

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**



**Comparación de comunidades de bivalvos del Plioceno y Pleistoceno para el Golfo de California: Cambio Global**

TESIS

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS  
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE

***DOCTOR EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA***

PRESENTA

**ASTRID YURIDIA MONTIEL BOEHRINGER**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. JULIO DE 2011

## Resumen

El presente trabajo reúne el esfuerzo por conformar el registro fósil, de diferentes investigadores y en el que cada uno por su cuenta, trató de resolver por sus propios medios lo que aquí se plantea: ¿De dónde provienen los organismos y qué promueve su distribución durante el Plioceno? El vasto Golfo de California hace difícil tal tarea, por lo que se necesitaron de diferentes estrategias. La utilización del registro fósil, observaciones de campo y mediciones en el mismo, se integran como elementos de evaluación para reconocer los patrones o procesos en la historia biológica y geológica del Golfo de California. En la primera parte, el registro fósil es evaluado como una partícula bioestratinómica, sujeta a transporte y movimiento mediante un flujo gravitacional. Bajo otra perspectiva, en el registro fósil se estudia la estructura espacial y temporal de la fauna de los bivalvos, y nos permite identificar un patrón de distribución que está de acuerdo con la manera en que suponemos el Protogolfo y actual Golfo de California fue inundado. Existen evidencias de que en el Protogolfo de California las especies que se “originaron” expandieron su distribución hacia el sur del Océano Pacífico. Durante el Plioceno temprano y medio, se observan dos gradientes de temperatura y dos comunidades faunísticas claramente diferenciadas (segregadas) en latitud. Al comparar las condiciones ambientales del Protogolfo y el Océano Pacífico, se observa que la corriente de California tuvo influencia sobre el Protogolfo en el Plioceno temprano. Por último, se analiza cómo las comunidades de pectínidos respondieron ante los cambios climáticos, con énfasis en los periodos fríos.

Palabras clave: Plioceno, bioestratinómico, Protogolfo, pectínidos, talla.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS  
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

**"Comparación de comunidades de bivalvos del Plioceno y Pleistoceno  
para el Golfo de California: Cambio Global".**

TESIS


QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS  
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

PRESENTA

**ASTRID YURIDIA MONTIEL BOEHRINGER**

Aprobada por:



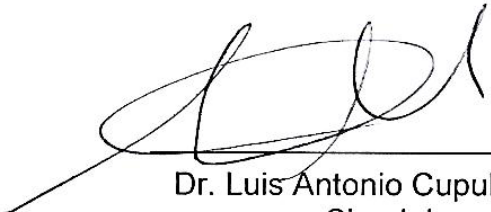
Dr. Jorge Ledesma Vázquez  
Presidente del jurado



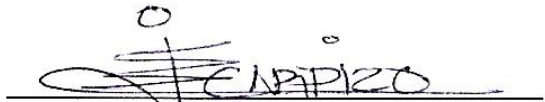
Dr. Francisco Correa Sandoval  
Sinodal



Dr. Guillermo Eliezer Ávila Serrano  
Sinodal



Dr. Luis Antonio Cupul Magaña  
Sinodal



Dr. Eugenio de Jesús Carpizo Ituarte  
Sinodal

Para la niña que tiene la luna y a la que tiene el sol, Andrea y Ana Sofía, con amor.

Para mi tribu:  
Renato, Andrea, Ana Sofía,  
Dimitri Daniel, Yul Adolfo, Eva Fernanda,  
Elena Constanza, Juan Domingo, María Fernanda,  
Juliana y Sofía

Que nuestros momentos buenos sean muchos,  
pocos los malos,  
y en los malos  
tranquilidad para resolverlos.

## Agradecimientos

Agradezco la ayuda prestada, las discusiones interesantes y esclarecedoras y sobre todo, la siempre amable disposición de mi director de tesis Dr. Jorge Ledesma Vázquez.

A mis sinodales por sus invaluable consejos y comentarios que enriquecieron este trabajo: Dr. Francisco Correa Sandoval, Dr. Guillermo Eliezer Ávila Serrano, Dr. Luis Antonio Cupul Magaña y Dr. Eugenio de Jesús Carpizo Ituarte. A todos muchas gracias.

AL Ingeniero Ernesto Valenzuela Palacios, Oc. Andrea Figueroa M. y Oc. Marina Mondragón, por el apoyo brindado.

Finalmente, quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada con el número de registro 42565, para realizar mis estudios y también por el apoyo complementario CONACYT 52301 para la realización del proyecto del cual forma parte mi trabajo de tesis; a la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo al proyecto PAPIIT IN116308 y a la Dra. Ana Luisa Carreño, responsable del mismo; Así como a la 10ª Convocatoria de Investigación UABC del proyecto, Atlas de Ecosistemas Costeros en el Golfo de California: Pasado Y Presente. A los administradores del Parque Nacional Bahía de Loreto por su diligencia al otorgar los permisos para realizar las visitas a dicho parque y al Instituto Nacional de Antropología e Historia, sede La Paz, por los permisos para realizar colectas de algunos ejemplares. A Mark Goodwin del museum of Paleontology University of California, Berkeley, Ca, a Dr. Jean F. DeMouthe de California Academy of Sciences, San Francisco California y en especial a la Dra. María del Carmen Perrilliat del Museo de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A todos mis amigos del posgrado, Sasy, Lesli, Monserrat y Francisco, Karina X, Karina L, Ada, Luz, Gabriel, Gaby, Claudia, Laura Huerta y Carlos Romero.

A Ana Boehringer, Mona y Pilar Muñoz.

# Índice

Resumen .....	II
Lista de Figuras.....	VIII
Lista de Tablas.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	6
Objetivo General .....	6
Objetivos Particulares .....	6
CAPITULO 1.- Capas de fósiles, flujos gravitacionales y ondas de arena durante el Plioceno: Golfo de California. ....	7
RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
ÁREA DE ESTUDIO .....	10
METODOLOGÍA .....	12
RESULTADOS .....	13
DISCUSIÓN .....	15
CONCLUSIONES.....	22
CAPÍTULO 2.- Comparación latitudinal y bioestratigráfica de las comunidades de los bivalvos en el protogolfo de California durante el Plio-Pleistoceno.....	24
RESUMEN .....	24
INTRODUCCIÓN.....	25
OBJETIVOS.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS .....	30
RESULTADOS .....	37
I.- Distribución latitudinal de los pectínidos en las diferentes cuencas durante el Plioceno. .....	37
II.- Relación Biogeográfica de los Pectínidos. ....	41
III.- Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas, subdivididos por Formación o edad, durante el Mioceno y Plioceno. ....	46

IV.-Distribución de los bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas, en el Margen Occidental de la Península e Isla adyacentes, por edad y por latitud: Mioceno y Plioceno y su comparación con los pectínidos.....	58
V.- Descripción de la Diversidad de los bivalvos en el Pleistoceno y su comparación con el Plioceno.....	76
DISCUSIÓN .....	87
Apertura de la boca.....	93
CONCLUSIONES.....	97
CAPITULO 3.- Efecto de la temperatura sobre la población de <i>Argopecten abietis</i> (Jordan y Hertlein) como posible causa de su extinción durante el Plioceno-Pleistoceno en la paleocosta oeste del Golfo de California e Isla Monserrat. ....	100
RESUMEN .....	100
INTRODUCCIÓN.....	101
OBJETIVO.....	102
MATERIALES Y MÉTODOS .....	103
Área de estudio y Localización.....	103
Análisis Estadístico .....	106
RESULTADOS .....	107
DISCUSIÓN .....	110
CONCLUSIONES.....	119
LITERATURA CITADA .....	121

## Lista de Figuras

Figura 1. Localización geográfica del sitio de estudio.....	11
Figura 2. Principales características geológicas y unidades sedimentarias en la región San Nicolás.....	11
Figura 3. Vista de las capas en la onda de arena, en la formación San Nicolás durante el Plioceno.....	13
Figura 4. Corte transversal simplificado de una onda de arena de gran tamaño.....	14
Figura 5. Vista de una capa formada casi exclusivamente de fragmentos de bioclastos como matriz, en la parte más norteña de la sección.....	17
Figura 6. Vista al oeste de las unidades del Plioceno.....	18
Figura 7 . Representación de la Curva Global del Nivel del Mar con respecto al tiempo.....	31
Figura 8. Posición de las diferentes localidades utilizadas en el estudio.....	34
Figura 9 . Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas durante el Plioceno.....	40
Figura 10 .- Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas por Formación durante el Mioceno-Plioceno.....	50
Figura 11 .- Número de ocurrencias por cada una de las especie de pectínidos.....	51
Figura 12.- Dendograma resultante del análisis de agrupamiento de modo Q, basado sobre la presencia-ausencia de los bivalvos pectínidos en el Mioceno y Plioceno.....	53
Figura 13 .- Paleogeografía de los pectínidos en el Mioceno.....	54
Figura 14 .- Dendograma de agrupación de modo R, para las especies de pectínidos.....	56
Figura 15.- Límites paleogeográficos en el Protogolfo, durante el Plioceno Superior.....	57
Figura 16 .- Comparación de la distribución de los bivalvos no pectínidos y pectínidos.....	70
Figura 17 .- Número de ocurrencias por cada una de las especie de bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas durante el Plioceno.....	72
Figura 18 .- Dendograma resultante del análisis de agrupamiento modo Q. Basado sobre la presencia-ausencia de las especies de bivalvos no pectínidos en el Plioceno.....	74
Figura 19 .- Dendograma resultante del análisis de agrupamiento modo Q, basado sobre la presencia-ausencia de todos los bivalvos en el Plioceno.....	74
Figura 20 .- Distribución de los bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas por Formación durante el Pleistoceno.....	80
Figura 21.- Número de ocurrencias por cada una de las especie de bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas durante el Pleistoceno.....	83
Figura 22 .- Número de especies de bivalvos del Plioceno y Pleistoceno en las diferentes cuencas.....	86
Figura 23.- Número de ocurrencias por cada una de las especie de bivalvos incluyendo a los pectínidos, en las diferentes cuencas durante el Plioceno y Pleistoceno.....	86
Figura 24 .- Localización del área de estudio.....	104
Figura 25 .- Mediciones del tamaño de una escalopa.....	105
Figura 26 - Muestra el desgaste en el disco parte ventral de <i>A. revillei</i> .....	106
Figura 27 .- Población de <i>A. abietis</i> en cuenca Loreto, Baja California Sur.....	107
Figura 28 .- Población de <i>A. abietis</i> en isla Monserrat.....	108
Figura 29 .- Comparación de las tallas de <i>a. Abietis</i> en isla Monserrat y en Loreto.....	108

## Lista de Tablas

Tabla I. Características de los tipos de conchas, tafonomía y geometría estratigráfica .....	14
Tabla II. Relación de los géneros y especies de la Familia Pectinidae .....	38
Tabla III .- Relación biogeográfica de los pectínidos. ....	41
Tabla IV .- Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas.....	48
Tabla V .- Relación de los géneros de las especies de bivalvos excluyendo a la Familia Pectinidae .....	64
Tabla VI .- Distribución de los bivalvos en las diferentes cuencas durante el Pleistoceno.....	77
Tabla VII .- Estadística descriptiva y Resultados del ANOVA de una vía No Paramétrico, de los datos de las tallas de las almejas.....	109

## INTRODUCCIÓN

La utilización del registro fósil es una importante fuente de información y se puede conocer sobre las comunidades desde una escala macroecológica a una de tiempo macroevolutiva (Jablonski y Sepkoski 1996). Dentro de estas escalas de tiempo y en el proceso de colecta, se tiene que considerar, que las partes duras pueden estar sujetas a transporte y movimiento, sean para estudios bioestratigráficos, paleontológicos como paleoecológicos o los considerados por algunos autores para estudios de diversidad. Lo anterior debido a que la composición taxonómica depende de varios criterios, además de la estructura de la composición de la comunidad viva, la composición por la acumulación hidrodinámica, entre otros (Kidwell *et al*, 1986; Jablonski y Sepkoski 1996). Hasta ahora se han identificado 5 diferentes tipos de capas de conchas definidas por Meldhal (1993), además de las reunidas y transportadas por los flujos gravitacionales (capítulo uno).

En el capítulo dos, mediante el análisis en los patrones de distribución geográfica y por edad representan algunos de los procesos de la historia geológica sobre la formación del Golfo de California. Los patrones biogeográficos actuales son consecuencia del movimiento de placas y procesos biológicos asociados (Valentine, 1970). Este trabajo también analiza la idea de que la extinción de los pectínidos está más relacionada con la reducción de las

cuencas someras, por la apertura del Golfo, más que por los cambios ambientales durante el Plioceno temprano, el Plioceno tardío y el Pleistoceno (capítulo tres).

Una pregunta fundamental en la historia de la biología es: ¿Hasta qué punto la biota es afectada por el aislamiento geográfico y los cambios ambientales? (Jackson *et al.*, 1993). Estos mismos autores mencionan que, cambios en la circulación de al menos 2 millones de años antes de que emergiera el istmo de Panamá, pudieron haber estimulado la especiación por aislamiento geográfico. Stanley (1986), establece que durante el Plioceno Temprano los bivalvos de la Superprovincia Caloosahatchiana (sureste de los Estados Unidos) estuvieron separados de aquellos de la Superprovincia Gatuniana (Bahamas y Caribe) por una zona de surgencias.

Jackson *et al.* (1993), mencionan que para algunos investigadores, el surgimiento del istmo de Panamá y los cambios que dicho surgimiento produjo en las condiciones oceanográficas, les fueron suficientes para creer que las extinciones masivas de los moluscos fueron el resultado de esos cambios en el Caribe y que las extinciones fueron mas severas en el Caribe que en el Pacífico Oriental. Sin embargo, los resultados de Jackson *et al.*, (1993), muestran lo contrario, el cierre del canal y los resultantes cambios ambientales, estimularon un aumento en la diversidad. Allmon *et al.*, (1993), discuten sobre si la fauna de gasterópodos contemporánea del Atlántico oeste tropical es menos diversa que la del Pacífico tropical oriental, sus resultados no muestran que el Atlántico sea

menos diverso que el Pacífico y señalan que posiblemente se deba a que una alta tasa de extinción se relaciona con una alta tasa de especiación. Vermeij (1993), postula la idea sobre una alta extinción del lado del Caribe por el surgimiento del istmo de Panamá, pero que diferentes grupos pudieron tener distintas respuestas a los cambios climáticos, oceanográficos, y tectónicos entre otros. En relación a la fauna contemporánea en el Pacífico Oriental Tropical, hasta ahora no se ha planteado que parte de la diversidad del Plioceno tardío y de la diversidad actual proviene del Protogolfo de California. Este tema se discute y analiza a lo largo de esta tesis, principalmente en los capítulos dos y tres. Jackson *et al.*, (1993), señalan que la perturbación (cambio) en la fauna ocurrió de repente a través de la América Tropical al final del Plioceno como un resultado de sutiles causas desconocidas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Comparar las diferentes comunidades de bivalvos del Plioceno hasta el Pleistoceno, su relación con la temperatura del océano y con los diferentes procesos geológicos.

### **Objetivos Particulares**

1. Comparar los fósiles en diferentes ambientes depositacionales.
2. Organizar la información de los pelecípodos en el espacio y tiempo
3. Evaluar su respuesta en diferentes escenarios **de temperatura.**

## **CAPITULO 1.- Capas de fósiles, flujos gravitacionales y ondas de arena durante el Plioceno: Golfo de California.**

### **RESUMEN**

El registro de las estructuras sedimentarias, la estratigrafía y el contexto bioestratinómico de capas de conchas, es utilizado aquí para la interpretación en la formación de la parte de frente de una onda de arena. Las capas de conchas dentro de la Formación San Nicolás, durante el Plioceno, en el dominio central de Baja California (BCCD), fueron acumuladas a través de procesos físicos como son las corrientes de flujos gravitacionales. La formación de barlovento y sotavento de la onda de arena, son el resultado de la estratificación del flujo a lo largo de la cuenca, con marcadas diferencias sedimentarias características, en cada lado. En el frente de onda, las capas de concha se caracterizan por su grano más fino y su convergencia hacia la base, interpretada esta convergencia como el avance de la onda de arena. Las diferencias tafonómicas entre la concentración de las primeras capas y las capas superiores de la parte del barlovento, se explican por un cambio en la dinámica sedimentaria en la cuenca, asociado con movimientos eustáticos.

### **INTRODUCCIÓN**

Las concentraciones de esqueletos o fósiles, consisten de una acumulación de las partes duras de un organismo, sin importar la composición taxonómica, estado de preservación o grado de modificación postmortem. Esta

puede consistir de una simple asociación homogénea o hasta un ensamble heterogéneo (Kidwell *et al.*, 1986).

El transporte es uno de los factores más importantes en la clasificación de las asociaciones de fósiles (Kidwell *et al.*, 1986). Hasta el enterramiento final, una concentración de esqueletos puede ser expuesta a repetidos procesos bioestratinómicos de enterramiento y exhumación. Durante la permanencia en la zona tafonómicamente activa, la asociación puede adquirir señales tafonómicas relacionadas a factores intrínsecos o extrínsecos Lazo (2004), que al comparar entre las asociaciones de fósiles, se puede obtener información paleoecológica o paleoceanográfica.

El reconocimiento de múltiples patrones en la formación de concentraciones de fósiles sugiere que no todas las capas contienen la misma información tafonómica y paleoecológica (Norris 1989), aún en una misma sección estratigráfica. Datos estratigráficos, así como en las observaciones en procesos modernos, indican que las concentraciones esqueléticas no son distribuidas al azar a lo largo de un gradiente ambiental. Ellas reflejan diferencias en la energía hidráulica y la ecología de los organismos esqueléticos, así como en otras variables (Kidwell *et al.*, 1986).

Acumulaciones sedimentarias asociadas a corrientes turbidíticas muestran longitudes superiores a 6 km, alturas de más de 70 m y comúnmente poseen un decremento de pendientes (Wynn *et al.*, 2000). Dichas ondas han

sido referenciadas previamente como ondas de grava, ondas de arena (sand waves), ondas de lodo, antidunas abisales (Wynn *et al.*, 2000), rizaduras gigantes y lomas depositacionales (Depositional Ridges) (Wynn *et al.*, 2000). Pocos estudios han considerado la concentración de fósiles por medio de estratificación de flujos, particularmente dentro de una onda de arena. Entre estos estudios, destaca el de Ledesma-Vázquez *et al.*, (2007), quienes describieron recientemente la acumulación de fósiles por medio de clastos de lodos armados y por la acción de la marea y su subsecuente transporte por corrientes gravitacionales dentro del Golfo de California.

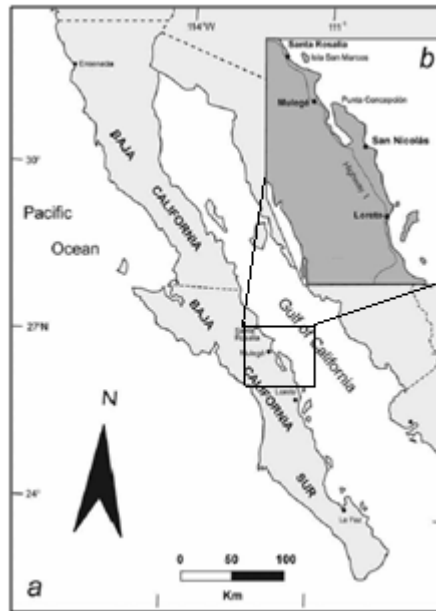
Amy *et al.*, (2005), proponen modelos simples de depositación para corrientes sedimentarias estratificadas para un mismo flujo; que consisten en una fase de depositación inicial de un flujo con altas concentraciones de sedimentos seguida por depositación de flujos con bajas concentraciones. Esto es porque la corriente produce estratificación vertical y estratificación longitudinal. La estratificación vertical de la concentración de las partículas, es una característica común de los flujos gravitacionales submarinos. Con base en lo propuesto por Amy *et al.*, (2005), para la estratificación de flujos creados por corrientes de gravedad, Ledesma-Vázquez *et al.* (2006) concluyen que la estructura sedimentaria definida como onda de arena, la cual se encuentra dentro de la Cuenca San Nicolás, Baja California Sur, México, es un depósito formado por flujos de rápido movimiento, fases de alta concentración y el material que rellenó la cuenca proviene de las rocas volcánicas andesíticas que

se encuentran adyacentes al área de estudio. El material sedimentario se acumuló en una primera fase en la zona intermareal al imprimir un alto grado de redondez y modificación de la forma en las gravas y cantos, así como por la presencia de los organismos fósiles característicos de la zona intermareal. Estos autores concluyen que el flujo gravitacional se desplazó de sur a norte dentro de la cuenca San Nicolás, durante el Plioceno.

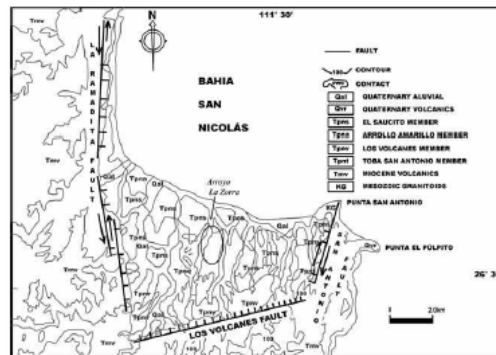
A partir de las evidencias provenientes de las estructuras sedimentarias, del contexto estratigráfico y de la bioestratinomía de las capas de conchas, en el presente estudio, se describe el modo de formación del depósito de fósiles dentro de una estructura sedimentaria como la parte frontal de una onda de arena.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

Bahía San Nicolás se encuentra localizada dentro del Dominio Central de Baja California (BCCD) (Umhoefer and Dorsey 1997 en Ledesma-Vázquez, 2002), en la costa oeste del Golfo de California al sur de Bahía Concepción. Entre los 111° 26' y 111° 36' de longitud Oeste y los 26° 30' y 26° 37' de latitud Norte (Fig. 1). El afloramiento de interés se encuentra en el área conocida como Arroyo San Nicolás en los 26° 31' 16" de latitud Norte y los 111° 33' 28.8" de longitud Oeste (Figura 2).



**Figura 1.** Localización geográfica del sitio de estudio: a) Mapa de la península de Baja California b) la región de San Nicolás. (Tomado de Ledesma-Vázquez *et al.*, 2006).



**Figura 2.** Principales características geológicas y unidades sedimentarias en la región San Nicolás (Tomado de Ledesma-Vázquez *et al.*, 2006).

Ledesma-Vázquez y Johnson (2001), describen la Formación San Nicolás como depósitos en un medio graben conformados principalmente por 4 miembros que a partir de la base son: (1) tobas San Antonio, (2) el abanico

aluvial Los Volcanes, (3) la lodolita transicional Arroyo Amarillo y (4) depósitos marinos en La Ballena. Mencionan también que la mayoría de las unidades sedimentarias en la Formación San Nicolás reflejan un episodio post-extensional con alta tasa de subsidencia inicial, reactivación asociada con bajas tasas de sedimentación, seguida por periodos de depositación somera asociados con eventos de tormenta y la presencia de depósitos de ondas de arena de gran escala que reflejan condiciones extremas de marea (Ledesma-Vázquez, 2002).

La cuenca sedimentaria se encuentra delimitada por unidades volcánicas del Grupo Comondú por contacto de falla, al comportarse la cuenca como una depresión entre estas unidades. La cuenca San Nicolás se encuentra delimitada al oeste por una falla con rumbo N-S y un echado de 90°, al sur y este por fallas normales, y al norte por el Golfo de California (Ledesma-Vázquez *et al.* 2006).

## **METODOLOGÍA**

Se midió y describió una sección estratigráfica, en la Formación San Nicolás, en un afloramiento orientado N-S al sur de la línea de costa en Arroyo de la Zorra (Figura 3). La sección fue dividida en 8 unidades limitadas por contactos erosivos. El siguiente criterio fue usado para definir las unidades: (1) Geometría de las capas: relaciones laterales con los contactos, grosor, estratificación interna, estructuras sedimentarias físicas e ignofósiles, tamaño de grano y composición; (2) Tafonomía: orientación, articulación, fragmentación,

abrasión; (3) biofábrica (estructura); e (4) Identificación de la fauna para cada unidad sedimentaria, mediante el tratado de Durham (1950).



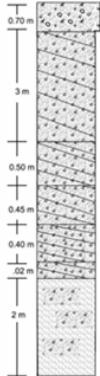
**Figura 3.** Vista al oeste de las capas en la onda de arena, en la Formación San Nicolás durante el Plioceno. (a) Capas inclinadas hacia el norte. (b) Un acercamiento de las capas que forman parte de la onda de arena.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla I. La estructura total de las capas en la sección del afloramiento, se encuentra dentro de una gran onda de arena, previamente descrita por Ledesma-Vázquez *et al.*, (2006). Un corte simplificado de la sección de la onda de arena en la cuenca San Nicolás, es presentado en la Figura 4. De la Tabla I, resalta el arreglo en la geometría de las capas de la 1 a la 6, lo cual también se observa en la figura 4, en que pasan de una posición tabular a converger, así como el empaquetamiento o soporte de la capa de encontrarse el bioclasto en una matriz de biocalcarenita a que sea el bioclasto el soporte de la capa. Resalta además la fauna compuesta básicamente de *Argopecten*. La mayor diferencia de estas (capas) con las

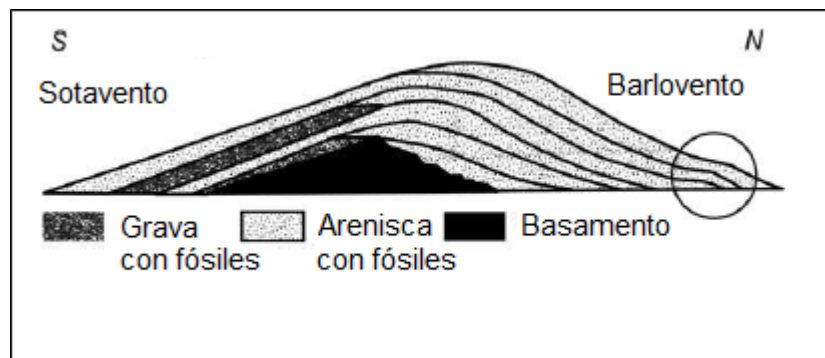
capas superiores, es que en las superiores no cambian la posición horizontal y hay más formas de organismos que *Argopecten*.

**Tabla I.** Características de los tipos de conchas, tafonomía y geometría estratigráfica (después de Kidwell, 1991; Meldhal, 1993).



