



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Registro oceanográfico de los últimos 2000
años con base en los foraminíferos bentónicos
de Bahía de La Paz, Golfo de California.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

Blenda Dayenari Caballero Rodríguez



DIRECTORA DE TESIS:

Dra. María Luisa Machain Castillo

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno
Apellido paterno Caballero
Apellido materno Rodríguez
Nombre(s) Blenda Dayenari
Teléfono 55442355
Universidad Nacional Autónoma de México Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Facultad de Ciencias
Carrera Biología
Número de cuenta 300111051
2. Datos del tutor
Grado
Nombre(s) Dra.
Apellido paterno María Luisa
Apellido materno Machain
Castillo
3. Datos sinodal 1
Grado
Nombre(s) Dr.
Apellido paterno Frank Raúl
Apellido materno Gio
Argáez
4. Datos del sinodal 2
Grado
Nombre(s) Dra.
Apellido paterno María Adela
Apellido materno Monreal
Gómez
5. Datos del sinodal 3
Grado
Nombre(s) Dra.
Apellido paterno Ligia Lucina
Apellido materno Pérez
Cruz
6. Datos del sinodal 4
Grado
Nombre(s) Biól.
Apellido paterno Lara Bárbara
Apellido materno Cuesta
Castillo
7. Datos del trabajo escrito
Título Registro oceanográfico de los últimos 2000 años con base en los foraminíferos bentónicos de Bahía de La Paz, Golfo de California

Número de páginas 75 pp.
Año 2010

*A mis hermanos,
por ser y estar.*

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora, la Dra. María Luisa Machain Castillo, por la dirección de esta tesis, por toda la confianza que me brindó desde el principio, por su paciencia y su dedicación a lo largo de todo este tiempo, por su cariño y sus enseñanzas que me acompañarán el resto del camino.

Al Dr. Raúl Gio Argáez, por invitarme a formar parte de este maravilloso mundo sumergido, en el mar y en el tiempo; por toda su ayuda, su confianza y su cariño.

A Bárbara Cuesta Castillo, ¿por dónde empiezo? por toda su ayuda, indispensable para la elaboración de este trabajo, por las correcciones, observaciones, recomendaciones y consejos para el mejoramiento de esta tesis y de la vida en general; por todo su arrojo, ánimo, compañía y alegría que comparte siempre.

A la Dra. Ligia Pérez Cruz, por el y atención que le dedicó a este trabajo, por sus correcciones oportunas y por su todo su apoyo, amistad y su buena disposición siempre para hacer de éste un mejor trabajo.

A la Dra. Adela Monreal, por sus valiosos comentarios y observaciones, y por motivarme a ver un poco más lejos.

Al Dr. David Salas de León, Jefe de la Campaña Oceanográfica DIPAL I, y a la gente que participó en la colecta de la secuencia K47, muy especialmente a la tripulación del B/O "El Puma" por su buena disposición y su toda ayuda.

A Laura Gómez Lizárraga por el esfuerzo y el trabajo que le dedicó a la secuencia K4, cuyos resultados son esenciales para este trabajo; y por toda su alegría y amistad.

A mis compañeros del laboratorio, Toñito, Pati, Circe, Angelita y Alba por brindarme todo su apoyo, ayuda y ánimo, por su amistad y cariño, ustedes son lo mejor que me llevo de esta experiencia.

A mis padres, por su infinito apoyo y amor incondicional, ustedes más que nadie me han ayudado a llegar hasta aquí y me han impulsado toda la vida, los amo mucho.

A Lari, por ser mi hemisferio izquierdo y completarme siempre, y a Audi por su inagotable cariño y por ser mi cómplice en la vida. Todo mi amor y adoración absoluta hacia ustedes.

A Omar y Aura por compartir lo mejor de la vida, ustedes también cuentan como hermanos. Y a Cla, que a veces hace de tía, a veces de madre, de enfermera, maestra, benefactora, psicóloga, sonsacadora, etc., y siempre una verdadera amiga.

Y a todos mis amigos que me han acompañado a lo largo de todo este recorrido: a Tallarín, que a pesar de que nuestros caminos se separaron hace largo tiempo sigue apareciéndose para alegrarme el día. A Itzelita, Tanina, Dani, Sara y Hugo que han estado conmigo desde el principio de esta larga carrera y seguirán estando mucho después. Y a algunos que no puedo dejar de mencionar: Oliver, Ascott, Beto, Laila, Mafer, Chris, Claus, Naye Cristal, Angel, Eugenio, Hernán, Denisse, Paco, Damián y Sol.

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	3
GENERAL	3
PARTICULARES	3
ANTECEDENTES	4
MARCO BIOLÓGICO	8
<i>LOS FORAMINÍFEROS</i>	8
<i>TAXONOMÍA</i>	10
<i>ECOLOGÍA</i>	12
MARCO OCEANOGRÁFICO	14
OCEANO PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL.....	14
<i>CIRCULACIÓN OCEÁNICA</i>	14
<i>CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA</i>	16
<i>ZONAS DE OXÍGENO MÍNIMO</i>	19
GOLFO DE CALIFORNIA.....	21
<i>GEOLOGÍA</i>	21
<i>CLIMA Y CIRCULACIÓN SUPERFICIAL</i>	24
<i>MASAS DE AGUA Y ESTRUCTURA TERMOHALINA</i>	26
<i>SEDIMENTACIÓN</i>	27
CUENCA LA PAZ.....	28
MARCO CRONOLÓGICO	29
EL CLIMA DURANTE EL HOLOCENO	29
MATERIAL Y MÉTODO	32
<i>COLECTA DE MUESTRAS</i>	32
<i>GRANULOMETRÍA</i>	33
<i>ANÁLISIS DE ASOCIACIONES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS</i>	33
<i>DIVERSIDAD</i>	34
RESULTADOS	36
<i>DESCRIPCION DE LA SECUENCIA</i>	36

MARCO CRONOESTRATIGRÁFICO	36
GRANULOMETRÍA	37
ABUNDANCIA DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS.....	37
DIVERSIDAD.....	38
ANÁLISIS DE FACTORES	40
DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES	51
LITERATURA CITADA	53
APÉNDICE	64
APÉNDICE I: ESPECIES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS Y SUS REFERENCIAS	64
APÉNDICE II: PROPORCIÓN DE LODO CON RESPECTO AL TOTAL DE SEDIMENTO	66
APÉNDICE III: NÚMERO DE ORGANISMOS POR GRAMO DE SEDIMENTO	67
APÉNDICE IV: ABUNDANCIA ABSOLUTA DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS	68
ABUNDANCIA ABSOLUTA (CONT.)	69
APÉNDICE V: CRONOLOGÍA (EN A.D.)	70
APÉNDICE VI: RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES.....	71
APÉNDICE VII: MATRIZ DE ABUNDANCIA RELATIVA PARA EL ANALISIS DE FACTORES	72
APÉNDICE VIII: "FACTOR LOADINGS" Y COMUNALIDADES.....	74
APÉNDICE IX: "FACTOR SCORES"	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las diferentes masas de agua encontradas en el Golfo de California.	27
Tabla 2: Valor propio (Eigenvalues) de cada factor.	39
Tabla 3: Análisis de varianza de los atributos poblacionales evaluados mostrando el valor promedio para cada variable.	43
Tabla 4: Concentraciones de oxígeno en las que se han reportado las especies representativas de cada factor.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Estructura general de la testa.	10
Figura 2:	Circulación oceánica del Pacífico Oriental.	15
Figura 3:	Cambios estacionales de la ZCIT, posición del centro de alta presión subtropical y alcance de los vientos alisios, mostrando los vientos predominantes en el GC durante invierno y verano.	16
Figura 4:	Anomalía de temperatura (°C) con respecto a condiciones normales en el Océano Pacífico durante El Niño y La Niña.	18
Figura 5:	Concentración de oxígeno disuelto (ml/L) a 400 m de profundidad.	20
Figura 6:	Golfo de California y sus cuencas principales.	22
Figura 7:	Temperatura promedio de los años 1985 a 1999 del Golfo de California en febrero y agosto, mostrando la circulación general en la boca del GC.	25
Figura 8:	Localización del núcleo K47, en la porción norte de la Cuenca de La Paz.	29
Figura 9:	Porcentaje de peso total conformado por lodos en cada intervalo de profundidad.	37
Figura 10:	Comparación de los parámetros tomados en cuenta para el estudio: Equitatividad, Índice de Shannon, Índice de Simpson y riqueza específica	39
Figura 11:	Puntajes del factor de las especies representativas del Factor 1 para ambos factores.	41
Figura 12:	Puntajes del factor de las especies representativas del Factor 2 para ambos factores.	42
Figura 13:	Valores Promedio de los atributos poblacionales para cada factor: riqueza específica, índice de Simpson, índice de Shannon, equitatividad y número de organismos por gramo de sedimento.	44
Figura 14:	Foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento de la secuencia K47.	47

RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron las asociaciones de foraminíferos bentónicos de la secuencia sedimentaria K47 extraída en la Cuenca de La Paz, Golfo de California (24° 48' 885" N y 110° 23' 058" O), cuyo alcance temporal se estimó en aproximadamente 2000 años por medio de ^{210}Pb .

El núcleo fue segmentado cada centímetro, y las muestras fueron lavadas a través de un tamiz de 63 μm para conservar la fracción correspondiente a las arenas, de estas muestras se analizó el contenido de foraminíferos bentónicos cada cinco cm. Los foraminíferos se caracterizan por su sensibilidad ecológica por lo que se les considera buenos indicadores de condiciones oceanográficas pasadas. La preservación de los sedimentos no bioturbados gracias a la presencia de una ZOM intensa (<0.2ml/l) en la Cuenca La Paz, permite identificar cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos que responden a eventos climáticos ocurridos en los últimos 2000 años.

En total se analizaron 30 muestras y se consideraron 25 especies para realizar un análisis de factores modo "Q" a partir del cual se establecieron dos escenarios:

El primero representado por las especies *B. seminuda*, *B. subadvena* y *B. tenuata* abarca de 120 a ~800 A.D. se asocia a condiciones de suboxia muy intensa causada por una alta productividad superficial, debida a mayor intensidad de vientos y giros superficiales responsables de las surgencias en la región.

El segundo periodo abarca de ~800 A.D. al presente, las especies *T. delicata* y *E. exigua* junto con una mayor riqueza específica con respecto a la etapa anterior sugiere un aumento en la cantidad de oxígeno disuelto, lo cual se asocia con una baja productividad primaria superficial y aguas estratificadas como ocurre durante "El Niño". El inicio de este periodo coincide con el establecimiento del Periodo Cálido Medieval, un evento cálido documentado por una gran cantidad de trabajos anteriormente, especialmente en el Hemisferio Norte.

Aunque se han reportado otros cambios climáticos en el marco temporal que abarca la secuencia K47, las asociaciones de foraminíferos bentónicos no han registrado éstos cambios, debido probablemente a la adaptación de los organismos a condiciones de suboxia intensa, o bien a que los cambios no fueron lo suficientemente intensos para modificar las condiciones del fondo de la Cuenca de La Paz.

INTRODUCCIÓN

Los océanos forman parte de un sistema complejo que está sujeto a una gran cantidad de procesos físicos, químicos, geológicos y biológicos que determinan su dinámica tal y como la observamos y estudiamos hoy en día. Un entendimiento integral de estos procesos requiere de una perspectiva que aborde de manera interdisciplinaria el estudio de los mecanismos internos y externos que afectan a este sistema a través del tiempo, y este es el objetivo de la paleoceanografía; esta disciplina se utiliza herramientas llamadas “proxies”, los cuales se definen como propiedades en el registro geológico o ambiental que, mediante tratamientos matemáticos o estadísticos, pueden relacionarse con uno o más factores físicos, químicos o biológicos existentes durante su formación (Hillaire-Marcel y de Vernal, 2007), de modo que al estudiar estos registros podemos reconstruir los ambientes del pasado. Como los estudios temporales operan bajo el principio del uniformitarismo –“el presente es la clave del pasado”- estas señales deben estar calibradas con condiciones actuales, de manera que la oceanografía y la paleoceanografía se complementan mutuamente.

Existe una gran cantidad de *proxies* que se pueden clasificar de diferentes formas: por el componente del sistema climático que reconstruyen (hidrosfera, litosfera, etc.), por la fuente de donde se recupera el registro (océanos, lagos, hielos, etc.), por su origen (biológicos y geológicos), por el método que se emplea (paleontológico, geoquímico, etc.), y muchos más (Cronin, 1999). En este estudio se utilizan los foraminíferos como *proxy*, este grupo se caracteriza por su sensibilidad ecológica, las diferencias en la composición de las asociaciones pueden ser usadas como indicadoras de cambios en la circulación de masas de agua, profundidad, temperatura, productividad, concentración de oxígeno y contaminantes en el ambiente

(Armstrong y Brasier, 2005). Otra ventaja de este grupo es que se les puede encontrar en gran número y en una gran variedad de sedimentos, frecuentemente con una buena preservación, lo que permite hacer estudios estadísticamente confiables con una pequeña cantidad de muestra (Murray, 1991).

OBJETIVOS

GENERAL

- Documentar la variabilidad océano-climática de la región suroccidental del Golfo de California (Cuenca de La Paz) por medio de las asociaciones de foraminíferos bentónicos depositadas durante el Holoceno tardío (últimos ~2000años).

PARTICULARES

- Identificar las especies de foraminíferos bentónicos y determinar su abundancia en a lo largo de la secuencia K47.
- identificar las diferentes asociaciones de foraminíferos por medio de un análisis de factores modo "Q" y establecer cuales especies son representativas para cada factor.
- Evaluar diferentes parámetros poblacionales y características sedimentarias de los intervalos correspondientes a cada factor, así como las afinidades ecológicas de las especies representativas, para proponer posibles escenarios océano-climáticos.

ANTECEDENTES

Trabajos como los de Bandy (1961), Uchio (1960), Harman (1964), y Phleger y Soutar (1973) entre otros, sirven como referencia para hacer comparaciones sobre la afinidad ecológica de los foraminíferos y proporcionan una idea general del tipo del ambiente en el cual se depositaron. Sen Gupta y Machain-Castillo (1993) recopilan información más específica sobre las asociaciones de foraminíferos bentónicos que se han reportado en bajas concentraciones de oxígeno; Bernhard y colaboradores (1997) estudiaron meticulosamente la distribución y abundancia de diferentes especies de foraminíferos, con respecto a la concentración de oxígeno disuelto y sugieren una progresión de especies de acuerdo a su tolerancia a la disoxia. Este tipo de trabajos nos proporcionan las bases para comparar las asociaciones y realizar interpretaciones paleoceanográficas precisas.

En cuanto a reconstrucciones océano-climáticas existen diversos estudios en el Golfo de California que utilizan diferentes *proxies* para obtener registros del Holoceno a escalas que varían entre interanuales a milenarias, entre estos cabe mencionar los siguientes:

Baumgartner y colaboradores (1985); describen una columna de sedimentos varvados depositados durante 20 años cerca de la cuenca de Guaymas. Durante los eventos “El Niño/Oscilación Austral” (ENOA) registran una mayor densidad de organismos dominadas por asociaciones de diatomeas y silicoflagelados cuya distribución se limita a aguas tropicales y subtropicales (*Hemidiscus cuneiformis*, *Ropertia tessellata* y *Octocatis pulchra*).

En 1987, también en la cuenca de Guaymas, Juillet-Leclerc y Schrader mediante mediciones de $\delta^{18}\text{O}$ en frústulas de diatomeas y asociaciones de

silicoflagelados hicieron una reconstrucción de la temperatura superficial del mar para los últimos 3000 años, a partir de la cual infieren una variación de hasta 8°C, los valores más altos (17°C) se registran al final del siglo XIX y hace 3000 años, entre estos intervalos destaca un mínimo de temperatura (9°C) de 2000 a 1500 antes del presente (A.P.) asociado a surgencias intensas en la región.

En la Cuenca Alfonso, Molina-Cruz y colaboradoras (2002), analizaron la composición química de los sedimentos varvados y determinaron que el aporte de sedimentos terrígenos es de origen pluvial y que éste se alterna con sedimentos ricos en material biogénico en ciclos de 11.2 años; lo cual relacionaron con cambios en el régimen de precipitación asociados a los ciclos de manchas solares.

Barron y Bukry (2007) documentaron los cambios en las asociaciones de diatomeas y silicoflagelados en los últimos 2000 años con registros tomados en las cuencas de Guaymas, Carmen y Pescadero. En la Cuenca del Carmen registran ciclos de 100 años aproximadamente con alta productividad y bajas temperaturas indicadas por *Octactis pulchra*; mientras que una alta abundancia de *Azpeitia nodulifera* sugiere un periodo cálido de 400 a 1700 *Anno Domini* (A.D.). Por otro lado, en las cuencas Guaymas y Pescadero, registraron dos episodios cálidos y de poca productividad que abarcan de 900 a 1200 años A.D. asociados con Periodo Cálido Medieval, entre estos eventos destaca un intervalo de alta productividad en el año 1050. Condiciones cálidas y de baja productividad prevalecen durante los últimos 200 años. También asocian estos cambios con los ciclos de manchas solares.

Gómez-Lizárraga en el 2008 llevó a cabo un estudio de los radiolarios policistíneos del mismo núcleo que se analiza en el presente estudio (K47), en el cual la tasa de sedimentación estimada a partir de 15 dataciones de

^{210}Pb es de ~ 0.77 mm/año (Pérez-Cruz *et al.*, 2008); y se estima que la secuencia sedimentaria abarca los últimos 1881 años, siendo el primer centímetro (0-1) correspondiente al año 2001 A.D. Con base en las asociaciones de radiolarios sugiere tres condiciones climáticas: la primera, relativamente cálida abarca los años 120-768 A.D. y se caracteriza por las especies tropicales *Clathrocircus stapedius*, *Lithomelissa thoracites* y *Arachnocorallium calvata*; de 833 a 1417 A.D. se registran condiciones frías, surgencias frecuentes y alta productividad relacionadas con la presencia de *Phortidium pylonium*; y, finalmente de 1547 a 1937 A.D. un periodo representado por la dominancia de *Arachnocorallium calvata* y *Tetrapyle octacantha* que sugieren un clima cálido-húmedo con una posible intensificación de eventos ENOA.

Como el GC está influenciado por la dinámica oceanográfica que prevalece en el Océano Pacífico Oriental y las variaciones en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), es necesario incluir trabajos realizados otras áreas que registran fenómenos de gran magnitud que afectan nuestra área de estudio; por ejemplo:

Un estudio de alta resolución llevado a cabo por Haug y colaboradores (2001), en la cuenca de Cariaco al norte de Venezuela, permitió hacer inferencias sobre la migración latitudinal de la ZCIT durante el Holoceno, mediante la abundancia de Titanio y Hierro (elementos de origen continental) en los sedimentos. Actualmente, la temporada de mayor precipitación en esta zona ocurre en verano, cuando la ZCIT se encuentra en su posición boreal ($\sim 10^\circ$ N) y genera mayor escorrentía del Río Orinoco. Los autores sugieren que una alta abundancia de titanio indica mayor precipitación y mayor descarga del Río Orinoco debida a una posición promedio de la ZCIT más boreal. Con base en esto, reportan un aumento en la variabilidad de la posición promedio de la ZCIT, con cierta tendencia

a una posición austral en los últimos 1200 años, con respecto al milenio anterior; además de variaciones de mayor magnitud durante el Óptimo Climático del Holoceno (boreal) y durante el Younger Dryas austral).

Posteriormente Peterson y Haug (2006) hacen una revisión de los resultados anteriores y encuentran correspondencia al compararlos con otros registros de Sudamérica, África y Groenlandia, por lo que se infiere una conexión global del sistema climático.

Goñi y colaboradores (2006), utilizaron alkenonas como *proxy* para determinar la paleotemperatura en sedimentos laminados de Cariaco y Guaymas en los últimos 300 años, encontraron que las surgencias de ambas cuencas responden simultáneamente a los cambios en la posición de la ZCIT y la zona de Alta Presión Subtropical (SH, por sus siglas en inglés), lo que sugiere una conexión climática entre las dos regiones; si bien, la respuesta en la intensidad de las surgencias es inversa entre ambas cuencas.

Por su parte, Moy y colaboradores (2002), analizaron una columna sedimentaria de Laguna Pallcacocha, Ecuador, en la cual se asocian las láminas claras a sedimentos clásticos que se depositan durante eventos ENOA, por medio de intensidad de color medida en la secuencia, determinaron que la frecuencia de ENOA aumentó durante el Holoceno hasta alcanzar su máximo en 1200 años cal. A.P. y a partir de entonces la frecuencia comenzó a decrecer.

Conroy y colaboradores (2007) hacen una revisión de diversos trabajos disponibles sobre la variabilidad de ENOA y comparan estos registros con un análisis que realizaron en sedimentos lacustres de "El Junco" en las islas Galápagos, un sitio especialmente sensible a los efectos de El Niño, sus análisis granulométricos indican periodos en los que se incrementa la precipitación (anterior a 9000 ± 120 , después de 4200 ± 103 , y dos

incrementos más en 3200 ± 160 y 2000 ± 100 años cal. A.P.). También reportan un aumento en la variabilidad de estos eventos a partir del 2000 ± 100 y 1500 ± 70 años cal. A.P.

