



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ÁNGEL, OAXACA

**“LOS RADIOLARIOS POLICISTINOS EN LOS SEDIMENTOS
LAMINADOS DE LA CUENCA DEL CARMEN, GOLFO DE
CALIFORNIA: SU SIGNIFICADO PALEOCEANOGRÁFICO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA:
GLADYS ESBEIDY VILLAGRÁN DE LA CRUZ

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. LIGIA L. PÉREZ CRUZ

PUERTO ÁNGEL, OAXACA A 18 DE JULIO DE 2008

Dedicatoria

A Dios por su enorme amor y por brindarme la oportunidad de vivir estos momentos tan felices...

A mis padres, por ser fuertes pilares que me sostuvieron en cada una de mis travesías...

A la hermosa luz que ha guiado mi camino, la cual amo con todo mi corazón a ti Biani...

A la Dra. Ligia L. Pérez Cruz, por ser un gran ejemplo a seguir...

Agradecimientos personales

Primeramente doy gracias a Dios, por darme la oportunidad de vivir y disfrutar tantas bendiciones a lo largo de mi camino.

A mis padres Sr. Rubén Villagrán Arjona y Sra. Gladys de la Cruz Santiago, por brindarme a todo momento tanto amor y apoyo incondicional. No hay palabras que definan el agradecimiento y el amor que mi corazón siente... los amo y eternamente les estaré agradecida.

A mi hermosa Biani: hija eres la luz que Dios puso en mi vida, siempre serás mi soporte, mi felicidad, la maquinita que impulsa mi corazón, mi fuerza. Gracias por estar a mi lado y caminar juntas tantas pruebas, te amo hija.

A mis hermanas: Sicarú, por tu cariño y por cada momento de felicidad que sembraste en mi corazón. Dianita, por tus sonrisas llenas de inocencia y amor. Y por supuesto hermanas!! Gracias por ayudarme a cuidar de Biani, las quiero mucho. A mis angelitos Rubencito y Pablito, ambos estarán siempre en mi corazón. Son y serán un ejemplo de valentía y amor único.

Abuelitos Ranulfo y Teodomira, gracias por sus consejos, por su ejemplo de responsabilidad, trabajo y fortaleza. Ma y Pa vida naxhelii. Abuelita Elsy, por su apoyo incondicional, por sus noches de desvelo, por su paciencia y sobre todo gracias por su cariño.

Padrinos Américo y Beatriz, por sus palabras de aliento, por sus consejos y por su cariño. Gracias por representar dedicación, cuidados y amor. Tíos Vicente y Soledad por el ejemplo de valentía, esfuerzo y amor que me brindaron como matrimonio. Gracias por sus palabras de ánimo, su apoyo y por los premios motivantes.

A mis queridísimos primos: Ivania, Carlos, Adriana, Pablo y Manuel, desde el fondo de mi corazón les agradezco toda la alegría, ejemplo y apoyo, que me brindaron, cada uno representa un eslabón importante en mi vida. Los quiero mucho y espero tenerlos siempre a mi lado.

A mi Tío Luis y Citlali, gracias por sus cuidados, su cariño y su apoyo al cuidado de Biani, siempre estuvieron cuando los necesitaba. A mis tíos Wilfrido y Veronica, les agradezco el apoyo tan grande que me brindaron desde mi llegada al D.F. Por los cuidados y cariño hacia Biani.

A mis primos: Vietmin, porque a través de tus logros, has sido un ejemplo en mi carrera. Pablo, por brindarme momentos felices en la casa y por tus consejos. Alejandra, por ayudarme incondicionalmente al cuidado de Biani y por el cariño que nos has brindado y Dieguito, por ser un angelito en nuestras vidas.

A mis grandes amigos de la infancia Rosa, Blanca, Jazmín y Flor, siempre estarán en mi corazón. A Carmen, Verónica, Grecia, Fabiola, Eduardo, Gaspar, Isaí, Luis, Julián Armando y Fred, gracias por ser parte de mi vida, por su apoyo y por las clases de vida que pasamos juntos. Al inolvidable grupo de la UMAR: Paty, Pili, Yishel, Martha, Imelda, los Fernandos y Edy, gracias por su paciencia y compañerismo. A Vianey y su familia, Andrea, Isabel, Aldo, Tonatiuh, Noel, Edgar, Dafnis, Lenin y Carlos, con los cuales pase momentos únicos, especiales e inolvidables, gracias por su cariño y apoyo, los quiero.

A mis nuevos amigos de la UNAM, Paty, Ángel, Ricardo, Toñito, Miriam, Jesús, gracias por su amistad, por su cariño y por abrirme un espacio en su corazón. A los técnicos del Instituto de Geofísica, que muy amablemente me brindaron su confianza y apoyo.

Gracias a todo aquel que estuvo en mi vida, sin importar tiempo, circunstancia o lugar....

Agradecimientos académicos

A mi directora de tesis Dra. Ligia L. Pérez Cruz, gracias por su enseñanza y dirección profesional, por su enorme paciencia, por su entrega y por ser un pilar de enorme importancia en mi vida.