Capas	Grosor	Geometría	Estructuras Sedimentarias	Diversidad de Especies	Biofabrica		Tafonomía		
					Empaquetamiento	Orientación	Articulación	<sup>1</sup> Fragmentación	<sup>2</sup> Abrasion
8	0.68 m	Horizontal (tabular)	Masivas	<i>Flabellipecten</i> sp. <i>Argopecten</i> sp <i>Leopecten</i> sp	Desde el bioclasto hasta la matriz como apoyo	Bivalvos articulados, reorientados desde posición de vida	De Muy Alto a Moderado	Muy raro	Muy raro
7	3.0-4.0 m	Horizontal	Contacto Superior Erosivo. Bajo Erosivo. Estratificación Interna. Gradación Inversa	<i>Flabellipecten</i> sp. <i>Argopecten</i> sp <i>Spondylus</i> sp	Principalmente la matriz de apoyo, el bioclasto también es común	Principalmente concordante; apilados (cóncavos hacia arriba); valvas comúnmente anidadas	De bajo a moderado	De bajo a alto	De bajo a moderado
4-6	0.52 m 0.40 m 0.45 m	Tabular y Converge	Contacto Superior Erosivo. Bajo Erosivo. Estratificación Interna. Gradación Inversa	<i>Argopecten</i> sp.	Principalmente la matriz de apoyo, el bioclasto también es común	Concordante y anidado, algunas veces imbricado	De bajo a moderado	De alto a muy alto	De bajo a moderado
1-3	0.42 m 0.23 m 2.20 m	De Tabular a Convergente	Contacto Superior Erosivo. Bajo Erosivo.	<i>Argopecten</i> sp.	Principalmente la matriz de apoyo, el bioclasto también es común	Concordante y anidado	De bajo a moderado	De alto a muy alto	De bajo a moderado

Claves: Bajo= <10%; moderado = 10-49%; alto = 50-90%; muy alto= >90%. Después de Meldhal 1993.  
<sup>1</sup>Fragmentación = Porcentaje de conchas con 10% o más perdidos.  
<sup>2</sup>Abrasión = Porcentaje de las conchas con un desgaste pronunciado y la reducción de características exteriores



**Figura 4.** Corte transversal simplificado de una onda de arena de gran tamaño. El círculo indica la posición de la sección medida.

## DISCUSIÓN

La sección de la onda de arena está formada principalmente por biocalcarenita, consistiendo principalmente de fragmentos de alga roja coralina de tamaño de arena, fragmentos de concha tamaño grava y pocos clastos, en contraste a la sección sureña que consiste de guijarros y fragmentos gruesos de conchas. Transporte y retrabajo, se observó en las conchas de esta sección, así como la ausencia de conglomerados en este depósito, en contraste a los abundantes conglomerados encontrados por Ledesma-Vázquez *et al.*, (2006), en la misma estructura de la onda de arena, en la parte sureña del afloramiento. En aquel estudio, la estructura de los sedimentos de la onda de arena consistió de sedimentos de tamaño gruesos, pobremente sorteados, concentración de conglomerados, con la fuente del material cercano al depósito. Basado en una comparación de éstas dos secciones, se puede concluir que la columna analizada por Ledesma-Vázquez *et al.*, (2006), corresponde a la parte proximal de la onda de arena o sotavento, mientras que la columna descrita en este estudio corresponde a la parte distal de la onda de arena o barlovento. La diferencia entre estas dos partes del depósito puede ser explicada por el régimen hidráulico en el cual ellos fueron creados. Ledesma-Vázquez *et al.*, (2006), definen el ambiente depositacional de la parte proximal de la onda de arena como un flujo de rápido movimiento y una fase de alta concentración de origen gravitacional. La sección descrita en este estudio en Arroyo La Zorra, fue formada como la parte más distal o final por el flujo sedimentario de baja concentración de la manera descrita por Amy *et al.*, (2005). El régimen

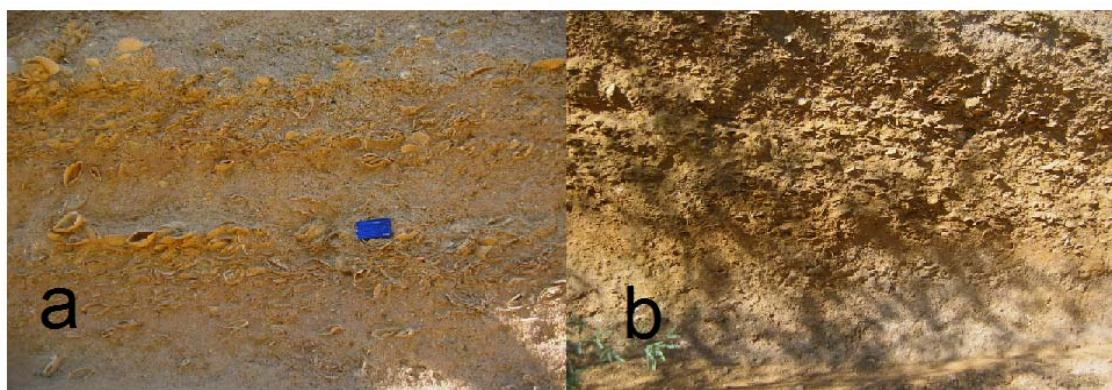
hidráulico bajo el cual las capas de sotavento fueron formadas, así como las de barlovento, puede ser explicado por estratificación vertical del flujo en la parte de sotavento produciendo estratificación longitudinal de la corriente, con la subsecuente gradación de tamaño en la parte de barlovento. Durante el transporte, la capa superior de baja concentración hecha de material de tamaño de arena, fue movida sobre el tope de la capa más baja de alta concentración.

Con base en las características de las capas descritas en la tabla, se interpretan cuatro eventos sedimentológicos y dos tafonómicos en el afloramiento, que se encuentran representados en la columna estratigráfica de la Tabla I. El primer evento corresponde a la parte basal de la columna, de la capa 1 a la 3. Estas capas basales están apoyadas en una matriz de biocalcarenita y el empaquetamiento de los bioclastos en una gradación, desde, encontrarse soportados por la matriz de biocalcarenita a densamente empaquetados en la matriz, es decir, los bioclastos son la matriz (Fig. 5). Estos depósitos masivos, son interpretados aquí, como eventos asociados con flujos gravitacionales. Meldhal (1993), describe depósitos similares como capas por corriente o separación por oleaje (*current/wave-winnowed bed*), excepto porque las unidades presentes en el área de estudio muestran altos grados de inclinación, mientras que las descritas por Meldhal (1993), muestran estratificación planar o estratificación cruzada de bajo ángulo. Las capas 1 y 2 se adelgazan y convergen en la base, lo cual es interpretado como un avance de la onda de arena.



**Figura 5.** Vista al oeste de una capa formada casi exclusivamente de fragmentos de bioclastos como matriz, en la parte más noroeste de la sección. Martillo de 60 cm como escala.

El segundo evento sedimentológico que corresponde con las capas 4, 5 y 6. Estas capas son completamente gradacionales, creando capas o pavimentos de fragmentos de conchas, son denominadas capas de flujo por oleaje/corriente, similares a las descritas por Norris (1986). Las corrientes separan la arena de las conchas y transportan los fragmentos de conchas (o la arena), hasta crear depósitos de conchas como pavimentos. Las capas se encuentran amalgamadas y gradacionales (Fig. 6a). La abrasión y fragmentación de la concha en estos eventos probablemente comenzaron en la zona intermareal debido a la acción del oleaje.



**Figura 6.** Vista al oeste de las unidades del Plioceno. (a) Parte sureña del afloramiento, de las capas de abajo de la columna, presentan ligera inclinación hacia el norte. (b) Parte norteña de las mismas capas convergiendo hacia el norte. Navaja como escala de 7.6 x 5.1 cm

La estructura de las capas 4, 5 y 6, se distingue en la parte sureña del afloramiento por su horizontalidad y por la formación de pavimentos y carpetas. Estas mismas capas se inclinan, convergen y se juntan con la capa 3, en su parte distal. Esta geometría en su conjunto corresponde con el subsecuente avance de la onda, cuando pierde la horizontalidad y la gradación inversa desaparece, dichas capas se juntan con la 3 con echado y convergencia (Figuras 6a y 6b). El arreglo incluye pasar de una matriz de biocalcarenita a una matriz donde el bioclasto es el soporte de las capas. Este tipo de capas, es el resultado del transporte hidrodinámico de las partículas con menor efectividad de asentamiento, de acuerdo a la esfericidad, el cual permite que este tipo de partículas sean transportadas distancias más lejanas que partículas con forma más compacta.

La diferencias entre los depósitos de sotavento y barlovento de la onda es resultado directo de los procesos físicos relacionados a la estratificación longitudinal, donde los sedimentos más finos se movieron más lejos. En este caso, se interpreta que los mismos procesos físicos causaron la ausencia de actividad biológica, debido a que la carga de la capa es muy activa en corto tiempo, para todas las unidades dentro de la onda de arena.

La interpretación paleobatimétrica de esta estructura, es que fue formada bajo la base de onda por tormenta en la plataforma externa, porque carece de estructuras hamacadas, asociadas a depósitos de tormenta y fósiles bien preservados. Lo cual está de acuerdo con Norris (1986), que menciona que los depósitos con estructuras hamacadas son encontrados en la plataforma interna. Esta es la primera vez que concentraciones de fósiles de bivalvos, asociados con esta profundidad han sido reportados en el Golfo de California. Los depósitos son sedimentológicos y contrastan con lo encontrado por Norris (1986), que estableció que en la plataforma media los depósitos son mezcla de biogénicos-sedimentológicos y en la plataforma externa, biogénicos. La diferencia de la composición de la concentración de conchas de los depósitos descritos aquí, es explicada por procesos asociados a corrientes de flujo gravitacional como los descritos por González-Juez *et al.*, (2009). Kidwell *et al.*, (1986), describen concentraciones sedimentológicas en la plataforma externa a formarse durante eventos de tormentas extraordinarias y bajo regímenes de reducida tasa de sedimentación. De la misma manera, el mismo mecanismo de

tormenta que desencadena el comienzo del flujo gravitacional asociado con la onda de arena. Y como una segunda explicación para estos flujos de unidades individuales, es posible que estén relacionados a las sismicidad asociada a la evolución tectónica de la región del Golfo. El resultado final de cualquier evento es una concentración sedimentológica.

El primer evento tafonómico está representado por las valvas encontradas en las primeras 6 capas, que muestran un alto retrabajo de abrasión y fragmentación, comparado con la capa 8. Esto es interpretado como un mayor transporte en las primeras 6 capas (Tabla I) e identificado como una asociación alóctona (Kidwell *et al.*, 1986).

El tercer evento sedimentológico es observado en la capa 7. Esta capa representa el último evento asociado con los procesos sedimentarios formadores de la onda de arena (Tabla I). Un cuarto evento sedimentológico es observado en la capa 8. Esta capa es menos masiva y delgada que la capa 7. El efecto del flujo gravitacional no está comprendido en la geometría y estratificación de esta capa. Las capas 7 y 8 fueron depositadas sobre la onda de arena y presentan menos que 6° de inclinación. Asociado con la capa 8 se encuentra un segundo evento tafonómico. Los bivalvos no fueron retrabajados, exhiben poca fragmentación, mínima abrasión y contienen un importante número de conchas articuladas, esto indica poco transporte, relacionado con asociaciones autóctonas (Kidwell, 1991; Kidwell *et al.*, 1986; Martin, 1999). Las diferencias tafonómicas entre la concentración de fósiles de las capas más

bajas y la capa 8 es interpretada como un cambio en el régimen de la energía del flujo. Estas diferencias son explicadas con un cambio del nivel del mar y regresión, causando la depositación de las especies en la parte más cercana a la línea de costa que aquellas encontradas en las unidades más bajas. Meldhal (1993), menciona que las capas de conchas en los sedimentos marinos del Plioceno del Golfo de California, fueron formados en menos que 10-15 m de profundidad. La unidad descrita como capa 8, representa las condiciones indicadas por este autor, sugiriendo que especies encontradas en esta capa vivieron cercanas a la línea de costa. Durham (1950), establece que en la parte central y sureña del Golfo, la fauna fósil del Plio-Pleistoceno vivió en aguas someras con profundidades a menos de 15 m.

Dos diferentes ambientes depositacionales pudieron observarse en la secuencia de la onda de arena. Esto es un rango desde una zona más profunda hacia la plataforma externa a una somera en la plataforma interna. La configuración de las primeras 6 unidades (barlovento), son tabulares convergentes a rumbo, capas formadas en la plataforma externa. Para la capa de conchas, identificada como capa 7, el mismo flujo gravitacional es propuesto como el mecanismo de depositación también en la plataforma externa. Los cambios en la pendiente son explicados por el relleno con sedimentos en la parte superior (en el lado del sotavento) como una plataforma. Todas las 7 unidades de la parte baja, son explicadas como formadas por flujos gravitacionales, produciendo estratificación interna. Para la capa 8, una zona de

agua más somera es interpretada como el área depositacional. Los fósiles fueron desplazados desde una localidad cercana y rápidamente depositados como una gran masa de material en la misma forma como lo describen para los fósiles de la Bahía de San Nicolás por Johnson *et al.*, (2009).

Desde la capa 1 a la 6, la asociación de fauna actúa en forma bioestratinómica y no está ligada a su modo de vida (Kidwell *et al.* 1986). En contraste, los fósiles de la parte superior, son asociaciones parautóctonas compuestas de especímenes autóctonos que fueron re TRABAJADOS en algún grado pero no fueron transportados lejos de su hábitat original (Kidwell *et al.*, 1986), en este caso se relacionan con aguas someras. Las diferencias taxonómicas (Tabla I) entre la concentración de fósiles del fondo y las capas superiores, son causados por uno de los siguientes escenarios: Competencia del flujo, cambio de facie, o una sucesión ecológica relacionada a la regresión como respuesta a un cambio climático. Una acumulación monotípica puede estar compuesta exclusivamente de pelecípodos o de ostreidos. Consecuentemente, el más bajo nivel taxonómico será el primer significado ecológico o hidrodinámico para éste (Kidwell *et al.*, 1986).

## **CONCLUSIONES**

- 1.La capa de conchas se interpreta como resultado de un flujo gravitacional.
- 2.Este se constituye como una nuevo tipo de capa de conchas generado por flujos gravitacionales en plataforma externa
- 3.El afloramiento estudiado representa la parte distal del depósito de una onda de arena.

4. La parte distal de la onda de arena, representa eventos episódicos de corto tiempo, mediante flujo gravitacional de baja densidad, creando capas fosilíferas de conchas.

5. El régimen hidráulico puede ser explicado por estratificación vertical, en la corriente superior y subsecuente estratificación longitudinal a lo largo de la corriente.

6. Los cambios tafonómicos de las primeras 7 capas con respecto a la superior, son interpretados como un evento regresivo.

7 El cambio de inclinación en la pendiente de las capas, refleja el avance del frente de la onda de arena en cada capa.

## **CAPÍTULO 2.- Comparación latitudinal y bioestratigráfica de las comunidades de los bivalvos en el Protogolfo de California durante el Plio-Pleistoceno.**

### **RESUMEN**

En esta sección se analiza la estructura espacial y temporal de la diversidad de los pectínidos en el Protogolfo de California, con énfasis en la parte central. La estructura de la comunidad de los pectínidos, por edad geológica y por latitud, representa un modelo de dispersión que resulta al comparar la parte Centro-Norte, Centro–Centro y Centro-Sur. También se analiza su relación con otras cuencas afuera del Protogolfo, en un marco biogeográfico, lo que apoya la idea de un canal sobre la Península que conectaba el Océano Pacífico con el Protogolfo de California, antes de que se abriera la boca, de la manera como lo demuestran Ledesma y Carreño (2010), pero con algunas variantes. La estructura espacial y temporal de la fauna de los bivalvos, permite identificar un patrón de distribución que está de acuerdo con la manera en que el Protogolfo y actual Golfo de California fue inundado. Existen evidencias de que en el Protogolfo de California las especies que se “originaron” expandieron su distribución hacia el sur del Océano Pacífico y algunas pocas hacia el norte. Este trabajo también apoya la idea de que la extinción de los pectínidos está más relacionado con la reducción de las cuencas someras, por la apertura del Golfo y posiblemente en conjunto con el cierre del canal al bloquear el flujo entre la Cuenca San Diego, Península de

Vizcaíno y el Golfo de California. Además del análisis de los resultados, se observa que el género *Argopecten* con 12 especies, de las cuales 11 son endémicas, puede desaparecer y/o reducir y quedar en la única especie más antigua no endémica. Durante el Plioceno temprano y medio, se observan dos gradientes de temperatura y dos comunidades faunísticas claramente diferenciadas por la latitud. Al comparar las condiciones ambientales del Protogolfo y el Océano Pacífico, se observa que la corriente de California tuvo influencia sobre el Protogolfo en el Plioceno temprano, cuando la curva Global del nivel del Mar alcanzó los 90 m sobre el nivel del mar, con lo que los pectínidos no pasaron condiciones dramáticas de temperatura caliente.

## **INTRODUCCIÓN**

Los procesos geológicos no son hechos aislados, pueden contribuir a la dispersión de las especies o actuar como barreras que dificulten su paso. La reconstrucción de ambientes antiguos usando fósiles, es una de las formas de entender procesos geológicos y viceversa, tales como ambientes sedimentarios, posición de masas continentales o movimientos de placas, y a su vez, entender la biogeografía y algunos procesos de especiación.

El origen tectónico del Golfo de California comienza en el Neógeno. Su historia comprende diferentes estados de separación de la península de Baja California del continente. El primero es el encuentro de la dorsal Pacífico-Farallón con la trinchera de Norteamérica hace 29 Ma que ocasionó la terminación progresiva del volcanismo de arco junto con la migración hacia el

sur de la triple unión dorsal-trinchera-falla transformante (Martin-Barajas, 2000). Este inicio de fallamiento transcurrente, causó una subsidencia rápida en la Provincia del Borde Continental y algunas áreas adyacentes, también produjo depósitos marinos someros en el área del Valle de San Joaquín (Addicott, 1970). El oriente y sur de la península no parecen haber sido afectadas por estas subsidencias (Helenes *et al.* 1999). De la placa Farallón parcialmente subducida comenzaron a fragmentarse en varias microplacas, incluyendo: la Monterey, Arguello, Guadalupe y Magdalena (Nicholson, 1994).

Durante el Mioceno medio (~12-14 Ma), el fallamiento normal y de transcurrencia emigró hacia el oriente, originando subsidencias en el área norte del Golfo de California, en donde se depositaron los sedimentos terciarios marinos más antiguos del Golfo. La deformación extensional comienza en el Mioceno temprano-tardío, lo cual dio como resultado varias cuencas someras en la región norteña del Golfo (Ledesma-Vázquez y Carreño 2010).

Existen datos paleontológicos que indican que la parte norteña fue inundada antes que la sureña (Helenes y Carreño, 1999), por lo que ha sido postulado que el Protogolfo consistía de un estrecho canal que continuaba hasta la parte norteña en una gran cuenca, o bien, la parte sureña del Golfo era muy somera (Smith, 1991 c).

Ledesma-Vázquez y Carreño (2010), propusieron un canal en la parte central de la península de Baja California, conectando el Océano Pacífico y el

Protogolfo, durante el Mioceno, bajo las observaciones de mezcla de fauna de ambientes fríos y tropicales (Helenes y Carreño, 1999). Ledesma (2002), menciona que para los 3.5 Ma, no se había alcanzado la conexión entre las aguas del Protogolfo y el actual Golfo de California, en una clara asociación con el régimen transtensional responsable de la configuración tectónica del actual Golfo de California.

La apertura de la boca del Golfo, es para algunos autores a partir del Plioceno temprano a los 5.6 Ma (Nagy y Stock 2000), y para otros como Moore y Buffington (1968), es durante el Plioceno tardío. Lyle y Ness (1991), proponen que para el Sur del Golfo de California el inicio de la extensión de la corteza continental comienza aproximadamente hace 14 Ma, y que la corteza oceánica, fue expuesta no después que los 8.3 Ma. Es decir, en su etapa actual de apertura oceánica las cuencas de la mitad sur del Golfo han generado verdadera corteza oceánica. Concluyen que Baja California se ha movido un total de 450 a 600 Km desde hace 14 Ma. Esta cantidad de desplazamiento es mayor que la cantidad de desplazamiento sobre la zona de la falla de San Andrés. Winker y Kidwell (1996), consideran que para el Mioceno tardío, el Norte del Golfo de California era considerablemente más estrecho (~50 Km.) que el del presente (~150 Km.)

Lindell *et al* (2006), también han mencionado un canal en el desierto de Vizcaíno, a mitad de la península, basados en diferencias mitocondriales encontradas en la lagartija del género *Uta* y, sugieren una historia vicariante

enmarcada por la separación de las poblaciones de lagartijas en los lados opuestos del canal.

La mayoría de los estudios sobre patrones de diversidad y evolución se han concentrado en la separación del mar Caribe del océano Pacífico, por la formación del istmo; que dividió lo que era una fauna continua en dos diferentes (Vermeij 1993; Jackson *et al.*, 1993, Smith y Jackson, 2009), así como en estudios del Pacífico Norte, sobre la extinción de los bivalvos (ver Stanley 1986), pero pocos estudios se han realizado en el Protogolfo de California sobre éste tema, como es el caso del estudio de Durham (1950). La mayoría han estado concentrados en la tectónica, y los relacionados con interacciones bióticas han sido muy locales, escasos o referidos en el Pleistoceno. El más completo de los trabajos en el cual han correlacionado 45 columnas que muestran unidades litoestratigráficas o eventos tectónicos complejos como la Provincia Extensional del Golfo, la Provincia Volcánica de Puertecitos, el sistema de fallas de la Falla de San Andrés y el Borde Continental de California entre otros, ha sido presentado por Carreño y Smith (2007), quienes han documentado la presencia de agua marina en la región septentrional del Golfo de California durante el Mioceno medio tardío, mediante referencias radiométricas, estratigráficas y paleontológicas, pero estas últimas aisladas, sin una relación paleoecológica o con la temperatura, la latitud o corrientes marinas.

Dado los diferentes estadios tectónicos registrados en la evolución histórica del Golfo de California y la época en que se iniciaron, se encuentran depósitos sedimentarios del Mioceno medio, depósitos del Plioceno, así como del Pleistoceno, tal y como se observa en los trabajos de diversos autores, compilados por Carreño y Smith (2007). En la localidad de Santa Rosalía (cuenca Boleo), Carreño y Smith (2007), reconocen dos unidades en el Plioceno: Plioceno bajo y Plioceno superior en dos formaciones, la Formación Tirabuzón desde aproximadamente los 5.5 Ma a los 3.5 Ma y Formación Infierno desde aproximadamente menos de 3.5 a 1.9 Ma.

## **OBJETIVOS**

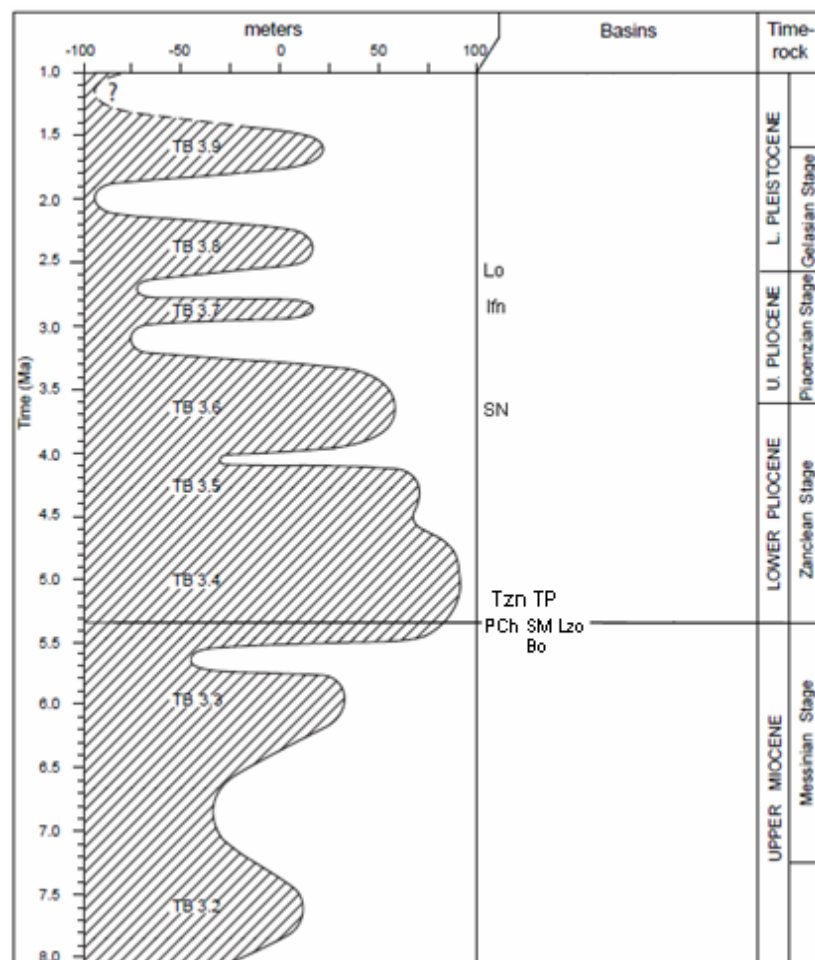
1. Conocer y comparar las poblaciones de bivalvos en el espacio y en el tiempo en el Golfo de California, durante el Plioceno y el Pleistoceno.
2. Describir un modelo de dispersión de los bivalvos con énfasis en la familia pectinidae durante el Plioceno.
3. Conocer y evaluar las corrientes y temperatura del Plioceno y Pleistoceno, su efecto en la distribución de los bivalvos al referirlos con la Curva Global del Nivel del Mar.
4. Describir la distribución de la fauna pelecípoda, afuera y dentro del Protogolfo de California, y reconocer las especies endémicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tabularon las ocurrencias de especies de bivalvos en cada cuenca, como presencia-ausencia. Para el análisis de agrupamiento, en modo Q, que identifica las muestras que son similares en su composición de especies, identifica ambientes (regiones o hábitat que sostienen una fauna similar). Para lo cual se utilizó el Coeficiente General de Similitud de Gower, y como estrategia de encadenamiento el promedio no ponderado (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average, UPGMA), Digby y Kempton (1985). El análisis en modo R identifica el grupo de especies que tienden a presentarse juntas. Se utilizó el mismo Coeficiente de Similitud de Gower, y como estrategia de encadenamiento el WPGMA (Weighted Pair-Group Method using Arithmetic Average) Digby y Kempton (1985). Ambos análisis se hicieron utilizando el paquete de estadística multivariada (Multivariate Statistical Package, MVSP) para Windows.

Para la relación con los cambios ambientales, en este caso la temperatura a través del tiempo y/o edad, se hizo mediante el análisis del estándar Global eustático para el Plioceno de Haq *et al.*, (1988), en relación al estándar Global de la cronoestratigráfica definición de estados dentro de la serie del Plioceno del nivel del mar, actualizado por Gibbard *et al.*, (2010), e

identificando los puntos más altos del nivel del mar registrado en los estratos (Fig. 7).