MARCO BIOLÓGICO

LOS FORAMINÍFEROS

Los foraminíferos son protozoarios marinos de vida libre que existen desde el Cámbrico que secretan una concha o testa compuesta generalmente de calcita, aunque también puede ser de tectina, aragonita, sílice o incluso partículas aglutinadas. Su cuerpo unicelular ameboideo puede medir desde algunas decenas de micrómetros (μm) hasta varios centímetros, siendo generalmente del tamaño de las arenas ($>63 \mu\text{m}$); se alimentan principalmente de algas, otros protozoarios, pequeños crustáceos, larvas y materia orgánica (Sen Gupta, 1999; Armstrong y Brasier, 2005).

En la célula se distinguen dos tipos de protoplasma, el endoplasma que se encuentra restringido al interior de las cámaras y presenta un color relativamente oscuro, y el ectoplasma de color más claro que se extiende hacia el exterior de la testa y da lugar a los pseudópodos granuloreticulosos característicos de este grupo, estos son extensiones finas que se bifurcan y anastomosan formando una red con gránulos plasmáticos que se desplazan a través de los filamentos. Las funciones principales de los pseudópodos son: capturar y digerir el alimento, deshacerse de los desechos, formar uniones temporales o

semipermanentes al sustrato, construir la testa y en algunos casos formar quistes (Loeblich y Tappan, 1988).

La testa es una secreción del ectoplasma que consiste en una cámara (unilocular) o varias (multilocular) que se van incorporando a medida que crece el organismo; el citoplasma puede desplazarse hacia el interior o exterior de la testa por medio de aperturas que varían en número, tamaño, posición y forma dependiendo de cada especie. Cuando se agrega una nueva cámara, la apertura anterior permanece, permitiendo la comunicación entre todas las cámaras anteriores; a este conducto se le denomina foramen. En 1826 d'Orbigny hace referencia a esta estructura y es el primero en proponer el término "foraminífero" para referirse al grupo (Loeblich y Tappan, 1988; Armstrong y Brasier, 2005. Figura 1).

La función de la testa es reducir el estrés al que es sometido el individuo, éste puede provenir de factores físicos como la radiación UV, la turbulencia o la abrasión; químicos, como fluctuaciones en el pH, salinidad, CO₂, O₂, y toxinas en el agua; o biológicos como ingestión accidental o depredación (Armstrong y Brasier, 2005). Además, la forma de la testa favorece el hundimiento y aumenta su resistencia a las corrientes y adherencia al sustrato en los organismos bentónicos, mientras que en los planctónicos contribuye al control de la flotabilidad del organismo (Marszalek *et al.*, 1969).

El ciclo de vida general de este grupo comprende una alternancia de generaciones, una fase sexual y otra asexual; en los foraminíferos bentónicos es común que haya un dimorfismo: los organismos que provienen de una reproducción asexual se conocen como gamontes, son haploides y su prolóculo o cámara inicial es más grande, se le conoce a esta forma como megalosférica; por otro lado, cuando el organismo es producto de una reproducción sexual el resultado es un agamonte,

diploide, con un prolóculo relativamente pequeño (microsférico) , mientras que su testa suele ser relativamente grande. En algunos casos hay una 3ª fase del ciclo con la presencia de un esquizonte que se caracteriza por ser diploide, megalosférico y multinucleado, producto de una fisión múltiple de un agamonte sin meiosis. El ciclo completo puede ser de un año en las regiones tropicales y de dos o más en regiones polares (Armstrong et al. 2005). Douglas y Staines-Urias (2007), encontraron una relación entre mayor proporción de formas megalosféricas en organismos del género *Bolivina* y ambientes con concentraciones de oxígeno relativamente altas.

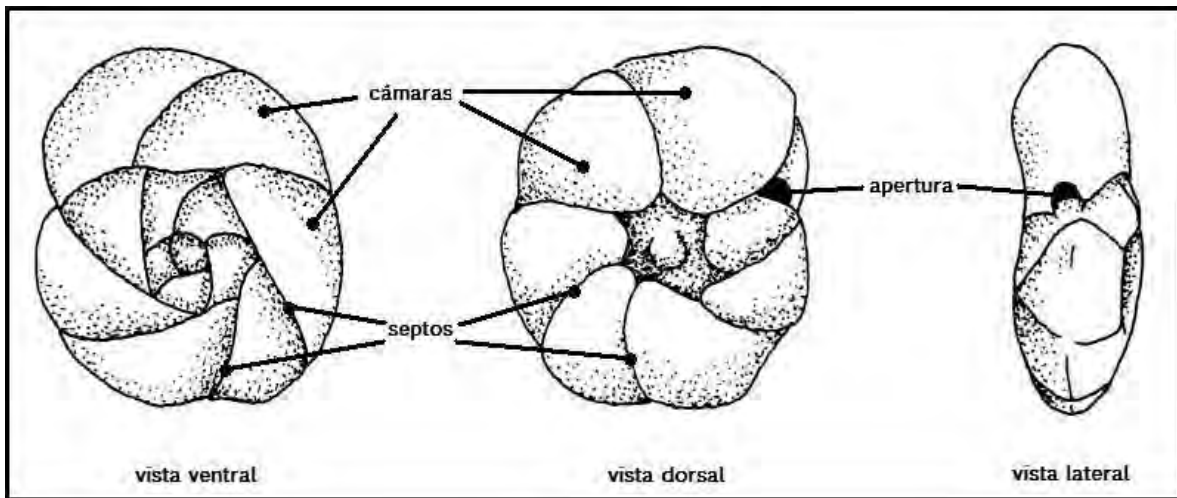


Figura 1. Estructura general de la testa; modificado de Loeblich y Tappan, 1988.

TAXONOMÍA

En años recientes, con el surgimiento de nuevas técnicas moleculares, estudios ultraestructurales y análisis cladísticos, ha proliferado la actividad en materia de taxonomía de protozoarios y como resultado existe una gran cantidad de clasificaciones distintas; por ser una de las más completas e integrales, el presente estudio utiliza la clasificación de Corliss (1994),

complementada con aquella presentada por Sen Gupta en 1999 para los Ordenes que integran este grupo:

Reino: **PROTOZOA** Goldfuss, 1818

Phylum: **RHIZOPODA** von Siebold, 1845

Clase: **Granuloreticulosea** de Saedeleer, 1934

Orden: **Allogromiida** Loeblich & Tappan, 1961

Astrorhizida Brady, 1881

Lituolida Lankester, 1885

Trochamminida Saidova, 1981

Textulariida Delage & Herouard, 1896

Fusulinida (†) Fursenko, 1958

Miliolida Delage & Herouard, 1896

Carterinida Loeblich & Tappan, 1981

Spirillinida Hohenegger & Piller, 1975

Lagenida Delage & Herouard, 1896

Buliminida Fursenko, 1958

Rotaliida Delage & Herouard, 1896

Globigerinida Delage & Herouard, 1896

Involutinida (†)¹ Hohenegger & Piller, 1977

Robertinida Loeblich & Tappan, 1984

Silicoloculinida Resig, Lowenstam, Echols & Weiner, 1980

¹ (†) Sin representantes actuales

ECOLOGÍA

Los foraminíferos son un grupo sumamente exitoso que ha colonizado prácticamente todo el ambiente marino, su abundancia en los sedimentos marinos puede ser tan alta que llegan a ser verdaderos formadores de rocas, como es el caso de los ooze calcáreos (Armstrong y Brasier, 2005).

El ambiente que habitan determina sus adaptaciones morfológicas, ecológicas, presentándose 2 grupos: planctónicos y bentónicos.

Los foraminíferos planctónicos aparecen en el registro fósil en el Jurásico, desde entonces son parte del microzooplankton que flota en la columna de agua en toda la zona fótica, alcanzando su mayor abundancia entre los 10 y 50 m de profundidad. A pesar de su escasa diversidad (40-50 spp. existentes) su abundancia es mucho mayor con respecto a los bentónicos (Loeblich y Tappan, 1988; Arnold y Parker, 1999). Como grupo son cosmopolitas aunque algunos géneros están restringidos por la temperatura. A escala global, Bé (1977) delimitó provincias latitudinales que se relacionan con la temperatura superficial; su distribución también se ve afectada por fenómenos hidrológicos como giros, corrientes y frentes, o biológicos como su historia evolutiva (Arnold y Parker, 1999). Las propiedades químicas de las masas de agua, así como la productividad primaria y la cantidad de nutrientes disponibles en el medio, afectan la abundancia de individuos más que la composición de especies de foraminíferos planctónicos (Bé y Tolderlund, 1971). La salinidad que pueden llegar a tolerar estos organismos en condiciones de laboratorio abarca de 22-49 de salinidad (Bijma *et al.*, 1990), rango mucho mayor al que se puede encontrar en los océanos, sin embargo no se encuentran foraminíferos en concentraciones salinas menores a 30‰ en ecosistemas naturales (Parker y Arnold, 1999).

Por otro lado, los foraminíferos bentónicos habitan en el fondo marino, sobre y entre el sustrato, tienen un registro fósil que abarca desde el Cámbrico hasta el presente; su diversidad actual se estima en alrededor de 10 000 especies, lo cual apenas representa el 20% de la diversidad total del grupo, el resto está compuesto por especies fósiles (Loeblich y Tappan, 1988; Culver y Buzas, 1999).

Los patrones de distribución de este grupo son complejos, se ha documentado que el flujo de carbono orgánico está relacionado con la morfología de los foraminíferos presentes en el sedimento (Corliss y Chen, 1998). Además, de acuerdo con Herguera (1992), el suministro de alimento hacia el bentos determina la acumulación de organismos en el sedimento. La geoquímica del agua sobre el sedimento, la posición de la lisoclina y la profundidad de compensación de carbonatos afectan el tipo de asociación bentónica presente (Murray, 2006); para los ambientes marginales, debe considerarse, además, la el tamaño de grano de los sedimentos (Gooday, 2003).

Jorissen y colaboradores (1995) desarrollaron un modelo que explica la abundancia de foraminíferos bentónicos con base en el flujo de materia orgánica y la cantidad de oxígeno disuelto. Ellos indican que en ambientes oligotróficos, la cantidad limitada de materia orgánica que llega al fondo marino se metaboliza rápidamente por los organismos epifaunales, por lo que no llega a las capas más profundas del sedimento, en estas condiciones las especies infaunales no estarán presentes; conforme aumenta el flujo de materia orgánica, la profundidad a la que se puede encontrar alimento disponible aumenta y con esto la cantidad de especies infaunales; sin embargo, un incremento en la cantidad de flujo orgánico produce una disminución en la concentración de oxígeno y por lo tanto menor penetración de este gas en el sedimento, en estas condiciones la

fauna deberá concentrarse en la capa superficial, al tiempo que las especies menos tolerantes a la anoxia (generalmente las epifaunales) desaparecen.

MARCO OCEANOGRÁFICO

OCEANO PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

CIRCULACIÓN OCEÁNICA

El Océano Pacífico es la concentración de agua más grande del planeta, su circulación superficial general, al no tener grandes masas de tierra que obstaculicen las corrientes, está determinada en gran medida por el patrón de viento y en menor proporción por la energía que proviene del sol, la gravedad y el efecto de Coriolis; el resultado de estas interacciones son dos grandes giros anticiclónicos: uno en el hemisferio norte y otro en el hemisferio sur (Garrison, 2005). Hacia los límites del océano la topografía continental modifica las dinámicas oceanográficas; en el caso del Océano Pacífico Oriental, el continente americano representa un factor de forzamiento que interfiere y modifica la dirección de los vientos; asimismo, las corrientes se redistribuyen al chocar contra la costa creando complejas estructuras tridimensionales que varían en diferentes zonas (Kessler, 2006).

En la costa oriental del Océano Pacífico, la Corriente de California (CC) fluye desde el norte hacia el Ecuador siguiendo el contorno de Norteamérica; desde el sur se aproxima la Contracorriente Costera de

Costa Rica (CCCR) que bordea la costa occidental de Centroamérica; entre éstas, paralela al ecuador fluye el Sistema Ecuatorial (SE) constituido por la Corriente Norecuatorial (CNE) y la corriente Surecuatorial (CSE), ambas fluyen hacia el Oeste, separadas entre sí por la Contracorriente Norecuatorial (CCNE) que fluye en dirección contraria (Figura 2)(Hickey, 1979; Parés-Sierra *et al.*, 1997; Kessler, 2006).

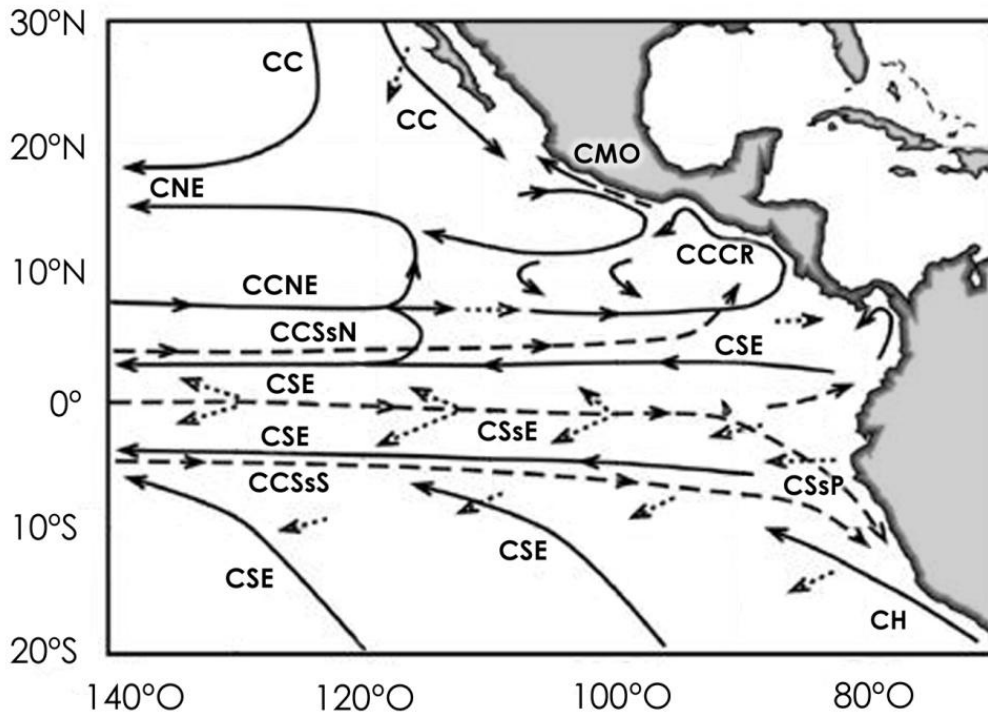


Figura 2: Circulación oceánica del Pacífico Oriental. →corrientes superficiales, ···>corrientes cercanas a la superficie, --> corrientes subsuperficiales. CC=Corriente de California, CNE=Corriente Norecuatorial, CCNE=Contracorriente Norecuatorial, CSE=Corriente Surecuatorial, CCCR= Contracorriente Costera de Costa Rica, CH= Corriente de Humboldt, CSsE=Contracorriente Subsuperficial Ecuatorial, CMO=Corriente Mexicana Oriental, CSsP=Corriente Subsuperficial de Perú, CCSsN= Contracorriente Subsuperficial del Norte y CCSsS=Contracorriente Subsuperficial del Sur (Tomado de Kessler, 2006).

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

En la zona tropical los vientos soplan hacia el Ecuador debido a una diferencia de presión provocada por la evaporación intensa en la franja ecuatorial, el efecto de Coriolis desvía estas corrientes hacia el occidente originando los vientos alisios, estos soplan desde el noreste en el hemisferio norte y desde el sudeste en el hemisferio sur; la zona donde confluyen estos vientos se conoce como Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Figura 3).

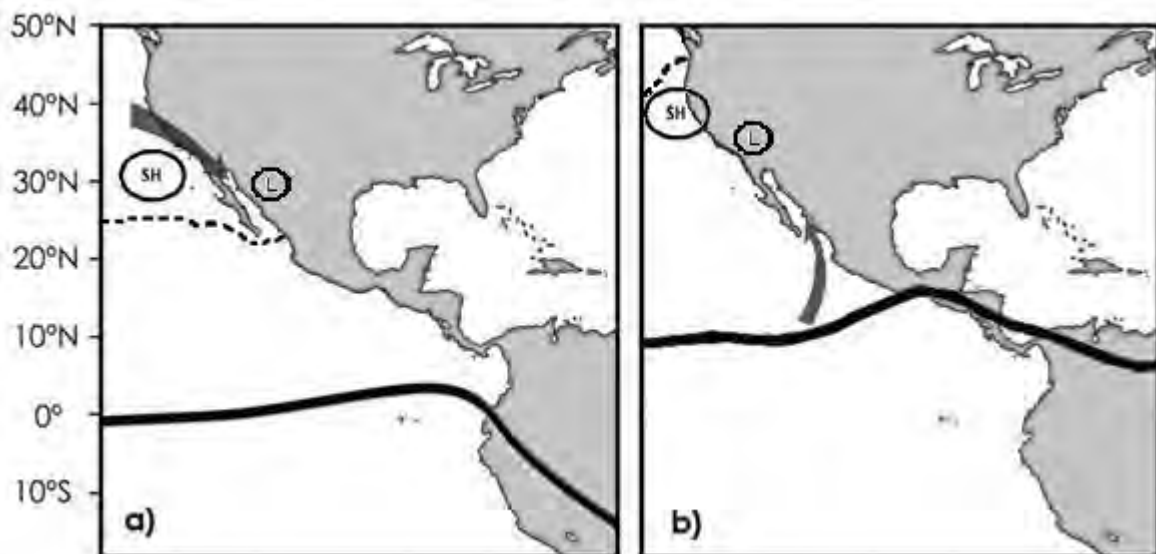


Figura 3: Cambios estacionales de la ZCIT (línea sólida), posición del centro de alta presión subtropical (SH) y baja presión (L), y alcance de los vientos alisios (línea punteada), mostrando los vientos predominantes en el GC durante a) invierno y b) verano. (Modificado de Barry y Chorley, 2003; Goñi *et al.* 2006.)

Esta banda de baja presión y alta precipitación tiene una localización predominantemente en el norte del ecuador, esto se debe a la asimetría en la disposición de las masas terrestres y la geometría de las costas (Xie y Saito, 2000); no obstante, la ZCIT presenta desplazamientos latitudinales que varían estacionalmente con los cambios de temperatura y la

localización de los centros de alta presión atmosférica (Koutavas y Lynch-Stieglitz, 2005).

En el Océano Pacífico esta migración estacional alcanza los 10°N en agosto–septiembre y se desplaza hacia el sur hasta ~3°N en febrero-marzo (Sachs *et al.*, 2009), este cambio es acompañado por una variación de hasta 5°C en la temperatura superficial del agua (Koutavas y Lynch-Stieglitz, 2005).

La topografía también tiene un efecto sobre la circulación atmosférica del Pacífico Oriental, la orografía de México y Centroamérica forma una barrera para los vientos alisios provenientes del Atlántico, pero en el Istmo de Tehuantepec, en el Golfo de Papagayo y en Panamá se presentan depresiones en la cordillera que permiten el paso de corrientes de chorro hacia el Pacífico que penetran varias centenas de kilómetros, induciendo giros en la circulación del Pacífico Oriental, que a su vez, generan movimientos verticales de la termoclina y modifican la productividad en la superficie (Chelton *et al.*, 2000; Kessler, 2006).

Algunos eventos de escala interanual afectan temporalmente estas condiciones, el más conocido por sus efectos en el Pacífico es “EL Niño-Oscilación Austral” (ENOA). Este fenómeno recurrente se presenta cada 2 a 7 años (Mantua *et al.*, 2002) y presenta dos condiciones opuestas: “El Niño” y “La Niña”. El primero se caracteriza por un calentamiento anómalo en el Pacífico Ecuatorial Occidental (cerca de Indonesia) que se desplaza hacia las costas de América y permanece de 12 a 18 meses; durante este periodo aumenta la temperatura superficial del mar y se suprimen los gradientes de temperatura y de presión atmosférica, la termoclina se hunde y disminuyen las surgencias; en el hemisferio sur, la Corriente de Perú se debilita al igual que los vientos alisios y como consecuencia la ZCIT se expande hacia el Ecuador; la productividad primaria disminuye a lo largo

de la costa oriental del Pacífico debido a que la termoclina es más profunda y los vientos son débiles (Duarzo y Baumgartner, 2002; Mantua *et al.*, 2002). Este evento alcanza su máxima intensidad en el invierno, cuando la ZCIT está en su posición más austral (Koutavas y Lynch-Steiglitz, 2005. Figura 4). Durante “La Niña” ocurre lo contrario, la temperatura disminuye, la ZCIT se desplaza hacia el norte y hay surgencias donde la termoclina es muy somera o desaparece por completo, su efecto es más intenso cuando la posición de la ZCIT alcanza su latitud más boreal (Koutavas y Lynch-Steiglitz. Figura 4).

