



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**COMUNIDADES DE MOLUSCOS ASOCIADOS A  
AMBIENTES DE CARBONATOS MODERNOS EN  
EL GOLFO DE CALIFORNIA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS  
PRESENTA**

**ARTURO TRIPP-QUEZADA**

**LA PAZ, B.C.S. JUNIO DEL 2008**



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**ACTA DE REVISION DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 10 del mes de Abril del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**"COMUNIDADES DE MOLUSCOS ASOCIADOS A AMBIENTES DE  
 CARBONATOS MODERNOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA"**

Presentada por el alumno:

**TRIPP**

Apellido paterno

**QUEZADA**

materno

**ARTURO**

nombre(s)

Con registro:

A	0	4	0	2	6	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director de tesis  
PRIMER VOCAL

DR. JOCHEN HALFAR

PRESIDENTE

DR. ERNESTO AARON CHÁVEZ ORTIZ

SECRETARIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ

SEGUNDO VOCAL

DR. ENRIQUE HIPARCO NAVA SÁNCHEZ  
2º. DIRECTOR

TERCER VOCAL

DR. OSCAR EFRAIN HOLGUÍN QUIÑONES

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN  
CICIMAR  
DIRECCION



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 20 del mes Mayo del año 2008, el (la) que suscribe ARTURO TRIPP QUEZADA alumno(a) de

Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

con número de registro A040263 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo al dirección de:

DR. JOCHEN HALFAR y DR. ENRIQUE H. NAVA SÁNCHEZ y cede los derechos del trabajo titulado:

"COMUNIDADES DE MOLUSCOS ASOCIADOS A AMBIENTES DE

CARBONATOS MODERNOS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: hochen.halfar@utoronto.ca enava@ipn.mx atripp@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente de mismo.

  
ARTURO TRIPP QUEZADA

*nombre y firma*

**Con amor a mi esposa Rosa Isela**

**A mis hijos**

**Arturo, Miguel y Melisa**

**"honrarás a tu padre y a tu madre...**

**Miguel y Victoria**

## Agradecimientos

Agradezco a la Fundación Volkswagen de la Republica Federal Alemana por el apoyo para la realización del proyecto: Controls on modern production and accumulation of carbonate sediments along a transect from the temperate to subtropical realm: The Gulf of California, México. (grant I/77446) que sirvió de soporte para la ejecución del presente trabajo de tesis de doctorado.

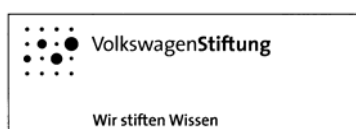
A CONACYT y a la COFAA por su valioso apoyo para llevar a cabo con estabilidad económica mi programa de estudios de doctorado.

Al Dr. Jochen Halfar director de tesis, gracias por su invitación a participar en el proyecto de investigación bajo su dirección y a sus recomendaciones basadas en su trayectoria como investigador, que fueron base para la conclusión del presente estudio.

Al Dr. Enrique H. Nava Sánchez, codirector y consejero de estudios por su apoyo y dirección durante el desarrollo de mi programa de doctorado.

A los Drs. Francisco Arreguín Sánchez, Ernesto A. Chávez Ortiz, Federico García Domínguez y Oscar Holguín Quiñones, mi reconocimiento por sus valiosas recomendaciones y correcciones en la revisión del trabajo, sus muy valiosas críticas nada tienen que ver con errores residuales que son de mi única responsabilidad.

Al Dr. Jochen Halfar, M.C. José M. Borges Souza, José Beltrán Salgado, Carlos Antuna Contreras, Manuel Zamarrón Núñez y Ciro Arista de la Rosa mi agradecimiento por su valiosa colaboración en las actividades de buceo. A la Dra. Janette M. Murillo J. y M.C. Melisa Cruz Vizcaíno mi reconocimiento por su valioso apoyo en las actividades de laboratorio de sedimentos e invertebrados marinos, al M.C. Arturo Tripp-Valdez por su asesoría en sistemas computacionales y a Cesar López Ferreira por el diseño de los mapas.



## Índice

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	xii
GLOSARIO.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. OBJETIVO.....	9
4.1 Objetivos específicos.....	9
5. METODOLOGÍA.....	10
5.1. Área de estudio.....	10
5.2. Sitios de estudio.....	11
5.3. Variables ambientales.....	13
5.4. Sistema de colecta.....	14
5.5. Tratamiento de las muestras.....	14
5.6. Análisis estadístico.....	15
5.7. Análisis del crecimiento. Producción de carbonato derivado del crecimiento de las conchas de los moluscos.....	18
6. RESULTADOS.....	24
6.1. Variables ambientales.....	24
6.1.1. Temperatura.....	24
6.1.2. Clorofila <b>a</b> .....	24
6.1.3. Salinidad.....	25
6. 2. Análisis de las comunidades por sitio de estudio.....	31
6.2.1. Diversidad de moluscos en Cabo Pulmo, B.C.S.....	31
6.2.1.1. Abundancia y presencia.....	31