**Figura 7.** Representación de la Curva Global del Nivel del Mar con respecto al tiempo, en relación a la definición de estados dentro de parte del mioceno, el Plioceno y Pleistoceno. Se señala, la edad de la cuenca, según sea por edad conocida o por el contenido de la fauna: últimas ocurrencias, primeras ocurrencias e inferidas por los resultados del análisis de agrupamiento (Tomado de Haq *et al* 1988; Johnson y Ledesma-Vázquez 2009).

La tabulación de las muestras y su posterior comparación, se utilizó el registro fósil, que se ha venido conformando por diferentes paleontólogos y por

los identificados en este estudio, en las diferentes cuencas sedimentarias. Los datos se presentan a continuación por localidad y por edad estratigráfica como depósitos del Mioceno y Plioceno (Figs. 7 y 8).

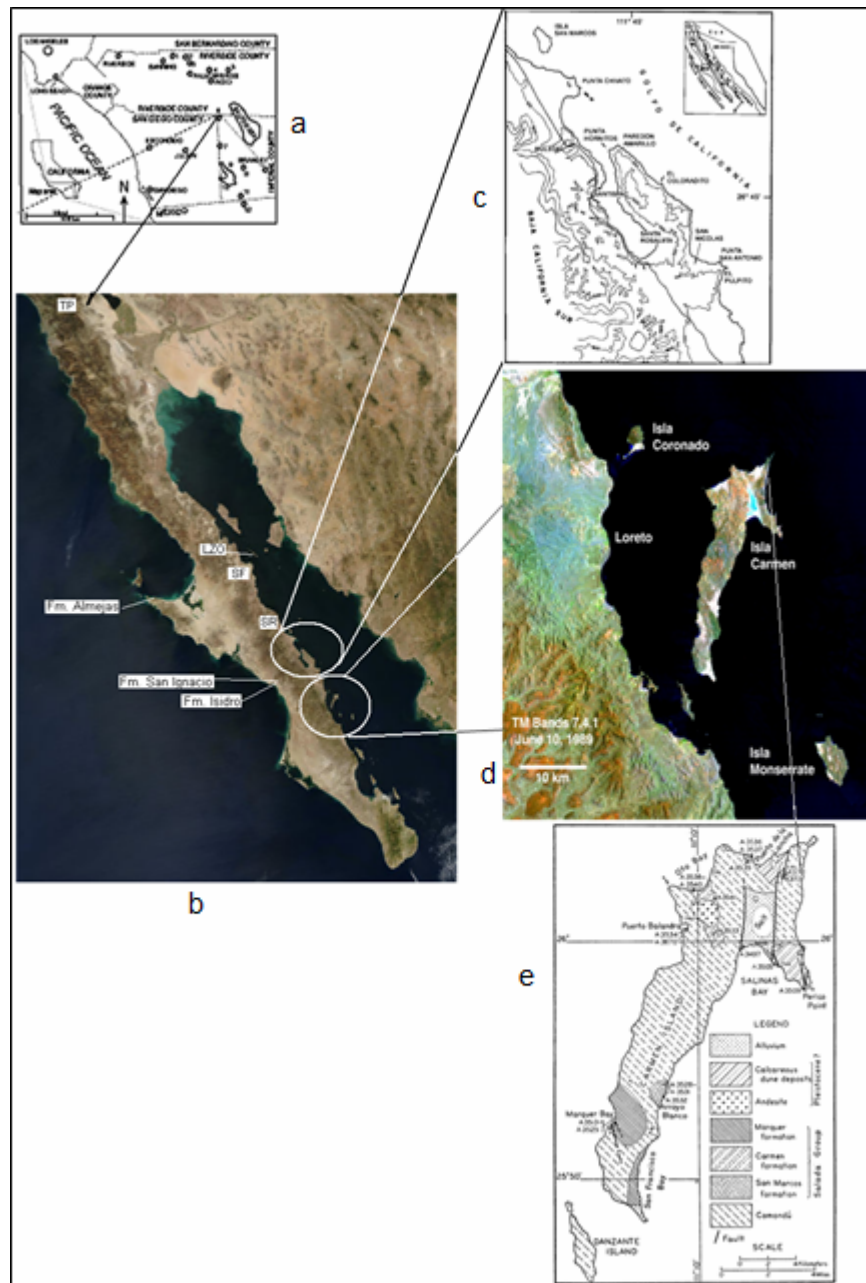
Parte Norte, sobre la Margen Occidental del Protogolfo de California se encuentra: la Formación Imperial, con sedimentos marinos del Mioceno tardío y Plioceno, depositados en la cabecera (Moore, 1984; Smith, 1991a). Afloramiento de Travertino Point (Powell II, 2010), de la misma Formación, considerada Plioceno temprano (este trabajo) en el sur de California. El afloramiento de San Francisquito en la Cuenca Ballenas Centro, colectados e identificados en este trabajo (Fig. 8).

De la región sur del Protogolfo (central del actual Golfo de California); Cuenca Santa Rosalía, Miocénicos (Stump, 1979; Moore 1984; Smith, 1991a, 1991c). Pliocénico: Cuenca Santa Rosalía (Wilson, 1955); Stump, 1979; Moore 1984; Quiroz-Barroso y Perrilliat, 1989; Smith 1991c); Punta Chivato (Durham, 1950; Simian y Johnson 1997). Cuenca San Nicolás (Durham, 1950; Ledesma *et al.*, 2006 y este trabajo). Loreto (Durham, 1950; Stump, 1979; MacLean, 1989; Piazza y Robba, 1994).

La base de datos se trabajó para las islas: San Lorenzo y San Marcos (Durham, 1950), Isla Monserrat (Durham, 1950; Ledesma *et al* 2007; Johnson y Ledesma, 2010) e Isla del Carmen (Durham, 1950; figura 2; Johnson y Ledesma-Vázquez, 2009).

Las localidades del Pleistoceno (PI) para la parte del Margen de la Península: Santa Rosalía (Wilson, 1955), Punta Chivato (Durham, 1950), Bahía San Antonio, en la Cuenca San Nicolás (Johnson y Ledesma-Vázquez, 1999). Para el ambiente insular, Isla Coronados (Ledesma *et al.*, 2007), Isla del Carmen (Durham, 1950), e Isla Monserrat, (el presente trabajo, Fig 8).

El Plioceno, dentro del texto según sea el caso, se podrán distinguir como Plioceno temprano, Plioceno tardío o por Formación entre otros. Las abreviaturas con las que se representan los nombres de las cuencas: Travertine Point (TP), San Francisquito (SF), Santa Rosalía (SR), Punta Chivato (PCh), San Nicolás (SN), Loreto Lo. Por las islas: San Lorenzo (Lzo), San Marcos (SM), Isla Coronado Co, e Isla Monserrat (Mo) y en Isla Carmen: Arroyo Blanco (AB), Bahía Salina (BS), Puerto de la Lancha (PL), Bahía Oto (BO), Bahía Balandra Ba, Bahía Marquer (Ma) (Fig. 8). Dentro de la localidad de Santa Rosalía, se distinguen tres Formaciones: Una Miocénica denominada como Boleo y dos Pliocénicas conocidas como Tirabuzón e Infierno, sus abreviaturas corresponden como Bo, Tzn e Inf, respectivamente. De la misma manera la cuenca Arroyo Blanco, el Plioceno temprano se dividió como ABE y el Plioceno superior como ABU.



**Figura 8.** Posición de las diferentes localidades utilizadas en el estudio y las abreviaturas con las que se representan: a) Travertine Point (TP), b) San Francisquito (SF), Santa Rosalía (SR), c) Punta Chivato (PCh) y San Nicolás (SN) y d) Loreto Lo. Por las islas: b) San Lorenzo (Lzo), San Marcos (SM), c) Isla Coronado Co, e) Isla Monserrate (Mo) e) Isla Carmen: Arroyo Blanco (AB), Bahía Salina (BS), Puerto de la Lancha (PL), Bahía Oto (BO), Bahía Balandra Ba, Bahía Marquer (Ma) y A3713. Océano Pacífico. Formación Almejar, Formación San Ignacio y Formación Isidro. (Tomado de Durham, 1950; Powell 2010; Johnson y Ledesma-Vázquez 2009).

Este estudio consistió en el análisis de la estructura de la comunidad de bivalvos, estimando su presencia o ausencia por cuenca. Basados en las variaciones de composición de especies de bivalvos a través del tiempo y espacio (comparación latitudinal entre las localidades), en relación a la edad de las cuencas conocidas se obtuvieron los resultados de los límites geográficos y por estratos del Protogolfo, en su parte sur. Este análisis comprendió las primeras y últimas ocurrencias de los bivalvos, y una caracterización de las especies de bivalvos que habitaron en el Protogolfo de California. Este estudio se realizó en un primer análisis, con la Familia Pectinacea y su posterior comparación en la variación de la composición de las especies entre el grupo de los pectínidos con los demás grupos, bajo el supuesto que esta separación del grupo pectínidos y no pectínidos, proveen un tipo de información diferente y complementaria sobre los procesos involucrados en la apertura del Golfo a través de su fauna, y como estos procesos pudieron influir en la extinción de los pectínidos.

Para la biogeografía de los pectínidos que habitaron el Protogolfo, con los que vivían afuera de este, se analizó la distribución geográfica de todos y cada una de las especies, dentro de un contexto regional y global (dentro y fuera del Protogolfo de California), mediante la distribución de éstos, entre las diferentes Formaciones. Principalmente con las siguientes localidades y donde fue posible a nivel de Formación y/o Miembro: Formación Almejas, (Moore, 1984; Piazza y Robba, 1994; Smith, 1984); Localidad Cedros, Formación San

Ignacio e Isidro de Smith (1984), todas en el lado oeste de la península (Fig. 8). Hacia el sur del Protogolfo de California, con la Formación La Mira de Durham (1981), entre Michoacán y Guerrero, México. En el Pacífico Oriental Tropical, conocido como TEP y el Caribe Suroeste conocido como SWC, se utilizaron los datos de Smith y Jackson (2009; figura 1). Hacia el norte, sobre el Pacífico, principalmente con Formación San Diego de Hertlein y Grant (1972). Y las diferentes Formaciones nombradas por Moore (1984, 1987, 1988, 1992) y Piazza y Robba (1994).

La taxonomía de los pectínidos del Neógeno y recientes está continuamente en estado de flujo (Smith y Roy, 2006), por lo cual se siguió la estructura taxonómica de Moore (1984), Stump (1979), Smith (1991a) y Hendrix et al., (2005). Algunos ejemplares fueron llevados a las instalaciones de los museos de la University of California, Museo de Paleontología, Berkeley, California Academy of Sciences, (CAS), San Francisco, Ca., Museo de Historia Natural de San Diego, California, (SDNM) y Universidad Nacional Autónoma de México, Colección Nacional de Paleontología, del Instituto de Geología (UNAM), México, D.F., para su comparación taxonómica. En este último museo se identificó el fósil *Argopecten sp. cf. A. cristobalensis* (Hertlein). Para la identificación de los bivalvos no pectínidos se utilizaron los tratados de Durham (1950) y Keen (1971). Un solo ejemplar, en algunos casos, fue clasificado con nombres diferentes hasta por tres a cuatro autores. Dos fueron los organismos con mayor discrepancia. El primero fue: *Lyropecten modulatus* (Hertlein)

encontrado por Durham (1950) en Loreto, el cual Moore (1984) lo clasifica como *Nodipecten subnodosus intermedius* (Conrad) y Smith (1991) *Nodipecten arthriticus* (Reeve); Keen (1971), no reconoce ninguna forma intermedia y hace referencia como única forma a *Nodipecten subnodosus* (Sowerby) y Hendrix et al., (2005), reconoce a *Nodipecten arthriticus* (Reeve, 1853), como un organismo que vive en el Golfo central y sur. En este caso el fósil es tomado de acuerdo al criterio de Smith (1991a).

El otro fósil con el mayor número de discrepancia fue *Flabellipecten stearnsii* (Dall), resumido de la siguiente manera: en 1972, Hertlein acepta que las formas observadas por él como *F. stearnsii* (Dall), son juveniles de *Leopecten bakeri* (Hanna y Hertlein), como lo mencionan Durham (1950) y Moore (1984). Piazza y Robba (1994), encuentran en Loreto a *F. stearnsii* (Dall), y señalan que los organismos referidos por Quiroz-Barroso y Perrilliat (1989), de la Cuenca Boleo, no cumplen satisfactoriamente con los caracteres de las especies de Dall, la valva derecha tiene 22 costillas en lugar de 23-26, por lo que sugieren que son formas intermedias entre *F. diegensis* (Dall), y *F. stearnsii* (Dall).

## RESULTADOS

### I.- Distribución latitudinal de los pectínidos en las diferentes cuencas durante el Plioceno.

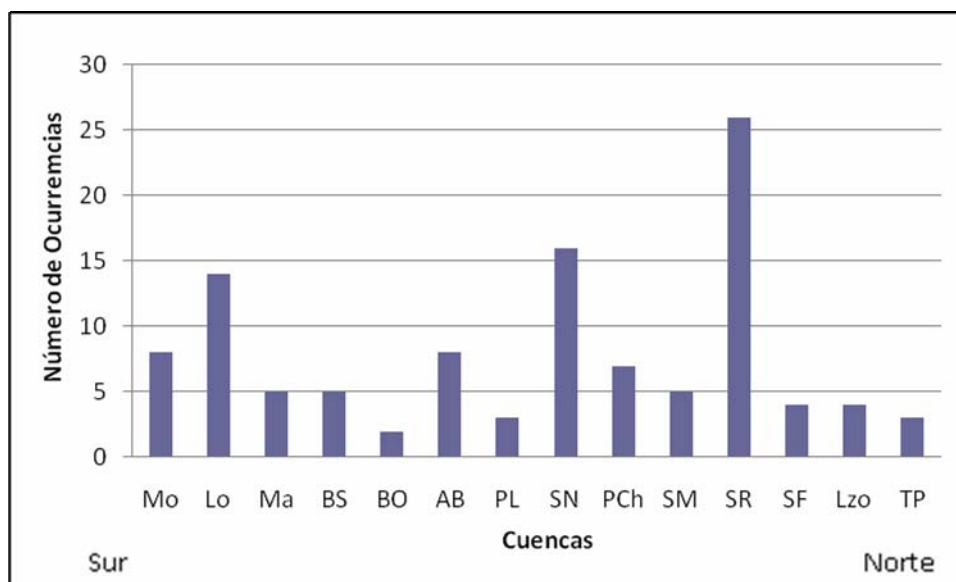
En las 14 localidades, se encontraron 38 especies agrupados en 16 géneros. El género con mayor número de especies fue *Argopecten* con 12



<i>L. modulatus</i> (Hertlein)						1								
<b>Nodipecten</b>														
<i>Nodipecten nodosus</i> (Linnaeus)	1	1					1	1		1				
<i>N. subnodosus</i> (Sowerby)*	1	1	1	1			1	1		1	1			
<i>N. arthriticus</i> (Reeve)*		1												
<b>Amusium</b>														
<i>Amusium toulae</i> (Brown y Pilsbry)										1				
<b>Pseudoamusium</b>														
<i>Pseudoamusium fasciculatum</i> (Hinds)*										1				
<b>Pecten</b>														
<i>Pecten bellus</i> (Conrad)								1						
<b>Euvola</b>														
<i>Euvola keepi</i> (Arnold)									1				1	1
<i>Euvola refugioensis</i> (Hertlein)								1			1			
<b>Flabellipecten</b>														
<i>F. bosei</i> (Hanna y Hertlein)	1	1					1	1	1		1			
<i>F. carrizoensis</i> (Arnold)										1				
<i>F. dieguensis</i> (Dall)*		1												
<i>F. stearnsii</i> (Dall)		1												
<b>Oppenheimopecten</b>														
<i>O vogdesi</i> (Arnold)*	1	1	1			1	1				1	1		
<b>Patinopecten</b>														
<i>P. healeyi</i> (Arnold)		1												
<i>P. santarosaliensis</i> Quiroz-Barroso y Perrilliat											1			
<b>Leopecten</b>														
<i>L. bakeri diazi</i> Durham	1			1	1	1		1			1			
<i>Leopecten bakeri</i> (Hanna y Hertlein)		1				1		1			1			
<i>L. marquerensis</i> Durham			1								1	1		

Ninguna localidad presentó las 38 especies. El mayor número de especies se encontró en Santa Rosalía, con 26, seguida de San Nicolás con 16 y Loreto con 14. De las 14 cuencas, 8 presentaron 5 o menos especies; 6

cuencas corresponden a las islas y 2 sobre la margen oriental de la península: San Francisquito y Travertino Point, esta última es la más norteña con tres especies que pertenece a la península (Fig. 9, Tabla II).



**Figura 9 .** Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas durante el Plioceno. Se observa el número total de especies de pectínidos en cada cuenca durante el Plioceno. El significado de las abreviaturas se encuentra en la Figura 8.

*Argopecten abietis* fue la especie que ocupó el mayor número de cuencas (11) seguida de *Nodipecten subnodosus* y de *O. vogdesi*, esta última y *A. abietis*, resaltan por no encontrarse en Punta Chivato, en cuenca San Lorenzo y en Travertino Point. De las 38 especies; 9 ocuparon entre 5 y 4 cuencas. 14 especies se presentaron durante el Plioceno, en una sola cuenca; 8 especies asociadas únicamente a la cuenca de Santa Rosalía y 4 en la

cuenca Loreto, de la parte de la península que incluye 1 en San Nicolás. Y una en la cuenca Arroyo Blanco en la Isla del Carmen (Tabla II, Fig. 9). Las especies raras, se caracterizaron por sólo presentarse en la margen peninsular, con excepción de la cuenca Arroyo Blanco: columna AB, de la Tabla II.

## **II.- Relación Biogeográfica de los Pectínidos.**

De la Tabla III se puede apreciar las siguientes relaciones: de las 39 especies 19 son endémicas del Golfo de California. De las 20 que no son endémicas, 18 se encuentran en la Formación Almejas, de estas 10 se encuentran además de la Formación Almejas en California en las diferentes Formaciones; tres pertenecen únicamente a la Formación Almejas y dos en la Formación San Isidro y Almejas (Moore 1984; Stump, 1972; Smith, 1984).

9 especies se encuentran en la Formación Imperial (Moore, 1984; Stump 1972; Powell II 2010); de las cuales *Euvola keepi*, *A. sverdrupi* y *A. deserti* se encuentran en Punta Chivato, *A. bramkampii* en Isla San Lorenzo y 4 especies en Santa Rosalía como son *A. mendenhalli*, *F. carrizoensis*, *Ch. corteziana* y *Ch. mediacostatus*. De esta formación se observa que 6 son endémicas; *A. mendenhalli* se encuentra en Formación Almejas y en otras formaciones de California (en Formación Purísima desde el Plioceno hasta el Pleistoceno), *A. deserti* se encuentra únicamente en la Formación Almejas y *E. Keepi* en la Formación Isidro.

**Tabla III .-** Relación biogeográfica de los pectínidos.

<b>Especies</b>	<b>Fm Almejas</b>	<b>Endémicas G de C</b>	<b>Localidad Primera aparición</b>	<b>Edad de la primera ocurrencia</b>	<b>Fm Imperial</b>	<b>Fm Isidro</b>	<b>California</b>	<b>TEP y/o SWC. Edad de la primera y última ocurrencia</b>
<i>Argopecten antonitaensis</i>		Si	SRAB	Plioceno temprano				
<i>A. bramkampi</i>		Si	LZO	Plioceno temprano	Si			
<i>A. sverdrupi</i>		Si	PCH SM	Plioceno temprano	Si			
<i>Leopecten bakeri diazi</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Leopecten bakeri</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Leopecten marquerensis</i>		No	SR	Plioceno Tardío				TEP 9 Ma -9 Ma
<i>L. tiburonensis</i>		Si	Im	Mioceno o Plioceno temp.	Si			
<i>Aequipekten dallasi</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Chlamys corteziana</i>		Si	SR	Mioceno	Si			
<i>Chlamys mediacostatus</i>		Si	SR	Mioceno	Si			
<i>Flabellipecten bosei</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Flabellipecten carrizoensis</i>		Si	SR	Mioceno	Si			
<i>Patinopecten santarosaliensis</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Argopecten abietis</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>A. revellei</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Euvola keepi</i>		Si	SR	Mioceno	Si	Si		
<i>Euvola refugioensis</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Flabellipecten stearnsii</i>	X	¿?	Loreto	Plioceno tardío			SD, Purisima	
<i>A. circularis</i>	X	No	SR	Plioceno temprano			SD, Towsley	TEP 9 Ma-9 Ma y Reciente
<i>A. deserti</i>	X	No	PCH Lzo	Plioceno temprano	Si			
<i>A. mendenhalli</i>	X	No	SR	Mioceno	Si		Purisima	
<i>A. cf. cristobalensis</i>	X	No	SR	Plioceno temprano				
<i>A. callidus</i>	X	No	SR	Plioceno			SD	

				temprano				
<i>A. cf. aequisulcatus</i>	X	¿?	SN, Loreto	Plioceno tardío			Fdo Fm	
<i>Pecten bellus</i>	X	No	SN	Plioceno medio			SD	
<i>A. subdolus</i>	X	No	SR	Plioceno tardío			SD	
<i>Flabelliptecten dieguensis</i>	X	¿?	Loreto	Plioceno tardío			Sta Barbara	
<i>Patinopecten healeyi</i>	X	No	Loreto	Plioceno tardío			Capistrano, SD y otras	
<i>Chlamys opuntia</i>	X	No	SR	Plioceno temprano			SD	
<i>Leptopecten bellilamellatus</i>	X	No	SR	Plioceno temprano			SD	
<i>Antiptecten? praevalidus</i>	X	No	SR	Plioceno tardío				La Mira
<i>Paciptecten tumbezencis</i>	X	No	SR	Plioceno tardío		Si		TEP 9 Ma-Reciente
<i>Oppenheimerpecten vogdesi</i>	¿	¿?	SR, AB	Plioceno temprano			SD	
<i>L. modulatus</i>	X	No	AB	Plioceno temprano				
<i>N. arthriticus</i>	X	No	Loreto	Plioceno tardío				TEP 1.6 Ma-Reciente
<i>N. nodosus</i>		Si	SR	Mioceno				SWC 2.6 Ma-Reciente
<i>N. subnodosus</i>		Si	SR	Plioceno temprano				
<i>Pseudoamysium fasciculatum</i>	¿	Si	SR	Plioceno temprano				TEP 1.6 Ma-Reciente
<i>Amysium toulae</i>	¿	No	SR	Mioceno				SWC 6.95 a 3.55 Ma

De la tabla III, se observa que los no endémicos aparecen en Formación Almejas y su primera ocurrencia de la mayoría fue en Santa Rosalía. De los endémicos aparecen indistintamente las primeras ocurrencias en las islas que en la península.

De las 39 especies, 25 especies se encuentran en la localidad de Santa Rosalía, repartidos en 14 géneros de los 16 identificados, incluyendo *Amusium toulae* (Brown y Pilsbry). Los géneros que no se encontraron fueron *Lyropecten modulatus* (Hertlein) y *Pecten bellus* (Conrand). Sin embargo, se encontraron en la Formación Almejas, por lo que se infiere que 36 especies estuvieron en esta localidad. O de aquí surgieron las forma de las cuales se diversificaron como *F. stearnsii*

*P. santarosaliensis* Quiroz-Barroso y Perrilliat, es una especie que se encuentra únicamente en la Cuenca Santa Rosalía, observada desde el Plioceno temprano en la Formación Tirabuzón. Es la única especie endémica en el Golfo de California que no se encuentra en ningún otro lugar.

*Argopecten circularis* = *A. ventricosus* (Sowerby) y la especie *Pacipecten tumbezenci* (d'Orbigny) son encontradas como fósiles en la fauna del TEP, sus primeras ocurrencias datan de hace 9 Ma, y no se les vuelve a observar hasta la actualidad. La última especie, no se encuentra en ninguna formación de California, pero sí en la Formación Almejas y en la Formación Isidro. De igual forma se encontró a *Leopecten marquerensis* (Durham) donde sus primeras ocurrencias coinciden con las últimas hace 9 Ma. Sin embargo, *Nodipecten arthriticus* (Reeve) y *Pseudoamusium* (Peplum) *fasciculatum* (Hinds) se encontraron sus primeras ocurrencias en el TEP apenas hace 1.6 Ma y viven actualmente.

Las primeras ocurrencias de *Nodipecten nodosus* (Linnaeus) en el SWC, fueron hace 2.6 Ma, en donde vive hasta la actualidad y no se encontró esta especie en el TEP. Las primeras ocurrencias en el Protogolfo fueron en el Mioceno. Piazza y Robba (1994), mencionan que los depósitos del mioceno en Puerto Rico y la República Dominicana, posiblemente se refieren a otras especies.

El único organismo que ocurrió primero en el SWC y después en el Golfo de California fue *Amusium Toulae* (Brown and Pilsbry), donde su primera ocurrencia fue hace 6.96 Ma y la última hace 3.55 Ma. Así como *L. gatunensis* (Toula), que se encontró tanto en SWC como en TEP, en sus primeras ocurrencias hace 12.6 Ma en ambos lugares y las últimas hace 2.75 Ma. Este organismo es reportado en el Protogolfo de California por Carreño y Smith (2007), al cual le asignan una edad temprano Tardío del Mioceno, pero no mencionan si es el mismo que *F. carrizoensis* (Arnold), ya que lo denominan como *Flabellipecten gatunensis* (Toula), y no mencionan el estatus de *F. carrizoensis* (Arnold).

*Antipecten praevalidus* (Jordan y Hertlein), es la única especie que solo se encuentra en la Formación Almejas y en la cuenca La Mira.

En resumen, todos los pectínidos en el Protogolfo de California que no son endémicos se encuentran en la Formación Almejas, que a su vez tiene

relación con las cuencas de California, unas pocas especies con el TEP y únicamente dos con el SWC.

### **III.- Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas, subdivididos por Formación o edad, durante el Mioceno y Plioceno.**

Al separar por Formación en la localidad Santa Rosalía (SR), se aprecian tres unidades; Formación Boleo, Formación Tirabuzón y Formación Infierno, distinguidas en la columna Bol, Tzn e Inf respectivamente (Tabla IV; Fig. 10), la primera como la más vieja y se encuentra en el evento miocénico TB 3.4 de la curva global del nivel del mar, mientras que Tirabuzón en el mismo evento TB 3.4 pero del Plioceno (Fig. 7). Se observó que de las 29 especies que aparecen en la localidad: 3 fueron exclusivas del Mioceno en la Formación Boleo, dos de los periodos Mioceno y Plioceno y 24 del Plioceno. De las especies que se encontraron en el Plioceno; 9 especies aparecen en Formación Tirabuzón, 7 en Formación Infierno y 10 en ambas Formaciones. De las 9 especies raras (asociadas exclusivamente a esta localidad), 3 en Formación Tirabuzón, 3 en Formación Infierno y 3 en ambas. De la misma manera al separar la fauna por periodo de tiempo en Bahía Arroyo Blanco corresponde al Plioceno temprano como Arroyo Blanco Temprano a la columna ABE y Arroyo Blanco del Plioceno medio-superior columna AB: de las 8 especies que se observa en la cuenca Arroyo Blanco, solo una especie rara *L. modulatus* (Hertlein), es identificada asociada a esta cuenca, pero en la base de la cuenca (columna ABE). Esta cuenca inició en el evento TB 3.4 en el Plioceno.