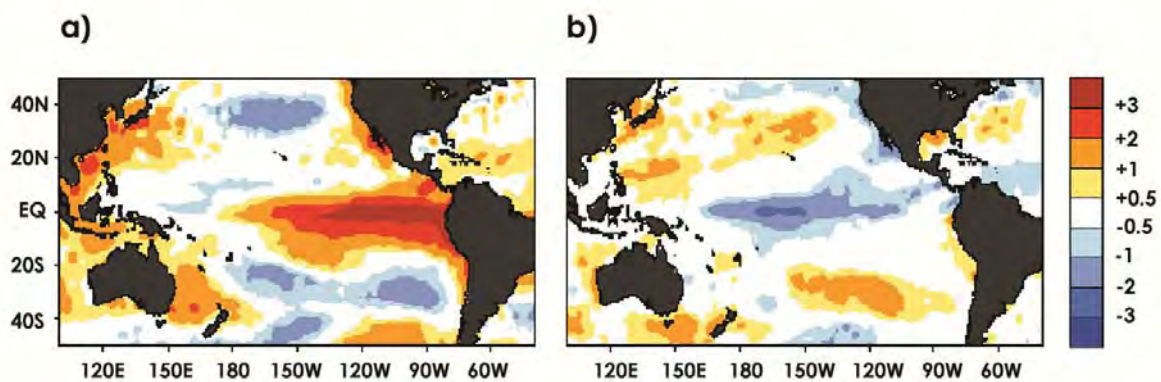


Figura 4. Anomalía de temperatura (°C) con respecto a condiciones normales en el Océano Pacífico durante a) El Niño y b) La Niña. Tomado de: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml

Los efectos de estos fenómenos repercuten de distintas formas en la estacionalidad de cada región; por ejemplo, en México durante un evento “El Niño” se registra una cantidad inusualmente mayor de lluvias durante el invierno y mayor cantidad de frentes fríos en el noroeste del país, mientras que en el centro y sudeste ocurren sequías, al igual que en Centroamérica. En contraste, durante el verano la ZCIT se encuentra en su posición boreal y

la humedad no llega hacia el sur del país, por lo que se registran sequías en esta zona (Haug *et al.*, 2001; Moy *et al.*, 2002; Peterson y Haug, 2006). Esta relación entre condiciones frías en altas latitudes y condiciones secas en los trópicos es frecuente en los registros paleoclimáticos (Mayewski *et al.*, 2004; Peterson y Haug, 2006). En las costas del Pacífico Oriental “El Niño” provoca una disminución en la productividad como consecuencia del aumento en la temperatura y la supresión de las surgencias (Mantua *et al.*, 2002; Duarzo y Baumgartner, 2002).

ZONAS DE OXÍGENO MÍNIMO

En el océano, la concentración de oxígeno disuelto se debe principalmente dos factores: el intercambio de gases con la atmósfera y la actividad fotosintética del fitoplancton, en la superficie puede alcanzar hasta 8.5 ml/L, aunque algunas zonas del mar están empobrecidas en este gas, a estas zonas se les conoce como zonas de oxígeno mínimo (ZOM) (Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993). La formación de una ZOM depende de los patrones de circulación, la geomorfología de la cuenca y la productividad primaria en la superficie. Cuando las características de una cuenca no permiten su ventilación constante, procesos como la respiración de los organismos y la descomposición de la materia orgánica consumen el oxígeno disponible, haciendo de estas zonas aún más deficientes en este elemento (Karstensen *et al.*, 2008), estos procesos son especialmente intensos en las desembocaduras de grandes ríos, en fiordos y zonas de alta productividad (Bernhard y Sen Gupta, 1999).

En el Pacífico Oriental, el Agua Intermedia del Pacífico (AIP) presenta una ZOM muy intensa debido a dos factores; el primero es que se trata de una masa de agua que se forma en el Atlántico Norte, y desde ahí recorre un largo trayecto alrededor de América a lo largo del cual el oxígeno es

consumido gradualmente; el segundo factor es la presencia de zonas de alta productividad superficial, donde los procesos de respiración y oxidación son más intensos por la gran abundancia de organismos (Figura 5)(Bernhard y Sen Gupta, 1999).

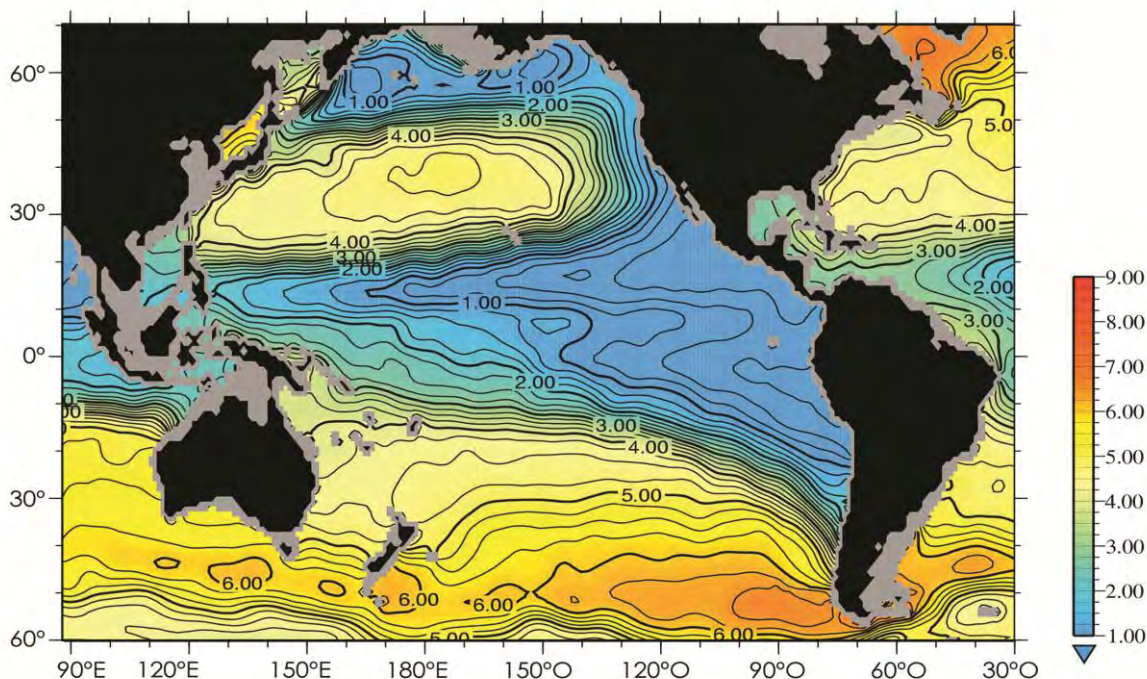


Figura 5: Concentración de oxígeno disuelto (ml/L) a 400 m de profundidad. La ZOM se muestra en azul. Promedio del año 2009. Fuente: http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl?navigation=o_0_0_9_down.

De acuerdo con la concentración de oxígeno disuelto en el agua se manejan diferentes términos, en el presente trabajo se considera la clasificación de Sen Gupta y Machain-Castillo (1993) para clasificar los ambientes con respecto al contenido de este gas en: óxico (>2 ml/L), disóxico (0.2-2 ml/L), subóxico (0-0.2 ml/L) y anóxico (0 ml/L).

La falta de oxígeno inhibe la proliferación de macrofauna bentónica y permite únicamente el crecimiento de ciertas comunidades de organismos

microscópicos como algunos grupos de foraminíferos y bacterias (Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Bernhard y Sen Gupta, 1999).

En las ZOM se presentan asociaciones de foraminíferos dominadas por organismos eutróficos, pequeños, de pared delgada y sin ornamentación principalmente de los géneros *Bolivina*, *Cassidulina* y *Epistominella*, es importante remarcar que se trata de especies tolerantes a condiciones de estrés óxico, lo cual no significa que se presenten exclusivamente en estas áreas (Pérez-Cruz y Machain-Castillo, 1990; Murray, 1991; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Kaiho, 1994; Bernhard *et al.*, 1997).

GOLFO DE CALIFORNIA

EL Golfo de California (GC) es una cuenca estrecha del Océano Pacífico que se localiza en la porción noroccidental de México. Se extiende desde la boca, entre los estados de Sinaloa y Baja California Sur, hacia el noroeste en la desembocadura del Río Colorado. Su longitud aproximada es de 1400 km, su ancho varía entre 150 y 200 km en su parte interna y su profundidad fluctúa desde un promedio de 200 m en la cabeza hasta 3600 m en su boca. Su comunicación con el Océano Pacífico es a través de un canal de ~3000 m de profundidad por ~200 km de ancho (Lavín *et al.*, 1997; Lavín y Marinone, 2003; Jiménez *et al.*, 2005).

GEOLOGÍA

La formación del Golfo de California comenzó hace aproximadamente 4 millones de años (Ma.) con la ruptura de la corteza continental y la separación de lo que actualmente es Baja California del resto del continente, al tiempo que se empezó a formar piso oceánico a través de una serie de fallas divergentes o zonas de “rift” unidas entre sí por deslizamientos laterales de la corteza; el resultado es un desplazamiento en

dirección Noroeste de parte de California y Baja California. Como consecuencia de la actividad tectónica, el Golfo presenta una topografía compleja con taludes escarpados y cuencas separadas por barreras transversales que disminuyen en su profundidad de sur a norte, así como una serie de ventilas hidrotermales y volcanes submarinos (Guzmán, 1984; Molina-Cruz, 1986).

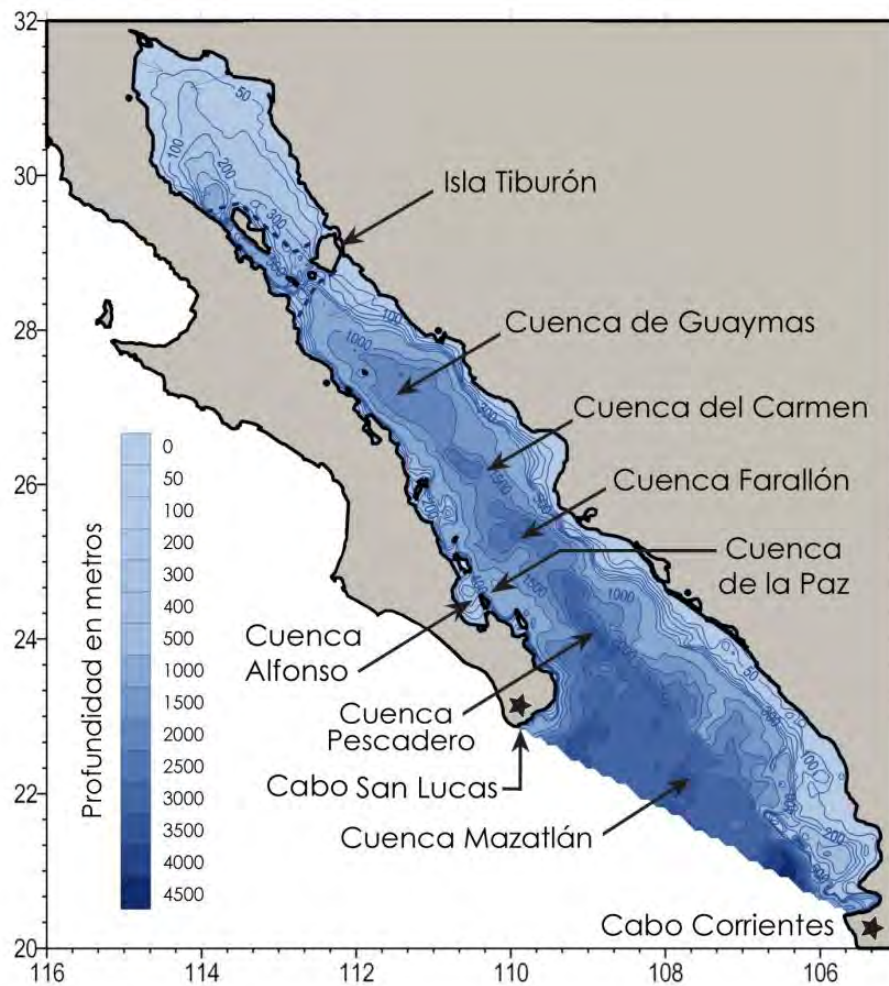


Figura 6: Golfo de California y sus cuencas principales. Tomado de Lavín y Marinone, 2003

De acuerdo con Tovilla-Hernández (1991), el GC se puede dividir en tres regiones por sus características topográficas: Norte, Central y Sur.

La parte Norte, también llamada “alto Golfo” comprende desde la desembocadura del Río Colorado hasta poco más allá de las Grandes Islas (el límite varía dependiendo del autor). La plataforma continental es amplia y la mayor parte del área tiene profundidades menores a 35m. El fondo está cubierto por sedimentos principalmente arenosos provenientes del Río Colorado, en especial del lado oriental donde la profundidad es menor; la dispersión de los sedimentos está determinada por mareas locales y las corrientes eólicas en las regiones más someras (Van Andel, 1963,1964; Baba *et al.*, 1991).

La Provincia Central es más ancha y profunda, superando los 1800 m de profundidad en las cuencas Guaymas y Carmen; la pendiente del lado continental es moderada mientras que el lado peninsular es muy abrupto. El Río Colorado ya no acarrea sedimentos a esta zona, por lo que el aporte terrígeno proviene de los ríos Sonora, Yaqui y Mayo, además del viento. En el fondo predominan las arcillas limosas y en cuanto a la porción orgánica, en esta zona se concentra la mayor cantidad de silicato biogénico como consecuencia de la alta productividad superficial (Andel, 1963; Donegan y Schrader; 1982; Baba *et al.*, 1991).

La Provincia Sur incluye las cuencas Farallón, Pescadero y Mazatlán (Figura 6), que son las más profundas (hasta 3600 m). Del lado oriental del golfo, la plataforma continental se va ampliando hasta llegar a la punta de Cabo Corrientes, en contraste, en el lado de la península la plataforma está casi ausente y se registra una caída del talud prácticamente vertical (Tovilla-Hernández, 1991).

CLIMA Y CIRCULACIÓN SUPERFICIAL

La proximidad con el desierto de Sonora en el oriente y la zona árida de Baja California en el occidente, le confieren al Golfo de California un clima más semejante al continental que al oceánico (Pike y Kemp, 1997). Los procesos océano-atmosféricos de esta región están sujetos a una intensa estacionalidad debido a tres factores principales: 1) la advección lateral proveniente del Pacífico generada por los cambios en la intensidad de las corrientes de California y Costa Rica; 2) el efecto de canal provocado por las cadenas montañosas ubicadas a ambos lados del golfo y los patrones de vientos determinados por los cambios en los centros de alta y baja presión atmosférica y por las variaciones latitudinales de la ZCIT; y 3) flujos superficiales relacionados con variables meteorológicas como la insolación y la pérdida de calor que conlleva la evaporación (Herguera *et al.* 2003; Lavín y Marinone, 2003; Borodoni *et al.*, 2004;).

Desde el otoño y hasta la primavera (noviembre a marzo) el centro de alta presión subtropical (SH, por sus siglas en inglés) se estabiliza sobre ellas costas de California cerca de los 40°, mientras que un centro de baja presión se encuentra sobre el desierto de Sonora; esto genera vientos intensos del Noroeste que inducen un clima frío y seco. La circulación superficial sigue este patrón atmosférico y acarrea el agua hacia afuera del golfo, el gradiente de temperatura aumenta en la dirección de la corriente y se presentan surgencias intensas a lo largo de la costa oriental (Badan-Dangon *et al.*, 1991; Douglas *et al.*, 1993; Thunell, 1998; Bernal *et al.*, 2001; Lavín y Marinone, 2003; Lavín *et al.*, 2009. Figuras 6 y 7)

En contraste, hacia el final de la primavera y durante todo el verano el SH se migra hasta cerca de 30° N y un centro de baja presión se presenta sobre California; como consecuencia, los vientos del noroeste se debilitan

dentro del golfo y los vientos del sudeste se hacen evidentes. La ZCIT se encuentra en su posición boreal ($\sim 9^\circ\text{N}$) y acarrea agua cálida proveniente del Pacífico que penetra al GC por el lado oriental, al mismo tiempo parte del agua superficial sigue fluyendo hacia fuera del golfo por el lado de la península, generando estructuras complejas en la boca del golfo (meandros, giros, etc.) que generan surgencias en esta región. El gradiente de temperatura cambia de una posición transversal a una longitudinal dentro del golfo, alcanzando temperaturas de hasta 30°C ; hay precipitación en la costa oriental y ocurren surgencias débiles junto a la península (Figura 7) (Badan-Dangon *et al.*, 1985; Molina-Cruz, 1986; Douglas *et al.*, 1993; Thunell, 1998; Bernal *et al.*, 2001; Lavín y Marinone, 2003; Lavín *et al.*, 2009).

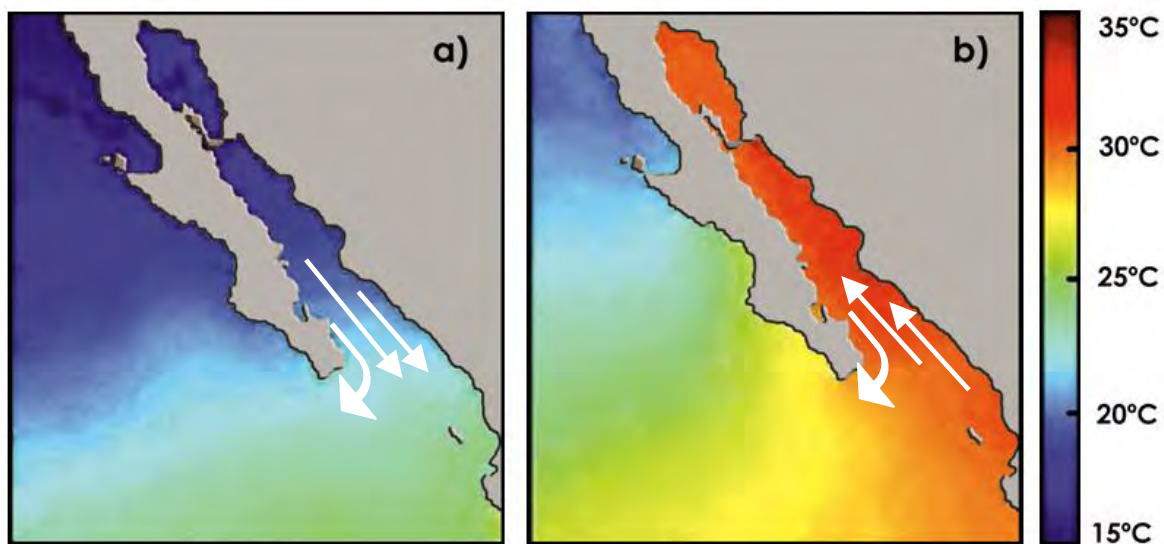


Figura 7: Temperatura promedio de los años 1985 a 1999 del Golfo de California en a) febrero y b) agosto, mostrando la circulación general en la boca del GC (Modificado de Lavín *et al.*, 2009).

El efecto de “El Niño” en esta región genera una penetración de agua ecuatorial más temprana, profunda y persistente que aquella que ocurre normalmente durante el verano; además hay mayor incidencia de tormentas y un aumento en la precipitación total de la región sur del GC,

lo cual también genera un aumento en el flujo de material terrígeno (Baumgartner *et al.*, 1991; Sancetta, 1995). En contraste, durante “La Niña” la temperatura superficial del mar disminuye al igual que la precipitación anual (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Bernal *et al.*, 2001).

MASAS DE AGUA Y ESTRUCTURA TERMOHALINA

En el Golfo de California concurren hasta siete masas de agua diferentes (Tabla 1), su distribución está ligada a los cambios estacionales antes mencionados.

El AGC y ASTe se forman *in situ* debido al alto grado de evaporación, la primera se subdivide en dos corrientes, una que fluye hacia el sur junto a la península y otra menos densa que fluye hacia dentro del golfo del lado continental; ambas se caracterizan por un alta concentración de salinidad y sin embargo permanecen en la superficie por su elevada temperatura. El ASSm (antes referida como Agua de la Corriente de California) tiene su origen en la zona subártica, junto con el AST y ASsSt, penetran desde el Pacífico oriental y confluyen con las anteriores en la boca del golfo lo que le confiere a esta zona una estructura termohalina compleja con corrientes de chorro, meandros, giros y remolinos que varían intensamente con la estacionalidad. Por debajo de estas masas de agua se encuentra el AIP y en la zona más profunda el APP que desaparecen sucesivamente del perfil vertical debido al relieve submarino que forma barreras físicas e impiden su paso hacia el norte; estas masas de agua se encuentran aisladas de la influencia meteorológica, lo que les confiere una estabilidad espacial a lo largo de todo el año (Torres-Orozco, 1993; Lavín *et al.*, 1997; Lavín y Marinone, 2003; Lavín *et al.*, 2009).

Masas de Agua		Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	Profundidad (m)
Agua del Golfo de California	AGC	34.9-35.35	14-29.5	0-180
Agua Superficial Tropical Evaporada	AS _{Te}	34.9-35.1	28-30	0-40
Agua Superficial Tropical	AS _T	34.5-34.9	18-30	0-120
Agua Somera de Salinidad Mínima	AS _{Sm}	34.1-34.5	16-25	10-110
Agua Subsuperficial Subtropical	AS _{sSt}	34.5-34.9	9-18	50-480
Agua Intermedia del Pacífico	AIP	34.5-34.8	4-9	>400
Agua Profunda del Pacífico	APP	>34.5	<4	< 1200

Tabla 1. Características de las diferentes masas de agua encontradas en el Golfo de California (Modificado de Lavín *et al.*, 2009).