Al Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi por su valioso apoyo incondicional.

A la UNAM por brindarme cobijo, y por darme la oportunidad de contar con una beca a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), dentro del proyecto: “Variabilidad climática en el sur del Golfo de California en el Pleistoceno tardío-Holoceno” con clave IN115206-3.

A mis revisores: Dra. Ma. Luisa Machain Castillo, Dr. Rolando Bastida Zavala, M. en C. Pedro Cervantes Hernández y M. en C. Antonio López Serrano, por sus observaciones, recomendaciones y paciencia durante la redacción de la tesis.

A Benny por su comprensión y apoyo. A Yeni secretaria de Jefatura de Carreras, por su paciencia y apoyo.

A la Universidad del Mar, por apoyarme durante mi crecimiento profesional y por darme el empujón hacia el mundo de la investigación... en mi corazón la guardaré con mucho cariño y respeto.

Índice general

	Núm. de página
Resumen	1
Introducción	2
Objetivos	4
Capítulo 1. Antecedentes	
1.1 ¿Qué son los radiolarios?	5
1.1.1 Organización celular	6
1.1.2 Biología	8
1.1.3 Ecología	10
1.1.4 Taxonomía	11
1.2 Radiolarios en los sedimentos del Holoceno del golfo de California	15
1.3 Los sedimentos laminados del golfo de California y su importancia en reconstrucciones paleoambientales	16
1.4 Historia climática del Holoceno	17
Capítulo 2. Zona de Estudio	
2.1 Batimetría	20
2.2 Climatología	20
2.3 Masas de agua	23
2.4 Productividad en la cuenca del Carmen	23
2.5 Sedimentos en la cuenca del Carmen	25
Capítulo 3. Material y Métodos	
3.1 Muestreo a bordo	26
3.2 Descripción de la secuencia sedimentaria	27
3.3 Obtención de imágenes con rayos "X"	28
3.4 Dataciones con ²¹⁰ Pb	28
3.5 Procesamiento de muestras sedimentarias para la obtención de radiolarios policistinos	30
3.6 Determinaciones taxonómicas y conteo de especímenes	31
3.7 Análisis estadísticos	31
Capítulo 4. Resultados y Discusión	
4.1 Descripción del núcleo DIPAL1-K58	34
4.2 Modelo de edad	34
4.3 Análisis de Componentes Principales (ACP)	39
4.4 Interpretación paleoceanográfica con base en los Cp	42
4.5 Interpretación paleoclimática	48
Capítulo 5. Conclusiones	50
Referencias	51
Apéndices	65

Índice de figuras

	Núm. de página
Figura 1. Estructura general de un radiolario (tomada y modificada de acuerdo a Boltovskoy 1998)	5
Figura 2. Corte sagital de la parte interna (A) y externa (B) de un radiolario, mostrando las estructuras celulares correspondientes (tomada y modificada de Wever <i>et al.</i> 1994).	7
Figura 3. A) Diferentes tipos de pared de la teca B) Diferentes tipos de espinas (tomada y modificada de acuerdo a de Wever <i>et al.</i> 2001)	8
Figura 4. Morfología general de los espumelarios. Las letras indican los estadios de crecimiento (A-inicio, B, C, D-final) (tomada y modificada de acuerdo a de Wever <i>et al.</i> 2001)	13
Figura 5. Morfología general de los naselarios: 1) espícula inicial o interna y 2) estructura tipo de un naselario (tomada y modificada de acuerdo a de Wever <i>et al.</i> 2001)	14
Figura 6. Variación en la temperatura del aire para los últimos 1000 años, estimada con base en varias fuentes incluyendo las estimadas a partir de anillos de crecimiento de árboles, del oeste de Europa y de la parte este de Norte América. Mostrando el PCM y la PEH (tomada y modificada De Bradley & Eddy 1991).	18
Figura 7. Variación de la temperatura superficial del aire para los últimos 18,000 años, estimada a partir de varias fuentes (tomada y modificada de acuerdo a Bradley & Eddy 1991)	19
Figura 8. Ubicación del núcleo DIPAL1-K58 (círculo rojo) en la cuenca del Carmen, golfo de California (proporcionada por la Dra. Ligia Pérez Cruz)	21
Figura 9. Climatología actual del golfo de California (tomada y modificada de acuerdo a Pride <i>et al.</i> 1999)	22