La cuenca San Nicolás, presentó una sola Formación, en la que se distingue dos miembros, el más viejo es una capa marina no fosilífera (Ledesma-Vázquez *et al* 2006). Esta cuenca representa el límite sureño (geográfico) para algunas especies como *Chlamys corteziana*. Además de estratigráficos para otras como *A. antonitaensis*, *A. sverdrupi* y *Pecten bellus*. En esta cuenca se dan las primeras apariciones de *A. aequisulcatus* y *A. cf. cristobalensis*. Por la presencia-ausencia de estas especies en la Formación San Nicolás y Formación Infierno, se considera la primera más vieja y se encuentra en el evento TB 3.6 de la curva global del nivel del mar, mientras que Infierno en TB 3.7 (Fig. 7).

Formación Infierno, es la cuenca más joven del Plioceno en la localidad de Santa Rosalía, se distingue principalmente porque la mayoría de las especies que alberga solo ocurren en esta latitud (Tabla IV).

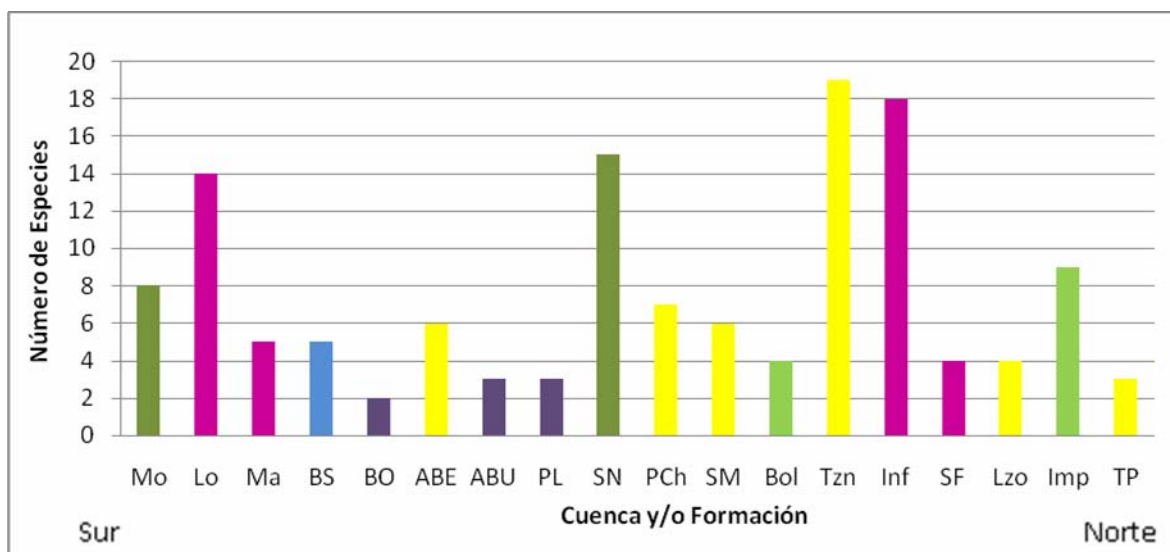
De los pectínidos del Plioceno en la Cuenca Loreto, se reduce el género *Argopecten* a tres especies; *A. abietis* (Jordan y Hertlein), *A. circularis* (Sowerby), y *A. aequisulcatus* (Carpenter), última ocurrencia de ésta. En el Golfo de California solo vive *A. circularis* (Sowerby), así como la primera y única vez que se reporta *F. diegensis* (Dall), *P. healeyi* Arnold y *F. sternsii* (Dall) estas dos últimas extintas. También se observa *F. bosei* (Hanna y Hertlein), *N. nodosus* (Linnaeus), *P. bakeri*, *Aequipecten dallasi* (Jordan y Hertlein); las dos primeras como su última ocurrencia en Loreto y de *A. dallasi* (Jordan y Hertlein), en la península. Y tres que aún prevalecen; *N. subnodosus* (Sowerby), *N.*

*arthriticus* (Reeve), *O. vogdesi* (Arnold) (Tabla IV). Es decir 11 de las 38 especies con las cuales comenzó el Plioceno y de las cuales 7 viven actualmente; considerando las que se observaron en la localidad de Santa Rosalía *Pseudoamussium fasciculatum* (Hinds) en Formación Tirabuzón y *Pacipecten tumbezenci* (d'Orbigny) en Formación Infierno, que desde entonces no se encuentra registro hasta ahora que son observadas nuevamente. Por la edad Loreto se ubicó en el evento TB 3.8 Plioceno superior, límite del Pleistoceno.

**Tabla IV** - Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas subdivididos por Formación y en un gradiente latitudinal en el Protogolfo de California, durante el Mioceno y Plioceno.

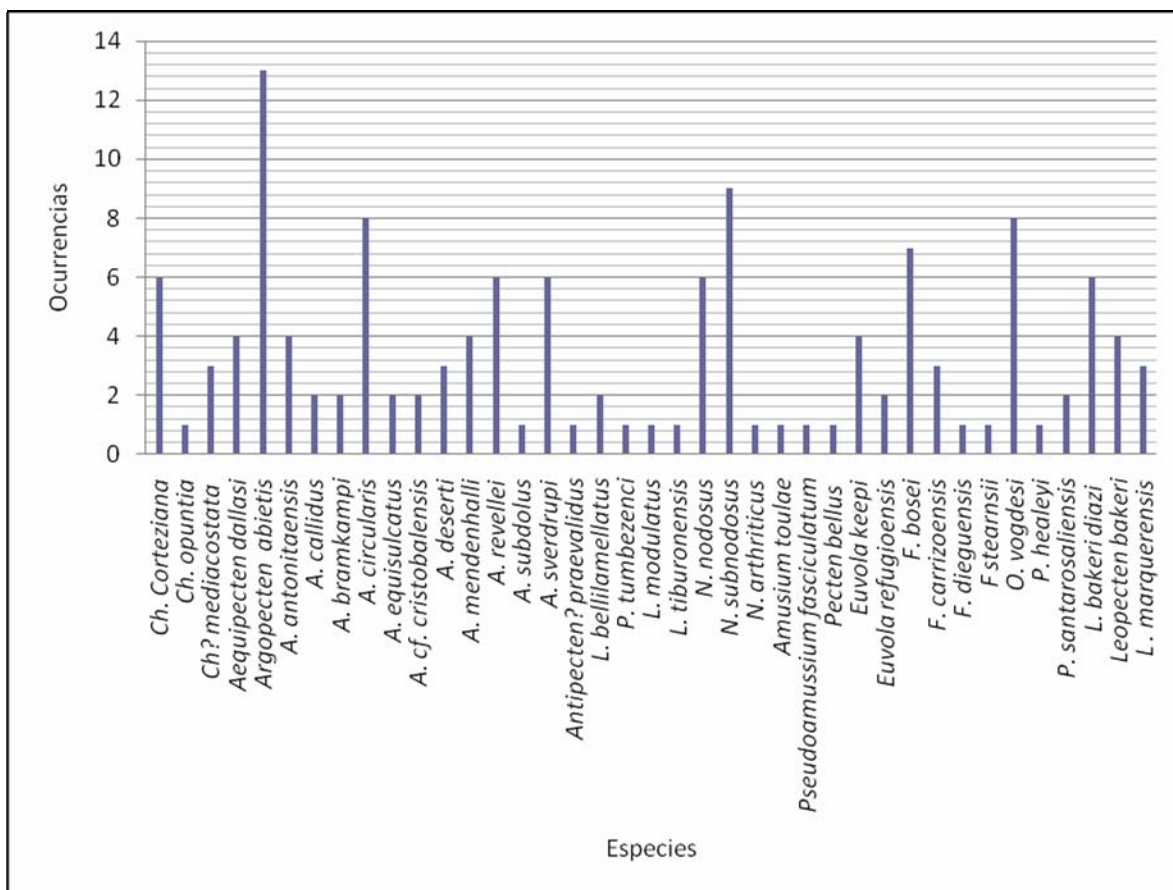
Género y Especie	Cuencas por Formación																		
	Mo	Lo	Ma	BS	BO	ABE	ABU	PL	SN	PCh	A37	SM	Bol	Tzn	Inf	SF	Lzo	Im	TP
<i>Ch Corteziana</i>									1	1		1		1				1	1
<i>Opuntia</i>														1					
<i>Ch? mediacostata</i>											1	1	1					1	
<i>Aequipecten dallasi</i>		1		1					1					1					
<i>Argopecten abietis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1	1	1			
<i>A.ntonitaensis</i>	1					1			1					1					
<i>A callidus</i>														1	1				
<i>A. bramkampi</i>																	1	1	
<i>A.circularis</i>		1	1				1		1	1				1	1	1			
<i>A aequisulcatus</i>		1							1										
<i>cf. cristobalensis</i>									1						1				
<i>A.deserti</i>										1							1	1	
<i>A mendenhalli</i>													1	1	1			1	
<i>A.revellei</i>	1	1		1					1					1	1				
<i>A subdolos</i>															1				
<i>A. sverdrupi</i>						1			1	1		1					1	1	
<i>A. sp</i>																			1
<i>Antipecten? praevalidus</i>															1				
<i>Leptopecten bellilamellatus</i>														1	1				

<i>Pacipecten tumbezenci</i>													1					
<i>L. modulatus</i>						1												
<i>L. tiburonensis</i>																	1	
<i>Nodipecten nodosus</i>	1	1						1			1	1	1					
<i>N. subnodosus</i>	1	1	1	1			1	1			1	1	1					
<i>N. arthriticus</i>		1																
<i>Amusium toulae</i>												1						
<i>Pseudoamusium fasciculatum</i>												1						
<i>Pecten bellus</i>								1										
<i>Euvola keepi</i>									1			1				1	1	1
<i>Euvola refugioensis</i>													1					
<i>F bosei</i>	1	1					1	1	1				1	1				
<i>F carrizoensis</i>											1	1					1	
<i>dieguensis</i>		1																
<i>F stearnsii</i>		1																
<i>O vogdesi</i>	1	1	1			1		1					1	1	1			
<i>P. healeyi</i>		1																
<i>P. santarosaliensis</i>													1	1				
<i>L bakeri diazi</i>	1			1	1		1		1					1				
<i>Leopecten bakeri</i>		1				1							1	1				
<i>L marquerensis</i>			1											1	1			



**Figura 10.-** Distribución de los pectínidos en las diferentes cuencas por Formación durante el Mioceno-Plioceno. Color verde, claro cuencas inundadas durante el Mioceno tardío. Color amarillo, cuencas inundadas durante el Plioceno temprano. Verde oscuro, plioceno medio (término del plioceno temprano e inicio del tardío). Color púrpura base del Plioceno superior (de autor). Azul claro, edad indeterminada. Rosa, Plioceno superior-base del Pleistoceno. Significado de las abreviaturas en la Fig. 8. No se muestra columna A37.

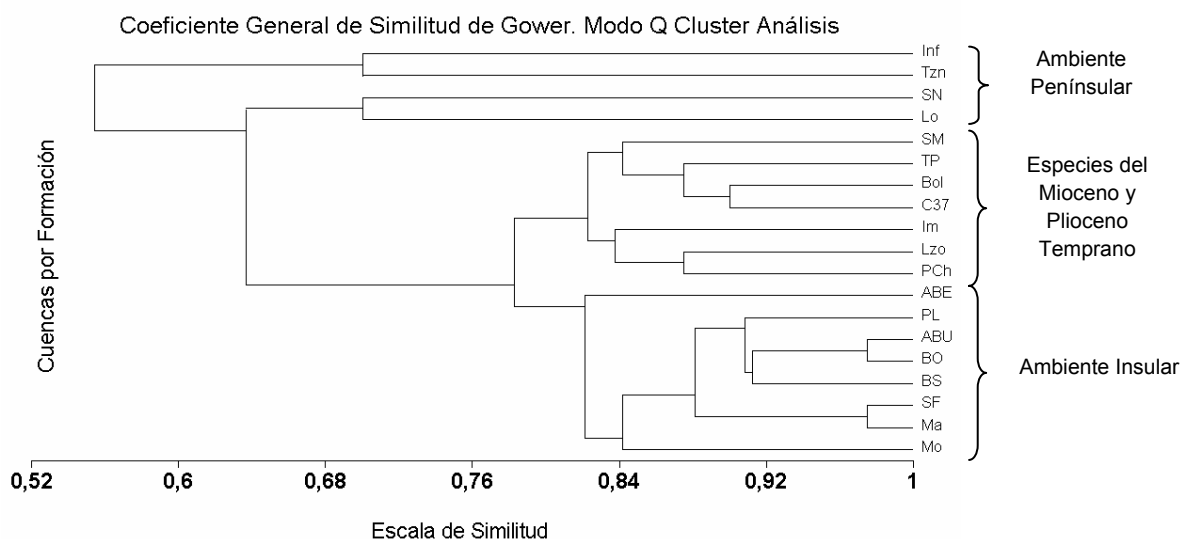
Al separar por formación durante el Plioceno, *A. abietis* y *N. subnodosus*, fueron las más comunes, seguidas por el binomio *A. circularis* y *O. vogdesi*. Las especies raras (una ocurrencia de una especie por cuenca), se registran en la península y mayor a tres se encontraron en la península y en las islas (Fig. 11).



**Figura 11 .-** Número de ocurrencias por cada una de las especie de pectínidos, por Formación en las diferentes cuencas durante el Plioceno.

El análisis de agrupamiento de modo Q, identifica las cuencas o formaciones que contienen conjuntos de especies similares. La Figura 12, muestra el dendograma de modo Q, que separa las cuencas o formaciones en 4 grupos, los dos primeros corresponden al ambiente peninsular. El que corresponde al ambiente insular. Y el grupo que concierne con la edad del Mioceno tardío y Plioceno temprano. Este además de corresponder con la edad, corresponde con la latitud. Utilizan el espacio indistintamente entre el

Norte y el Sur. No existen registros más viejos sobre la margen occidental del Golfo de California que los de la Formación Boleo en el área de Santa Rosalía y los de Formación Imperial, en el sur de California, por lo que estos son los límites sureños y norteños del Protogolfo, durante el Mioceno y Plioceno temprano. De esta forma, en un primer nivel estratigráfico, se observa un patrón de distribución, en donde todas las especies Miocénicas se encuentran en el norte y sur del Protogolfo (Centro de la actual Península). Parte Norteña; hasta el Condado de Riverside, Formación Imperial y sureña, Formación Boleo en la localidad de Santa Rosalía (Tabla IV, Fig. 13). Los pectínidos más representativos; *E. Keepi*, *F. carrizoensis*, *A. mendenhalli*, *A. Bramkampii*, *A. deserti*, *A sverdrupi* y *N. Nodosus*, son especies que no se vuelven a repetir posteriormente, con excepción de las dos últimas, que se observan en el Plioceno medio-superior de San Nicolás y Plioceno Superior de Loreto (o Pleistoceno) como la última ocurrencia de *N. nodosus*. Aparentemente estas especies utilizan el espacio indistintamente en relación con la latitud (la parte norteña y la sureña) con excepción de *L. tiburonensis* que solo está reportado en la parte norteña y *N. nodosus* que no se observa en esa latitud (Tabla IV).



**Figura 12.-** Dendrograma resultante del análisis de agrupación de modo Q, basado sobre la presencia-ausencia de los bivalvos pectínidos en el Mioceno y Plioceno. Muestra patrones de similitud entre las cuencas. Las abreviaciones son las mismas de la figura 8. Se utilizaron los datos de la tabla IV.

En Isla San Marcos, se traslapan los límites estratigráficos y geográficos, es decir en esta isla se encuentran las primeras ocurrencias como *N. subnodosus* (Plioceno) y las últimas ocurrencias como *F. carrizoensis* (Mioceno) con su límite geográfico más sureño para ésta y norteño para *N. subnodosus* durante el Plioceno. De igual forma Punta Chivato con la especie *F. bosei* como su primera ocurrencia y su límite geográfico más norteño y *A. deserti* como su última ocurrencia y su límite geográfico más sureño.



**Figura 13** .- Paleogeografía de los pectínidos en el Mioceno. Cuenca Boleo en Santa Rosalía, como punto de convergencia y dispersión (Tomado de Ledesma-Vázquez y Carreño, 2010).

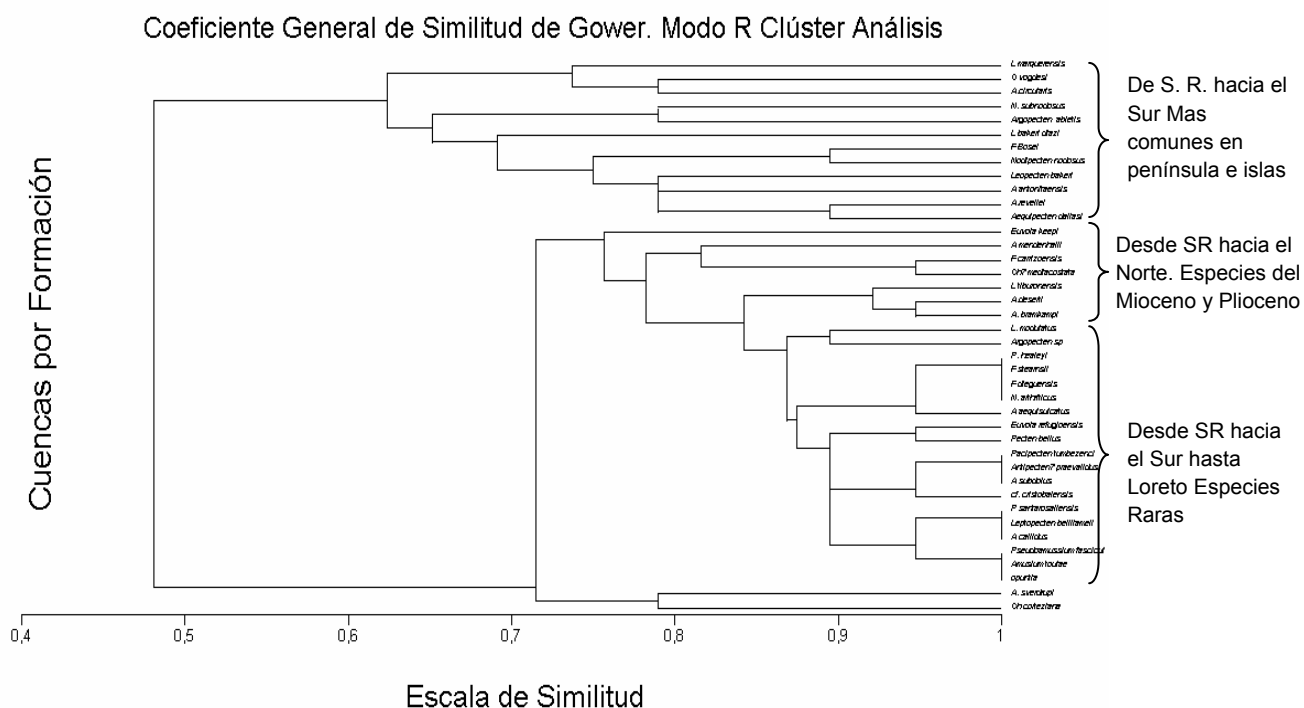
Punta Chivato y Formación Tirabuzón son de la misma edad (de la figura 7, corresponde con el evento del prefijo TB3.4), pero mientras la primera localidad sostiene fauna del Mioceno y del Plioceno, en la segunda es totalmente Pliocénica, como se observa con *Euvola refugioensis*. Otra característica de la Formación Tirabuzón, es que la fauna es muy local en el Protogolfo y se encuentra también en la Formación Almejas, en el Océano Pacífico. Formación Tirabuzón, representa el segundo periodo estratigráfico dentro del Protogolfo (Tablas III y IV; Fig. 10). Esta Formación presenta el periodo más largo del Plioceno y los límites sureños sobre la península no cambian con respecto al Mioceno (Fig. 13), a diferencia de los miocénicos que utilizan el espacio indistintamente entre el Norte y el Sur. El límite Sur para el

Plioceno Temprano, no cambia, pero sí el uso del espacio por los pectínidos, su mayor característica se observa en la distribución de la fauna pectínida, la cual está concentrada en esta área como se observa en la localidad Pliocénica de Formación Tirabuzón y Travertine Point con 19 y 3 pectínidos, respectivamente (Tablas III y IV; Figuras 9, 10 y 13). La fauna pliocénica de Travertine Point, al sur de California, se encuentra asociada al grupo de las cuencas más viejas (Fig. 12), correspondiendo como Plioceno temprano con el evento TB 3.4, básicamente por *E Keepi*.

La siguiente cuenca sobre la península en inundarse desde la Formación Tirabuzón, corresponde a la Cuenca San Nicolás y Loreto, ya mencionadas, con lo que resalta que la inundación fue de norte a sur (Figs. 14 y 15). Por la edad conocida de las cuencas, corresponde con el Plioceno Superior y el límite del Pleistoceno, que observados en la figura 7 corresponden con el prefijo TB 3.6 y TB 3.8, respectivamente.

El análisis de modo R identifica el grupo de especies que tienden a presentarse juntas. En la Figura 14, se observa 3 diferentes conjuntos de especies. El primer agrupamiento reúne las especies más comunes en las islas y en la península, es decir, desde Santa Rosalía hacia el Sur. El segundo grupo son las especies que se encuentran desde Santa Rosalía hacia el norte y corresponde con el Mioceno tardío y Plioceno temprano. El tercer grupo son las especies pliocénicas raras, también desde Santa Rosalía hasta Loreto y que corresponden con la península, ésta última localidad conocida por la últimas

ocurrencias de *N. nodosus* y *F. bosei* y como la última en inundarse, con lo cual corresponde con el cuarto nivel estratigráfico en el límite del Plioceno-Pleistoceno.



**Figura 14 .-** Dendrograma resultante del análisis de agrupamiento de modo R. Muestra patrones de similitud entre los pectínidos. El análisis identifica especies asociadas con la latitud y edad de la cuenca.

La mayor distinción entre los 3 grupos (3 ambientes) se encuentra en la distribución latitudinal de la fauna resumido de la siguiente manera en tres ambientes: Las especies raras, se caracterizan por sólo presentarse en la margen peninsular, con excepción *L. modulatus* en la parte de Arroyo Blanco temprano columna ABE. Las especies que se presentan en las islas que también se presentan en la península, pero que no se presentan en el norte del Protogolfo y/o sur de California, y las especies norteñas con su límite sureño en

Santa Rosalía y por lo tanto no se presentan por debajo de esta localidad en el sur del Protogolfo y parte del Dominio Central del actual Golfo de California.

San Francisquito y Bahía Marquer, quedan asociadas por la almeja *Leopecten marquerensis*, la última almeja en aparecer en el Plioceno. Su primera ocurrencia es en la Formación Infierno, asociada con las que actualmente persisten; el binomio *A. circularis*-*O. vogdesi*, y *Nodipecten subnodosus* así como con la almeja más abundante del Plioceno *A. abietis*. La similitud de la fauna entre Bahía Marquer y Bahía Balandra (Tabla V) y la ausencia total de pectínidos, resulta ésta última cuenca con un cambio total en las condiciones ambientales en el Protogolfo.



**Figura 15.-** Límites paleogeográficos en el protogolfo, durante el Plioceno superior. El límite sureño sobre el Margen peninsular se abre hacia San Nicolás y posteriormente a Loreto (Plioceno tardío o Pleistoceno temprano), en este punto coincide con el cierre del canal (Tomado de Ledesma-Vázquez y Carreño, 2010).

#### **IV.-Distribución de los bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas, en el Margen Occidental del Protogolfo de California e Isla adyacentes, por edad y por latitud: Mioceno y Plioceno y su comparación con los pectínidos.**

Sobre el margen occidental del Protogolfo de California, en la parte norte observamos la localidad de Travertino Point (TP), del Plioceno temprano, el cual para este periodo aloja el mayor número de bivalvos no pectínidos de cualquier localidad o latitud. De las especies que resaltan, se encuentra *Pinna latrania* debido a que no se vuelve a registrar, hasta el Plioceno superior en Loreto. Así como *Cardita megastropa* y *Codakia distinguenda* hasta el Plioceno medio en Isla Montserrat y después en el Plioceno superior en Bahía Marquer en la isla Carmen. *Miltha xantusi* (Dall), hasta el Pleistoceno se vuelve a observar en isla Coronados, actualmente especie propia del Golfo de California. De igual situación la especie *Pegophysema edentuloides*, que se presenta hasta el Pleistoceno de Punta Chivato.

En Travertino Point, resalta el bajo número de pectínidos (3), con respecto al alto número de bivalvos no pectínidos (25).

En el Plioceno temprano de la localidad de Santa Rosalía, la Formación Tirabuzón se encuentra como la más vieja y la más sureña junto con Punta Chivato (Fig. 13). A diferencia de la parte norteña, las proporciones entre los bivalvos pectínidos y no pectínidos son parecidos 19:12 y 7:6, respectivamente.

Sin embargo, éstas dos localidades sólo comparten una especie, *Crassostrea columbiensis*. En Punta Chivato se pueden distinguir a *Crasatellites cf digueti*, *Barbatia cf reeveana* (observadas por primera vez) y *Glycymerys cf maculata*. Las tres localidades mencionadas, también solo comparten una especie *Glycymerys multicosta*. *Dendrostrea vespertina*, no se observa en Punta Chivato y sí en las otras dos localidades del Plioceno temprano, que también son las más diversas.

En la Formación San Nicolás, de edad intermedia entre Plioceno temprano y Plioceno superior, es la primera vez que se registra a *Dosinia ponderosa*, ya que anteriormente en el Plioceno temprano en TP se observó *Dosinia cf D. obliterata*, o en el caso de Tirabuzón nombrada por Vokes en Wilson (1948), como *Dosinia sp. no ponderosa* (Tabla V). La proporción de bivalvos es de 15:14 (Fig.16). También es la primera vez, durante el Plioceno intermedio, que se registra *Anadara multicostata* observada a su vez en Isla Montserrat, esta isla, por la ausencia de *Dosinia ponderosa* y la presencia de *Cardita megastropa*, se ubicaría en el prefijo TB 3.5, otros autores la ubican en una transgresión en TB 3.7, pero si la consideramos en una regresión y quedando en una posición conservadora quedaría en una posición de TB 3.6.