SEDIMENTACIÓN

Trabajos realizados en la costa occidental del GC sugieren que en esta región los sedimentos terrígenos llegan al fondo de las cuencas por medio de escorrentías de origen pluvial (Nava-Sanchez *et al.*, 2001; Molina-Cruz *et al.*, 2002; Gonzalez-Yajimovich *et al.*, 2010), esto ocurre principalmente durante el verano, cuando la precipitación es mayor (Douglas, 1993). Por otro lado, Baumgartner y colaboradores (1991) indican que en la parte interna del GC, una parte significativa del material terrígeno proviene de las tormentas de polvo que se forman sobre el desierto de Sonora, y también de la resuspensión de partículas por medio del oleaje que generan las tormentas.

En contraste, durante el invierno, las surgencias generan alta productividad superficial con un alto aporte de sedimentos biogénicos hacia el fondo marino, especialmente del lado oriental del golfo donde ocurren las surgencias costeras (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991); los giros que existen en el centro y sur del golfo transportan los nutrientes desde esta zona de surgencias hacia el lado peninsular, al tiempo que también pueden generar pequeñas surgencias que aumentan la productividad en el lado

occidental; en consecuencia se depositan más partículas biogénicas en esta temporada (Gaxiola-Castro *et al.*, 1999; Douglas *et al.*, 2007).

Este aporte diferencial de sedimentos hace posible el depósito de láminas claras de origen biológico intercaladas con láminas oscuras de origen predominantemente terrígeno. En los lugares donde la ZOM se superpone a los sedimentos, la ausencia de bioturbación debida a la inhibición de la macrofauna bentónica, permite la conservación de los sedimentos laminados (Donegan y Schrader, 1982; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). En algunos lugares, por ejemplo en la Cuenca de Guaymas, cada pareja de láminas (una clara y otra oscura) corresponden a un ciclo anual de sedimentación, en estos casos reciben el nombre de varvas (Baumgartner y Christensen, 1985).

CUENCA LA PAZ

La Cuenca La Paz se encuentra en la región sur del GC, frente a los límites de la Bahía de La Paz, al este de la Isla Espíritu Santo (Figuras 6 y 8); abarca ~27.8 km de longitud en dirección norte-sur y ~13.9 km de ancho; su zona más profunda alcanza los 800 m, por lo que el APP queda excluida de esta cuenca y el AIP, pobre en oxígeno, llena el fondo de la cuenca permitiendo la conservación de sedimentos laminados (Van Andel, 1964; Baumgartner, 1991; Nava-Sanchez *et al.* 2001).

Imágenes satelitales sugieren que en esta zona, a diferencia del resto de la región sur del GC, la mayor productividad primaria se registra en octubre-noviembre, justo después de la temporada de mayor precipitación en la zona, cuando la temperatura comienza a disminuir y los vientos del noroeste empiezan a dominar en la región (Douglas *et al.* 1993; Santamaría-del-Angel y Álvarez-Borrego, 1994; Douglas *et al.*, 2007)

posiblemente debido a la presencia de giros semipermanentes que forman las corrientes en la boca del golfo.

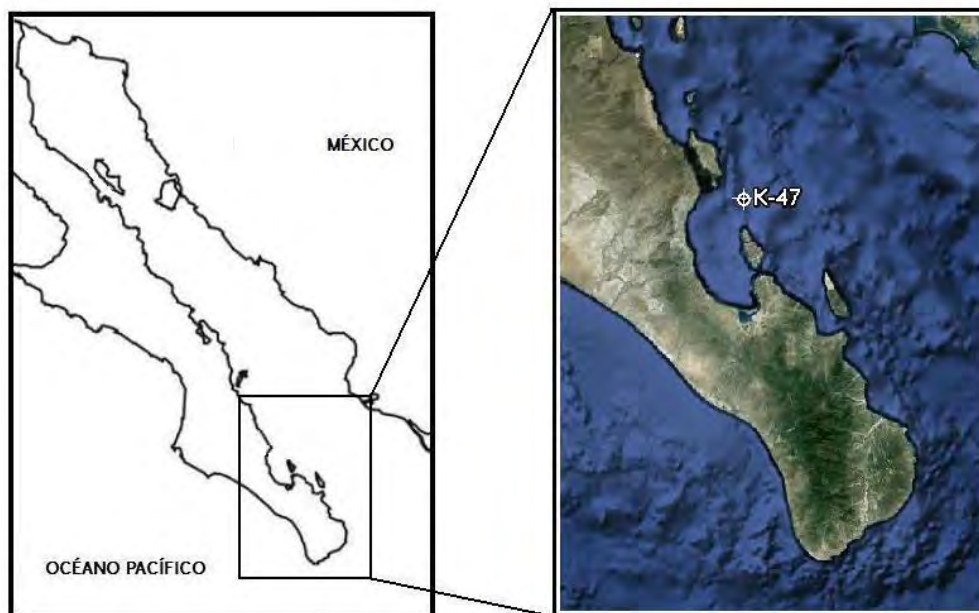


Figura 8: Localización del núcleo K47, en la porción norte de la Cuenca de La Paz.

MARCO CRONOLÓGICO

EL CLIMA DURANTE EL HOLOCENO

El Holoceno es un periodo geológico que comprende los últimos 10 000 años y se considera un periodo interglacial relativamente cálido y homogéneo con respecto al Pleistoceno. Históricamente es un periodo de importantes cambios climáticos para la evolución humana que se divide en tres etapas: Holoceno Temprano (10 000 a 8000 A.P.), Holoceno Medio

(8000 a 4000 A.P.) y Holoceno Tardío (4000 A.P. al presente) (Cronin, 1999; Mayewski *et al.*, 2004).

En el Holoceno temprano destaca en inicio del evento conocido como El Óptimo Climático del Holoceno (OCH), que ocurrió de 10 000 a 5400 años A.P. en este evento se registró un calentamiento global de ~2 °C asociado a una aridificación en altas latitudes y condiciones de alta precipitación en África y Sudamérica (Haug *et al.*, 2001). Este calentamiento es interrumpido por una serie de eventos fríos de corta duración conocidos como eventos Bond, que persisten hasta el final del Holoceno en los siguientes periodos: 9000-8000, 6000-5000, 4200-3800, 3500-2500, 1200-1000 y 600-150 años cal. A.P.; (Mayewski *et al.*, 2004), Durante estos eventos Bond disminuye la temperatura en los polos, los glaciares avanzan, se registran climas áridos en los trópicos y variaciones en la intensidad de los vientos asociados a cambios en los centros de presión atmosférica (Mayewski *et al.*, 2004). Moy y colaboradores (2002) notan una relación entre los eventos Bond con baja actividad en ENOA y un aumento de este fenómeno inmediatamente después de estos periodos, lo que sugiere que hay una relación entre los dos fenómenos climáticos.

Dado que en primera instancia, el clima depende de la radiación que proviene del Sol y de la forma en que incide sobre la Tierra, se especula que los eventos Bond son consecuencia de variaciones solares; sin embargo, una vez que la energía solar llega a nuestro planeta, los vientos y las corrientes marinas la distribuyen, por lo que cambios en el sistema océano-atmósfera también pueden generar cambios climáticos a nivel global; la actividad volcánica, los cambios en las concentraciones de gases en la atmósfera e incluso variaciones geomagnéticas también tienen un efecto sobre el clima, y forman sistemas de retroalimentación que maximizan o amortiguan los cambios climáticos. Es importante

destacar que estos procesos tienden a redistribuir el calor, no a provocarlo ni suprimirlo (Cronin, 1999; Mayewski *et al.*, 2004).

El presente estudio abarca los últimos 2000 años por lo que a continuación se describen brevemente los eventos climáticos que ocurrieron durante este periodo:

1) El Periodo Cálido Romano (PCR) ocurrió aproximadamente de 100 A.C. a 500 A.D., registrándose principalmente en Europa; se asocia con condiciones cálidas en el Hemisferio Norte (Lamb, 1985) y se sugiere también una posición promedio de la ZCIT relativamente boreal (Tierney y colaboradores 2010).

2) El periodo conocido como “Las Edades Oscuras” (“Dark Ages” o DA), también referido como el Evento Bond 1, es un evento frío registrado principalmente en Europa aproximadamente de 500 a 1000 A.D., está relacionado con una explosión volcánica muy violenta posiblemente del Volcán Krakatoa en Indonesia (Lamb, 1985; Desprat *et al.*, 2003).

3) El Periodo Cálido Medieval es un evento relativamente cálido registrado de 900 a 1200 A.D. principalmente en América y Europa; las temperaturas promedio fueron de 1 a 2 °C más elevadas que las actuales en latitudes mayores a 40°, mientras que hacia el Ecuador aumentó la humedad; se sugiere la ZCIT presentaba una posición promedio desplazada hacia el norte. En Centroamérica se registraron condiciones de sequía a las que se asocia el colapso de la civilización Maya y a la caída de Teotihuacán (Neff *et al.*, 2006; Peterson y Haug, 2006; Tierney *et al.*, 2010).

4) La Pequeña Edad de Hielo (PEH) o “evento Bond cero” se considera el último periodo de expansión de los glaciares que ocurrió de 1550 a 1850 A.D. aproximadamente, se estima que la temperatura disminuyó entre 0.5 y

2 °C -según el autor y región- (Crowley y Lowery, 2000; Mann, 2002). Este periodo se relaciona con una ausencia prolongada de manchas solares en tres etapas sucesivas conocidas como mínimos de Wolf, Spoorer y Maunder, siendo la última la más intensa (Groove, 1998); como consecuencia la ZCIT se desplazó hacia el sur y se registraron climas secos en la región de Centroamérica (Peterson y Haug, 2006). A diferencia de otros eventos climáticos, la PEH fue documentada extensivamente de forma indirecta en libros, pinturas, registros de producción agrícola, etc. (Mann, 2002; Mann *et al.*, 2009).

MATERIAL Y MÉTODO

COLECTA DE MUESTRAS

El Núcleo K47 fue colectado en la Cuenca de La Paz, Golfo de California, en las coordenadas: 24° 48' 885" latitud Norte y 110° 23' 058" longitud Oeste (Figura 8), a una profundidad de 830 m. durante la campaña "Dinámica Oceanográfica y Paleoceanografía" (DIPAL I), que se llevó a cabo del 17 de febrero al 1 de marzo de 2006 a bordo del B/O "El Puma".

El material se obtuvo por medio de un nucleador de gravedad tipo Kasten revestido en su interior con camisas de acrílico para facilitar la recuperación del sedimento. Una vez en el laboratorio el núcleo fue dividido longitudinalmente para realizar diferentes estudios (radiolarios, foraminíferos, geoquímica etc.), la descripción litológica, el análisis de rayos X y el modelo de edad fueron realizados en la Nucleoteca del Instituto de Geofísica por la Dra. Ligia Pérez Cruz y Laura Elena Gómez Lizárraga (2008).

GRANULOMETRÍA

Se segmentó el núcleo cada centímetro y cada muestra fue secada dentro de una estufa (BLUE M) con temperatura <50°C y posteriormente pesada con una balanza analítica (SARTORIUS). El lavado se realizó a través de un tamiz con una luz de malla de 63 µm y agua corriente, el residuo fue secado y pesado nuevamente para obtener la proporción de limo-arcilla (lodos) con respecto a las arenas.

ANÁLISIS DE ASOCIACIONES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

De las muestras lavadas anteriormente se seleccionó una cada cinco centímetros para realizar el análisis faunístico de este trabajo, en total 30 muestras. Se recuperaron las testas de foraminíferos bentónicos con la ayuda de un pincel fino y un microscopio estereoscópico Olympus SZ-CTV; se dividió la muestra de sedimento con un fraccionador de Otto para obtener un número de organismos de 300 a 600 aproximadamente. Las testas recuperadas fueron colocadas en placas micropaleontológicas previamente rotuladas para cada muestra. Finalmente se calculó el número total de organismos por gramo con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{orgs}}{g} = \frac{\# \text{ testas extraídas}}{\text{peso de la muestra}} \times \text{fracción analizada}$$

La identificación de las especies se hizo con base en la literatura especializada (Apéndice 1). Se contó el número de individuos de cada especie en cada una de las muestras analizadas y se concentraron estos datos en una matriz de abundancia absoluta (especie vs profundidad). También se obtuvo el número total de organismos en cada muestra para poder obtener una segunda matriz de abundancia relativa (organismos de una especie/organismos totales x 100). Estos datos fueron sometidos a

un análisis de factores modo Q que agrupa las muestras de acuerdo a la similitud de las asociaciones que contiene, simplificando los datos para su interpretación.

Se utilizó el paquete estadístico STATISTICA v. 7.0 para obtener una relación de las variables mediante un análisis de factores modo "Q"; este análisis asume que la información contenida en la matriz está compuesta por unos cuantos factores (en este caso, asociaciones de especies) que son comunes en todas las entidades y resume la información de manera que sea más fácil para su interpretación (Parker y Arnold, 1999).

DIVERSIDAD

La diversidad es una medida que describe los componentes que integran una comunidad (Begon *et al.*, 2001). En este estudio, la diversidad se estimó mediante los siguientes métodos:

Riqueza específica- es el número de especies presentes en la comunidad, se representa con la letra "S", es la forma más sencilla de cuantificar la diversidad (Krebs, 1989).

Índice de diversidad de Simpson- (D) es la probabilidad de que dos individuos tomados aleatoriamente pertenezcan a distintas especies; sus valores corresponden al intervalo $0 \leq D \leq 1$, donde los valores altos indican una comunidad muy diversa, mientras que valores bajos indican comunidades con alta dominancia (Krebs, 1989). La fórmula para calcularlo es:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2$$

Donde:

p_i = es la fracción del total de la muestra de organismos de la especie "i"

n = número de especies presentes.

Índice de Shannon - es una medida de incertidumbre que indica que la dificultad para predecir la especie a la que pertenecerá el próximo individuo colectado, de manera que en una comunidad con alta dominancia la incertidumbre será muy poca, se representa como "H'" y se calcula con la fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Sus valores en comunidades biológicas van de 1 cuando la comunidad es muy homogénea y rara vez exceden el 5.0, que serían las comunidades más diversas (Krebs, 1989).

Una diferencia importante entre estos dos parámetros es que D concede más importancia a las especies dominantes, mientras que H' es más sensible a los cambios en las especies raras (Krebs, 1989).

Equitatividad- es la proporción del valor máximo de H' que se alcanzaría si todas las especies presentaran el mismo número de individuos. Para calcularse se utiliza la fórmula:

$$E = \frac{H'}{\log S}$$

Los valores cercanos a cero indican una baja diversidad y repartición muy desigual de los individuos de cada especie; conforme se acercan a la máxima diversidad (hasta 1) ocurre lo contrario (Begon *et al.*, 2001).

Una vez separados los parámetros de diversidad, abundancia de organismos y proporción de lodo para cada factor se realizó un análisis de variancia (ANOVA) para determinar si hay diferencias significativas entre los factores.

RESULTADOS

DESCRIPCION DE LA SECUENCIA

Gómez-Lizárraga (2008) realizó la descripción del núcleo K47 de la siguiente forma:

"secuencia sedimentaria relativamente homogénea... constituida fundamentalmente por sedimento limoso. En general, a todo lo largo de la secuencia es posible distinguir una estructura laminada, sin embargo ésta es más notoria a partir del cm 31. Se observan claramente intercalaciones de laminas oscuras color olivo oscuro (5Y 2/1) y laminas color gris olivo (5Y 3/2) de espesores de pocos milímetros. Esta estructura adquiere una inclinación de 5-7° aproximadamente a los 47 cm que se conserva hasta el final de la secuencia..." además se observan horizontes con "una alta abundancia de foraminíferos principalmente bentónicos en la parte superior del núcleo los cuales decrecieron en función de la profundidad (parte inferior) de la secuencia a excepción de regiones localizadas con alta concentración de los mismos."

MARCO CRONOESTRATIGRÁFICO

Con base en las dataciones de ^{210}Pb se estimó una tasa de sedimentación de ~0.77 mm/año, y un alcance de 120 a 2001 A.D., (Pérez Cruz et al., 2009) en el presente trabajo no se cuenta con el intervalo 0-1 por lo que la edad más reciente registrada se estima en el año 1994. Cada intervalo de profundidad (1cm) representa ~13 años de depósito (en este trabajo se hará referencia al año promedio que representan las muestras), y el espacio entre las muestras analizadas equivale a ~52 años excepto por el

primer y último intervalo que fueron ajustados a la disponibilidad de las muestras, en estos casos el intervalo equivale a ~39 años (Apéndice V)

GRANULOMETRÍA

A lo largo de todo el núcleo predominan los sedimentos lodosos (Apéndice II; Figura 9); seis de las muestras no estuvieron disponibles para el análisis; de las 138 muestras lavadas y pesadas, 110 (casi el 80% del total de las muestras) presentan entre 70 y 90% de lodo, 23 (17%) contienen menos de 70% y de éstas, únicamente 3 (13-14, 61-62 y 138-139) tienen entre 50 y 60%. Las muestras que presentan más de 90% de lodo son 53-54, 115-116, 117-118, 125-126 y 137-137, representan el 3% del total.

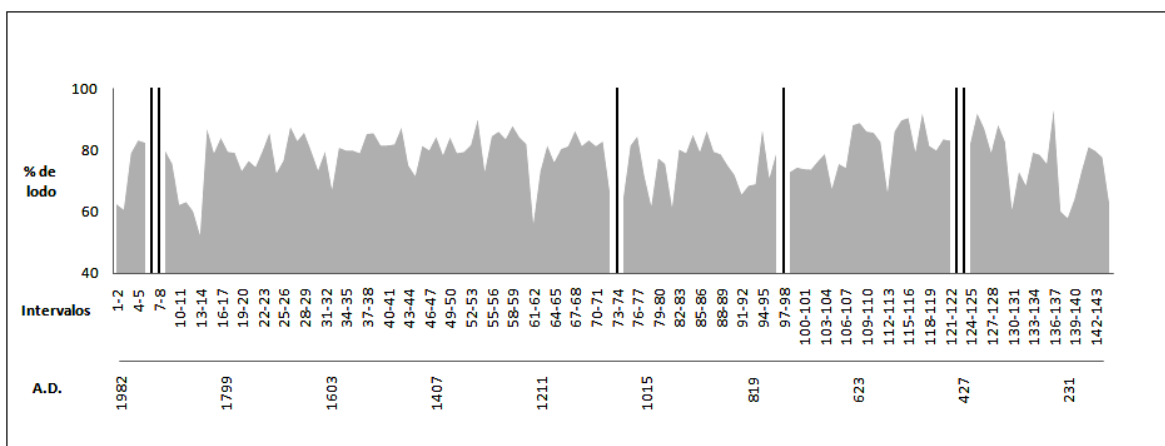


Figura 9. Porcentaje de peso total conformado por lodos en cada intervalo de profundidad, las barras indican las muestras que no estuvieron disponibles para el análisis.

ABUNDANCIA DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

Todas las muestras analizadas presentaron gran abundancia de foraminíferos bentónicos, en promedio 8853 organismos por gramo de sedimento con una desviación estándar de 3520 unidades. Sin embargo en la parte profunda del núcleo, a partir de la muestra 95-96 (~800 A.D.) la abundancia es notablemente menor al promedio (Apéndice III. Figura 10).

DIVERSIDAD

Se identificaron 53 especies de foraminíferos bentónicos correspondientes a 30 géneros; las especies más abundantes en todo el núcleo fueron: *Pseudoparella exigua*, *Takayanagia delicata*, *Bolivina seminuda*, *Buliminella tenuata*, *Bolivina subadvena*, *Bolivina spissa*, *Pseudoparella sandiegoensis* y *Buliminella curta* (Apéndice IV).

La riqueza de especies tiene un promedio de 26.4 a lo largo del núcleo, las muestras más pobres son: 35-36, 105-106 y 140-141 con 22, 21 y 18 spp. respectivamente; en el otro extremo la mayor riqueza de especies la presenta la muestra 60-61 con 35 spp. (Apéndice VI. Figura 10.).

El Índice de Simpson (D) oscila de 0.77 (muestra 10-11) a 0.91 (muestras 65-66, 130-131 y 144-145) con un promedio de 0.87. Cabe destacar que en la parte superior del núcleo, D está por debajo del promedio y va aumentando gradualmente hasta alcanzar un pico en la muestra 65-66, las muestras inferiores a este punto tienen una variación más homogénea, presentando únicamente dos puntos relativamente bajos (de 0.83) en las muestras 90-91 y 140-141 (Apéndice VI; Figura 10).

El Índice de Shannon (H') presenta valores desde 2.93 hasta 4.01 con un promedio de 3.52; la Equitatividad (E) tiene un promedio de 0.75 y sus valores oscilan de 0.62 a 0.84; ambos parámetros presentan básicamente el mismo patrón que D a lo largo del núcleo con una diferencia: la mayor diversidad de especies de acuerdo con H' se presenta en el intervalo 60-61 (Apéndice VI. Figura 10).

