.92	2.76	3.65	3.06	1.18	0.20	1.38	2.57	0.49	1.58	1.18	2.37	1.18	0.99	1.38	2.07	1.88	3.26	0.99	0.69
38	8.55	1.20	0.84	1.93	1.93	1.45	1.57	1.93	8.07	3.86	3.73	3.01	0.12	1.57	1.69	1.81	0.24	3.98	0.72	2.77	1.57	1.69	1.57	1.81	1.57	3.25	0.84	1.33
39	5.78	1.00	0.67	1.22	2.33	1.33	0.56	1.89	7.78	2.00	0.89	1.89	1.00	1.33	4.22	1.22	1.00	3.56	2.44	2.00	1.89	1.44	1.89	1.22	1.67	3.00	0.22	0.89
40	4.52	1.27	1.27	1.51	1.51	0.81	1.27	2.32	7.42	1.62	1.16	3.36	2.32	1.27	2.09	1.39	1.74	2.09	1.74	3.24	1.16	1.97	1.16	2.78	1.27	2.90	0.23	1.27