La Formación Infierno, no comparte especies con la Formación San Nicolás, con excepción de *Dosinisa ponderosa*, 2 especies de la Familia Ostreidae y una de la Superfamilia Anomiacea, *Placunanomia cumingii* Broderip, ésta especie nunca se observa en la parte norteña y la primera vez

que se observa es en Fm Tirabuzón, junto con la especie extinta *Placunanomia hannibali* Jordan y Hertlein, la cual prevalece hasta esta Formación de Infierno, por lo que sostiene un rango de vida muy grande, pero siempre en esta localidad. En general se observan los géneros *Anadara* y *Glycymeris*, en las dos Formaciones, Tirabuzón e Infierno. *Lucinoma annulata* (Reeve), esta especie también se encuentra durante el Plioceno en la Formación San Diego, se le reconoce en este estudio como su límite sureño por parte del Pacífico y primera ocurrencia en el Protogolfo, no se observa durante el Pleistoceno. *Cardita* sp. por primera vez en este periodo y el género *Chione* (Lyrophora). Esta Formación no presenta un patrón o correlación con otros bivalvos no pectínidos de otras formaciones o localidades (latitudes), ya que si no se considera la Familia Anomiidae y Ostreidae, su diversidad es baja, 8 especies.

#### Loreto e Isla Carmen: Límite del Plioceno Tardío Pleistoceno Temprano

Contrariamente a la distribución de los pectínidos, la mayor diversidad de los bivalvos no pectínidos se encontró en Loreto con 54 especies, de las 93 especies encontradas durante el Plioceno, seguido de Bahía Balandra y Bahía Marquer. Resalta que especies que se encontraban en el norte durante el Plioceno temprano, se observan en las islas como *Strophocardia* y *Codakia*, pero no en la península. Loreto se encuentra bien representado por los géneros *Anadara*, *Chione* y las Ostras, ya que de esta última taxa de 10 especies se encuentran 7. Sin embargo hay géneros que en éste periodo, se encuentran en la Península e islas, como *Divalinga*, *Dosinia*, *Lucinoma* y por supuesto

*Glycymeris*. Y especies que durante ese periodo fueron solo propias de la península como *Pododesmus foliatus*, *Pegophysema sp cf P janus*, así como de *Corbula* y *Cyathodonta*.

Al comparar los bivalvos pectínidos con los no pectínidos, se debe considerar que las primeras capas de la cuenca son casi en su totalidad, habitadas por pectínidos y estas capas son en consecuencia las más viejas de la cuenca. Los cambios ocurridos en esta cuenca debido al pequeño periodo de tiempo a la que fue sujeta no son muy marcados. Por ejemplo *Sacosstrea palmula*, propia de manglares es reportada por Stump (1979), pero no por otros autores, este organismo también está reportado en la Formación Imperial y no se volvió a observar hasta Loreto, dentro de las capas viejas y después en Isla Coronados. La consideración está dirigida a explicar que en esta cuenca se observan las últimas ocurrencias de bivalvos pectínidos con las primeras ocurrencias de bivalvos no pectínidos, lo que en parte aumenta el número de especies con respecto a las demás. Por ejemplo las últimas ocurrencias de *Nodipecten nodosus*, *Crassostrea californica*, *Pinna latrania* y las primeras ocurrencias de *Flabellipecten diegensis*, *Chione californiensis* o el género *Anadara* entre otros (aquí resalta que las Arcas son en Travertine Point, lo que *Anadara* en Loreto, más conspicuas).

#### Isla Carmen

Resalta, las especies que se encontraban en el norte, que no se vuelven a observar a lo largo de la península e islas y aparecen en el sur como *Divalinga eburnea* (Reeve), *Pegophysema edentuloides* (Verrill), *Lucinisca nuttalli* (Conrad) (Tabla V).

Bahía Balandra se encuentran mejor representado por los géneros, *Barbatia*, *Cardita*, *Tagelus* y *Tellina*. Bahía Marquer, comparte la presencia del género *Lucina* con Bahía Balandra, pero difiere en la presencia de las especies. El género *Chama* se encuentra bien representado, no se había observado con anterioridad desde Travertino Point. En otras palabras, hubieron especies que solo se presentaron o en la península o en las isla, como por ejemplo, *Basterotia* y *Barbatia* en la isla. En Loreto *Anadara* y *Spondylus*. Igualmente *Barbatia* no se había observado desde Travertino Point, en las cuencas intermedias y desde el Plioceno temprano (Tabla V).

Las diferentes cuencas de Isla Carmen, tienen como común denominador *Dosinia ponderosa*, ya que todas con excepción de Bahía Salina presentaron esta especie. Sucede lo mismo con *Anadara multicostata* se presenta en todas las cuencas de Isla del Carmen, con excepción de Bahía Salinas y Arroyo Blanco. Y en estas dos cuencas de Isla del Carmen se reporta *U. megodon*, pero en ninguna otra (Tabla V). Bajo lo referido, Bahía Salinas y la parte basal de Arroyo Blanco denominado como ABE, son anteriores a todas las demás cuencas, denominado aquí como parte oriental de Isla Carmen.

Resalta la presencia de *Anadara formosa* que en todo el Protogolfo solo aparece en Arroyo Blanco y en Loreto.

En el Protogolfo y durante el Plioceno la primera ocurrencia de *Dosinia ponderosa* es en San Nicolás y en la parte basal de Arroyo Blanco. Latitudinalmente está restringida de Santa Rosalía hacia el Sur (Tabla V). Sin embargo, se le observó en el Plioceno de la Formación San Diego.

A pesar que Bahía Oto y Puerto de la Lancha sostienen poca variedad de taxón, todos son compartidos con los de Bahía Marquer y Bahía Balandra, incluyendo *Chione undatella*. Al comparar la fauna con los pectínidos y observar que apenas son 2 especies en Bahía Oto y tres en Puerto de la Lancha, colocan estas cuencas, más jóvenes que San Nicolás y más viejas o igual de edad que Bahía Balandra. Por lo que su fauna está relacionada con la edad y con la latitud, por ejemplo *Dosinia ponderosa*. Comparando con los pectínidos, la diversidad es muy baja, comparte con *N. subnodosus*, que es el organismo común denominador de la Isla, sin embargo, *F. bosei*, se considera, como el único fósil que se encuentra en ésta parte de la isla, por lo que puede corresponder más con la característica de la isla que favoreció su asentamiento.

Sin embargo Bahía Salinas, mantiene únicamente tres especies no pectínidas, tres ostráceos, algunos en posición de vida (*O. erici*) que se encuentran junto con los pectínidos y la especie *Pinctada mazatlanica* que se encuentra sola en un estrato, descrito como una capa por encima de un par de



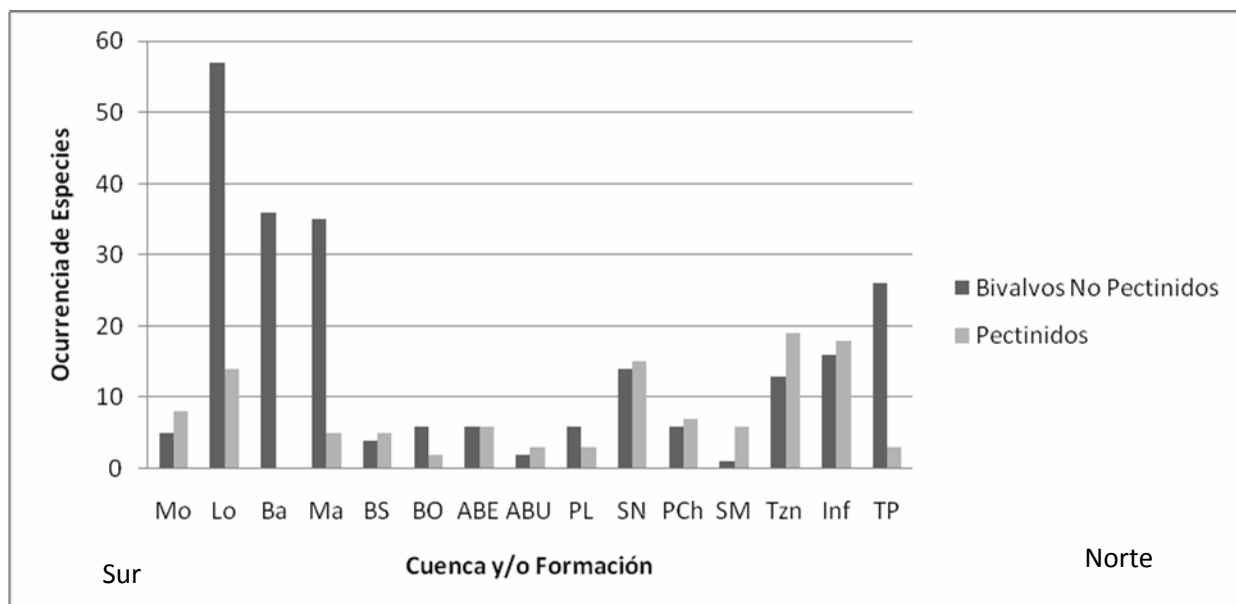


<b>Ostreidae</b>														
<i>Undulostrea megadon</i>	1	1			1		1			1			1	1
<i>Crassostrea columbiensis</i> (Hanley)									1		1		1	
<i>Crassostrea californica</i> (Hertlein)		1												
<i>Dendostrea</i> ? <i>Vespertina</i> (Conrad)		1		1	1	1			1				1	1
<i>Myrakeena</i> cf. <i>M. angelica</i> (Rochebrune)		1	1	1		1	1	1		1			1	1
<i>Lopha</i> ? <i>Veatchii</i> (Gabb)		1		1										
<i>Saccostrea palmula</i> (Carpenter)		1												
<b>Plicatulidae</b>														
<i>Plicatula penicillata</i> Carpenter, 1857			1	1										
<i>Plicatula spondyloopsis</i> Rochebrune, 1895		1		1										
<b>Spondylidae</b>														
<i>Spondylus columbiensis</i>										1				
<i>Spondylus crassisquama</i>						1	1							
<i>Spondylus calcifer</i> (Carpenter)		1												
<i>Spondylus princeps</i> (Broderip)													1	
<i>victoriae</i>												1		
<i>Spondylus</i> sp.		1								1				
<b>Limidae</b>														
<i>Lima pacifica</i> (d'Orbigny, 1846)		1												
<b>Anomiidae</b>														
<i>Anomia peruviana</i> (d'Orbigny, 1846)		1										1	1	
<i>Anomia</i> sp												1		
<i>Pododesmus foliatus</i> (Broderip, 1834)		1												
<b>Placunidae</b>														
<i>Placunanomia cummingii</i> Broderip, 1832		1								1		1	1	
<i>Placunanomia hannibali</i> Jordan & Hertlein												1	1	
<i>Placunanomia</i> n sp												1		
<b>Crassatellidae Keen</b>														
<i>Eucrassatella</i> cf. <i>E. antillarum</i> (Reeve)														1
<i>Crassatellites digueti</i>		1								1	1			







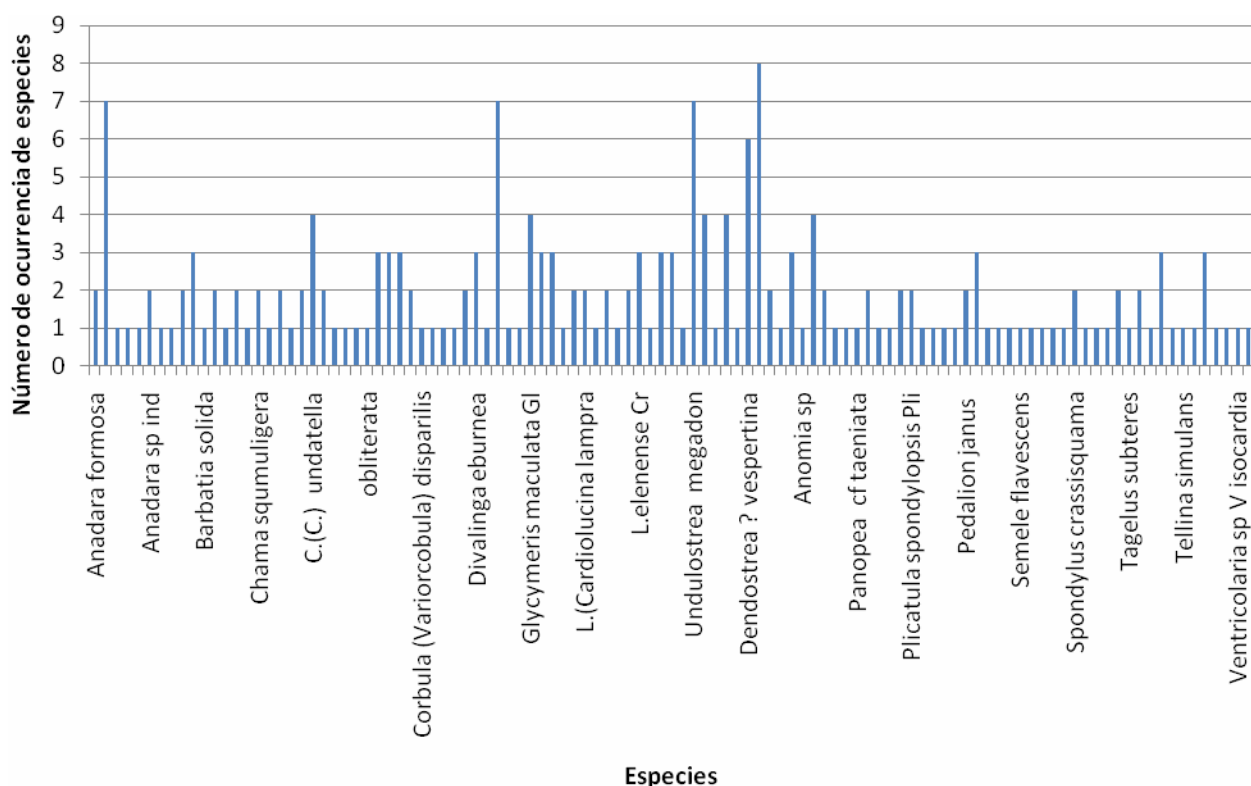


**Figura 16** .- Comparación de la distribución de los bivalvos no pectínidos y pectínidos, en las diferentes cuencas por Formación durante el Plioceno. Las abreviaturas se encuentran en la Fig. 8.

Al comparar con todos los bivalvos juntos, (pectínidos y no pectínidos) (Fig. 16), y desde la Formación Tirabuzón, lugar en donde se reúnen la mayoría de los géneros y de las especies, observamos que hacia la parte más norteña y correspondientes con el Plioceno temprano la localidad de Travertine Point, la mayoría son bivalvos no pectínidos, y desde Formación Tirabuzón en las localidades que corresponden sobre el margen peninsular hacia el sur, la cantidad de pectínidos se mantienen, sin embargo aumentan los no pectínidos, considerablemente en la localidad Loreto como la más joven. En esta localidad coinciden las últimas ocurrencias como la de *Pinna latrania* de pectínidos o *U.*

*megodon*, temporalmente, y las primeras ocurrencias como *Ch. californiensis* y *F. diegensis* entre otras especies.

La fauna en la localidad Loreto está básicamente reportada en Arroyo Arce y puntos circunvecinos. En la fauna de Arroyo Arce, primeras capas, se encuentra básicamente toda la del Norte, (entre la que destaca *P. latrania* y los pectínidos). La fauna de los bivalvos no pectínidos de Loreto poco se parece a la de B. Marquer y B. Balandra, apenas 8 especies de la 56, la fauna de Isla del Carmen aparentemente está más relacionada con la fauna del Norte, como *Codakia distinguenda*, *S megastropa*, *Tellina ochracea*, o el género *Trachycardium*, pero la mayoría de los bivalvos ocurren por primera vez, en Bahía Marquer como la especie *Leporymetis cognata clarki* (Durham), cuyo género ya se había reportado en Formación Imperial como *Leporymetis dombei* (Hanley), *P. latrania* y *Leporimetis obesa* (Deshayes) en Formación Imperial. También además de las especies que se encuentran en el norte y se encuentran en Arroyo Arce hay otras pocas que se encuentran en los puntos circunvecinos de Loreto como *Trachycardium guanacastense* que también se encuentra en Formación Imperial (Tabla V).



**Figura 17.-** Número de ocurrencias por cada una de las especie de bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas durante el Plioceno. Tres especies ocupan 7 cuencas; *U. megodon* Hanley, *Anadara multicostata* y *Dosinia ponderosa* (Gray).

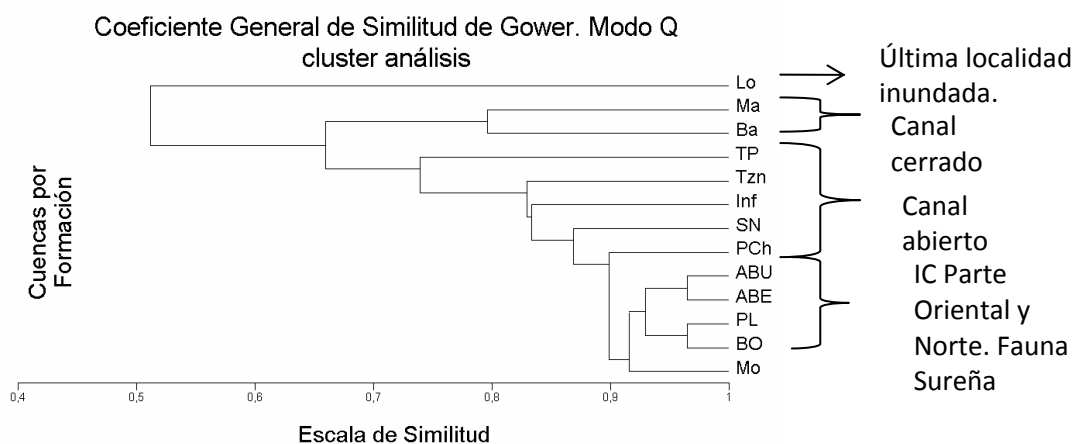
Cuenca San Nicolás, comparada con la formación Infierno y Formación Tirabuzón en la cuenca Santa Rosalía, la diversidad es menos que la mitad que las anteriores. Las demás, presentan menos de 6 especies (Tabla V). En el Plioceno temprano de Punta Chivato, se pueden distinguir a *Crasatellites digueti*, *Barbatia reeveana* y *Glycymerys maculata*.

De las 93 especies encontradas durante el Plioceno en el Golfo de California; 47 fueron clasificadas como raras, de las cuales, 19 especies raras

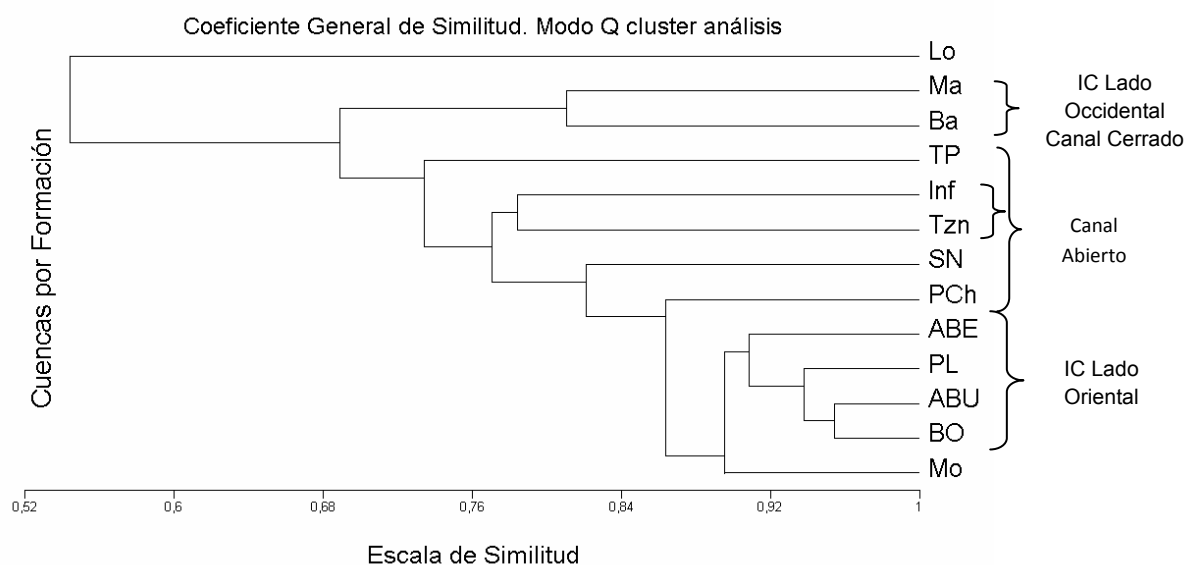
se encontraron en la cuenca de Loreto, 10 en Bahía Balandras y las 18 especies restantes en las diferentes cuencas (Tabla V).

*Anadara multicosata*, *Dosinia ponderosa*, *Undulostrea megadon* y *Dendostrea angelica* fueron las especies, mejor representadas en el Plioceno (Tabla V; Fig. 17). No se escribieron todos los nombres en la figura 17, lo que aquí se muestra, es que casi la mitad de las especies solo se presenta una vez, lo que resalta que las comunidades no cambian juntas o se mantienen en una cohesión.

*Placunanomia hannibali* sólo se presentó en la cuenca Santa Rosalía, en la Formación Tirabuzón e Infierno, un amplio rango de edad, propia también de la Formación Almejas (Moore, 1987) (Tabla V) y en la Formación Pico en California (Squires *et al.* 2006). Esto se ve reflejado en el dendograma de Modo Q (Fig. 18), el conglomerado que se observa en la Isla del Carmen en general, es básicamente por la especie *Dosinia ponderosa* y *N. subnodosus*; La cuenca Loreto es la más alejada del resto y Cuenca Marquer y Balandra forman un conglomerado, que está también separado del resto. En cuenca San Marcos solo se observó una ostra, en San Lorenzo, ninguna especie y en Bahía Salinas una, por lo que no aparecen en el dendograma. Las observaciones más cercanas entre sí son base y parte superior de Arroyo Blanco, columnas ABE y ABU respectivamente, así como Bahía Puerto de la Lancha y Bahía Oto..



**Figura 18 .-** Dendograma resultante del análisis de agrupamiento modo Q. Basado sobre la presencia-ausencia de las especies de bivalvos no pectínidos en el Plioceno. El análisis muestra que la variación en la composición de especies de bivalvos no pectínidos en la Isla Carmen en B. Balandra (Ba) y B. Márquez (Ma) es similar.



**Figura 19 .-** Dendograma resultante del análisis de agrupamiento modo Q, basado sobre la presencia-ausencia de todos los bivalvos en el Plioceno. Muestra patrones de similitud entre las cuencas. Las abreviaciones son las mismas de la figura 8.

Loreto, es de las localidades más jóvenes y se observan dos grandes eventos que se observan en el campo y se reflejan en los dendogramas al comparar la Figura 12, con la Figura 18. Los pectínidos, muestran similitud con los de la cuenca San Nicolás y se observan las últimas ocurrencias de éstos. Lo más importante aún, es el conglomerado de Bahía Marquer en la figura 12 y el cambio de éste en las figuras 18 y 19. En la figura 12 se agrupa con la localidad San Francisquito (SF), pero se junta con Bahía Balandra, cuando se análisis con los bivalvos no pectínidos y es igual en el análisis con todos los bivalvos (pectínidos y no pectínidos). Un evento que se sobrepone a otro, los pectínidos en las capas de abajo y los bivalvos no pectínidos en las superior.

Dentro del clúster de la figura 19, podemos observar a Isla del Carmen, el margen oeste de la isla en que agrupa Bahía Marquer con Bahía Balandra y un segundo agrupamiento en la parte este de la Isla con Arroyo Blanco y la parte Norteña de la Isla. Bahía Salinas quedó fuera, con lo cual se descarta similitud entre las especies. Además tampoco comparten especies la Formación Tirabuzón con la Formación Infierno. Un evento que se sobrepone a otro, pectínidos en las capas viejas y no pectínidos en las más jóvenes,

*D. ponderosa*, se encontró en todos los ambientes sureños, tanto en la isla como en la península. Sin embargo de la Tabla V, se observa entre Travertino Point hasta Bahía Marquer, poca consistencia de las especies no pectínidas que se refleja en la poca o nada de similitud entre los conjuntos, lo

que corresponde con una mayor consistencia en los pectínidos, como en Formación Tirabuzón e Infierno (Figura 10 y 12). Así la parte más norteña Travetine Point, que contiene una alta cantidad de bivalvos no pectínidos (25) en relación con los pectínidos (3), no se relacionan completamente en el sur, en el dendograma, ya que esto se extinguieron en esta parte o unos aparecen en las islas y otras especies en ambas partes, las islas y la península. Así en los extremos de la península, se encuentran los no pectínidos y en ambas partes *Pinna latrania*

Al realizar el análisis de similitud y comparar con todos los bivalvos juntos, incluyendo los bivalvos pectínidos (Fig. 19), se observa que el peso de los pectínidos, es lo que cuenta en las reagrupación para algunas localidades. En el caso de Bahía Salinas no cuenta los bivalvos no pectínidos, ya que el número es muy bajo. Agrupa Arroyo Blanco (del plioceno tardío) con Bahía Oto, al que se le une Puerto de la lancha. Además agrupa la Formación Tirabuzón con Infierno. Lo cual indica dos eventos en las diferentes cuencas en la isla del Carmen, con excepción de Bahía Balandras en que no se presentó ningún pectínido.

#### **V.- Descripción de la Diversidad de los bivalvos en el Pleistoceno y su comparación con el Plioceno.**

Aumentó la diversidad como número de especies hasta 140. Aparecen nuevos géneros que no se habían observado en el Plioceno como *Periglypta*, y aumentan en número de especies algunos géneros como *Arca*, *Seleme*,

Pseudochama y Glycymeris entre otros. 28 especies no se vuelven a observar en el Pleistoceno como *Chione obliterata*, *Chione cf manabi*, *Corbula disparilis*, *Cyathodonta tristani*, *Trachycardium guanacastensis* y *U. megodon*, está última es muy contrastante debido a que fue una de las más representativas del Plioceno y *Trachycardium guanacastensis*, presente desde Formación Imperial y especie del actual Golfo de California. *Trachycardium procerum* que se observa en Isla Monserrat durante el Plioceno y en Punta Chivato en el Pleistoceno (Tabla VI).