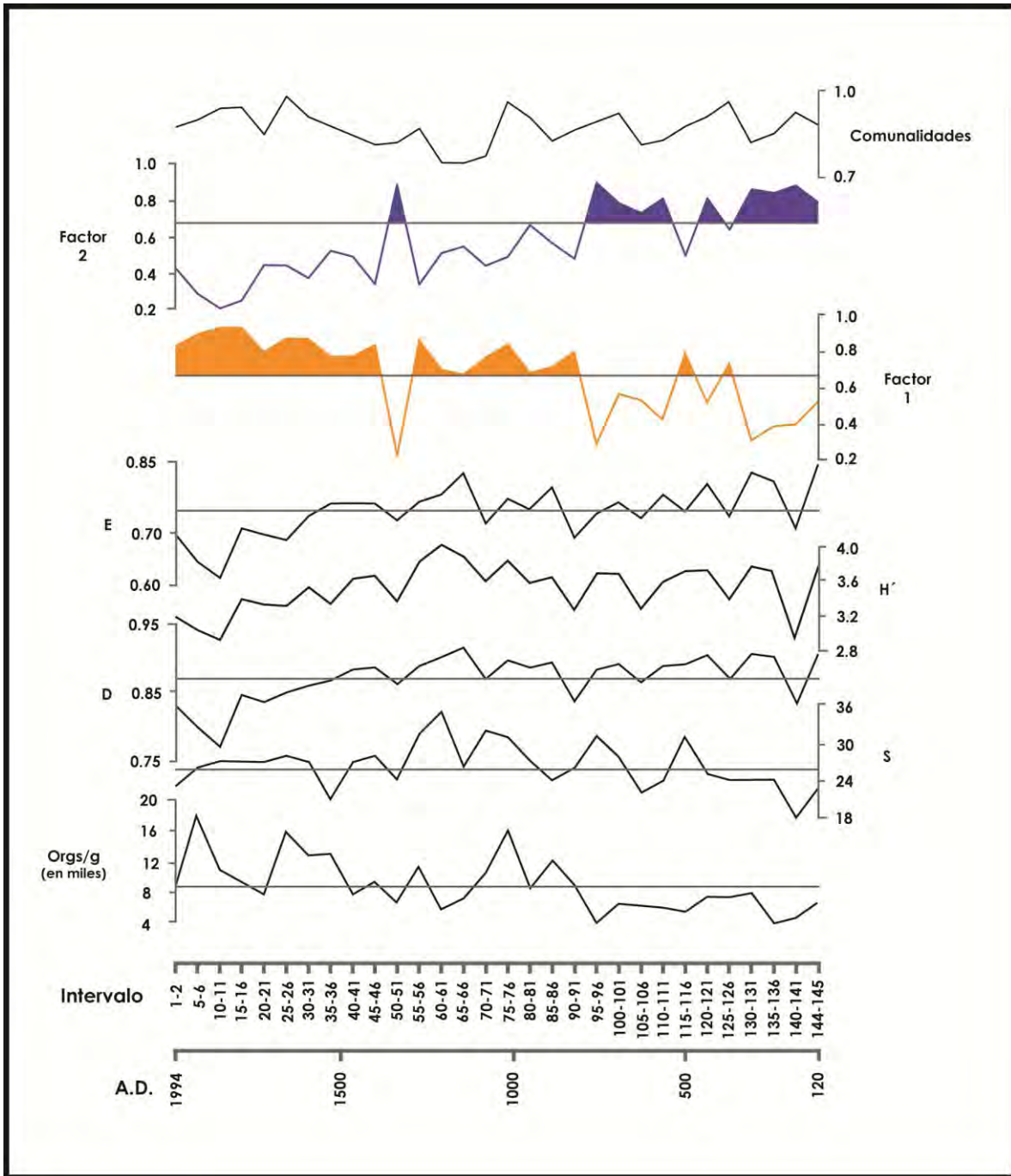


Figura 10. Comparación de los parámetros tomados en cuenta para el estudio: Equitatividad (E), Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D), riqueza específica (S); las líneas en cada grafica representan el promedio, excepto en el caso de los Factores 1 y 2, donde marcan el punto en donde se separan los factores.

ANÁLISIS DE FACTORES

Aquellas especies cuyos valores no alcanzaron el 1% en por lo menos 3 muestras se consideraron poco representativas del ambiente, o bien que su presencia era accidental, por lo que se excluyeron del análisis. En total 25 especies (casos) y 30 muestras (variables) fueron consideradas en análisis de factores modo Q (Apéndice VII).

Se establecieron dos factores, los cuales explican más del 86% de la variabilidad total de los datos. El "Eigenvalue" o valor propio del factor indica la importancia que tiene cada factor en la varianza total de los datos, cuanto más alto es el valor propio del factor, más importante es este factor en el modelo. Asociado a este valor se muestra el porcentaje de la variación que es explicado por cada factor (Tabla 2).

	Valor Propio	% Total de la varianza	Valor Propio Acumulado	% Acumulado
FACTOR 1	23.501	78.338	23.501	78.338
FACTOR 2	2.527	8.422	26.028	86.760

Tabla 2: Valor propio (Eigenvalues) de cada factor.

El "Factor Loading" (FL) o carga del factor, indica la importancia del factor en cada una de las muestras, mientras más alto es este valor más dominante es el factor en el intervalo de profundidad correspondiente (Hair *et al.*, 1998). También se muestran las comunalidades para indicar el total de la varianza explicada por el número total de los factores, este valor es una medida del ajuste del modelo a la matriz de datos observados (Hair, 1998).

El Factor 2 es predominante de 120 a ~800 A.D., esto es de la base del núcleo hasta el intervalo 95-96, excepto por los intervalos 115-116 y 125-126, y vuelve a ser importante en el intervalo 50-51 (~1342 A.D.). En los intervalos 35-36, 80-81, 85-86, y 125-126, $FL > 0.5$ aunque no alcanza a ser el factor dominante, lo que puede interpretarse como una combinación de los factores en estos intervalos. Los "factor scores" (FS) o puntajes del factor, representan el grado en el que cada caso (especie) está relacionado con cada uno de los factores, mientras más alto es el FS más representativa es la especie en el factor (Hair, 1998). De acuerdo con los FS, *B. seminuda*, *B. subadvena* y *B. tenuata* destacan con valores superiores a 1.2 (Apéndice VIII; Figura 11).

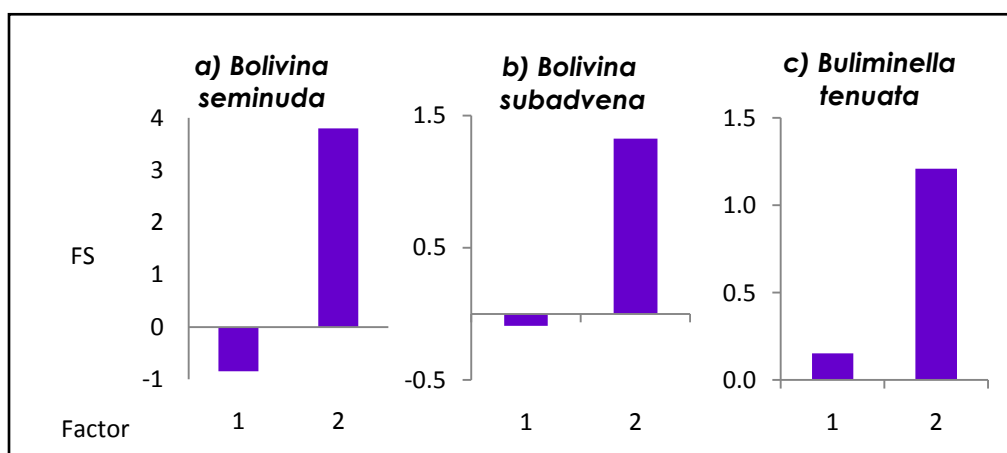


Figura 11. Puntajes del factor (FS) de las especies representativas del Factor 2 para ambos factores.

De ~800 a 1994 A.D. la secuencia se encuentra bien representada por el Factor 1, excepto por una muestra en ~1342 A.D. En la parte inferior del núcleo los valores del Factor 1 vuelven a ser dominantes en ~493 y 362 A.D.; los intervalos correspondientes a ~688, 623, 427 y 114 A.D., están dominadas por el Factor 2, aunque también muestran $FL > 0.5$ para el Factor 1, lo que indica que ambos factores son importantes en estos intervalos (Apéndices V y VIII; Figura 10). Las especies más representativas del Factor 1 son *P.*

exigua y *T. delicata* con valores de 3.34 y 3.00, respectivamente (Apéndice IX; Figura 12).

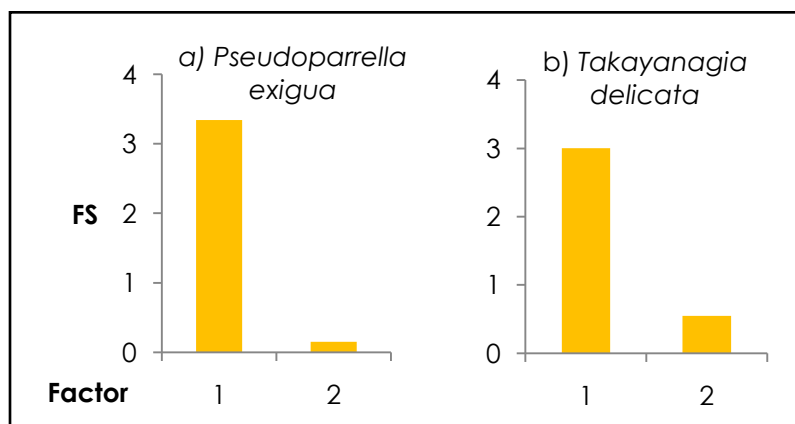


Figura 12. Puntajes del factor (FS) de las especies representativas del Factor 1 para ambos factores.

DISCUSIÓN

La proporción de lodos con respecto a las arenas es elevada a lo largo de todo el núcleo, es decir que hay una evidente dominancia de sedimentos finos en toda la columna sedimentaria. La fracción $>63 \mu\text{m}$ está compuesta esencialmente por restos de foraminíferos y radiolarios, además de algunas concreciones de material arcilloso que no se disgregaron durante el lavado por lo que en algunos casos la proporción de lodos, incluso podría ser mayor de lo registrado (Apéndice II. Figura 7).

La presencia de laminaciones a lo largo de todo el núcleo K47 indica la ausencia de organismos bioturbadores en el área durante todo el periodo de tiempo que abarca la secuencia (≈ 2000 años); esta situación está asociada a condiciones de suboxia (Donegan y Schrader, 1982). Douglas y colaboradores (2007) indican que en el GC la preservación de láminas ocurre a concentraciones de oxígeno $<0.2 \text{ ml/L}$, por lo que se infiere que

toda la secuencia sedimentaria se depositó bajo concentraciones de oxígeno iguales o menores que ésta.

La dominancia de organismos pertenecientes a los géneros *Bolivina*, *Cassidulina* y *Epistominella* presentes a lo largo de todo el núcleo confirma la presencia de una ZOM intensa (Pérez-Cruz y Machain-Castillo, 1990; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Kaiho, 1994; Bernhard *et al.*, 1997).

Al comparar los resultados de diversidad y abundancia de organismos separando las secciones correspondientes a los dos escenarios que se establecieron mediante el análisis de factores se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza específica (S), la equitatividad (E) y la abundancia de organismos (Tabla 3. Figura 13).

		Factor 1	Factor 2	p
Riqueza específica	S	27.45	24.3	0.0197
Índice de Simpson	D	0.862	0.883	0.109
Índice de Shannon	H'	3.504	3.554	0.645
Equitatividad	E	0.735	0.774	0.044
Abundancia (orgs/g)		10259	6041	0.00018

Tabla 3. Análisis de varianza de los atributos poblacionales evaluados mostrando el valor promedio para cada variable. Valor *p* obtenido mediante ANOVA. Se destacan en los valores donde la diferencia entre factores es significativa.

Las afinidades ecológicas de las especies representativas de cada factor nos proporcionan una idea sobre el ambiente que prevaleció cuando se depositaron los sedimentos. En la Tabla 4 se presenta una revisión sobre las concentraciones de oxígeno donde se han reportado las especies, y nos sirve de referencia para establecer los rangos de tolerancia a condiciones pobres en oxígeno disuelto; de acuerdo con esta tabla la asociación de especies que representa al Factor 1 abarca un rango ligeramente más

amplio de concentraciones de oxígeno, si bien ambos rangos de tolerancia se traslapan casi en su totalidad.

No obstante, estudios minuciosos como el que realizaron Bernhard y colaboradores (1997) encuentran la máxima abundancia de *B. seminuda* entre 0.04 y 0.08 ml/L, y de *B. tenuata* a concentraciones cercanas a 0.02 ml/L. Así mismo, Paez *et al.* (2001) mostraron que *B. seminuda* es la especie más abundante en condiciones de suboxia intensa (0.01ml/L) en las costas de Chile.

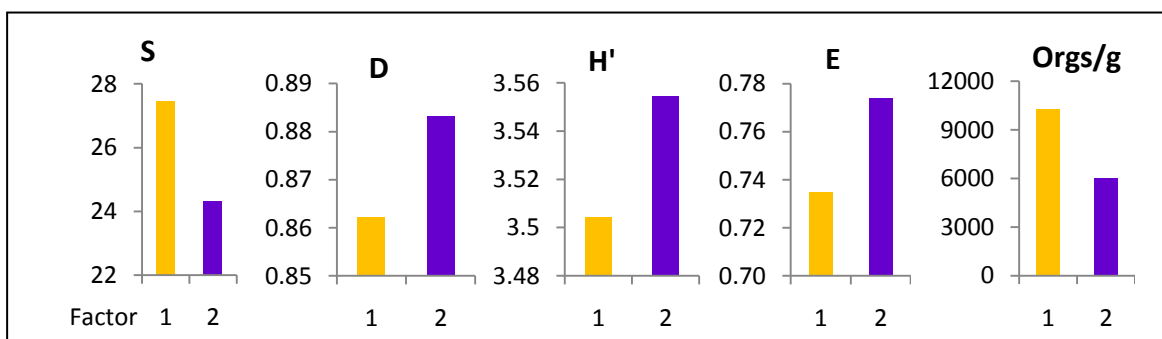


Figura 13. Valores Promedio de los atributos poblacionales para cada factor: (S) riqueza específica (# de especies presentes), (D) índice de Simpson, (H') índice de Shannon, (E) equitatividad y número de organismos por gramo de sedimento.

En el registro fósil, Cannariato y Kennett (1999) y Cannariato y colaboradores (1999), en las costas de California, asocian la presencia del género *Bolivina* y la especie *Buliminella tenuata* con sedimentos laminados depositados durante los interstadiales (periodos cálidos) a muy bajas concentraciones de oxígeno (0.1 – 0.3 ml/L, de acuerdo con Kaiho, 1994), posiblemente producto de un incremento en la productividad primaria superficial. Mientras que una mayor abundancia del género *Epistominella* (*Pseudoparella*) se presenta junto con sedimentos masivos, no laminados depositados durante los estadiales (periodos fríos) a concentraciones de oxígeno >1.5 ml/L; y las especies de género *Cassidulina* (*Takayanagia*) se

presentan dentro de una asociación a concentraciones de 0.3 a 1.5 ml/L; los autores asocian estas condiciones con poco flujo de materia orgánica hacia el fondo y por lo tanto, baja productividad superficial.

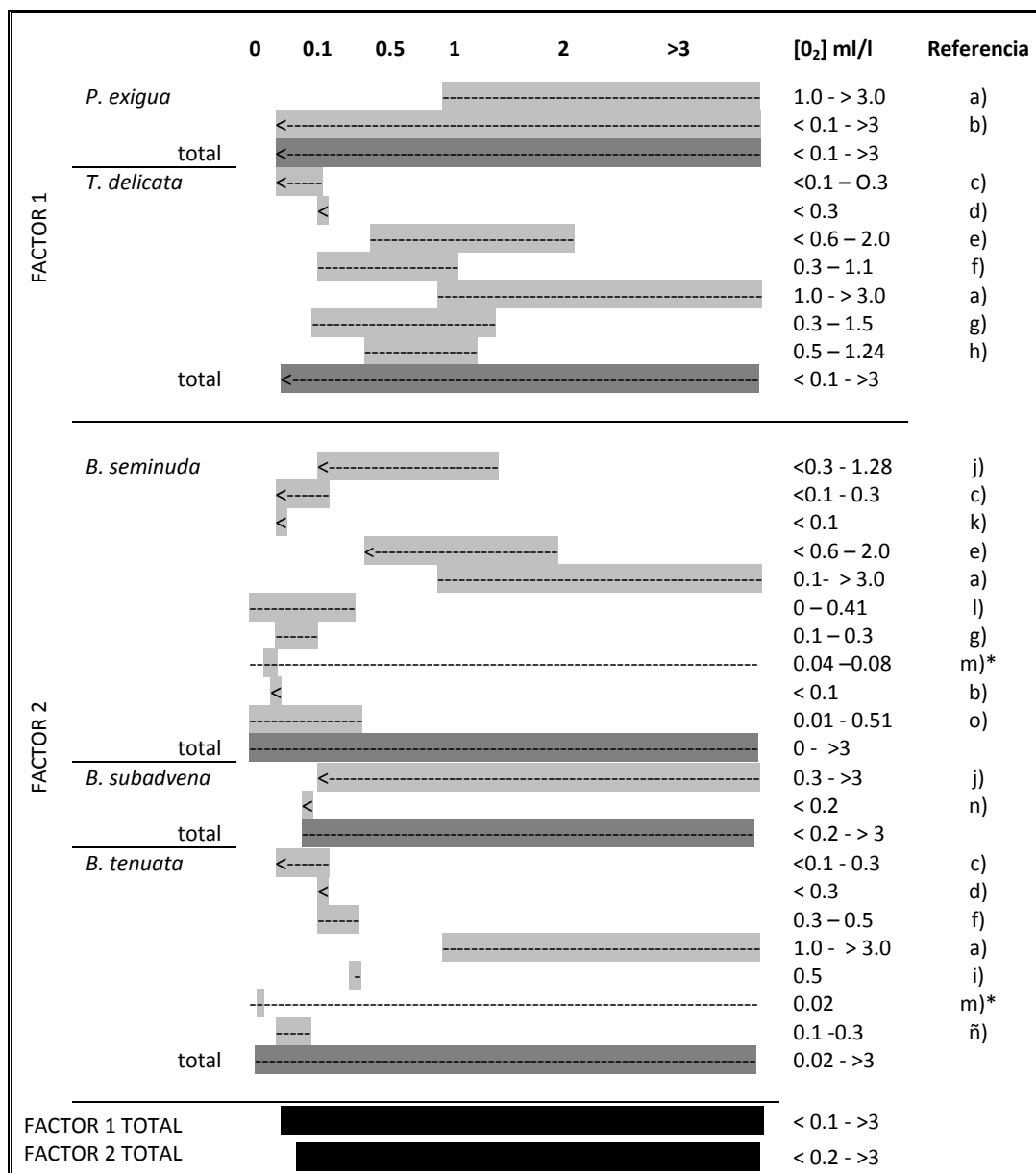


Tabla 4. Concentraciones de oxígeno en las que se han reportado las especies representativas de cada factor. Referencias: a) Ingle *et al.*, 1980; b) Resig, 1981; c) Harman 1964; d) Blake, 1976; e) Golik y Phleger 1977; f) Douglas y Heitman, 1979; g) Kaiho, 1994; h) Heinz *et al.*, 2008; i); Quinterno y Gardner, 1987; j) Smith, 1964; k) Phleger y Soutar, 1973; l) Pérez-Cruz y Machain-Castillo, 1990; m) Bernhard *et al.*, 1997, *se indica máxima abundancia; n) Streeter, 1972; ñ) Cannariato y Kennett, 1999; o) Páez *et al.*, 2001.

McKay y colaboradores (2005), también asocian una alta abundancia de *B. tenuata* con periodos donde las altas concentraciones de molibdeno (Mo) sugieren una menor concentración de oxígeno; mientras que a *Epistominella* spp. las encuentran más frecuente cuando la concentración de Mo disminuye como consecuencia de un aumento en la cantidad de oxígeno disuelto en las costas de Vancouver, Canadá. La relación entre alta abundancia de *B. seminuda*, mayor concentración de Mo y por lo tanto, menor concentración de oxígeno en el registro paleoceanográfico también la reportan Gutiérrez *et al.* (2009) en las costas de Perú.

Por las referencias anteriores podemos considerar a la asociación que representa el Factor 2 (*B. seminuda*, *B. subadvena* y *B. tenuata*) como indicadora de suboxia más intensa con respecto al Factor 1. El hecho de que no todas las especies representativas del Factor 2 se hayan registrado en concentraciones tan bajas de oxígeno puede adjudicarse a la falta de datos y no necesariamente a la intolerancia a la suboxia.

Con esta información es posible establecer dos escenarios distintos para la zona de estudio durante el intervalo temporal que abarca la secuencia K47:

En la base del núcleo, desde 120 a ~800 A.D., predomina el Factor 2, que presenta una riqueza específica ligeramente menor que la del Factor 1, donde las especies más representativas son *Bolivina seminuda*, *Bolivina subadvena* y *Buliminella tenuata*, todas ellas relacionadas a condiciones de suboxia intensa. La presencia de dichas especies y la baja diversidad de la población, se puede explicar debido a que el estrés óxico sólo permite el desarrollo de algunas especies bien adaptadas.

Concentraciones muy bajas de oxígeno disuelto en aguas intermedias como el AIP son muy comunes en áreas donde la productividad primaria

superficial es alta; esta relación ha sido reportada anteriormente en registros paleoceanográficos del Pacífico Oriental (Ganeshram y Pedersen, 1998; Thunell, 1998; Cannariato y Kennett, 1999; Cannariato *et al.*, 1999; McKay *et al.*, 2005, entre otros).