Figura 10. Perfil batimétrico del golfo de California (tomada y modificada de Torres-Orozco 1993, Pérez-Cruz <i>et al.</i> 2006)	24
Figura 11. Masas de agua en la cuenca del Carmen durante el invierno (febrero de 2006), descritas por Monreal-Gómez & Salas de León (2006 com. Per)	24
Figura 12. Métodos utilizados en este trabajo para el análisis de los sedimentos laminados del núcleo DIPAL-1 K58, colectado en la cuenca del Carmen, golfo de California	27
Figura 13. Correlación exponencial del exceso de ^{210}Pb determinado en la muestras del núcleo DIPAL-1 C58 vs profundidad en el subsuelo	29
Figura 14. Secuencia sedimentaria DIPAL-1 K58: a) Imagen a rayos X y b) Esquema litológico	35
Figura 15. Porcentaje de taxa de espumelarios vs nasselarios a lo largo de la secuencia sedimentaria DIPAL-1 K58	36
Figura 16. Puntuación factorial de los taxa: a) <i>Lithomelissa pentacantha</i> y b) <i>Druppatractus irregularis</i>	42
Figura 17. Puntuación factorial del taxón: a) <i>Phortidium pylonium</i> (grupo)	44
Figura 18. Puntuación factorial de los taxa: a) <i>Druppatractus variabilis</i> , b) <i>Tetrapyle octacantha</i> (grupo) y c) <i>Eucyrtidium hexagonatum</i>	47
Figura 19. Comportamiento de la carga factorial de cada componente principal, a lo largo de los últimos 1800 años; las áreas sombreadas muestran los intervalos significativos para cada componente	48

Índice de tablas

	Núm. de página
Tabla I. Localización de los núcleos colectados en la cuenca del Carmen, golfo de California	25
Tabla II. Edades de ^{210}Pb del núcleo DIPAL-1 C58	35
Tabla III. Radiolarios policistinos determinados en la secuencia sedimentaria DIPAL-1 K58	36
Tabla IV. Autovalor de los componentes definidos a través del ACP	37
Tabla V. Cargas factoriales de los componente definidos a través del ACP	38
Tabla VI. Matriz de puntuación factorial	39

Resumen

Se estudió una secuencia de sedimentos laminados de 215 cm de longitud (núcleo DIPAL-1 K58), la cual fue colectada en la parte occidental de la cuenca del Carmen a 710 m de profundidad, con el propósito de documentar la variabilidad oceanográfica y climática de esta región, a través del análisis y la interpretación de las agrupaciones de radiolarios policistinos preservados en los sedimentos. Se determinó un modelo de edad con base en la datación de ^{210}Pb en 14 muestras sedimentarias. A partir de éstas se estimó una tasa de sedimentación de 1.14 mm/año, por lo que el alcance de la secuencia es de los últimos 1800 años. En las 23 muestras analizadas a lo largo del núcleo se determinaron en total 160 taxa de radiolarios policistinos pertenecientes a dos ordenes: naselarios y espumelarios, siendo los primeros más abundantes y sugiriendo condiciones más oceánicas. Con el propósito de facilitar el análisis e interpretación de la microfauna en los diferentes intervalos a lo largo del núcleo, se aplicó un análisis estadístico multivariado (Análisis de Componentes Principales-ACP), a partir del cual se definieron tres componentes, que explican el 88% de la variabilidad total de los datos. Con base en la afinidad de los taxa de radiolarios policistinos- caracterizando cada componente-a las masas de agua y a procesos oceánicos presentes en la región de estudio, se denominan: Cp1 “AGC”, Cp2 “Surgencias” y Cp3 “ASE”. El Cp1 “AGC” define los intervalos entre ~120-145, 225-460, 975-1135, 1470-1660 A.D., y está caracterizado por las especies *Lithomelissa pentacantha* y *Drupptractus irregularis*. Para estos intervalos se sugiere que el Agua del Golfo de California, relativamente salina, fue dominante en el área de estudio. Adicionalmente, el registro apoya la señal del Periodo Cálido Medieval (PCM) entre 975 y 1135 A.D. El Cp2 “Surgencias” describe los intervalos entre ~150-255, 475-980, 1130-1415, 1630-1665 A.D. La dominancia de *Phortidium pylonium* (grupo) sugiere que durante estos episodios hubo un aumento en la intensidad de los procesos de surgencias y consecuentemente en la productividad biológica, propiciados por cambios en la circulación oceánica y en los patrones de vientos regionales. En particular se propone que el episodio entre ~1630-1665 A.D. puede estar relacionado con la fase más fría del evento climático de carácter global la “Pequeña Edad de Hielo” (PEH). Por último, el Cp3 “ASE” define dos periodos entre 1360 y 1425 y, de ~1695-2003 A.D. Este componente está caracterizado por la dominancia de tres taxa: *Drupptractus variabilis*, *Tetrapyle octacantha* (grupo) y *Eucyrtidium hexagonatum*. Con base en las afinidades ecológicas de estos taxa, se propone que a partir de 1695 A.D. al presente, el Agua Superficial Ecuatorial, ha dominado la región de estudio, sugiriendo tal vez que los eventos de “El Niño” han sido más frecuentes e intensos durante el Holoceno tardío, lo cual coincide con lo reportado por otros autores, utilizando otros *proxies*, para esta región del golfo. Por lo anterior se concluye que la secuencia laminada analizada representa un registro de alta resolución de los cambios oceanográficos (principalmente masas de agua y procesos de surgencias), asociados con los cambios climáticos de la región, y que además es sensible a señales climáticas globales como el PCM y, posiblemente la fase más fría de la PEH.

Palabras clave: Sedimentos laminados, radiolarios policistinos, variabilidad oceanográfica y climática, cuenca del Carmen, golfo de California.