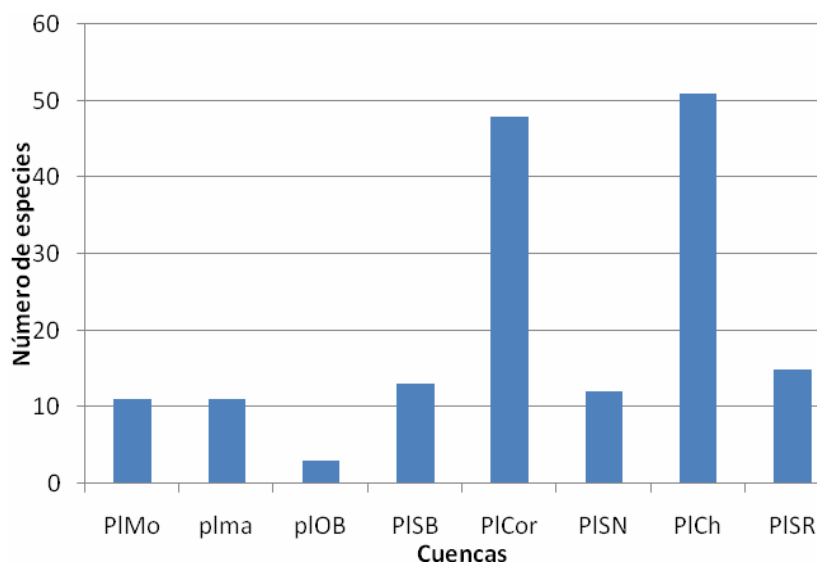
**Tabla VI .-** Distribución de los bivalvos en las diferentes cuencas durante el Pleistoceno en las paleocostas del Golfo de California, durante el Pleistoceno.

Género y especie	Cuenca							
	PLMo	PLMa	PLBO	PLBS	PLCo	PLSN	PLCh	PLSR
<b>Nuculidae</b>								
<i>Nucula declevis</i> Hinds 1843					1			
<b>Nuculanidae</b>								
<i>Nuculana (Saccella) elenensis</i> (Sowerby, 1833)							1	
<b>Arcidae</b>								
<i>Anadara multcostata</i> (Sowerby, 1833)	1	1		1	1		1	1
<i>Arca sp pacifica</i> (Sowerby, 1833)					1	1		
<i>Arca mutabilis</i> (sowerby, 1833)					1			
<i>Barbatia gradata</i> (Broderip & Sowerby, 1829)					1		1	
<i>Fugleria illota</i> (Sowerby, 1833)							1	
<i>Barbatia reeveana</i> (d?Orbigny, 1846)		1			1	1		
<i>Arcopsis solida</i> (Sowerby, 1833)							1	
<i>Barbatia alternata</i> (sowerby, 1833)							1	
<b>Glycymeridae</b>								
<i>Glycymeris maculata</i> (Broderip, 1832)				1	1		1	
<i>Glycymeris multcostata</i> (Sowerby, 1833)	1			1	1		1	
<i>Glycymeris gigantea</i> (Reeve, 1843)	1			1		1	1	
<i>Glycymeris delessertii</i> (Reeve, 1843)	1							
<b>Mytilidae</b>								
<i>Modiolus capax</i> (Conrad, 1837)							1	
<b>Pinnidae</b>								
<i>Pinna cf rugosa</i> (Sowerby, 1835)					1			
<i>Pinna corteziana</i> (Durham, 1959)					1			



<i>Chama squamuligera</i> Pilsbry & Lowe, 1932					1		1	
<i>Chama pellucida</i>		1		1			1	
<i>Pseudochama exogyra</i>					1			
<i>Pseudochama janus</i> (Reeve, 1847)						1		
<b>Cardiidae</b>								
<i>Laevicardium elatum</i> (Sowerby, 1833)					1		1	
<i>L.elenense</i> (Sowerby, 1840)					1		1	
<i>Papyridea aspera</i> (Sowerby, 1833)					1		1	
<i>Trachycardium biangulata</i> (Broderip & Sowerby, 1829)	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Trachycardium consors</i> (Sowerby, 1833)	1		1		1		1	
<i>Trachycardium procerum</i> (Sowerby, 1833)							1	
<b>Veneridae</b>								
<i>Chione californiensis</i> (Broderip, 1835)	1				1	1		1
<i>Chione tumens</i> Verrill, 1870	1					1		
<i>Chione undatella</i> (Sowerby, 1835)	1	1			1		1	
<i>Chione fluctifraga</i> (Sowerby, 1853)								1
<i>Chionopsis</i> cf. <i>Amathusia</i> (Philippi, 1844)				1	1		1	
<i>Chione subrugosa</i> (Wood, 1828)							1	
<i>Chione kelletii</i> (Hinds, 1845)								1
<i>Chione mariae</i> (d'Orbigny, 1846)							1	
<i>Dosinia ponderosa</i> (Gray, 1836)					1			
<i>Megapitaria squalida</i> (Sowerby, 1835)		1	1	1	1		1	1
<i>Megapitaria aurantiaca</i> (Sowerby, 1831)								1
<i>Periglypta multicostata</i> (Sowerby, 1835)		1		1		1		
<i>Pitar newcombianus</i> (Gabb, 1865)							1	
<i>Pitar</i> sp								1
<i>Protothaca coronadosensis</i> *Durham, 1950					1			
<i>Protothaca grata</i> (Gray, 1831)							1	
<i>Tivela byronensis</i> (Gray, 1838)							1	
<b>Petricolidae</b>								
<i>Petricola robusta</i> Sowerby, 1834					1			
<b>Myidae</b>								
<i>Cryptomya californica</i>							1	
<b>Mactridae</b>								
<i>Rangia mendica</i> (Gould, 1851)					1			
<b>Tellinidae</b>								
<i>Leporimetes cognata</i> (Pilsbry & Vanatta, 1902)							1	
<i>Tellina Ochracea</i> Carpenter, 1864					1			
<i>Tellina hiberna</i> Hanley, 1844							1	
<i>Tellina reclusa</i> Dall, 1900					1		1	
<i>Tellina simulans</i> C.B. Adams, 1852							1	

<i>Tellina cumingii</i> Hanley, 1844					1		1	
<b>Psammobiidae</b>								
<i>Tagelus subteres</i> (Conrad)					1		1	
<i>Tagelus californianus</i> (Conrad, 1837)							1	
<i>T. violascens</i> Conrad							1	
<b>Semelidae</b>								
<i>Semele hertleini</i>					1		1	
<i>Semele jaramija pilsbryi</i> Olsson, 1962							1	
<b>Corbulidae</b>								
<i>Corbula luteola</i> Carpenter							1	
<b>Hiatellidae</b>								
<i>Panopea cf taeniata</i> Dall, 1898							1	
<b>Periplomatidae</b>								
<i>Cyathodonta dubiosa</i> Dall, 1915							1	
<i>Ventricolaria sp V isocardia</i>					1			
<b>Pectinacea</b>								
<i>A.circularis</i>						1	1	1
<i>N. subnodosus</i> Pec		1			1	1		
<i>N. arthriticus</i>	1							
<i>O vogdesi</i>	1				1	1	1	



**Figura 20** - Distribución de los bivalvos en las diferentes cuencas durante el Pleistoceno.

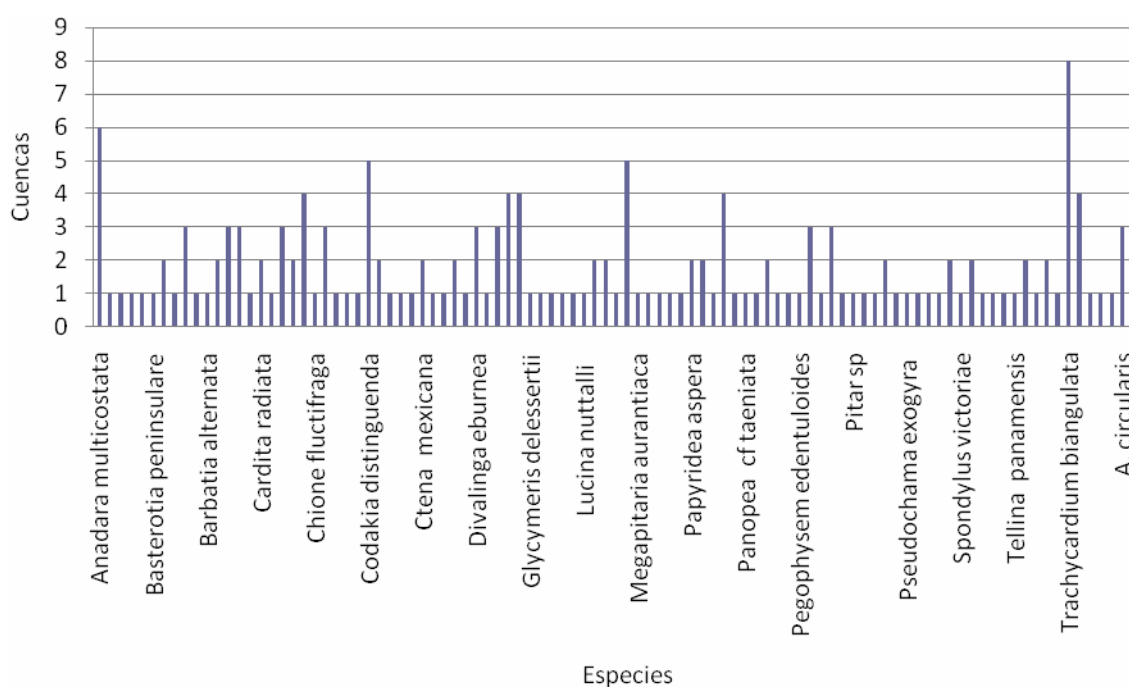
La especie más representativa del Pleistoceno fue *Trachycardium biangulata* (en todas las 8 cuencas) ya que se encuentra en todas las localidades de este periodo, seguida de *Anadara multicosata* (6 de 8 cuencas), *Megapitaria squalida* (6 de 8 cuencas) y *Codakia distinguenda* en 5 localidades (Tabla VI). No se escribieron los nombres de todas las especies en la figura 21, lo que aquí se muestra, es la utilización del espacio por *Trachycardium biangulata* y las otras tres especies que se encontraron en por lo menos 5 localidades, en contraste con casi la mayoría de las especies que solo se presentan una vez.

*Dosinia ponderosa* a diferencia del Plioceno, solo se encuentra en 2 localidades: Punta Chivato e Isla Coronados, en esta misma isla se reúnen dos especies que no se habían observado desde Travertine Point, *Lucina nuttalli* y *Miltha xantusi*, observada esta última en Formación Almejas del Mioceno tardío y ambas en la Formación San Diego. *Megapitaria squalida* que es tan abundante en el Pleistoceno no se había observado desde Formación Tirabuzón, pero sí en la Formación San Diego. Así como *N. arthriticus*, visto en la Formación Almejas del Mioceno tardío en el océano Pacífico, en Loreto y hasta el Pleistoceno de Isla Monserrat. *Pinctada mazatlanica*, se sigue observando en las Islas. *A. circularis* se dejó de observar en la isla del Carmen. *Chione kelletii*, en Santa Rosalía, como único lugar.

Se observa que de las 4 Panopeas que existieron en el Plioceno sólo queda una de las diferentes especies reportadas, prevalece la que se encuentra en el actual Golfo de California. Se observa además que *Laevicardium elenense* que se encontraba en Formación Imperial (Moore, 2002) vuelve a encontrarse nuevamente en el Plioceno de Loreto, Bahía Marquer y Bahía Balandra en el Pleistoceno de Punta Chivato y Pleistoceno de Isla Coronados, así como *Papyridea aspera* de la misma Formación y *P. crockeri*, todos provenientes de la familia Cardiidae y que prevalecen actualmente, aunque *P. crockeri*, no se observó en ninguna localidad posteriormente. En el Pleistoceno es la primera vez que se observa la Familia Nuculidae y Nuculanidae, desde que comenzaron las primeras inundaciones en el Protogolfo, resalta porque sus hábitos de vida corresponden con la infauna del grupo de los protobranquios. El género *Glycymeris* se encuentra en todos los ambientes y periodos desde la Formación Imperial y Travertino Point, por la Margen peninsular del Plioceno (no en las islas) y todas las localidades del Pleistoceno con excepción de Bahía Marquer y Santa Rosalía, sus hábitos de vida son de infauna sin sifones (no protobranquios) y durante el Pleistoceno, éste género se incrementa a 4 especies.

Lo más relevante de éste periodo Pleistocénico, es el bajo número de extinciones de las especies. Asimismo, es importante hacer notar dos localidades con un alto número de especies, diferentes a las que hubo en el Plioceno; Punta Chivato e Isla Coronados. El último resultado es el bajo número

de localidades con el pectínido *A. circularis*, aunque parece que esta especie está más concentrada hacia el margen peninsular. Isla Monserrat, queda albergando a *O. vogdesi* y se le suma *N. arthriticus*. De las 99 especies que se observaron en el Pleistoceno, 57 fueron raras (Fig. 21). La mayor diversidad se observa en Punta Chivato con 54 especies e Isla Coronados con 51 especies (Tabla V, Fig. 22), sin embargo la fauna es diferente. La fauna del Pleistoceno de Bahía Marquer, no es tan diverso como en el Plioceno, para esa misma localidad.



**Figura 21.-** Número de ocurrencias por cada una de las especie de bivalvos no pectínidos en las diferentes cuencas durante el Pleistoceno. *Trachycardium biangulata* (Broderip & Sowerby, 1829), se encuentra en las 8 localidades

En la cuenca Punta Chivato durante el Pleistoceno se encuentran cuatro diferentes especies de *Chione*: *Ch. undatella*, *Ch. amathusia*, *Ch. subrugosa* y *Ch. mariae*. En la cuenca Monserrat durante el Pleistoceno se encuentran tres diferentes especies de *Chione*: *Ch. californiensis*, *Ch. tumens* y *Ch. undatella*. Y en Santa Rosalía *Ch. californiensis*, *Ch. fluctifraga* y *Ch. kelletii*. En la cuenca Bahía Oto no se observó ninguna especie. *Ch. undatella* fue la especie mejor representada y *Ch. obliterated* no se volvió a observar en ninguna localidad. *Codakia distinguenda*, tampoco se observa en Bahía Oto ni en cuenca Santa Rosalía y Punta Chivato.

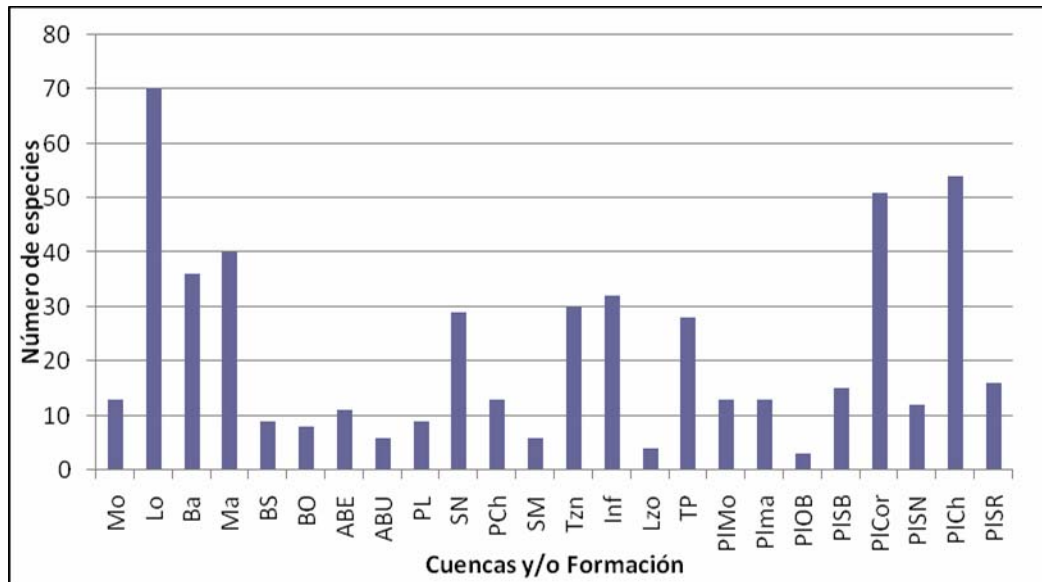
La cuenca Punta Chivato en el Pleistoceno es muy parecida a Bahía Balandra del Plioceno, en particular por los géneros *Tagelus* y *Tellina*. Estos últimos géneros también se observan presentes en I Coronados, pero esta a su vez se encuentra representada por grupos de especies que no habían aparecido con anterioridad o en otras cuencas.

Lo mas relevante de la tabla es que Bahía Balandra y Bahía Marquer se parecen en la composición de especies, con la diferencia en los géneros *Tegula*, *Tellinas* y sobre todo los pectínidos *Leopecten marquerensis* y *A. abietis*. A su vez, a cuenca Punta Chivato en el Pleistoceno es muy parecida a Bahía Balandra del Plioceno, aunque no se vé reflejado en los dendogramas, tal

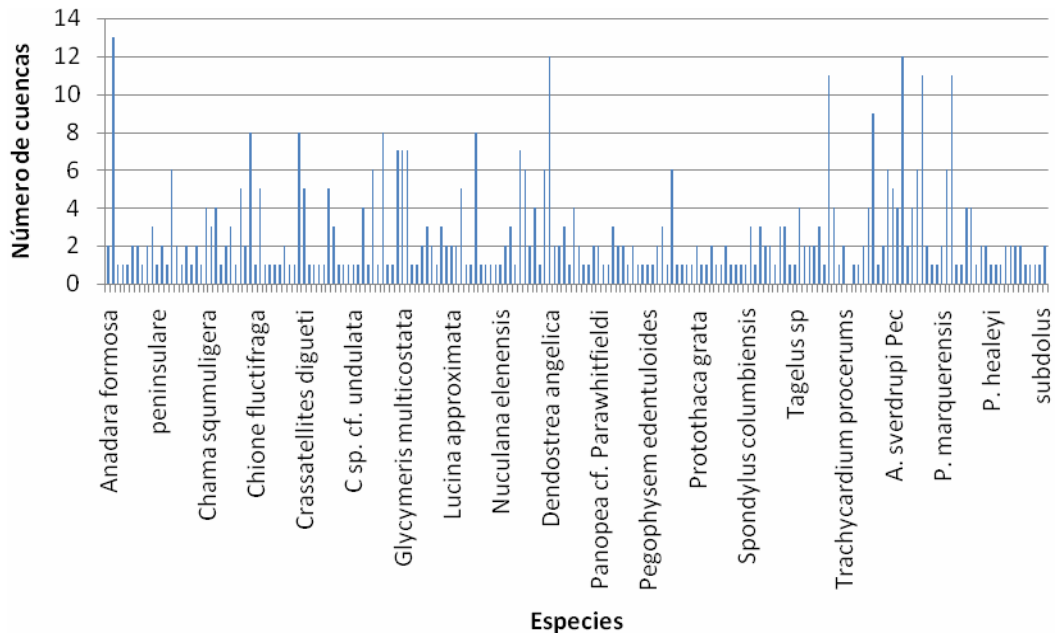
vez, debido a las nuevas especies como *Peryglypta*. La cuenca Punta Chivato es conspicua por el aumento de las especies.

También resalta la forma en que *A. circularis* se distribuye en el Plioceno temprano, más en las islas que en la península.

*Dosinia ponderosa*, *Anadara multicostata*, *U. megodon* y *D. angelica* fueron las especie que se presentaron en mayor número de veces, en las 23 cuencas del Pli-Pleistoceno (Fig. 23). *U. megodon* se observa muy bien en todo el Plioceno, 7 de las 13 localidades, además de estar reportada en la Formaciones Almeja, Imperial y San Diego, con el contraste de no volver a observar este inconfundible organismo en ninguna localidad del Pleistoceno. *Dendostrea? angelica*, se encuentra bien representada en el Plio-Pleistoceno, sin embargo, esta especie es reportada por Moore, (1987) como mal clasificada, así como *Ostrea cumingiana*, *Dendostrea? vespertina*, *Lopha? veatchii* (Gabb) y *Neopycnodonte? Cf. N. cochlear*.



**Figura 22.-** Número de especies de bivalvos del Plioceno y Pleistoceno en las diferentes cuencas en el Golfo de California (el significado de las abreviaturas es explicado en metodología).



**Figura 23.-** Número de ocurrencias por cada una de las especie de bivalvos incluyendo a los pectínidos, en las diferentes cuencas durante el Plioceno y Pleistoceno. *Argopecten abietis*, *Trachycardium biangulata* (Broderip & Sowerby,

1829), y *Anadara multicosata*, son las especies que ocuparon el mayor número de cuencas.

En el Plioceno, en la cuenca Santa Rosalía, se observan 16 especies, pero repartidas entre las dos formaciones es de 11 para la Formación Infierno y de 9 para la más vieja conocida como Formación Tirabuzón (Tabla V). Número parecido alcanzado en la Cuenca de Punta Chivato por 6 especies. *Megapitaria squalida* se presenta en la Formación Tirabuzón y se vuelve a ver hasta Bahía Marquer y Bahía Balandra. No se observó *Crassostrea californica osunai* en las islas, ni el *Pycnodonte heermanni* este se observa en Loreto y en Santa Rosalía, únicamente en la Formación Infierno y no se observó en las islas. Resalta el bajo número de especies, en Bahía Salinas con 1 especie.

## **DISCUSIÓN**

Los resultados de la comparación y distribución de los bivalvos, latitudinalmente y por edad, representan algunos de los procesos de la historia geológica sobre la formación del Golfo de California.

Cinco hechos están relacionados, con los datos encontrados, con el actual Golfo de California y fauna contemporánea del Océano Pacífico: 1.- Se separa la península Ledesma-Vázquez y Carreño, (2010). 2.- Se abre un canal Ledesma-Vázquez y Carreño, (2010). 3.- Se inunda el Protogolfo Ledesma-Vázquez y Carreño, (2010). 4.- Se cierra el canal. 5- Se abre la boca y se

dispersan las especies hacia el sur del océano Pacífico, desde el Golfo de California (Nagy y Stock 2000; Moore y Buffington 1968, Lyle y Ness 1991).

La apertura del canal, en este trabajo, se basa en la relación de los bivalvos de la Formación Almejas con la Formación Boleo, Tirabuzón e Infierno.

En el Plioceno se identificaron 38 especies de pectínidos que habitaron las paleocostas de las Islas y la margen occidental de lo que ahora es el actual Golfo de California. La convergencia de entre 25 a 36 especies encontradas en la cuenca Santa Rosalía, y la relación biogeográfica con la Formación Almejas apoya la idea de un canal conectado al Océano Pacífico, de la manera como lo demuestran Ledesma y Carreño (2009), pero con algunas variantes que se presentan y se discuten más tarde. De las 38 especies, 18 son endémicas, de las 20 que no son endémicas, 18 se encuentran en Formación Almejas (Moore, 1984, Piazza 1994), en el Océano Pacífico. Esta relación no es única de los pectínidos, otras especies como por ejemplo, *Pycnodonte heermanni* y *Undulostrea megodon* (Hanley) identificada en las Formaciones Tirabuzón, Imperial y Almejas en el Océano Pacífico. El mejor ejemplo, o el más representativo, de la conexión entre el Océano Pacífico y el Protogolfo, es *Placunanomía heermanni*, esta población ahora extinta, únicamente se encontró en las Formaciones Almejas, Tirabuzón e Infierno en la cuenca Boleo y en la parte de California en la Formación Pico. Carreño y Smith (2007) señalan que los organismos encontrados en Isla Tiburón tienen taxas en común con los más viejos de la Cuenca Santa Rosalía en la Formación Boleo.

*F. carrizoensis*, *F. stearnsii* y *F. diegensis*, tomados en orden cronológico, pueden presentar una serie genética (Moore, 1984). Esto muestra a Santa Rosalía con una relación estrecha entre Formación Almejas y el Protogolfo de California, donde esta cuenca se muestra como una localidad de concentración, diversificación y distribución de especies hacia las diferentes latitudes, especialmente hacia el norte y principalmente hacia la Formación San Diego, en que se observan las dos últimas especies.

**Inundación del Protogolfo**, por la apertura del canal, durante la depositación de la Formación Boleo (Helenes y Carreño, 1999; Ledesma-Vázquez y Carreño, 2010). Se sabe que la parte norteña se encuentra entre lo más viejo e incluye al Plioceno (Powell, 2010) temprano (Fig. 12), así como que el canal por donde entraba el agua del Océano Pacífico, que alimentaba esta área norteña, estaba ubicado en Santa Rosalía, también durante la Formación Tirabuzón e Infierno en la cuenca Boleo. De esta misma manera, el llenado de las cuencas sobre el Margen occidental del Protogolfo en su parte central, es de Norte a Sur; desde Santa Rosalía a San Nicolás y después a Loreto (desde la Formación Infierno, parte basal), esto es por la misma relación latitudinal que se mantiene entre Formación Almejas y después con la Formación San Diego, además por las edades de las cuencas y por la presencia-ausencia de las especies. La fauna del Protogolfo muestra variación tanto latitudinal como estratigráfica. La fauna de pectínidos asociada al Mioceno tardío, ocupa todo el Protogolfo, con excepción de *L. tiburonensis* Smith, que solo se encuentra en la

parte norteña. En la base del Plioceno o Plioceno temprano, el Protogolfo se extiende hasta el sur en el punto conocido como A 3713 (Fig. 8; Fig. 2 de Durham, 1950) y en Punta Chivato, aquí se observa un cambio en la estructura de la comunidad (taxonómica): La zona de los bivalvos no pectínidos, la zona de los bivalvos pectínidos y el ambiente isleño. Formación Tirabuzón con especies diferentes a las Miocénicas y en un aumento de su composición. En Punta Chivato se aloja la fauna proveniente del margen penínsular micénica. Es decir, en la composición de las comunidades de bivalvos: los pectínidos no ocupan todo el Protogolfo. Los bivalvos se segregan en dos comunidades, lo cual refleja dos ambientes: En esta edad del Plioceno la distribución latitudinal es muy clara, los bivalvos no pectínidos se encuentran (mayormente) en el norte, por ejemplo Travertino Point, con tres pectínidos y 29 no pectínidos, los pocos bivalvos más viejos se encuentran en las islas y una nueva comunidad de pectínidos en la Formación Tirabuzón. De las especies de pectínidos que pasan a este nivel estratigráfico (desde el Mioceno), 5 alcanzan estas latitudes (sureñas y norteñas) y solo *A. bramkampii* Durham se alberga en I. San Lorenzo. En esta época (Formación Tirabuzón), aparecen nuevas especies de pectínidos (Tabla IV, columna Tzn) todos asociados a la cuenca en Santa Rosalía, por lo que se les relaciona con aguas frías provenientes del Pacífico, específicamente con la corriente de California (Adicott, 1970) (Tabla III). De estas nuevas especies, con excepción de *Chlamys corteziana*, ninguna invade el Norte del Protogolfo (Formación Imperial), como *Ch. opuntia*, *A. dallasi*, *A. antonitaensis* entre otras. De esta forma, para la base del Plioceno, se observa

con base en la segregación de las dos comunidades de bivalvos, dos gradientes de temperatura la Norteña (más continental) y la sureña, agua fría proveniente de la Corriente de California (Addicott, 1970). Por lo que podemos decir que la fauna norteña es diferente a la sureña, sobre el margen peninsular, en ésta sureña, la mayoría pectínidos relacionados con la Formación Almejas o los endémicos del Protogolfo (Tabla III), y los bivalvos no pectínidos, en la localidad de Travertino (Point Powell II, 2010).