En zonas de alta productividad primaria superficial, se esperaría alta densidad de foraminíferos bentónicos debido a la mayor cantidad de aporte de carbono orgánico hacia el fondo (Herguera, 1992). No obstante, en los intervalos correspondientes al Factor 2 el número total de organismos por gramo de sedimento es relativamente menor que en el Factor 1. Naidu y Malgren (1995) indicaron que en las ZOM la cantidad de oxígeno disuelto puede estar controlando las poblaciones de foraminíferos bentónicos, por lo que la menor densidad de organismos puede ser el resultado de la suboxia intensa. Otra causa de lo anterior podría ser la disolución de carbonatos inducida por la acidificación que genera la alta productividad silicea y la descomposición de materia orgánica; los datos de foraminíferos planctónicos analizados por Machain-Castillo y colaboradores (2010) muestran que el número de foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento en la secuencia K47 es muy baja en las muestras correspondientes al Factor 2 (Figura 14), lo que apoya la hipótesis sobre la disolución de organismos en este periodo.

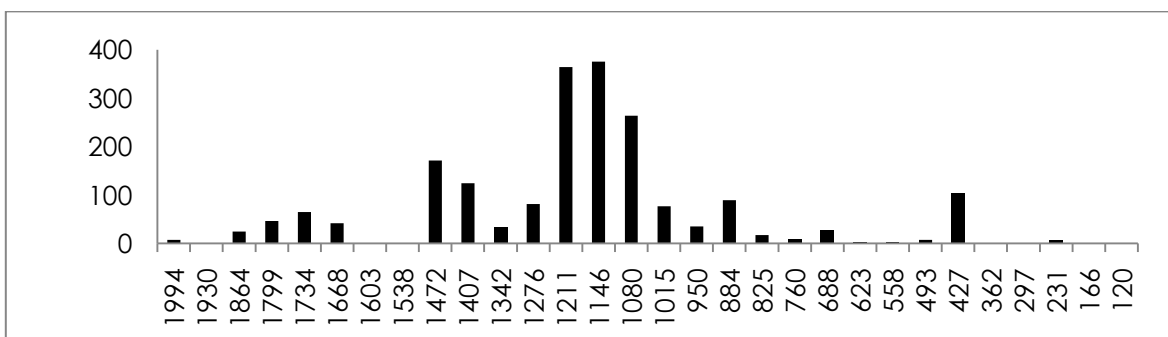


Figura 14: Foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento (en miles) de la secuencia K47, el eje horizontal representa la edad A.D. (tomado de Machain Castillo *et al.* 2010).

Como se mencionó anteriormente, la mayor productividad primaria superficial en la Cuenca de La Paz ocurre en el otoño, cuando la temperatura comienza a disminuir después del verano y los vientos del noroeste se intensifican. Es posible que un escenario similar haya prevalecido durante este periodo; otros trabajos reportan condiciones similares en el GC, por ejemplo: Juillet-Leclerc y Schrader (1987) reportan un periodo de bajas temperaturas superficiales de 2000 a 1500 A.P. (0-500 A.D.) dentro del GC; esto es de esperarse cuando los vientos intensos generan surgencias que acarrearán aguas profundas ricas en nutrientes, disminuyendo la temperatura del agua superficial y aumentando la productividad biológica del lado oriental. Así mismo, Barron y Bukri (2007) reportan condiciones relativamente frías entre 120 y 860 A.D., indicadas por una mayor proporción de producción invernal de diatomeas y silicoflagelados; es decir, asociaciones que son predominantes durante el invierno cuando la productividad primaria es alta.

Haug y colaboradores (2001) registran altos porcentajes de Titanio (Ti) en los sedimentos marinos de la cuenca de Cariaco, al norte de Venezuela, desde 200 A.C. y hasta ~800 A.D.; altas concentraciones de Ti indican mayor precipitación en la región, ya que este metal llega a los depósitos marinos cuando el cauce de los ríos aumenta por la mayor precipitación, como ocurre durante el verano cuando la ZCIT se encuentra en su posición boreal acarreando humedad. En las costas del Pacífico de Guatemala también se han registrado condiciones húmedas y estables en el periodo comprendido entre 2800 y 1200 B.P. -800 A.C. a 800 A.D. (Neff *et al.*, 2006), lo cual corrobora la posición boreal de la ZCIT en este periodo.

Posiblemente la posición promedio predominantemente boreal de la ZCIT generó mayor cantidad o intensidad de giros semipermanentes en la boca del golfo y esto indujo un aumento en la productividad superficial en la

zona de estudio, y la consecuente disminución en la concentración de oxígeno disuelto en el fondo registrada por las asociaciones de foraminíferos bentónicos.

El segundo periodo comprende de ~825 a 1994 A. D. La riqueza específica aumenta ligeramente con respecto a la etapa anterior; mientras que los índices de Simpson, Shannon y la equitatividad indican que la diversidad es menor; esto significa que la comunidad está representada por muchos individuos de una o pocas especies (dominantes) y pocos individuos del resto de las especies. *Pseudoparella exigua* y *Takayanagia delicata* son las especies representativas de esta asociación, ambas relacionadas a concentraciones relativamente mayores de oxígeno disuelto con respecto al periodo anterior (Cannariato y Kennett, 1999; Cannariato, et al., 1999).

El número de organismos por gramo de sedimento es mayor, lo cual también concuerda con un aumento en la concentración de oxígeno, posiblemente debido a una disminución en la productividad primaria superficial (Naidu y Malmgren, 1995), ya sea porque la disolución de testas calcáreas es menor (indicado por los foraminíferos planctónicos, Figura 14), o por que el oxígeno ya no es un factor limitante como indica el modelo de Jorissen *et al.* (1995); si bien, el carácter laminado de la secuencia indica que esta concentración no pudo ser mayor a 0.2 ml/L (Douglas *et al.*, 2007).

Las condiciones anteriores indican una disminución en la productividad primaria superficial durante este periodo. Condiciones similares de baja productividad biológica y aguas superficiales cálidas se han reportado al inicio de este periodo asociadas con el PCM, por ejemplo: Barron y Bukry (2007) reportan asociaciones de diatomeas y silicoflagelados característicos de temperaturas superficiales relativamente mayores cerca

de la boca del golfo y en su parte media; en la Cuenca Alfonso, Pérez-Cruz (2006) reporta una predominancia de aguas ecuatoriales cálidas en el periodo que comprende de 900 a 1200 años cal. A.P.; ambos trabajos asocian esta etapa con baja productividad biológica. Además, en el mismo periodo se registró en Centroamérica una serie de sequías supuestamente responsables del colapso de la civilización Maya (Hodell *et al.*, 2005; Peterson y Haug, 2006; Neff *et al.*, 2006; Conroy *et al.*, 2008; Carrillo-Bastos *et al.*, 2010).

En la cuenca de Cariaco, Haug y colaboradores (2001) indican una disminución en la cantidad de Ti presente en los sedimentos como resultado de menor aporte fluvial, lo que refleja menos precipitación en esta región, cerca de 1200 A.P. lo cual es congruente con las sequías en Centroamérica antes mencionadas; esto lo asocian con una posición promedio de la ZCIT relativamente austral, si bien este episodio es de corta duración. En este caso podríamos asociar estas condiciones con lo que ocurre actualmente durante “El Niño” cuando el agua se encuentra bien estratificada y disminuyen las surgencias y la productividad en el GC (Baumgartner *et al.*, 1991; Sancetta, 1995; Bernal *et al.*, 2001).

En el resto de este periodo (1200 A.D. al presente) se presentan 2 eventos climáticos: la PEH y un calentamiento gradual a partir de 1800 A.D., registrados en diversos trabajos en el GC (Juillet-Leclerc y Schrader, 1987; Haug *et al.*, 2001; Goñi *et al.*, 2006; Barron y Bukry, 2007; Staines-Urias *et al.*, 2009; entre otros); sin embargo, estos eventos no generan nuevos cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos, excepto por un intervalo en ~1342 A.D.; es posible que los organismos que colonizaron el nicho cuando el estrés óxico no era tan severo se hayan adaptado a las condiciones de suboxia muy intensa, y por esta razón no hayan desaparecido cuando ocurrieron los cambios climáticos en la superficie; o

bien, el cambio climático en la superficie no fue lo suficientemente intenso como para modificar el ambiente del fondo y provocar un cambio en las asociaciones.

CONCLUSIONES

La preservación de los sedimentos no bioturbados gracias a la presencia de una ZOM intensa en la Cuenca La Paz, Golfo de California, permite identificar cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos que responden a eventos climáticos ocurridos en los últimos 2000 años.

De acuerdo con los cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos se establecieron 2 periodos:

El primero abarca de 120 a ~800 A.D.; las especies *B. seminuda*, *B. subadvena* y *B. tenuata* representan este factor, junto con la baja riqueza específica indican condiciones de suboxia intensa, lo que refleja alta productividad superficial. La densidad de organismos es relativamente baja, lo que se atribuye a la disolución de organismos. Este escenario se asocia con mayor cantidad o intensidad de giros responsables de las surgencias en la región.

El segundo periodo abarca de ~800 A.D. hasta la cima del núcleo (1994 A.D.), la dominancia de las especies *T. delicata* y *E. exigua* junto con una mayor riqueza específica con respecto a la etapa anterior sugiere un aumento en la cantidad de oxígeno disuelto (aunque no mayor de 0.2ml/l); la mayor densidad de foraminíferos bentónicos se adjudica principalmente a que hay menos disolución de organismos calcáreos; esto se asocia con una baja productividad primaria superficial y aguas

estratificadas como ocurre durante "El Niño". El inicio de este periodo coincide con el establecimiento del PCM. Aunque se han reportado otros cambios climáticos posteriores, las asociaciones de foraminíferos bentónicos no han registrado éstos cambios, probablemente debido a la adaptación de los organismos a condiciones de suboxia más intensa, o bien a que los cambios no fueron lo suficientemente intensos para modificar las condiciones del fondo de la Cuenca de La Paz.

LITERATURA CITADA

- Álvarez Borrego S. y J. Lara Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. En : Simoneit, B. y J. Dauphin (Eds.), *The Gulf and Peninsula Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologist, Mem, 47:555-568.
- Armstrong, V. y M. D. Brasier. 2005. *Microfossils*. Blackwell Sci. Publ. Ltd. Australia 295 pp.
- Arnold, A. J. y W. C. Parker. 1999. Biogeography of Planctonic Foraminifera. En: Sen Gupta (Ed.), *Modern foraminifera*, *Kluwer Academic Publishers*, 103 -122.
- Baba, J., C. Peterson y H. Schrader. 1991. Fine-grained terrigenous sediment supply and dispersal in the Gulf of California during the last century. En: Dauphin, J. y B. Simoneit (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. *American Association of Petroleum Geology Memoires*, 47: 589-602.
- Badan Dagon, A., C. J. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Surface thermal patterns in Gulf of California. *Oceanologica Acta*, 8: 13-22.
- Badan Dagon, A., C. E. Dorman, M. A. Merrifield y C. D. Winant. 1991. The lower atmosphere over the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 96: 877-896.
- Bandy, O. L., 1961. Distribution of foraminifera, radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California. *Micropaleontology*, 7:1-26.
- Barron, J. A. y D. Bukry. 2007. Solar forcing of Gulf of California climate during the past 2000 yr suggested by diatoms and silicoflagellates. *Marine Micropaleontology*, 62: 115-139.
- Barry R.G. y R. J. Chorley. 2003. *Atmosphere, Weather and Climate*. 8th edition. Routledge, London. 421 pp.
- Baumgartner, T. R. y N. Christensen. 1985. Coupling the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*, 43: 825-848.
- Baumgartner, T. R., V. Ferreira Bartrina, y H. Schrader. 1985. A 20-year record of siliceous phytoplankton variability in the central Gulf of California. *Marine Geology*, 64:113-129.
- Baumgartner, T. R., V. Ferreira Bartina y P. Moreno Hentz. 1991. Varve formation in the Gulf of California: a reconsideration of the origin of the dark laminae from the 20th century varve record. En: Dauphin, J. y B. Simoneit (Eds.). *The Gulf*

and Peninsular Province of the Californias. *American Association of Petroleum Geology Memoires*, 47: 617-635.

- Bé, A. W. H. 1977. An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. En: Ramsay A.T.S. (Ed.), *Oceanic Micropaleontology*, Academic Press, Londres, 1-100.
- Bé, A. W. H. y D. S. Tolderund, 1971 Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. En: Funnell B. M. y W.R. Riedel (Eds.), *The Micropalaeontology of Oceans*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 105-149.
- Begon, M., J .L. Haarper y C. R. Townsend. 2001. *Ecology. Individuals populations and communities*. Third Edition. Black Well Science. USA. 1068 pp.
- Bernhard, J. M., B. K. Sen Gupta y P. F. Borne. 1997. Benthic foraminiferal proxy to estimate dysoxic bottom water oxygen concentrations: Santa Barbara Basin, U. S. Pacific continental margin. *Journal of Foraminiferal Research*, 27: 301-310.
- Bernhard, J. M., y B. K. Sen Gupta. 1999. Foraminifera of oxygen depleted environments. En: B. K. Sen Gupta (Ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 201-216.
- Bijma, J., W. W. Faber y C. Hemleben. 1990. Temperature and salinity limits for grow of some planktonic foraminifers in laboratory cultures. *Journal of Foraminiferal Research*, 20: 95-116.
- Blake, G. H. 1976. The distribution of benthic foraminifera in the outer borderland and its relationships to Pleistocene facies. *Tesis de Maestria*. Universidad de California del Sur, Los Angeles. 135 pp.
- Bordoni, S., P. E. Ciesielski, R. H. Johnson, B. D. Mc Noldy y B. Stevens. 2004. The low-level circulation of the North American Monsoon as revealed by QuikSCAT. *Geophysics Research Letters*. 31, doi:10.1029/ 2004 GL020009.
- Cannariato, K. G. y J. P. Kenneth. 1999. Climatically related millennial-scale fluctuations in strength of California margin oxygen-minimum zone during the past 60 k.y. *Geology*, 27: 975-978.
- Cannariato, K. G., J. P. Kenneth y R. J. Behl. 1999. Biotic response to late Quaternary rapid climate switches in Santa Barbara Basin: Ecological and evolutionary implications. *Geology*, 27:63-66.
- Carrillo Bastos, A., G. A. Islebe, N. Torrescano Valle y N. E. González. 2010. Holocene vegetation and climate history of central Quintana Roo, Yucatán Península, Mexico. *Review of Paleobotany and Palinology*, 160: 189-196

- Chelton, D. B., M. H. Freilich y S. K. Esbensen. 2000. Satellite observations of the wind jets off the Pacific coast of Central America. Part I: Case studies and statistical characteristics. *Monthly Weather Review*, 128:1993–2018.
- Conroy, J. L., J. T. Overpeck, J. E. Cole, T. M. Shanahan y M. Steintz-Kannan. 2008. Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred from a Galápagos lake sediment record. *Quaternary Science Reviews*, 27: 1166-1180.
- Corliss, J. O., y C. Chen. 1998. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16: 716-719.
- Corliss, J. O., 1994. An Interim Utilitarian ("user-friendly") Hierarchical Classification and Characterization of the Protist. *Acta Protozoologica*, 33:1-51.
- Cronin, T. M. 1999. Principles of Paleoclimatology. Columbia University Press. New York. 560 pp.
- Cronin, T. M., G. S. Dwyer, T. Kamiya, S. Schwede y D. A. Willard. 2003. Medieval Warm Period, Little Ice Age and 20th century temperature variability from Chesapeake Bay. *Global and Planetary Change*, 36: 17-29.
- Crowley T. J. y T. S. Lowery. 2000. How warm was the Medieval Warm Period? *Ambio*. 29: 51-55.
- Culver, S. J. y M. A. Buzas. 1999. Biogeography of neritic benthic Foraminifera. En: Sen Gupta (Ed.), *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, 93- 102.
- Cushman, J. A. y F. L. Parker. 1947. *Bulimina* and related foraminiferal genera. U. S. Geological Surv. Prof. Paper. 210: 55-176.
- Dansgaard, W., S. J. Johnsen y J. Moller. 1969. One thousand centuries of climatic record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet. *Science*, 166:377-381.
- Desprat, S., M. F. Sanchez Goñi y M. F. Loutre. 2003. Revealing climatic variability of the last tree millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 213: 63-78.
- Donegan, D. y H. Schrader. 1982. Biogenic and abiogenic components of laminated hemipelagic sediments in the central Gulf of California. *Marine Geology*, 48: 215-237.
- Douglas, M. G., R. A. Maddox, H. Kenneth y S. Reyes. 1993. The Mexican Monsoon. *Journal of Climate*, 6: 1665-1677.

- Douglas, R. G. y H. L. Heitman. 1979. Slope and basin benthic foraminifera of the California borderland. En: Doyle, L. J. y O. H. Pilkey (Eds.) *Geology of Continental Slopes*. SEPM Special Publication. 231- 246.
- Douglas, R. G., O. Gonzalez Yajimovich, J. Ledesma Vazquez y F. Staines Urias. 2007. Climate forcing, primary production and the distribution of Holocene biogenic sediments in the Gulf of California. *Quaternary Science Reviews*, 26: 115-129.
- Douglas, R. G. y F. Staines Urías. 2007. Dimorphism, Shell Mg/Ca ratios and stable isotope content in species of *Bolivina* (benthic foraminifera) in the Gulf of California, Mexico. *Journal of Foraminiferal Research*, 37:189-203.
- Duarzo, R. y T. R. Baumgartner. 2002. Evolution of oceanografic conditions off Baja California: 1997-1999. *Progress in Paleoceanography*, 54: 7-31.
- Ganeshram, R. S. y T. F. Pedersen. 1998. Glacial-interglacial variability in upwelling and bioproductivity off NW Mexico: Implications for Quaternary paleoclimate. *Paleoceanography*, 13: 634-645.
- Garrison, T. 2005. *Oceanography: An Invitation to Marine Science*. 5th ed. Thomson Brooks/Cole. 522 pp.
- Gaxiola Castro, G., S. Álvarez Borrego, M. F. Lavín, A. Zirino y A. Nájera Martínez. 1999. Spatial variability of the photosynthetic parameters and biomass of the Gulf of California phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 21: 231-245.
- Golik, A. y F. B. Phleger. 1977. Benthonic foraminífera from the Gulf of Panama. *Journal of Foraminiferal Research*, 7: 88-100.
- Gómez Lizárraga L. E. 2008. Estudio ecológico de los radiolarios policistíneos del Holoceno tardío, en la Cuenca de La Paz, Golfo de California. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias. UNAM. 77 pp.
- Gonzalez-Yajimovich, O., J. L. Pérez-Soto, G. E. Avila-Serrano y K. Meldhal. 2010. Sediment transport trends in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico, base don textural parameters and heavy mineral concentrations. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 6: 281-304.
- Goñi, M. A., R. C. Thunell, M. P., Woodwort y F. E. Müller-Karger. 2006. Changes in wind driven upwelling during the last three centuries: Interocean teleconnections. *Geophysical Research Letters*, 33: 1-4.
- Gooday, A. J. 2003. Benthic foraminifera (protista) as tools in deep-water paleoceanography: environmental influences on faunal characteristics. *Advanced Marine Biology*, 46:1-90.

- Gooday, A. J., L. A. Levin, P. Linke, y T. Heeger. 1992. The role of benthic foraminifera in deep-sea food webs and carbon cycling. En: Rowe G.T. y V. Pariente (Eds.). *Deep-Sea Food Chains and the Global Carbon Cycle*. (NATO ASI Ser., C, 360.) Kluwer, Dordrecht, 63-91.
- Groove, J. M. 1998. *The Little Ice Age*. London, Methuen. Routledge Editores. 500 pp.
- Gutierrez, D., A Sfeddine, D. B. Field, L. Ortileb, G. Vargas, F. P. Chávez, F. Velazco, V. Ferreira, P. Tapia, R. Salvattecí, H. Boucher, M. C. Morales, J. Valdés, J. L. Reyes, A. Campusano, M. Bousafir, M. Mandeng-Yogo, M. García y T. R. Baumgartner. 2009. Rapid reorganization in ocean biogeochemistry off Peru towards the end of the Little Ice Age. *Biogeosciences*, 6: 835-848.
- Guzmán, A. E. 1984. Geología petrolera del Golfo de California y áreas aledañas. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 32:19-42.
- Hair, J., R. Anderson, R. L. Tathman y W. Black. 1998. Factor analysis En: Hair, J., R. Anderson, R. L. Tathman y W. Black (Eds.), *Multivariate data analysis internacional edition*. 5a edición. Upper Saddle River. Prentice Hall, 87-138
- Harman. R. A. 1964. Distribution of foraminifera in Santa Barbara Basin, California. *Micropaleontology*, 10: 81-96.
- Haugh, G. H., K. A. Hughen, D. M. Sigman, L. C. Peterson y U. Röhl. 2001. Southward migration of the Intertropical Convergence Zone trough the Holocene. *Science*, 29: 1304-1308.
- Heinz, P., W. Ruschmeier y C. Hemleben. 2008. Live benthic assemblages at the Pacific continental margin of Costa Rica and Nicaragua. *Journal of Foraminiferal Research*, 38: 215-227.
- Herguera, J. C. 1992. Deep-sea benthic foraminifera and biogenic opal: Glacial to postglacial productivity changes in the western equatorial Pacific. *Marine Micropaleontology*, 19: 79-98.
- Herguera, J. C., G. Bernal Franco y A. Molina Cruz. 2003. Decadal surface variability in the lower Gulf of California: Records for the past 300 years. *Geofísica Internacional*, 42: 397-406.
- Hickey, B. M. 1979. The California Current System hypotheses and facts. *Progress in Oceanography*, 8:191- 279.
- Hillaire Marcel C. y A. de Vernal. 2007. Methods in late Cenozoic Paleooceanography: Introduction. En: Hillaire Marcel C. y A. de Vernal (Eds.), *Proxies in Late Cenozoic paleoceanography*. First edition. Elsevier, 1-15.

- Hodell, D. A., M. Brenner y J. H. Curtis. 2005. Terminal Classic drought in the northern Maya lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichancanab (Mexico). *Quaternary Science Reviews*, 24: 1413-1427.
- Ingle, J. C., G. Keller y R. L. Kolpack. 1990. Benthic foraminiferal biofacies, sediments and water masses of southern Perú-Chile Trench area, southeastern Pacific Ocean. *Micropaleontology*, 26:113-150.
- Jiménez, A., S. G. Marinone y A. Parés Sierra. 2005. Efecto de la variabilidad espacial y temporal del viento sobre la circulación en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 31: 357-368.
- Jorissen F. J., H. C. de Stigter y J. G. V. Widmark. 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*, 22: 3-15.
- Juillet Leclerc, A. y H. Schrader. 1987. Variations of upwelling intensity recorded in verved sediment from the Gulf of California during the past 3,000 years. *Nature*, 329:146-149.
- Kaiho, K. 1994. Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22: 719-722.
- Karlin, R., M. Lyle, y R. Zahn. 1992. Carbonate variations in the Northeast Pacific during the late Quaternary. *Paleoceanography*, 7: 43-61.
- Karstensen, J., L. Stramma y M. Visbeck. 2008. Oxygen minimum zones in the eastern tropical Atlantic and Pacific oceans. *Progress in Oceanography*, 77: 331-350.
- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review, *Progress in Oceanography*, 69: 181-217.
- Koutavas A., y J. Lynch Stieglitz. 2005. Variability of the marine ITCZ over the eastern Pacific during the past 30,000 years: Regional perspective and global context. En: Bradley R. y H. Diaz (Eds.), *The Hadley Circulation: Present Past and Future*. Springer, 347-369.
- Krebs, C. 1989 *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York, 654 pp.
- Lamb, H. H. 1985. *Climatic History and the future*. Princeton University Press, 749 pp.
- Lavín, M. F. y S. G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: Velasco Fuentes O.U., J. Sheinbaum, y J. Ocho (Eds.), *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Dordrecht, Netherlands, 173-204.

- Lavín, M. F., E. Beier, y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. En: M. F. Lavín (Ed.), *Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3 Geofísica Mexicana*, 141-171.
- Lavin, M. F., R. Castro, E. Beier, V. M. Godínez, 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*, 114, C02025, doi:10.1029/2008JC004896.
- Loeblich, A. R. y H. Tappan. 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*, v. 1-2. Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 970 pp.
- Machain Castillo M.L., D. Caballero Rodríguez, L. Pérez Cruz, L. E. Gómez Lizárraga y R. Gío Argáez. 2010. Cambios en la oxigenación del agua de fondo en la Cuenca de la Paz, determinados por las asociaciones de foraminíferos y su relación con el colapso de la civilización Maya. Enviado a la reunión Anual 2010 de la Unión Geofísica Mexicana.
- Mann M. E., Z. Zhang, S. Rutherford, R. S. Bradley, M. K. Hughes, D. Shindell, C. Ammann, G. Faluvegi y F. Ni. 2009. Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*. 326: 1256-1260.
- Mann, M.E. 2002. Little Ice Age. En: *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Munn, T. (Ed.), ISBN 0-471-97796-9.
- Mantua, N., D. Haidvogel, Y. Kushnir y N. Bond. 2002. Making the climate connections: Bridging scales of space and time in the U.S. GLOBEC program. *Oceanography*, 15: 75-86.
- Marszalek, D. S., R. C. Wright y W. W. Hay. 1969. Function of the test in foraminifera. *Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies*, 19: 341-352.
- Matoba, Y. y A. Yamaguchi. 1982. Late Pliocene to Holocene benthic foraminifers of the Guaymas Basin, Gulf of California: Sites 477 through 481. parte 2. En: Curray, J.R., y D. C. Moore, et al., (Eds.) U.S. Govt. Printing Office: Initial Reports of DSDP. Washington, 1027-1056.
- Mayewski, P. A., E. E. Rohlingb, J. C. Stagerc, W. Karlén, K. A. Maasch, L. D. Meekere, E. A. Meyersona, F. Gassef, S. van Kreveldg, K. Holmgrend, J. Lee Thorph, G. Rosqvistd, F. Racki, M. Staubwasserj, R. R. Schneiderk y E. J. Steigl. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62: 243-255.
- McKay, J. L., T. F. Pedersen y J. Southon. 2005. Intensification of the oxygen minimum zone in the northeast Pacific off Vancouver Island during the last deglaciation: Ventilation and/or export production? *Paleoceanography*, 20, PA4002, doi:10.1029/2003PA000979.

- Molina Cruz, A., 1986. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 13: 95-120.
- Molina Cruz, A., L. L. Pérez Cruz y M. A. Monreal Gómez. 2002. Laminated sediments in Bay of La Paz, Gulf of California: a depositional cycle regulated by pluvial flux. *Sedimentology*, 49:1401-1410.
- Monreal Gómez, M. A., A. Molina Cruz y D. A. Salas de León. 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. *Journal of Marine Systems*, 30: 305-315.
- Moy, C. M., G. O. Seltzer, D. T. Rodbell y D. M. Anderson. 2002. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch. *Nature*, 420: 162-165.
- Murray, J. W. 1991. Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera. Longman, Harlow, 397 pp.
- Murray, J. W. 2006. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, 426 pp.
- Naidu, P. D. y B. A. Malmgren. 1995. Do benthic foraminifer records represent a productivity index in oxygen minimum zone areas? An evaluation from the Oman Margin, Arabian Sea. *Marine Micropaleontology*, 26: 49:55.
- Natland, M. L. 1950. Report on the Pleistocene and Pliocene foraminifera. *Geological Society of America*, 43: 1-52.
- Neff, H., D. M. Pearsall, J. G. Jones, B. Arrollo de Pieters y D. E. Freidel. 2006. Climate change and population history in the Pacific Lowlands of Southern Mesoamerica. *Quaternary Research*, 65: 390-400.
- Páez, M., O. Zúñiga, J. Valdez y L. Ortlieb. 2001. Foraminíferos Bentónicos recientes en sedimentos micróxicos de la Bahía Mejillones del Sur (23° S), Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 36: 123-133.
- Pares Sierra A., M. Lopez y E. Pavia. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental. En: Lavín (Ed), Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3 Geofísica Mexicana, 1-24.
- Parker, F. L. y W. H. Berger. 1971. Faunal and solution patterns of planctonic foraminifera in surface sediments of the South Pacific. *Deep-sea Research*, 18: 73-107.
- Parker, W. C. y A. J. Arnold. 1999. Quantitative methods of data analysis in foraminiferal ecology. En: Sen Gupta (ed.), *Modern foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, 71-89.

- Pérez Cruz, L. L. 2000. Estudio paleoceanografico y sedimentologico hologenico de la Bahía de La Paz, Golfo de California. *Tesis de Doctorado en Ciencias del Mar (Oceanografía Geológica)* UNAM. 186 pp.
- Pérez Cruz, L. L. y M. L. Machain Castillo. 1990. Benthic foraminifera of the oxygen minimum zone, continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Journal of Foraminiferal Research*, 20: 312-325.
- Pérez Cruz, L. L. 2006 Climate and ocean variability during middle and late Holocene recorded in laminated sediments from Alfonso Basin, Gulf of California, Mexico. *Quaternary Research*, 65: 401-410.
- Peterson, L. C. y G. H. Haug. 2006. Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 234: 97-113.
- Phleger, F. B. y A. Soutar. 1973. Production of benthic foraminifera in three east Pacific oxygen minima. *Micropaleontology*, 19: 110-115.
- Pike, J. y A. E. S. Kemp. 1997. Early Holocene decadal-scale ocean variability recorded in Gulf of California laminated sediments. *Paleoceanography*, 12: 227-238.
- Quintero, P. J. y J. V. Gardner. 1987. Benthic foraminifera on the continental shelf an upper slope Russian River area, northern California. *Journal of Foraminiferal Research*, 17: 132- 152
- Raphael, M. N. 2003. The Santa Ana winds of California. *Earth Interactions*, 7:1-13.
- Resig, J. M. 1981. Biogeography of benthic foraminifera of the northern Nazca Plate an adjacent continental margin. *Geological Society of American Memories*, 154: 619-665.
- Sachs, J. P., D. Sachse, R. H. Smittenberg, Z. Zhang, D. Battisti y S. Golubic. 2009. Southward movement of the Pacific intertropical convergence zone AD 1400-1850. *Nature Geoscience*, DOI: 10.1038/NGEO554.
- Santamaría del Angel, E. y S. Alvarez Borrego. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research*, 99: 7411-7421.
- Sen Gupta, B. K. 1999. Systematics of modern Foraminifera. En: Sen Gupta (ed.), *Modern foraminifera, Kluwer Academic Publishers*, 7-36
- Sen Gupta, B. K. y M. L. Machain-Castillo. 1993. Foraminifera in oxygen poor habitats. *Marine Micropaleontology*, 20: 183-201.

- Silverberg, N., E. Shumilin, F. Aguirre Bahena, A. P. Rodríguez Castañeda y D. Sapozhnikov. 2007. The impact of hurricanes on sedimenting particulate matter in the semi-arid Bahía de La Paz, Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 27: 2513-2522.
- Smith, P. B. 1964. Ecology of benthonic species; Recent foraminifera off Central America. *U. S. Geological Survey Paper*. 429: 51 pp.
- Staines-Urias, F., R. G. Douglas y D. S. Gorsline. 2009. Oceanographic variability in the southern Gulf of California over the last 400 years: Evidence from faunal and isotopic records from planktic foraminífera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 284: 337-354.
- Streeter, S. S. 1972. Living benthonic foraminifera of the Gulf of California, a factor analysis of Pleger's 1964 data. *Micropaleontology*, 18: 64-73.
- Thunell, R. C. 1998. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: a response to climate forcing. *Deep Sea Research*, 45: 2059-2083.
- Thunell, R. C., 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. *Quaternary Science Reviews*, 12: 451-464.
- Tierney, J. E., D. W. Oppo, Y. Rosenthal, J. M. Russell y B. K. Linsley. 2010. Coordinates hydrological regimen in the Indo-Pacific region during the last two millennia. *Paleoceanography*, 25, PA1102, doi:10.1029/2009PA001871.
- Torres Orozco E. 1993. Análisis Volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. *Tesis de Maestría en Ciencias*. CICESE, Ensenada B.C. México. 80 pp.
- Tovilla Hernández, C. 1991. Golfo de California. Oceanografía geológica. En: de la Lanza-Espino (Ed.), *Oceanografía de los mares mexicanos*. AGT Editor, S.A. México, D.F., 403-447.
- Trasviña, A., M. Ortiz Figueroa, H. Herrera, M. A. Cosío y E. González. 2003. "Santa Ana" winds and upwelling filaments off Northern Baja California. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 37: 113-129.
- Uchio, T. 1960. Ecology of living benthonic foraminifera from the San Diego, California, area. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication*, 5: 1-72.
- Van Andel, T. H. 1963. Algunos aspectos de la sedimentación reciente en el Golfo de California. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 2: 85-94.

- Van Andel, T. H. 1964. Recent marine sediments of Gulf of California. En: Tj. H. van Andel y G. G. Shor Jr. (Eds.), *Marine Geology of the Gulf of California. Mem. Am. Assoc. Pet. Geol.*, 3: 216-310.
- Wefer, G., W. H. Berger, J. Bijma y G. Fischer. 1999. Clues to ocean history: a brief overview of proxies. En: Fischer, G., Wefer, G. (Eds.), *Uses of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1-68.
- Xie, S. P. y K. Saito. 2000. Formation and variability of a northerly ITCZ in a hybrid coupled AGCM: Continental forcing and oceanic-atmospheric feedback. *Journal of Climate*, 14: 1262–1276.

APÉNDICE

APÉNDICE I: ESPECIES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS Y SUS REFERENCIAS

Clave de las referencias: (a) Matoba y Yamaguchi, 1982; (b) Uchio, 1960; (c) Bandy, 1961; (d) Cushman y Parker, 1947; (e) Natland, 1950; (f) comparación con los organismos de la Colección del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, se indica el numero de catálogo; y (g) comparación con las descripciones del catalogo en línea: [Micropaleontology Project: Ellis & Messina Catalogues](#)

Especie determinada	Referencia
<i>Angulogerina carinata</i> Cushman, 1927	(b) Lam. 7, fig. 19
<i>Bolivina acutula</i> Bandy, 1953	(b) Lam. 5, fig. 1
<i>Bolivina minuta</i> Natland, 1938	(b) Lam. 7, fig. 1
<i>Bolivina pacifica</i> Cushman and McCulloch, 1942	(a) Lam. 1, fig. 8-9
<i>Bolivina plicata</i> d'Orbigny, 1839	(c) Lam. 4, fig. 2
<i>Bolivina seminuda</i> Cushman, 1911	(a) Lám. 1, fig. 14a-b
<i>Bolivina spissa</i> Cushman, 1926	(b) Lam. 7, fig. 7-8
<i>Bolivina striatula</i> Cushman, 1922	(f) CCML- 122 -MI
<i>Bolivina subadvena</i> Cushman 1926	(a) Lam. 1, fig. 15-16
<i>Bolivina vaughani</i> Natland, 1938	(f) CCML- 988 -MI
<i>Bulimina pagoda</i> Cushman, 1927	(a) Lam. 2, fig. 3
<i>Buliminella curta</i> Cushman, 1925	(a) Lam. 1, fig. 2
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny), 1839	(c) Lam. 6, fig. 2
<i>Buliminella striata</i> d'Orbigny var. <i>mexicana</i> Cushman, 1947	(d) Lam. 28, fig. 4
<i>Buliminella tenuata</i> Cushman, 1927	(a) Lám. 1, fig. 4-5
<i>Cassidulina curvata</i> Phleger and Parker, 1951	(f) CCML- 1222 -MI
<i>Cassidulina modeloensis</i> Rankin, 1934	(g)
<i>Cassidulina subcarinata</i> Uchio, 1960	(a) Lam. 3, fig. 11a-b
<i>Cassidulina tumida</i> Natland, 1938	(a) Lam. 3, fig. 12a-b
<i>Cassidulinoides cornuta</i> , (Cushman), 1913	(c) Lam. 4, fig. 12
<i>Cassidulinoides waltoni</i> Uchio, 1960	(b) Lam. 9, fig. 24-27
<i>Ceratobulimina pacifica</i> Cushman and Harris, 1927	(g)

<i>Chilostomela ovoidea</i> Reuss, 1850	(a) Lam. 4, fig. 1
<i>Cibicides mckannai</i> Galloway and Wissler, 1927	(c) Lam. 3, fig. 14
<i>Dentalina communis</i> d'Orbigny 1826	(f) CCML-1231 -MI
<i>Evolvocassidulina brazilensis</i> Cushman, 1922	(b) Lam. 9, fig. 13-14
<i>Fissurina</i> sp. Reus, 1850	(g)
<i>Globobulimina pacifica</i> Cushman, 1927	(a) Lam. 2, fig. 8
<i>Globobulimina pacifica</i> var. <i>compressa</i> Hornaday, 1961	(g)
<i>Globocassidulina subglobosa</i> Brady, 1881	(b) Lam. 9, fig. 21
<i>Gyroidina soldanii</i> d'Orbigny, 1820	(c) Lam. 5, fig. 11
<i>Lagena</i> sp. Walker and Boyz, 1784	(g)
<i>Loxostomum pseudobeyrichi</i> Cushman, 1926	(a) Lám 1, fig. 25
<i>Nonion grateloupi</i> (d'Orbigny, 1839)	(f) CCML-531 -MI
<i>Nonionella stella</i> Cushman and Moyer 1930	(b) Lam. 4, fig. 15-16
<i>Nonionella</i> sp. 4	(f) CCML-1599 -MI
<i>Planulina ornata</i> d'Orbigny, 1826	(f) CCML- 1626-MI
<i>Praeglobobulina spinescens</i> (Brady), 1884	(g)
<i>Pseudoparella bradyana</i> Cushman, 1917	(a) Lam. 3, fig. 2a-c
<i>Pseudoparella exigua</i> (Brady)= <i>Epistominella exigua</i> Brady, 1884	(f) CCML-1638 -MI
<i>Pseudoparella obesa</i> (Bandy and Arnal)= <i>Epistominella obesa</i> Bandy and Arnal, 1957	(a) Lam. 3, fig. 3a-c
<i>Pseudoparella sandiegoensis</i> Uchio, 1960	(b) Lam. 9, fig. 6-7
<i>Pullenia markinae</i> Coryell and Mossman, 1942	(e) Lam. 9. Fig. 14a-b
<i>Pullenia bulloides</i>	(f) CCML- 1084-MI
<i>Quadrिमorphina laevigata</i> Pleger and Parker, 1951	(a) Lam. 4, fig. 2a-c
<i>Rosalina bulbosa</i> Parker, 1954	(g)
<i>Stanforthia seminuda</i> Natland, 1938	(g)
<i>Suggrunda eckisi</i> Natland, 1917	(a) Lam. 3, fig. 10a-b
<i>Takayanagia delicata</i> (Cushman) = <i>Cassidulina delicata</i> Cushman, 1927	(b) Lam. 9, fig. 17
<i>Uvigerina curticosta</i> Cushman, 1927	(a) Lam. 2, fig.10-12
<i>Uvigerina exellens</i> Todd, 1984	(a) Lam. 2, fig. 9
<i>Uvigerina incilis</i> Todd, 1948	(c) Lam. 3, fig. 13
<i>Valvulineria araucana</i> Cushman, 1926	(a) Lam. 2, fig. 13a-c

APÉNDICE III: NÚMERO DE ORGANISMOS POR GRAMO DE SEDIMENTO

MUESTRA	orgs/ g
1-2	8054
5-6	17931
10-11	10962
15-16	9396
20-21	7537
25-26	15704
30-31	12741
35-36	12847
40-41	7648
45-46	9261
50-51	6810
55-56	11305
60-61	5824
65-66	7092
70-71	10350
75-76	16021
80-81	8449
85-86	11990
90-91	9082
95-96	4128
100-101	6413
105-106	6277
110-111	5971
115-116	5492
120-121	7330
125-126	7501
130-131	7927
135-136	3943
140-141	4877
144-145	6732

APÉNDICE IV: ABUNDANCIA ABSOLUTA DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

spp	PROFUNDIDAD														
	1-2	5-6	10-11	15-16	20-21	25-26	30-31	35-36	40-41	45-46	50-51	55-56	60-61	65-66	70-71
<i>Angulogerina carinata</i>	0	2	0	0	1	1	1	2	0	1	2	4	7	1	1
<i>Bolivina acutula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina pacifica</i>	0	1	4	10	0	3	4	0	1	0	1	0	4	4	0
<i>Bolivina plicata</i>	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Bolivina seminuda</i>	32	45	19	14	39	49	39	47	67	24	105	30	49	26	44
<i>Bolivina spissa</i>	8	5	5	3	12	7	9	9	56	54	13	42	42	35	64
<i>Bolivina striatula</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
<i>Bolivina subadvena</i>	25	35	11	15	25	37	30	32	31	30	39	32	33	28	41
<i>Bolivina vaughani</i>	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
<i>Bolivina. Minuta</i>	9	22	17	10	7	12	10	1	11	2	2	7	8	1	5
<i>Bulimina pagoda</i>	5	3	2	1	4	4	2	0	2	0	0	4	3	0	1
<i>Buliminella curta</i>	10	14	4	11	9	6	26	34	15	11	8	10	6	2	7
<i>Buliminella elegantissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Buliminella striata mex</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buliminella tenuata</i>	26	55	14	16	32	49	32	32	47	21	19	18	27	22	26
<i>Cassidulina corbyi</i>	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	1	1	0	2
<i>Cassidulina modeloensis</i>	5	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	5	5	0	2
<i>Cassidulina subcarinata</i>	1	24	0	1	1	2	7	10	12	4	5	4	15	16	7
<i>Cassidulina tumida</i>	4	5	4	4	4	13	13	11	35	18	0	6	13	11	13
<i>Cassidulinoides waltoni</i>	1	0	0	1	0	0	3	0	0	2	4	6	6	8	4
<i>Cassidulinoidesdes comuta</i>	0	0	3	0	5	2	3	3	1	1	1	4	0	1	5
<i>Ceratobulimina pacifica</i>	0	0	0	1	4	0	0	0	0	2	0	0	3	0	4
<i>Chilostomela ovoidea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cibicides muknai</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	1	0	0
<i>Dentalina comunis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evolocassidulina brazilensis</i>	0	3	1	2	7	2	3	3	3	4	1	4	7	2	1
<i>Fisurina sp</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Globobulimina pacifica</i>	0	0	0	0	3	1	4	0	0	1	0	0	1	0	1
<i>Globobulimina pacifica var compresa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	3	11	1	0	0	3	4	0	0	10	0	5	5	0	0
<i>Gyroidina soldanii</i>	0	0	0	0	1	1	2	1	7	5	0	26	7	8	2
<i>Lagena sp</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	2	0	0
<i>Loxostomum pseudobeyrichi</i>	4	1	2	5	4	12	4	2	18	9	6	9	21	8	7
<i>Nonion grateloupi</i>	0	3	3	1	0	3	1	3	4	2	1	4	7	1	0
<i>Nonionella stella</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella sp. 4</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Planulina omata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Praeoglobulina spinescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudoparrella bradyana</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15	1	6	0	1
<i>Pseudoparrella exigua</i>	54	245	126	70	55	125	133	94	72	97	35	70	39	41	57
<i>Pseudoparrella obesa</i>	1	5	3	2	2	2	5	2	3	5	69	1	1	1	8
<i>Pseudoparrella sandiegoensis</i>	6	19	2	1	3	18	22	12	17	41	15	22	18	24	24
<i>Pullenia bulloides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pullenia markinae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Quadriformina laevigata</i>	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2	0
<i>Rosalina bulbosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	9	0
<i>Staiforthia seminuda</i>	3	6	8	2	3	3	2	0	10	2	2	3	2	3	6
<i>Suggrunda eckisi</i>	1	10	6	13	6	10	15	9	13	4	3	12	2	2	9
<i>Takayanagia delicata</i>	103	137	97	62	117	114	76	54	146	59	63	112	107	35	135
<i>Uvigerina curticosata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina exellens</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	4	6	0	6	1	0	4
<i>Uvigerina incilis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Valvulineria araucana</i>	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	306	657	339	253	350	484	452	363	581	419	413	455	456	293	488