Carreño y Smith (2007), mencionan que la parte superior de la Formación Boleo, pudiera ser tan joven como Mioceno tardío, pero más vieja que la Formación Tirabuzón, la cual contiene microfósiles, tiburones y moluscos del Mioceno tardío-Plioceno temprano. En este trabajo, *Flabellipecten carrizoensis* Arnold, *Euvola Keepi* Arnold, *Chlamys mediacostatus* Hanna, asocian para las localidades de isla San Marcos, con la parte superior de la Formación Boleo, así como a la localidad A3713 (Fig 2; Durham 1950) en isla del Carmen como el límite geográfico sureño (Fig. 13) y posteriormente dentro del Plioceno temprano Arroyo Blanco.

**Cierre del canal**, se sucede, entre la depositación de la Formación Infierno y la inundación de la cuenca Loreto, Bahía Marquer y Bahía Balandra, debido a que aparecen especies que no se encontraban en el sur del Protogolfo, pero sí en el norte (un vacío de especies entre eso dos puntos), por lo que se observa que cuando se cierra el canal en Santa Rosalía, migran las especies de bivalvos no pectínidos hacia el sur. Es decir, es en el Plioceno

Superior en que la fauna de la Formación Imperial, aparece en Loreto e Isla del Carmen, con lo cual corresponde que el cierre del canal, estaría funcionando como una barrera para el paso de la especies del norte como *Pinna latrania* Hanna. La otra posibilidad, sea que más que la Corriente de California como una barrera, el espacio sea controlado por los pectínidos o por ambas situaciones. Sin embargo, es necesario un estudio de cada especie de bivalvos no pectínidos así como el modo de vida de los pectínidos, epibentónicos libres nadadores que se segregan formando mantos y compiten mejor por el espacio que los que habitan en T P.

Además de observarse nuevas especies en Isla del Carmen, las que se suman a las que migran, con lo cual ésta área contiene el mayor número de especies. Entre el cierre del canal y la apertura de la boca, pudo haber quedado un breve tiempo geológico, como un sistema aislado.

El cierre del canal también se consideró con base en la ausencia de *Chlamys opuntia* (Dall) en la Formación Infierno. Esta especie no se encontró en ninguna otra localidad (latitud), por lo que se le encuentra relacionada con la boca del canal y sujeta a las condiciones oceanográficas de la misma. Hertlein y Grant mencionan que *Ch. opuntia* fue encontrada en el Plioceno tardío en depósitos de una profundidad probable de 30 a 90 metros y sugieren una temperatura aproximadamente de 15 a 17°C. Sin embargo encontrar a *Miltha xantusi*, *L. nutalli*, y a otras especies en Travertine Point, así como en la

Formación Almejas y en la Formación San Diego, parece más que la barrera fue biótica más que por la Corriente de California.

### **Apertura de la boca**

Para el plioceno superior y antes del Pleistoceno se abre la boca del Golfo de California por el Sur, entre la inundación de Loreto y Bahía Marquer-Balandra. *Ch. californiensis* aparece en las capas intermedias en la cuenca Loreto, a su vez, en estas mismas capas intermedias *Undulostrea megodon*, es visto por última vez, hasta esta cuenca había sido el fósil más común en el Plioceno, (aparentemente) cambia su rango de profundidad. Se deja de observar *U. megodon*, en Bahía Marquer y en *B. Balandras*, asociado con este cambio en la profundidad y apariciones de nuevas especies en el Plioceno tardío (Tabla II y V). La apertura de la boca, está más relacionada con la dispersión de la fauna hacia el sur de la fauna originada en el ya Golfo de California. Esto esta basado en el hecho de encontrar la mayor parte de los registros fósiles más antiguos de estas especies en el Protogolfo, como *Codakia distinguenda*, *Pinctada mazatlánica*, entre otras (Moore, 1983; Durham, 1981; Smith y Roy 2006; Smith, 2007; Smith y Jackson 2009). Smith y Jackson (2009), mencionan que varias de las especies con sus primeras ocurrencias en el Plioceno tardío en el Ecuador tienen sus fósiles con los registros más tempranos en el Golfo de California, o más hacia el Norte de Baja California o en California. Patrón que también se observa en peces y foraminíferos. Estos autores mencionan que hay un gran vacío de especies en el registro del TEP, pero no así para el SWC. Durham *et al* (1981), menciona este mismo vacío en

la localidad La Mira, en los registros Pliocénicos. Este vacío, se puede explicar con la figura 7, en la cual se observa que lo más conspicuo o relevante en el Plioceno fue en la parte transgresiva de la curva, ocurrió en el estado Zanclean, en su primera época, la altura en el nivel del mar (aparentemente hasta 90 m). En este trabajo, se interpreta que la fauna de Puerto Vallarta hasta el TEP, no contaba con ningún mecanismo de surgencias que mantuviera una adecuada productividad y amortiguara, la temperatura, prolongado por varios millones de años. Mientras que la fauna que habitaba en la localidad del protogolfo de California, contaba con la corriente de California, además con cuencas someras, propicias para organismos bentónicos sean de infauna o epifauna. La principal característica de los organismos que habitaron en el Plioceno fue que se encontraron en sedimentos a profundidades someras de 2-15 m (Durham, 1950; Meldhal, 1993, 1997), en todas las cuencas estudiadas. Principal cambiola profundidad.

Mientras en la historia de vida y de origen de las especies no se considere la Corriente de California y sus surgencias en la evolución del Protogolfo, la historia de los organismos actuales que conforman el Golfo de California y en el TEP, se verá incompleta. Y esto solo es posible mediante una conexión del Océano Pacífico al Protogolfo.

Resaltan ciertas Generalidades de la comparación de las comunidades de bivalvos a través del tiempo y el espacio. Especies que no se vuelven a observar hasta millones de años después. Varios ejemplos, se pueden

encontrar entre los bivalvos pectínidos, como por ejemplo *Pseudoamussium fasciculatum* (Hinds), que aparece en Formación Tirabuzón, no vista con posterioridad, hasta ahora junto con la fauna actual. Estas especies raras, su poca aparición, pero gran.

La integración de los datos recopilados de diferentes autores, permite una perspectiva diferente sobre el cierre del canal y la apertura de la boca del golfo (en el tiempo geológico) y en el llenado de la parte central, del Norte hacia el Sur, hasta Loreto, la mayoría de los autores lo distinguen de sur a norte. Lo importante es señalar que este trabajo apoya la idea de que las especies encontradas en la Isla del Carmen, se originaron en el Protogolfo de California, sea o no antes de su apertura y de aquí se dispersaron hacia el sur, en el cambio del Plioceno al Pleistoceno, según el registro fósil, donde los registros más antiguos de las especies, son observados en este lugar del Protogolfo.

La parte Norteña, sur de California, también fue un lugar de origen de especies, básicamente de bivalvos no pectínidos. La barrera por aislamiento, dentro del Protogolfo, fue de origen térmico. La parte norteña, predominaban las condiciones continentales. Con el cierre del canal, desapareció la barrera y ocurrió especiación en Bahía Marquer y Bahía Balandra. Considerando la gran capacidad para reproducirse en condiciones adecuadas, lo cual lo hace buen competidor por espacio. Por ejemplo *A. Abietis* en Loreto, también, *A. circularis*, durante 1989 y 1990 en Bahía Magdalena se obtuvieron 750 millones de organismos (Maeda-Martínez *et al.*, 1993)

Durante el Pleistoceno no se observaron disminuciones de la diversidad. Esto también ha sido observado por otros autores como Cintra-Buenrostro *et al.*, (2002) no encontraron un cambio en la estructura de las comunidades de moluscos, desde el periodo interglacial de hace 125, 000 años y las comunidades modernas. Durante este periodo, se dejaron de ver algunas especies como *U.megodon* Hanley, pero que persiste actualmente.

En este trabajo se distingue la presencia de un canal, tal y como lo muestran Ledesma-Vázquez y Carreño, 2010, este se evidencia con base en la biogeografía de los pectínidos y de otros bivalvos como *Placunanomia hannibali* Jordan y Hertlein. Y por las siguientes características:

En el Plioceno temprano, se distinguen dos grandes comunidades faunísticas: representando dos tipos de temperaturas. La sureña representada por la diversidad de los pectínidos y la norteña por los no pectínidos: El Protogolfo sureño mantienen condiciones más oceánicas y la parte norteña condiciones más continentales (Valentine, 1970; Hendrix *et al.*, 2005).

Se distingue el límite Sur en el Plioceno Temprano: por la Margen Occidental del Protogolfo, en la región de Punta Chivato. Por las islas: Isla Carmen.

El Plioceno Medio alcanza su límite Sur, en Cuenca san Nicolás. Por las Islas: en isla Monserrat. En este punto aún se encuentran segregadas las dos comunidades faunísticas.

En el Plioceno Superior, el Protogolfo, alcanza su parte sureña, por la Margen peninsular en Cuenca Loreto. Islas Bahía Marquer y Bahía Balandra. Las especies Norteñas migran al Sur y se diversifican. Este hecho se encuentra vinculado con el cierre del canal, casi contemporáneo con la apertura de la boca.

El aislamiento, en el Protogolfo, entre el norte y el sur (principalmente por la corriente de California) y después con el cierre del canal, el subsecuente aislamiento, con el O. Pacífico, provocó una diversificación de la fauna expresada, en la Isla Carmen, que se dispersa posteriormente hacia el sur del Golfo de California entre los 2.4-2.5 y 1.6 Ma.

Al comparar las condiciones ambientales del Protogolfo y el Océano Pacífico, se observa que la corriente de California tuvo influencia sobre el Protogolfo en el Plioceno temprano, con lo que los pectínidos durante el Plioceno temprano no pasaron condiciones dramáticas en el calentamiento global (el Protogolfo actuaba como un sistema aparte de la actual provincia subtropical).

## **CONCLUSIONES**

1. La fauna Pliocénica de la familia de los pectínidos del Protogolfo de California, una parte es endémica y la otra se encuentra en relación con la Formación Almejas en el Pacífico. Lo cual posiciona el canal que conectaba el Océano Pacífico con el Protogolfo desde Santa Rosalía,

dado que el mayor número de géneros y especies se encontró en esta localidad.

2. Santa Rosalía fue un lugar de diversificación, especiación, convergencia y distribución de especies principalmente pectínidos, durante el Plioceno.
3. La cuenca San Nicolás se inundó de Norte a Sur, desde Santa Rosalía.
4. La cuenca Loreto (en su primer episodio) se inundó de Norte a Sur, desde Santa Rosalía. Lo que coincide con el cierre del canal.
5. Las especies raras en la familia de los pectínidos, siempre siguieron el contorno marginal de la península y básicamente nunca se encontraron en las islas, o en el Norte del Protogolfo (sur de California), pero si al norte del Océano Pacífico en California. La latitud, no fue el factor en su distribución sino la corriente de California (condiciones más oceánicas que en el norte del Protogolfo).
6. En el Plioceno, la mayoría de los pectínidos no utilizaron el espacio norteño (Formación Imperial, sur de California). Se observaron dos ambientes o comunidades de bivalvos. La norteña (bivalvos básicamente no pectínidos y la sureña, básicamente pectínidos).
7. Las Islas, jugaron un papel importante en el acomodo de las especies más viejas, durante la transición del Mioceno al Plioceno. Y dieron espacio para algunos bivalvos no pectínidos, como *S. megastropa*,

*Codakia distinguenda*, durante el Plioceno temprano tardío. La cuenca Arroyo Blanco en Isla del Carmen, se observa más relacionada con el piso del Plioceno superior que con el Plioceno temprano, cuando se le relaciona con los bivalvos no pectínidos.

8. La margen oriental de Isla Carmen fue el que presentó el menor número de especies no pectínidas. Por el contrario, la margen occidental fue donde se encontró, la mayor cantidad de especies (especiación).
9. *Glycymeris gigantea*, *G. maculata* y *G. multicosata*, fueron las especies que mayor rango latitudinal y estratigráfico ocuparon.
10. Los de menor rango latitudinal, fueron las que estuvieron asociadas a la cuenca Boleo en Santa Rosalía.
11. *Argopecten bramkampii*, no se observó en el sur, debido a que el límite sureño era hasta Punta Chivato. Por lo que esta región, esta asociada al Plioceno temprano (estado Zancleano). Lo mismo para *Argopecten deserti*.
12. Isla Carmen se encontró como un lugar alternativo y adecuado para el asentamiento y diversificación para la Familia Tellinidae y otras especies como *Pinctada mazatlánica* entre otras.
13. La fauna que entra al Golfo de California durante el Mioceno es una mezcla de latitudes y regiones; provenía tanto del Caribe como por

ejemplo el fósil *Spondylus bostrichytes* Guppy Formación Gurabo en las capas del Mioceno de la República Dominicana, así como de California como por ejemplo las familias Pinnidae y Pteriidae. En el Plioceno temprano hay un cambio en la estructura de la comunidad de bivalvos.

### **CAPITULO 3.- Efecto de la temperatura sobre la población de *Argopecten abietis* (Jordan y Hertlein) como posible causa de su extinción, durante el Plioceno-Pleistoceno en la paleocosta oeste del Golfo de California e Isla Monserrat.**

#### **RESUMEN**

En la Isla Monserrat, la columna estratigráfica muestra que en la capa basal la población de *Argopecten abietis* (Jordan y Hertlein) es de tamaño menor (promedio 2.32 cm) que la de los organismos de la capa 2; y los de la capa 2 (promedio 24.0 cm) son, a su vez, más pequeños que los de la capa 3 (promedio 26.79 cm). Con lo que se encuentra un crecimiento estadísticamente significativo, de la capa 1 o basal, con la capa 3 de la talla de la población a lo largo del tiempo, en que los organismos aumentan de tamaño. Sin embargo los organismo de la península en el Plioceno tardío son significativamente más grandes (promedio 48.6 cm). Se comparan los resultados con *A. circularis* (Sowerby, 1835) = *A. ventricosus*, único sobreviviente del género con 12 especies. El efecto de la temperatura, no se considera una causa como

resultado de su extinción. *Argopecten abietis* (Jordan y Hertlein) bajo diferentes condiciones de rigor ambiental, pudo aumentar o disminuir el tamaño para su reproducción.

## **INTRODUCCIÓN**

La temperatura ha sido considerada como un factor importante que afecta el crecimiento y la reproducción de los moluscos (Villalejo-Fuerte y Ochoa-Baez 1993; Sicard *et al.*, 1999).

El Tamaño del cuerpo, mantiene una alta relación con todos los aspectos de la ecología (Peters 1983). Existe una compleja interacción entre tamaño del cuerpo e interacciones ecológicas con el ambiente, como la habilidad para colonizar nuevos hábitats y la habilidad competitiva para mantenerse en ellos, lo cual esta relacionado en la evolución del tamaño del cuerpo con el tamaño del huevo en las escalopas tropicales americanas (Smith, 2007).

Dos son los mayores retos de un paleontólogo, es conocer qué causó la extinción de una especie en particular. Y más importante aún, quienes son los susceptibles a extinguirse. (Stanley, 1986; Jablonsky, 1991) Los ecólogos estudian qué factores gobiernan la distribución y abundancia de las especies: las interacciones bióticas o las condiciones ambientales, e identifican los cambios en estas condiciones que lleven a la extinción de las especies (Stanley, 1986). El registro fósil es nuestra única fuente de información directa sobre como los sistemas biológicos responden a perturbaciones de gran escala, ya sea por destrucción del hábitat o el cambio climático.

Smith y Roy en 2006, encontraron un patrón en la selectividad de la extinción de las escalopas en el Neógeno de California. Las extinciones no fueron al azar, con respecto a las relaciones taxonómicas. El nivel de extinción fue más alto en los géneros más numerosos, estos géneros amortiguaron la extinción total del género. Lo que resultó en un desproporcionado número de géneros monoespecíficos de la fauna actual. Además la extinción ocurrió selectivamente en términos del tamaño del cuerpo. Las especies grandes tuvieron una supervivencia preferencial.

El Tiempo de estas extinciones a lo largo del margen de California está correlacionado con cambios ambientales conocidos, que incluyen la serie de glaciaciones del Pleistoceno y la pérdida de varias grandes cuencas someras como la cuenca de San Joaquín (Adicott 1970; Smith y Roy 2006).

La historia de la vida sobre la Tierra, provee un escenario de los peores casos de extinciones. Coordinar investigaciones sobre fósiles y biota actual, puede brindar beneficios para el entendimiento que puedan anticipar y tal vez manejar los cambios biológicos derivados de las actividades humanas Jablonsky (1991).

## **OBJETIVO**

Conocer el efecto de la temperatura sobre el tamaño del organismo, en la población de *A. abietis* (Jordan y Hertlein) y su relación con la extinción de la población.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio y Localización**

Montserrat es una pequeña isla de 6.5 x 3.25 km, se sitúa a 45 km al sureste de Loreto y a 13 km de la playa más cercana de la península (Johnson y Ledesma-Vázquez 2009).

La cuenca Loreto, está localizada al norte del pueblo de Loreto, Baja California Sur. El desarrollo de la cuenca ocurrió en respuesta a la extensión oblicua regional a lo largo del Margen Occidental del Golfo de California del límite de la falla transformante con la placa (Moore y Buffington 1968; Dorsey *et al* 1997).

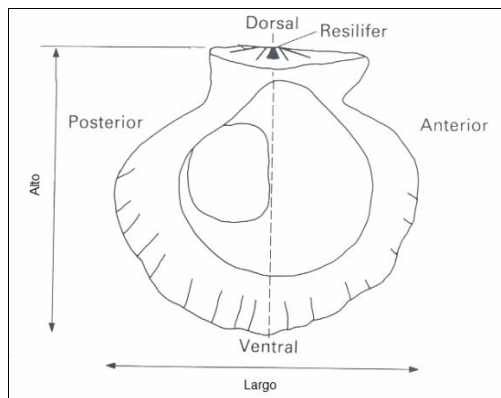


**Figura 24 .-** Localización del área de estudio Loreto a aproximadamente a los 26 ° y 26° 15' latitud Norte sobre la costa este de la Península de Baja California. Isla Monserrat a aproximadamente a 30 km suroeste de Isla Carmen.

Los datos fueron obtenidos de los especímenes de *Argopecten abietis*, medidos *in situ*, en Arroyo Arce en la localidad de Loreto y en la Isla Monserrat (Fig. 24). Estas localidades fueron escogidas, debido a que pertenecen a diferentes periodos de tiempo. A Isla Monserrat se le ha asociado con el Plioceno medio por el pectínido *Leopecten bakeri diazi* y por el equinoideo *Clypeater bowersi* (Durham 1950, Ledesma-Vázquez *et al* 2007, Johnson y Ledesma-Vázquez 2009). La localidad Loreto está fechada (por Umhoeffer *et al.* 1994, 1996 op. cit. Carreño y Smith 2007), con una edad de 2.6 Ma a 1.97 M.a. y las capas en Arroyo Arce se encuentran entre las más viejas. La secuencia presente en Arroyo Arce en cuenca Loreto, está conformada por capas amalgamadas de conglomerados y unidades fosilíferas. Las capas fosilíferas

representan procesos de condensación presentes durante el relleno de la cuenca.

Cada espécimen fue medido en su largo (length), como la distancia que existe entre cada extremo de la parte anterior y posterior y lo alto (height), desde la parte dorsal a la ventral, también se midieron las aurículas desde el umbo hacia la aurícula anterior y hacia la aurícula posterior. Y aunque aparentemente existe una relación entre estas medidas, se optó por la primera medida, desde el punto anterior al punto más extremo posterior (Fig. 25), ya que fue la parte del disco de la almeja que consistentemente estaba menos perturbada por daño tafonómico (por desgaste en la parte ventral del disco). Esto fue observado en las diferentes especies de *Argopecten* (Fig. 26).



**Figura 25.**- Mediciones del tamaño de una escalopa. Se muestra la valva izquierda. Tomado de Smith (1991).



**Figura 26** - Muestra el desgaste en el disco parte ventral de *A. revellei*.

En el arroyo de la Isla Monserrat, donde se realizó una de las mediciones, se distinguió una columna de tres capas, con lo cual se diferenciaban tres poblaciones de *A. abietis*. En el Arroyo Arce, no se encontró diferencias de capas en la columna, por lo que se toma como una sola población (evento).

### **Análisis Estadístico**

Los cálculos estadísticos para la comparación de las tallas, se hicieron utilizando el programa SigmaStat 3.5 para Windows. Los datos fueron probados en su normalidad y homocedasticidad. Con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. No todas las capas presentaron distribución normal.

Posteriormente se prosiguió con la prueba Anova no paramétrica de una vía de Kruskal-Wallis para muestras independientes y se utilizó la prueba de Dunn para comparaciones *a posteriori* para determinar las diferencias significativas entre las medianas.

## RESULTADOS

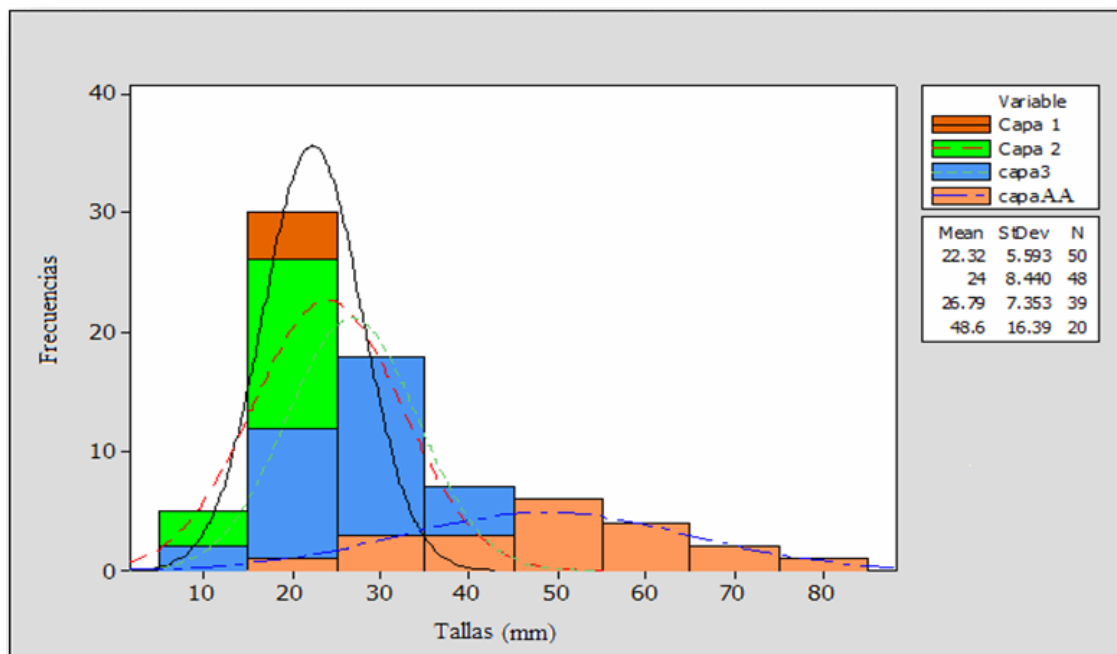
Entre los organismos de Loreto y los de la isla Monserrat, hubo diferencia significativa en el tamaño del cuerpo. Además los resultados mostraron diferencia significativa entre las tres diferentes capas sedimentológicas que contienen las poblaciones de *A. abietis*. Los datos detallados se presentan en la Tabla VII (Fig. 27 y 28)



**Figura 27** .- Población de *A. abietis* en cuenca Loreto, Baja California Sur.



**Figura 28.**- Población de *A. abietis* en Isla Monserrat.



**Figura 29.**- Comparación de las tallas de *A. abietis* en Isla Monserrat y en Loreto.

En la Isla Monserrat, la capa basal de la columna, nombrada aquí como capa 1, se encontró el valor de la mediana de 22.5 mm y una talla promedio de 22.32 mm. La capa intermedia nombrada aquí como capa 2, presentó un valor de la mediana de 22.5 mm y una talla promedio de 24 mm. La capa superior o capa 3, presentó un valor de la mediana de 28 mm y una talla promedio de 26.79 mm (Figura 29). Sin embargo, no hay diferencia entre la capa 1 y la 2, tampoco la capa 2 con la 3, pero sí la capa 1 con la capa 3 (Dunn,  $p < 0.05$ ).

**Tabla VII.-** Estadística descriptiva y Resultados del ANOVA de una vía No Paramétrico, de los datos de las tallas de las almejas de la Isla Monserrat, capa 1, capa 2 y capa 3, del Plioceno medio y Loreto del Plioceno superior. \*\*  $P \leq 0.001$ . 4 grados de libertad.  $H = 45.426$

<b>Grupo</b>	<b>Capa 1</b>	<b>Capa 2</b>	<b>Capa3</b>	<b>Loreto</b>
<b>Promedios(mm)</b>	22.32	24	26.79	48.6
<b>Moda (mm)</b>	18	21	28	50
<b>Mínimos (mm)</b>	11	10	12	15

---

<b>Máximos (mm)</b>	40	47	40	80
<b>Desviación (mm)</b>	<b>std</b> 5.59	8.44	7.35	16.39
<b>Mediana (mm)</b>	22.5	22.5	28	50
<b>N</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>39</b>	<b>20</b>

---

Los organismos más grandes se encontraron en Loreto, con un valor en la mediana de 50 mm, una talla promedio de 48.6 mm y una talla máxima de 80 mm, el doble de la capa 1 y 2. La capa 2 presentó el organismo de mayor tamaño de 47 mm de la Isla Monserrat. Aún cuando la capa 3 tuvo la mediana mayor y la capa 2 el organismo más grande. Las tres presentaron diferencias significativas en el tamaño del cuerpo con la localidad de Loreto.