ABUNDANCIA ABSOLUTA (CONT.)

spp	PROFUNDIDAD														
	75-76	80-81	85-86	90-91	95-96	100-101	105-106	110-111	115-116	120-121	125-126	130-131	135-136	140-141	144-145
<i>Angulogerina carinata</i>	12	7	8	4	4	3	1	0	9	1	8	13	16	3	7
<i>Bolivina acutula</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5	0	0	0	0
<i>Bolivina pacifica</i>	2	0	0	3	3	4	1	0	3	0	1	6	0	0	0
<i>Bolivina plicata</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina seminuda</i>	47	52	50	44	89	62	53	79	41	75	68	61	49	91	38
<i>Bolivina spissa</i>	29	9	26	4	12	20	13	10	20	35	4	14	5	2	14
<i>Bolivina striatula</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bolivina subadvena</i>	29	46	28	16	23	34	50	30	3	42	41	37	39	33	17
<i>Bolivina vaughani</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4
<i>Bolivina. minuta</i>	4	5	4	2	0	3	1	0	2	1	0	0	0	1	0
<i>Bulimina pagoda</i>	1	1	0	1	0	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0
<i>Buliminella curta</i>	6	8	11	3	11	12	9	9	12	10	17	9	12	12	5
<i>Buliminella elegantissima</i>	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	8	0	0	0
<i>Buliminella striata mex</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buliminella tenuata</i>	21	28	47	37	19	32	64	15	51	37	51	47	40	43	22
<i>Cassidulina subcarinata</i>	14	4	24	8	7	11	2	5	6	17	1	6	6	3	7
<i>Cassidulina curvata</i>	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cassidulina modeloensis</i>	0	0	2	2	1	3	1	7	0	0	0	3	1	0	3
<i>Cassidulina tumida</i>	21	14	15	10	3	2	1	4	18	14	6	7	8	2	14
<i>Cassidulinoides comuta</i>	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1
<i>Cassidulinoides waltoni</i>	5	1	6	0	3	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
<i>Ceratobulimina pacifica</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chilostomela ovoidea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cibicides muknai</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1
<i>Dentalina comunis</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Evocassidulina brazilensis</i>	2	2	1	0	2	1	1	0	0	6	0	1	1	1	0
<i>Fisurina sp</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Globobulimina pacifica</i>	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0	3	0	0	0
<i>Globobulimina pacifica var compresa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	1	2	0	3	0	0	4	15	9	3	10	0	7	4	0
<i>Gyroidina soldanii</i>	3	3	9	3	2	4	0	0	3	1	6	0	4	0	3
<i>Lagena sp</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Loxostomum pseudobeyrichi</i>	8	14	6	6	8	12	7	5	18	20	5	10	9	0	7
<i>Nonion grateloupi</i>	2	2	1	0	2	0	0	0	5	1	0	6	2	0	1
<i>Nonionella stella</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nonionella sp.4</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Planulina ornata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Praeoglobulina spinescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudoparrella bradyana</i>	0	0	0	0	8	1	3	25	4	0	0	0	1	0	1
<i>Pseudoparrella exigua</i>	93	74	93	101	43	37	41	44	84	49	84	54	36	51	30
<i>Pseudoparrella obesa</i>	6	0	0	5	41	8	3	39	7	6	8	38	4	2	8
<i>Pseudoparrella sandiegoensis</i>	20	21	37	7	16	7	4	24	32	15	23	40	23	17	30
<i>Pullenia bulloides</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pullenia markinae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Qadrimorphina laevigata</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	3	7	1	0	1	1	1
<i>Rosalina bulbosa</i>	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Staiforthia seminuda</i>	5	2	5	1	2	2	1	1	0	1	2	2	1	0	1
<i>Suggrunda eckisi</i>	10	2	3	1	3	5	6	2	2	8	6	1	0	0	4
<i>Takayanagia delicata</i>	74	47	43	50	42	65	60	69	69	54	100	22	27	41	32
<i>Uvigerina curticosta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina exellens</i>	1	1	2	1	0	1	8	1	0	4	3	0	3	1	0
<i>Uvigerina incilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Valvulineria araucana</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TOTAL	434	351	424	315	354	337	334	393	410	412	453	393	298	309	251

APÉNDICE V: CRONOLOGÍA (EN A.D.)

MUESTRA	INTERVALO QUE REPRESENTAN		AÑO PROMEDIO
1-2	1988	a 1994	1982
5-6	1936	a 1942	1930
10-11	1870	a 1876	1864
15-16	1805	a 1811	1799
20-21	1740	a 1746	1734
25-26	1674	a 1680	1668
30-31	1609	a 1615	1603
35-36	1544	a 1550	1538
40-41	1478	a 1484	1472
45-46	1413	a 1419	1407
50-51	1348	a 1354	1342
55-56	1282	a 1288	1276
60-61	1217	a 1223	1211
65-66	1152	a 1158	1146
70-71	1086	a 1092	1080
75-76	1021	a 1027	1015
80-81	956	a 962	950
85-86	890	a 896	884
90-91	825	a 831	819
95-96	760	a 766	754
100-1101	694	a 700	688
105-106	629	a 635	623
110-111	564	a 570	558
115-116	499	a 505	493
120-121	433	a 439	427
125-126	368	a 374	362
130-131	303	a 309	297
135-136	237	a 243	231
140-141	172	a 178	166
144-145	120	a 126	114

APÉNDICE VI: RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

MUESTRA	RIQUEZA ESPECÍFICA	ÍNDICE DE SIMPSON	ÍNDICE DE SHANNON-WEINER	EQUITATIVIDAD
1-2	23	0.83	3.19	0.71
5-6	26	0.80	3.05	0.65
10-11	27	0.77	2.93	0.62
15-16	27	0.84	3.39	0.71
20-21	27	0.83	3.33	0.70
25-26	28	0.85	3.33	0.69
30-31	27	0.86	3.51	0.74
35-36	21	0.87	3.35	0.76
40-41	27	0.88	3.62	0.76
45-46	28	0.88	3.66	0.76
50-51	24	0.86	3.35	0.73
55-56	32	0.89	3.84	0.77
60-61	35	0.90	4.01	0.78
65-66	26	0.91	3.87	0.82
70-71	32	0.87	3.61	0.72
75-76	31	0.89	3.83	0.77
80-81	27	0.88	3.57	0.75
85-86	24	0.89	3.65	0.80
90-91	26	0.83	3.26	0.69
95-96	31	0.88	3.69	0.75
100-101	28	0.89	3.68	0.76
105-106	22	0.86	3.27	0.73
110-111	24	0.89	3.58	0.78
115-116	31	0.89	3.70	0.75
120-121	25	0.90	3.72	0.80
125-126	24	0.87	3.39	0.74
130-131	24	0.91	3.77	0.82
135-136	24	0.90	3.71	0.81
140-141	18	0.83	2.97	0.71
144-145	23	0.91	3.80	0.84

APÉNDICE VII: MATRIZ DE ABUNDANCIA RELATIVA PARA EL ANALISIS DE
FACTORES

	1-2	5-6	10-11	15-16	20-21	25-26	30-31	35-36	40-41	45-46	50-51	55-56	60-61	65-66	70-71
<i>Angulogerina carinata</i>	10.81	6.93	5.78	5.76	11.85	10.38	8.84	13.13	11.69	5.81	25.74	6.83	11.19	9.32	9.40
<i>Bolivina minuta</i>	8.45	5.39	3.34	6.17	7.60	7.84	6.80	8.94	5.41	7.26	9.56	7.29	7.53	10.04	8.76
<i>Bolivina pacifica</i>	2.70	0.77	1.52	1.23	3.65	1.48	2.04	2.51	9.77	13.08	3.19	9.57	9.59	12.54	13.68
<i>Bolivina seminuda</i>	8.78	8.47	4.26	6.58	9.73	10.38	7.26	8.94	8.20	5.08	4.66	4.10	6.16	7.89	5.56
<i>Bolivina spissa</i>	3.38	2.16	1.22	4.53	2.74	1.27	5.90	9.50	2.62	2.66	1.96	2.28	1.37	0.72	1.50
<i>Bolivina subadvena</i>	1.01	0.92	2.43	0.82	0.91	0.64	0.45	0.00	1.75	0.48	0.49	0.68	0.46	1.08	1.28
<i>Buliminella curta</i>	1.35	0.15	0.61	2.06	1.22	2.54	0.91	0.56	3.14	2.18	1.47	2.05	4.79	2.87	1.50
<i>Buliminella tenuata</i>	3.04	3.39	5.17	4.12	2.13	2.54	2.27	0.28	1.92	0.48	0.49	1.59	1.83	0.36	1.07
<i>Cassidulina modeloensis</i>	0.34	1.54	1.82	5.35	1.82	2.12	3.40	2.51	2.27	0.97	0.74	2.73	0.46	0.72	1.92
<i>Cassidulina subcarinata</i>	0.00	0.15	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	1.45	0.00	1.37	0.23	0.00	0.85
<i>Cassidulina tumida</i>	0.00	0.31	0.00	0.00	0.30	0.21	0.23	0.56	0.00	0.24	0.49	0.91	1.60	0.36	0.21
<i>Cassidulinoides waltoni</i>	2.03	2.93	0.61	0.41	0.91	3.81	4.99	3.35	2.97	9.93	3.68	5.01	4.11	8.60	5.13
<i>Evolvocassidulina brazilensis</i>	0.34	0.77	0.91	0.82	0.61	0.42	1.13	0.56	0.52	1.21	16.91	0.23	0.23	0.36	1.71
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.68	0.23	1.37	0.00	0.21
<i>Gyroidina soldanii</i>	18.24	37.75	38.30	28.81	16.72	26.48	30.16	26.26	12.57	23.49	8.58	15.95	8.90	14.70	12.18
<i>Loxostomum pseudobeyrichi</i>	34.80	21.11	29.48	25.51	35.56	24.15	17.23	15.08	25.48	14.29	15.44	25.51	24.43	12.54	28.85
<i>Nonion communis</i>	1.35	0.77	1.22	1.65	1.22	2.75	2.95	3.07	6.11	4.36	0.00	1.37	2.97	3.94	2.78
<i>Pseudoparrella bradyana</i>	0.34	3.70	0.00	0.41	0.30	0.42	1.59	2.79	2.09	0.97	1.23	0.91	3.42	5.73	1.50
<i>Pseudoparrella exigua</i>	0.00	0.46	0.30	0.82	2.13	0.42	0.68	0.84	0.52	0.97	0.25	0.91	1.60	0.72	0.21
<i>Pseudoparrella obesa</i>	1.01	1.69	0.30	0.00	0.00	0.64	0.91	0.00	0.00	2.42	0.00	1.14	1.14	0.00	0.00
<i>Pseudoparrella sandiegoensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.21	0.45	0.28	1.22	1.21	0.00	5.92	1.60	2.87	0.43
<i>Staiforthia seminuda</i>	0.00	0.46	0.91	0.41	0.00	0.64	0.23	0.84	0.70	0.48	0.25	0.91	1.60	0.36	0.00
<i>Suggrundia eckisi</i>	0.00	0.15	1.22	4.12	0.00	0.64	0.91	0.00	0.17	0.00	0.25	0.00	0.91	1.43	0.00
<i>Takayanagia delicata</i>	1.69	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.17	0.48	0.00	1.14	1.14	0.00	0.43
<i>Uvigerina exellens</i>	0.34	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.48	0.98	1.37	1.37	2.87	0.85

MATRIZ DE ABUNDANCIA RELATIVA PARA EL ANALISIS DE FACTORES (CONT.)

	75-76	80-81	85-86	90-91	95-96	100-101	105-106	110-111	115-116	120-121	125-126	130-131	135-136	140-141	144-145
<i>Angulogerina carinata</i>	3.65	1.07	1.76	2.37	3.60	2.20	2.01	3.67	2.04	1.41	6.31	1.56	2.55	3.34	2.01
<i>Bolivina minuta</i>	2.85	0.83	1.02	2.54	2.31	1.66	1.54	2.50	0.94	1.76	2.34	1.66	1.72	3.60	1.87
<i>Bolivina pacifica</i>	0.91	0.12	0.46	0.51	1.11	0.31	0.46	0.70	1.71	3.17	0.78	2.18	2.19	4.50	2.92
<i>Bolivina seminuda</i>	2.97	1.31	1.29	2.71	2.96	2.20	1.65	2.50	1.43	1.23	1.14	0.93	1.41	2.83	1.19
<i>Bolivina spissa</i>	1.14	0.33	0.37	1.86	0.83	0.27	1.34	2.65	0.46	0.64	0.48	0.52	0.31	0.26	0.32
<i>Bolivina subadvena</i>	0.34	0.14	0.74	0.34	0.28	0.13	0.10	0.00	0.30	0.12	0.12	0.16	0.10	0.39	0.27
<i>Buliminella curta</i>	0.46	0.02	0.18	0.85	0.37	0.54	0.21	0.16	0.55	0.53	0.36	0.47	1.09	1.03	0.32
<i>Buliminella tenuata</i>	1.03	0.52	1.57	1.69	0.65	0.54	0.51	0.08	0.34	0.12	0.12	0.36	0.42	0.13	0.23
<i>Cassidulina modeloensis</i>	0.11	0.24	0.55	2.20	0.55	0.45	0.77	0.70	0.40	0.23	0.18	0.62	0.10	0.26	0.41
<i>Cassidulina subcarinata</i>	0.00	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.35	0.00	0.31	0.05	0.00	0.18
<i>Cassidulina tumida</i>	0.00	0.05	0.00	0.00	0.09	0.04	0.05	0.16	0.00	0.06	0.12	0.21	0.36	0.13	0.05
<i>Cassidulinoides waltoni</i>	0.68	0.45	0.18	0.17	0.28	0.81	1.13	0.94	0.52	2.40	0.90	1.14	0.94	3.08	1.10
<i>Evolvocassidulina brazilensis</i>	0.11	0.12	0.28	0.34	0.18	0.09	0.26	0.16	0.09	0.29	4.15	0.05	0.05	0.13	0.37
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.05	0.31	0.00	0.05
<i>Gyroidina soldanii</i>	6.16	5.82	11.64	11.85	5.08	5.61	6.84	7.33	2.19	5.69	2.10	3.63	2.03	5.27	2.60
<i>Loxostomum pseudobeyrichi</i>	11.76	3.25	8.96	10.50	10.81	5.12	3.91	4.21	4.45	3.46	3.78	5.81	5.58	4.50	6.16
<i>Nonion communis</i>	0.46	0.12	0.37	0.68	0.37	0.58	0.67	0.86	1.07	1.06	0.00	0.31	0.68	1.41	0.59
<i>Pseudoparrella bradyana</i>	0.11	0.57	0.00	0.17	0.09	0.09	0.36	0.78	0.37	0.23	0.30	0.21	0.78	2.06	0.32
<i>Pseudoparrella exigua</i>	0.00	0.07	0.09	0.34	0.65	0.09	0.15	0.23	0.09	0.23	0.06	0.21	0.36	0.26	0.05
<i>Pseudoparrella obesa</i>	0.34	0.26	0.09	0.00	0.00	0.13	0.21	0.00	0.00	0.59	0.00	0.26	0.26	0.00	0.00
<i>Pseudoparrella sandiegoensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.04	0.10	0.08	0.21	0.29	0.00	1.35	0.36	1.03	0.09
<i>Stairforthia seminuda</i>	0.00	0.07	0.28	0.17	0.00	0.13	0.05	0.23	0.12	0.12	0.06	0.21	0.36	0.13	0.00
<i>Suggrunda eckisi</i>	0.00	0.02	0.37	1.69	0.00	0.13	0.21	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.21	0.51	0.00
<i>Takayanagia delicata</i>	0.57	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.03	0.12	0.00	0.26	0.26	0.00	0.09
<i>Uvigerina exellens</i>	0.11	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.12	0.24	0.31	0.31	1.03	0.18

APÉNDICE VIII: "FACTOR LOADINGS" Y COMUNALIDADES

PROFUNDIDAD	FACTOR 1	FACTOR 2	COMUNALIDADES
1-2	0.82964726	0.42614626	0.86991521
5-6	0.90303525	0.27849654	0.89303298
10-11	0.94443237	0.20186172	0.93270066
15-16	0.93436175	0.25082638	0.93594576
20-21	0.80637827	0.44164652	0.84529756
25-26	0.88274083	0.44001801	0.97284722
30-31	0.87554596	0.37059038	0.90391796
35-36	0.77488475	0.52161242	0.87252589
40-41	0.77386224	0.48920192	0.83818129
45-46	0.83180326	0.34110178	0.80824709
50-51	0.19467248	0.88477425	0.82072285
55-56	0.86763438	0.33390904	0.86428466
60-61	0.70298288	0.51127107	0.75558303
65-66	0.67568463	0.54560736	0.75423711
70-71	0.76110150	0.43849929	0.77155713
75-76	0.84745272	0.48610156	0.95447084
80-81	0.68666846	0.65686374	0.90298355
85-86	0.71057802	0.56327645	0.82220148
90-91	0.79401447	0.48105613	0.86187397
95-96	0.27113492	0.90318492	0.88925715
100-101	0.56146192	0.77615552	0.91765688
105-106	0.52604103	0.72930671	0.80860745
110-111	0.41103940	0.81020604	0.82538721
115-116	0.79707765	0.48648132	0.87199684
120-121	0.50381895	0.81198647	0.91315557
125-126	0.73582371	0.64358195	0.95563426
130-131	0.29448530	0.85569554	0.81893644
135-136	0.37926920	0.84032282	0.84998756
140-141	0.38632125	0.87792590	0.91999800
144-145	0.51376195	0.78295000	0.87696205

APÉNDICE IX: "FACTOR SCORES"

SPP	FACTOR 1	FACTOR 2
<i>Angulogerina carinata</i>	-0.46823	-0.244895
<i>Bolivina minuta</i>	0.01194	-0.848400
<i>Bolivina pacifica</i>	-0.30582	-0.635364
<i>Bolivina seminuda</i>	-0.84805	3.801073
<i>Bolivina spissa</i>	0.36330	-0.084876
<i>Bolivina subadvena</i>	-0.09127	1.325470
<i>Buliminella curta</i>	-0.12322	-0.195169
<i>Buliminella tenuata</i>	0.15224	1.210271
<i>Cassidulina modeloensis</i>	-0.39627	-0.556282
<i>Cassidulina subcarinata</i>	0.01439	-0.394113
<i>Cassidulina tumida</i>	-0.25192	-0.242286
<i>Cassidulinoides waltoni</i>	-0.33207	-0.607239
<i>Evolvocassidulina brazilensis</i>	-0.31646	-0.620523
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	-0.33358	-0.510234
<i>Gyroidina soldanii</i>	-0.21790	-0.616206
<i>Loxostomum pseudobeyrichi</i>	-0.26060	-0.171588
<i>Nonion grateloupi</i>	-0.35056	-0.594210
<i>Pseudoparrella bradyana</i>	-0.56916	-0.306226
<i>Pseudoparrella exigua</i>	3.34239	0.153272
<i>Pseudoparrella obesa</i>	-1.12071	0.888287
<i>Pseudoparrella sandiegoensis</i>	-0.21095	0.611082
<i>Staiforthia seminuda</i>	-0.26344	-0.646120
<i>Suggrunda eckisi</i>	-0.06063	-0.672184
<i>Takayanagia delicata</i>	3.00109	0.549040
<i>Uvigerina exellens</i>	-0.36451	-0.592580