## **DISCUSIÓN**

Para determinar si la diferencia en el tamaño del cuerpo estaba asociado al ambiente península o al ambiente isleño o a la diferencia de temperaturas a la que pertenecía cada localidad, se relacionaron con la curva Global y Estándar Eustática, además de utilizar los datos de Johnson y Ledesma-Vázquez (2009), en relación a la tectónica y a la fauna asociada a ésta Isla, se encontró lo siguiente: La mayor elevación de una paleocosta Pliocénica de cualquier lugar del Golfo de California ocurre en isla Monserrat a una altura de 204 m arriba del nivel del mar actual. En la parte más próxima a éste depósito de rampa, de entre los fósiles que se presentan se encuentran *Cardita megastropa* y *Strombus galeatus* y ningún pectínido, esta área en el extremo sureño, representaba menos que el 5% del tamaño actual de Monserrat. Desde la parte distal de la paleocosta, se encuentra *Argopecten antonitaensis* Durham. Debido a un fallamiento, se encuentra un conglomerado, con fósiles como *A. multicosata*, *Codakia distinguenda*, *G. maculata*, *Trachycardium procerum*, *A. abietis*, y *N. subnodosus* y el gasterópodo *S. galeatus*. Los autores mencionan, que isla Monserrat, representa la elevación inicial en el nivel del mar correlacionado con el tercer estadio. En éste estudio, el área muestreada, se encuentra por debajo de ésta última representación, en donde la mayor abundancia de organismos son pectínidos como *A. abietis*, seguida de *N. subnodosus* y de *P. bakeri diazi*, así como el ostión *Undulostrea megodon*, en una relación de abundantes, comunes y raros para las dos últimas especies. En este trabajo y de acuerdo a la elevación alcanzada se indentifica que la rampa de Isla Monserrat inicia con el descenso del nivel del mar. De esta forma la

punta de la Isla representa un periodo interglacial por su fauna de bivalvos no pectinidos y por la ausencia de pectínidos (alejados de la influencia de la corriente de California). Lo más alto corresponde con lo más viejo de la isla en una congruencia “el núcleo como lo más viejo”.

De este modo, el arroyo donde se obtuvieron los datos de las mediciones de pectínido, cercano a la base de la isla representa un periodo glacial.

La diferencia de talla de la población de *A. abietis* en Isla Monserrat, es explicado relacionando el tiempo que transcurre (entre una capa y otra), la talla de la población para reproducirse es menor, ya que la población es de menor talla. Debido a que la localidad se encuentra identificada con un periodo glacial, en este estudio la interpretación de los datos corresponde al tiempo que transcurre entre la capa vieja y la joven, la temperatura desciende, en este caso, la capa basal es más joven. El modelo actual, está representado por la única especie que vive en el Golfo de California *A. circularis*= *A. ventricosus*, ésta especie por algún tiempo se consideró una especie tropical, actualmente se le considera subtropical, con temperatura óptima 19-21 °C, Lodeiros et al., (2001). Sin embargo, la temperatura del agua fue 16 °C o más baja durante al menos dos meses para que esta especie durante 1989 y 1990 en Bahía Magdalena se obtuvieran 750 millones de organismos (Maeda-Martínez et al., 1993), 26 almejas/m<sup>2</sup> (Félix-Pico, 1993), conocido como un fenómeno esporádico, las almejas se obtuvieron de una profundidad de 13-30 m. La reproducción de la escalopa ocurre principalmente en la estación más fría del

año (Santamaria, *et al* 1999). El desove puede ocurrir a los 4.7 cm, en los meses más fríos. Su madurez sexual es a los 4 meses con una talla de 1.8 cm (Ruiz- Verdugo, *et al.*, 1998).

En este trabajo se analiza los cambios en el tamaño del cuerpo (talla) de la población de *A. abietis* en relación a la temperatura; interglacial y glacial.

De los resultados también se observa que las tallas en la isla son menores que en la península. Los organismos en Loreto, se muestran mucho más grandes, lo que en términos de temperatura (periodo interglacial), influye en el tamaño de su cuerpo. *A. abietis*, puede aumentar o disminuir la talla de la población para su reproducción (crecer o dejar de crecer), según el rigor ambiental. Esta localidad, se ha caracterizado por la abundancia de *A. abietis*, reflejado en altas columnas de fósiles (Durham, 1950; Stump, 1979), como se aprecia de escala a la persona en la figura 27. La variación anual en el periodo de desove, en diferentes partes de B. C. Sur, sugiere flexibilidad en la influencia de factores exógenos y controles endógenos, en los eventos de la reproducción (Villalejo-Fuerte y Ochoa-Baez, 1993). Esto puede explicar la gran cantidad de *A. abietis* encontrados en Loreto, en la secuencia condensada.

Por lo que en este estudio se sugiere que en condiciones de temperaturas bajas, los pectínidos pueden dejar de crecer y reproducirse. Smith y Roy (2006) no encontraron en el registro fósil tallas grandes de *F. diegensis*

(Dall), especie propia del Plioceno tardío o Pleistoceno temprano, posiblemente por la razón mencionada.

La extinción de los pectínidos en el Neógeno tardío, en el Norte del Pacífico Oriental en California, se ha planteado como el resultado de una fuerte depredación (Stanley 1986), otros autores, por la reducción de los extensivos ambientes someros submareales (Adicott, 1970; Smith y Roy, 2007) por el efecto de la temperatura durante las glaciaciones Smith y Roy, (2007), sin embargo, en este estudio el efecto de las temperaturas bajas no se considera una causa de extinción. También consideran ambas posibilidades, Sin embargo su estudio se centra básicamente en la susceptibilidad a la extinción. Es decir más que ver la extinción masiva conocer quiénes son susceptibles a extinguirse dentro de la familia de los pectínidos, qué géneros. Y sus resultados muestran que el género mayor fue un buffer contra la desaparición del género. A éste respecto, se puede decir que nuestras observaciones coinciden, ya que de un género con 12 especies, solo una especie sobrevive (capítulo 2). Sin embargo, puede ser una respuesta bivalente, si se toma en cuenta que la única especie sobreviviente fue la especie de mayor edad geológica y no endémica: *A. ventricosus* = *A. circularis*.

Smith y Roy, (2007), también mencionan que en California durante el Pleistoceno medio al Pleistoceno tardío, se redujeron los ambientes someros es decir, varias cuencas a lo largo de California, como la cuenca San Joaquín, y que esto sea como posible causa de extinción, lo cual eleva la posibilidad, que

en lugar de un pulso en la extinción, sea el periodo entero desde el Plioceno tardío al Pleistoceno medio. En el Protogolfo, la principal característica de los organismos que habitaron en el Plioceno, fue que se encontraron en sedimentos a profundidades someras de 2-15 m, (Durham, 1950; Meldahl, 1993, 1997), en todas las cuencas estudiadas. En este trabajo, se considera que el mayor cambio fue la reducción de esos espacios Adicott (1970) del Plioceno tardío Moore y Buffington (1968), al Pleistoceno, basado en las siguientes observaciones: Cuenca Loreto se le asigna una profundidad de aproximadamente 12 m Meldahl, (1997). Las primeras capas sedimentológicas en Loreto corresponden con el fechado de su primera inundación, las cuales presentan gran cantidad de pectínidos. En este estudio se observa la capa donde se encuentra *Chione californiensis* y *U. megodon*, como la transición entre el Plioceno y Pleistoceno. *F. diegensis* en la localidad Loreto como parte del Pleistoceno. Las capas más viejas se encuentran en el arroyo Arce en la parte basal Stump (1979), cercano a la playa. En la composición de la columna se observa una discordancia que separa al menos dos eventos: en el primero la última ocurrencia de *Pinna latrania*, la cual coincide además con las últimas ocurrencias de pectínidos en una reducción hasta una o dos especies hacia las capas más jóvenes (Stump, 1979), Las extinciones ocurren generaciones después de la fragmentación (Tilman *et al.*, 1994). Las localidades por encima de esta discordancia y donde aparece *Chione californiensis* cercana a la localidad de la última ocurrencia de *U. megodon* pertenece al segundo evento. Esta discordancia, marcaría la disminución de los ambientes submareales y

aumento en la temperatura. Esto último apoyado en las observaciones de Stump (1979), sobre la aparición de microfósiles encontrados únicamente en las capas altas. Y en Carreño y Smith (2007) que reportan diatomeas de mar abierto en Arroyo Amarillo de la cuenca, correspondería con las capas más jóvenes de Loreto y a una fauna disimilar a la que se había observado en todo el Protogolfo (capítulo 2, tabla IV columna Lo). Esta discordancia, también se relaciona con las capas de Bahía Marquer, entre las capas de los pectínidos y las capas que contiene bivalvos no pectínidos, (Durham, 1950).

En este estudio se identifica que, el cambio en el Protogolfo de los extensos ambientes submareales y su reducción, es durante la inundación de Loreto 2.6 y 2.5 Ma, lo cual comparado por lo mencionado por Smith y Roy (2006) en que ésta se produjo entre el Pleistoceno Medio al Pleistoceno Tardío, aparentemente existe un desfase, en la reducción de las cuencas someras en California que en el Golfo de California, que pudo haber sido producido por el mismo evento, ocurriendo primero en el Protogolfo.

En la actualidad se han registrado eventos de mortalidad masiva en la población de *A. ventricosus=circularis* (Sowerby), asociados a eventos de temperatura caliente (Sicard, 1999), que coincide con el cierre del canal (capítulo 2), la aparición de los bivalvos no pectínidos en Isla Carmen y las tallas máximas encontradas por otros autores para los venéridos (Roopnarine, 1996) con la apertura de la boca. Momento geológico, en el cual existe la posibilidad, de haberse quedado el Protogolfo sin conexión con el Océano

Pacífico, con lo cual sería el único calentamiento ambiental que pudieron haber padecido considerando el cierre del canal o la entrada de agua tropical.

Según lo encontrado por Smith (2007), para los pectínidos, el registro fósil de los últimos 12 Ma es mucho más completo para el SWC que para el TEP. Este autor considera que una faunula (faunule) representa un grupo de muestras desde un simple afloramiento o exposiciones cercanas adyacentes, que puedan ser asignadas con confianza a la misma edad y ambiente. El muestreo en el SWC obtuvo, 7 faunulas en el Mioceno tardío, 16 faunulas para el Plioceno temprano y 14 faunulas en el Plioceno tardío y Pleistoceno, en el cual el intervalo entre 4.3 a 7 Ma está pobremente representado. La región istmiana presenta 15 faunulas en el Mioceno tardío y nada para los estratos más jóvenes, incluyendo los depósitos del pleistoceno. El registro desde el TEP incluye un vacío en el muestreo entre 7.3 a 3.6 Ma; 7 faunulas fueron muestreadas desde el Mioceno Tardío y 7 faunulas desde el Plioceno Tardío y Pleistoceno temprano. De la figura 7 del capítulo 2, se observa que la época más caliente fue durante el Plioceno temprano ya que la altura del nivel del mar alcanzó aproximadamente los 90 m, sin embargo la corriente de California ayudó amortiguar, este calentamiento global, lo que aparentemente no sucedió en el Pacífico Oriental Tropical.

Todo lo anterior no permite descartar que la población de *A. abietis* fuera de menor tamaño en las islas que los organismos de la península, posiblemente, por los requerimientos nutricionales, lo anterior debido a que O

*vogdesi*, incursionó en la isla del Carmen en Arroyo Blanco, pero no se asentó, solo se le vio discretamente en la parte basal de la columna. Y que ningún ostión de gran tamaño como *Pycnodonte heermanni* (Conrad) o *Crassostrea californica osunai* (Hertlein), se asentó en las cuencas de las islas bajo estudio. Moore (1987), señala que la abundancia y el tamaño gigante de estos ostiones puede estar relacionada con la profundidad somera y con la corriente de los ríos y sus nutrientes, que sería insuficiente en esta parte de las islas.

En este sentido Cruz Hernández, 1998, en su análisis comparativo del crecimiento y supervivencia de dos poblaciones de almeja *A. ventricosus* y sus cruasas recíprocas provenientes de Bahía Magdalena en el Océano Pacífico y Bahía Concepción en el Golfo de California ambas en Baja California Sur. En el cual el efecto maternal sobre el crecimiento y la supervivencia tiene mayor impacto al principio del cultivo, sin embargo el efecto ambiental fue el mayor determinante en el crecimiento y supervivencia de los grupos, los mejores resultados se presentan en los organismos de Bahía Magdalena que en Bahía Concepción. Esto puede ser explicado por el mayor rigor ambiental en Bahía Concepción, baja productividad y alta temperatura anual promedio y muestra a Bahía Magdalena como un lugar con mejores condiciones ambientales para el crecimiento de *A ventricosus*.

En este estudio, los resultados indican, que la temperatura baja, no fue una causa de extinción, ya que los pectinidos, como *A circularis*, *A abietis* y

posiblemente *F diegensis* (Dall), cuentan con mecanismos para amortiguar tal riesgo ambiental, en este caso el periodo glacial.

El efecto de las bajas temperaturas, no se considera una causa de extinción de esta especie.

En condiciones de bajas temperaturas, los pectínidos pueden detener el crecimiento y reproducirse.

El tamaño de la talla de la población esta relacionado con el rigor ambiental: temperatura y/o alimento.

## **CONCLUSIONES**

*Argopecten abietis* (Jordan y Hertlein,) bajo diferentes condiciones de rigor ambiental, pudo aumentar o disminuir su tamaño.



## LITERATURA CITADA

- Addicott, W.O. 1970. Tertiary paleoclimatic trends in the San Joaquin Basin, California. U. S. Geological Survey Professional Paper 644-D:D1-D19
- Allmon, W. D., Rosenberg, G., Portell R., Schindler, K., 1993. Diversity of Atlantic Coastal plain mollusks since the Pliocene. *Science* 260: 1626-1629.
- Amy, L.A.; Peakall, J., and Talling, P.J., 2005. Density- and viscosity- stratified gravity currents: Insight from laboratory experiments and implications for submarine flow deposits. *Sedimentary Geology*, 179, 5-29.
- Carreño, A. L., and Smith, J. T. 2007. Stratigraphy and correlation for the ancient Gulf of California peninsula, Mexico. *Bulletin of American Paleontology* 371, 1-146.
- Cintra-Buenrostro, C E., Foster, M. S. y Meldhal, K. H. 2002. Response of nearshore marine assemblages to global change: a comparison of molluscan assemblages in Pleistocene and modern rhodolith beds in the southwestern Gulf of California, México. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183 (2002) 299-320.
- Cruz Hernandez, P., 1998. Análisis comparativo del crecimiento y supervivencia de dos poblaciones de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842) y sus cruces recíprocas en Baja California Sur. Tesis de Maestría.
- Digby, P. G. N y Kempton R. A. 1987. Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman y Hall, London, 206 pp.
- Dorsey, R. J., Stone., K. A., and Umhoefer, P.J., 1997, Stratigraphy, sedimentology, and tectonic development of the southeastern Pliocene Loreto Basin, Baja California Sur, Mexico, , in Johnson, M. E., and Ledesma-Vázquez, J., eds., Pliocene Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 318.
- Durham, J.W., 1950. 1940 E.W. Scripps Cruise to the Gulf of California; Part II, Megascopic paleontology and marine stratigraphy. *Geological Society of America Memoirs*, 43, 216 p.

- Durham, J. W., Applegate, S.P., and Espinosa-Arrubarena, L., 1981. Onshoremarine Cenozoic along southwest Pacific coast of Mexico. Geological Society of America Bulletin, Part 1, 92(6): 384-394, 4 figs.
- Eros, J.M., Johnson, M. E, and Backus, D. H. 2006. Rocky shores and development of the Pliocen-Pleistocene Arroyo Blanco basin on Isla Carmen in the Gulf of California, Mexico. Canadian Journal of Earth Sciences 43, 1149-1164.
- Felix Pico, E. F. 1991. Estudio biológico de la almeja Catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Magdalena, BCS., Mexico. Tesis de Maestría. Instituto Politécn. Nac.
- Gibbard, P.L., Head M.J., Walker, M.J.C., and the subcommission on Quaternary Stratigraphy 2010. Formal ratification of the Quaternary System Period and the Pleistocene Series Epoch with a base at 2.58 Ma. J. Quaternary Sci., Vol. 25 pp. 96-102.
- Gonzalez – Juez, E.; Meiburg, E., and Constantinescu, G., 2009. Gravity currents impinging on bottom-mounted square cylinders: Flow fields and associated forces. *J. Fluid Mech.*, in press
- Haq. B.U., Hardenbol, J., and Vail, P.R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235, 1156-1167.
- Helenes J., and Carreño A.L. 1999, Neogene sedimentary evolution of Baja California in relation to regional tectonics. Journal of South American Earth Sciences 12:589-605.
- Hendrickx, M.E., Brusca, R.C., and Findley, L. T. 2005. A distributional checklist of the Macrofauna of the Gulf of California, Mexico. Part1. Invertebrates. Tucson, Arizona-Sonora Desert Museum. 429 p.
- Hertlein, L. G. and U. S. Grant IV. 1972. The geology and paleontology of the marine Pliocene of San Diego, California (Paleontology: Pelecypoda). San Diego Society of Natural History Memoir 2B.
- Jablonski, D., 1991. Extinctions: a paleontological perspective. Science 253: 754-747.
- Jablonski D., and Sepkoski, J.J., 1996. Paleobiology, community ecology, and scales of ecological pattern. Ecology 77(5): 1367-1378.
- Jackson, J. B. C., Jung, P., Coates, A.G y Collins L. S., 1993. Diversity and extinction of tropical American mollusks and emergence of the Isthmus of Panama. Science 260: 1624-1626.

- Johnson, M. E., and Ledesma-Vázquez, J. 1999. Biological zonation on a rocky-shore boulder deposit: Upper Pleistocene Bahía San Antonio (Baja California Sur, Mexico). *Palaios* 14, 569-548.
- Johnson, M.E. and Ledesma Vázquez, J., 2001. Pliocene-Pleistocene Rocky Shorelines Trace Coastal Development of Bahía Concepción, Gulf Coast of Baja California Sur (Mexico). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166, 65-88.
- Johnson, M.E.; Ledesma Vázquez, J., and Montiel-Boehringer, A.Y., 2009. Growth of Pliocene-Pleistocene Clam Banks (Mollusca, Bivalvia) and Related Tectonic Constraints in the Gulf of California. *In: Johnson and Ledesma Vázquez (eds), Atlas of Coastal Ecosystems in the Western Gulf of California*. University of Arizona Press, pp. 104-116.
- Johnson, M.E.; Ledesma Vázquez, J., 2009. Pliocene-Pleistocene Development of Peninsular and Island Rocky Shores in the Gulf of California. *In: Johnson and Ledesma Vázquez (eds), Atlas of Coastal Ecosystems in the Western Gulf of California*. University of Arizona Press, pp. 28-44.
- Keen, A. M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. 2<sup>nd</sup> ed. Stanford, California, Stanford University Press. 1064 p.
- Kidwell, S.M.; Fursich, F.T., and Aigner, T., 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*, 1, 228-238.
- Kidwell, S.M., 1991. The stratigraphy of shell concentrations. *In: Allison, P.A. and Briggs. D.E.G. (eds.), Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. Plenum Press, New York, 212-290.
- Kneller, B. and Buckee, C., 2000. The structure and fluid mechanics of turbidity currents: a review of some recent studies and their geological implications. *Sedimentology*, 47, 62-94.
- Lazo, D.G., 2004. Bivalve Taphonomy: Testing the Effect of Life Habits on the Shell Condition of the Littleneck Clam *Protothaca (Protothaca) staminea* (Mollusca: Bivalvia). *Palaios*, 19, 451-459.
- Ledesma –Vázquez, J., 2000, Cuencas sedimentarias del Plioceno en el Golfo de California; Cuenca San Nicolás, Baja California Sur. Tesis de Doctorado: Ensenada, Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Instituto de Investigaciones Oceanológicas
- Ledesma –Vázquez, J., 2002, A gap in the Pliocene invasión of seawater to the Gulf of California. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 19, núm. 3: 145-151.

- Ledesma-Vázquez, J. Carreño, A. L. Staines-Urias, F., and Johnson, M.E., 2006. The San Nicolás Formation: a proto-gulf extensional related new lithostratigraphic unit at Bahía San Nicolás, Baja California Sur, México. *Journal of Coastal Research*, 22(4), 801-811.
- Ledesma-Vázquez, J. and Johnson, M.E., 2001. Miocene-Pleistocene tectono-sedimentary evolution of Bahía Concepción region, Baja California Sur (México). *Sedimentary Geology* 144, 83-96.
- Ledesma-Vázquez, J., Montiel-Boehringer, A.Y., Backus, D., Johnson, M.E., and Fernandez-Diaz, V., 2007. Armored mud balls in tidal environments, Pliocene in the Gulf of California: *Cuadernos del Museo Geominero*, nº 8. (Instituto Geológico y Minero de España), pp. 235-238.
- Ledesma-Vázquez J. and Carreño, A. L. 2010. Origin, age, and Geological Evolution of the Gulf of California: *in Brusca, R.C. (ed.); The Gulf of California: Biodiversity and Conservation: The University of Arizona Press.* pp. 7-23.
- Lindell J., Ngo. A., and Murphy, R. W., 2006. Deep genealogies and the mid-peninsular seaway of Baja California. *Journal of Biogeography*.
- Lyle, M., and Ness, G. E., 1991, The opening of the Gulf of California, in Dauphin, J. P., and Simoneit, B. T., eds., *Gulf and peninsular province of the Californias: Tulsa, Oklahoma, American Association of Petroleum Geologists, Memior*, p. 403-423.
- Martin, R.E., 1999. *Taphonomy - A process approach*. UK: Cambridge University Press, 508 p.
- Martin-Barajas, A., 2000, Volcanismo y extensión en la Provincia Extensional del Golfo de California. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* v.LIII:72-83.
- McLean, H. 1989. Reconnaissance geology of a Pliocene marine embayment near Loreto, Baja California Sur, Mexico. In *Geologic Studies in Baja California*. Edited by P.L. Abbott. Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists 63, pp. 17-25.
- Meldhal, K.H., 1993. Geographic gradients in the formation of Shell concentrations: Plio-Pleistocene marine deposits, Gulf of California. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 101, 1-25.
- Meldhal, K.H., González Yajimovich, O. Empedocles Ch D., Gustafson Ch. S., Motolinia Hidalgo M.I., and Reardon T. W., 1997. Holocene sediments and molluscan faunas of Bahía Concepción: A modern analog to Neogene rift basins of the Gulf of California, *in Johnson, M. E., and Ledesma-Vázquez,*

- J., eds., Pliocene Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 318.
- Moore, D. G., and Buffington, E. C., 1968. Transform Faulting and Growth of the Gulf of California Since the Late Pliocene. *Science*, vol. 161, 1238-1241.
- Moore, E.J., 1984. Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California; Propeamussiidae and Pectinidae. *USGS Professional paper 1228-B*.
- Moore, E.J., 1987. Tertiary marine pelecypods of California and Baja California; Plicatulidae to ostreidae. United States Geological Survey Professional Paper 228-C, 53 pp. 34 pls.
- Moore 1992. Tertiary marine pelecypods of California and Baja California: Lucinidae though Chamidae. United States Geological Survey Professional Paper 1228-E, 37 pp., 9pls
- Nagy, E.A. and Stock, J. N. 2000. Structural controls on the continent-ocean transition in the northern Gulf Of California *Journal of Geophysical Research* 105, 16251-16269.
- Norris, R.D., 1986. Taphonomic gradients in shelf fossil assemblages: Pliocene Purisima Formation, California. *Palaios*, 1, 256-270.
- Peters, R. H. 1983. The ecological implications of body size. Cambridge University Press, New York. 329 pps.
- Piazza, M and Robba, E. 1994. Pectinids and oysters from the Pliocene loreto Basin (Baja California Sur, Mexico). *Rivista Italiana di paleontologia e Stratigrafia*, 100(1): 33-70, tabs. 1-5.
- Powell CL., II, 2010. Pliocene Invertebrates from the Travertine Point Outcrop of the Imperial Formation, Imperial County, California: *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008-5155, 25p*.
- Quiroz-Barroso, S.A., and Perrilliat, M del C. 1989. Pectínidos del Plioceno del área de Santa Rosalía, Baja California Sur. Universidad nacional Autónoma de México, *Paleontología Mexicana* 53, 79 pp., 20pls.
- Sicard, MT., Maeda-Martinez, A. N., y Carvalho, L., 1999. The effect of temperatura on the physiology and survival of a Catarina scallop (*Argopecten ventricosus=circularis*, Sowerby II, 1842) population. 12<sup>th</sup> International Pectinid Workshop, Bergen (Norway) 1999.
- Simian, M. E., and Johnson, M. E. 1997. Development and foundering of the Oligocene Santa Ines Archipelago in the Gulf of California: Baja California Sur, México. Geological Society of America Special Paper 318, pp. 25-38.

- Smith, J. T. 1984. Miocene and Pliocene marine mollusks and preliminary correlations. Vizcaíno peninsula to Arroyo la Purísima, northwestern Baja California Sur, México. In *Geology of the Baja California Peninsula*, V. A. Frizzell, Jr., ed Pacific Section Society of Economic Paleontologists and mineralogists, 39: 197-217, 8 pls.78
- Smith, J. T. 1991a. Cenozoic giant pectinids from California and the Tertiary Caribbean province: *Lyropecten*, "Macrochlamis", *Vertipecten*, and *Nodipecten* species. United States Geological Survey Professional Paper 1391, 155 pp., 38 pls
- Smith, J. T. 1991c. Cenozoic marine mollusks and the paleogeography of the Gulf of California. In *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*, J. P. Dauphin, and B. R. T. Simoneit, eds American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47:637-666, 8 figs.
- Smith, J. T., and Roy K., 2006. Selectivity during background extinction: Plio-Pleistocene scallops in California. *Paleobiology* 32: 408-416.
- Smith, J. Travis 2007. Ecology and environments of an extreme faunal turnover in tropical American Scallops. Ph D. Dissertation. University of California, San Diego.
- Smith, J. Travis and Jackson J. B. C., 2009. Ecology and environments of an extreme faunal turnover in tropical American Scallops. *Paleobiology*, 35, 1 p 77-93.
- Stanley, S. M., 1986. Population size, extinction, and speciation: the fission effect in Neogene Bivalvia. *Paleobiology* 12: 89-110.
- Stanley, S M., 1986a. Anatomy of a regional mass extinction: Plio-Pleistocene decimation of the Western Atlantic bivalve fauna. *Palaios* 1: 17-36.
- Stump, T. E. 1979. The evolutionary biogeography of the west Mexican Pectinidae (Mollusca:Bivalvia). Ph D. Dissertation. University of California, Davis.
- Tilman. D., R. May M., Lehman, C.L. and Nowak M. A., 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 65-66.
- Valentine, J.W., 1979. Plate tectonic and shallow marine diversity and endemism, an actualistic model 253-264.
- Vermeij, G. J., 1993. The biological history of a seaway. *Science* 260: 1603-1604.
- Villalejo-Fuerte, M., y Ochoa-Baez, R., 1993. El ciclo reproductivo de la almeja Catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con

temperatura y fotoperiodo, en Bahía Concepción, B.C. S., México. Ciencias Marinas. Ensenada vol 19,no. 2, pp. 181-202.

Wilson, I.F., and Rocha, V.S. 1955. Geology and mineral deposits of the Boleo Copper District, Baja California, Mexico. United States Geological Survey Professional Paper 273, 134 pp.

Winkler, C. D. and Kidwell, S. M., 1996, Stratigraphy of a Marine Rift Basin: Neogene of the Western Salton Trough, California.

Wynn, R.B.; Piper, D., and Gee, M., 2002. Generation and migration of coarse-grained sediment waves in turbidity current channels and channel-lobe transition zones. *Marine Geology*, 192, 59-78.