6.2.1.2. Análisis de la comunidad.....	35
6.2.2.- Diversidad de moluscos en Isla San José, B.C.S.....	40
6.2.2.1. Abundancia y presencia.....	40
6.2.2.2. Análisis de la comunidad.....	45
6.2.3.- Diversidad de moluscos en Punta Chivato, B.C.S.....	49
6.2.3.1. Abundancia y presencia.....	49
6.2.3.2. Análisis de la comunidad.....	54
6.2.4.- Diversidad de moluscos en Bahía de Los Ángeles, B.C.....	58
6.2.4.1. Abundancia y presencia.....	58
6.2.4.2. Análisis de la comunidad.....	63
6.3. Análisis del crecimiento. Producción de carbonato derivado del crecimiento de las conchas de moluscos.....	68
6.3.1. Edad y crecimiento de la almeja <i>Megapitaria squalida</i> .....	68
6.3.2. Edad y crecimiento de la almeja <i>Chione californiensis</i> .....	71
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>75</b>
7.1. Variación de las comunidades de moluscos entre los sitios de estudio.....	75
7.2. Producción de carbonato derivado del crecimiento de los moluscos.....	105
7.2.1. Edad y crecimiento de la almeja <i>Megapitaria squalida</i> .....	105
7.2.2. Edad y crecimiento de la almeja <i>Chione californiensis</i> .....	108
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>112</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>10. SUGERENCIAS PARA TRABAJO FUTURO.....</b>	<b>114</b>
<b>11. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>114</b>
<b>12. ANEXO 1. Listado taxonómico de las especies identificadas en     los cuatro sitios de estudio.....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO 2. Curvas de crecimiento de <i>Megapitaria squalida</i> (A) y <i>Chione     californiensis</i> (B). Las líneas verticales denotan el <math>\pm 95</math> % del     límite de confianza.....</b>	<b>163</b>

## Lista figuras

- Figura 1.- Mapa del Golfo de California indicando los cuatro sitios de estudio: Bahía de Los Ángeles, Punta Chivato, Isla San José y Cabo Pulmo.....**11**
- Figura 2.- Medidas de longitud, altura y ancho de bandas en las conchas de *Megapitaria squalida*.....**20**
- Figura 3.- Variación mensual de la temperatura en los cuatro sitios de estudio registrada a 10 y 25 m de profundidad. Se muestra el desarrollo y rompimiento de la termoclina en los sitios de los 23° a 27° N. (Modificado de Halfar *et al.*, 2006a).....**26**
- Figura 4.- Fluctuación de la Clorofila **a** en los cuatro sitios de estudio. La línea gruesa representa medidas diarias *in situ* a 10 m de profundidad, la línea delgada muestra los valores obtenidos semanalmente por sensores remotos de SeaWiFS. (Modificado de Halfar *et al.*, 2006a).....**27**
- Figura 5.- Curvas acumulativas de especies con respecto al número de estaciones de muestreo en los cuatro sitios de estudio. Cabo Pulmo (CPLM), Isla San José (ISJ), Punta Chivato (PCH) y Bahía de Los Ángeles (BLA).....**30**
- Figura 6.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estación (●) y contornos batimétricos en Cabo Pulmo B.C.S.....**31**
- Figura 7.- Dispersión de la abundancia de moluscos por estación de muestreo en relación con la profundidad en Cabo Pulmo, B.C.S.....**34**
- Figura 8.- Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$  de las estaciones) de las especies en las 16 estaciones de muestreo en Cabo Pulmo, B.C.S.....**34**
- Figura 9.- Representación porcentual de la biomasa de especies componentes en las muestras de Cabo Pulmo, B.C.S.....**35**



Figura 10.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en Cabo Pulmo B.C.S. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.....	<b>36</b>
Figura 11.- Variación de la equidad de moluscos (ordenados de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en Cabo Pulmo, B.C.S.....	<b>37</b>
Figura 12.- Análisis de agrupamientos con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta en Cabo Pulmo, B.C.S.....	<b>38</b>
Figura 13. Análisis de coordenadas principales de las estaciones de muestreo con datos (transformadas y normalizadas) para las estaciones (1 a la 16).....	<b>39</b>
Figura 14.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estaciones (●) y contornos batimétricos en la Isla San José e Isla San Francisquito B.C.S....	<b>40</b>
Figura 15.- Variación de la abundancia por estación de muestreo en relación con la profundidad en la Isla San José, B.C.S.....	<b>43</b>
Figura 16.- Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$ de las estaciones) de las especies en las 16 estaciones de muestreo en la Isla San José, B.C.S.....	<b>44</b>
Figura 17.- Biomasa relativa de los moluscos en la Isla San José, B.C.S.....	<b>44</b>
Figura 18.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en la Isla San José, B.C.S. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.....	<b>45</b>
Figura 19.- Variación de la equidad de moluscos (ordenado de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en la Isla San José, B.C.S.....	<b>46</b>
Figura 20.- Análisis de agrupamiento con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta. Isla San José, BC.S.....	<b>47</b>
Figura 21. Análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en la Isla San José, B.C.S. con datos normalizados para las estaciones (16 a la 32)...	<b>48</b>

Figura 22.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estaciones (●) y contornos batimétricos en Punta Chivato, B.C.S.....	<b>49</b>
Figura 23.- Variación de la abundancia por estación de muestreo en relación con la profundidad en Punta Chivato, B.C.S.....	<b>52</b>
Figura 24.- Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$ de las estaciones) de las especies en las 16 estaciones de muestreo en Punta Chivato, B.C.S.....	<b>53</b>
Figura 25.- Biomasa relativa de los moluscos en Punta Chivato, B.C.S.....	<b>53</b>
Figura 26.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en Punta Chivato, B.C.S. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.....	<b>54</b>
Figura 27.- Variación de la equidad de moluscos (ordenado de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en Punta Chivato, B.C.S. ....	<b>55</b>
Figura 28.- Análisis de agrupamiento con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta en Punta Chivato, B.C.S.....	<b>56</b>
Figura 29.- Análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en Punta Chivato, B.C.S con datos normalizados para las estaciones (33 a la 48).....	<b>57</b>
Figura 30.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estaciones (●) y contornos batimétricos en Bahía de Los Ángeles, B.C. ....	<b>58</b>
Figura 31.- Variación de la abundancia por estación de muestreo en relación con la profundidad en Bahía de Los Ángeles, B.C.....	<b>61</b>
Figura 32. - Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$ de las estaciones) de las especies en las estaciones de muestreo en Bahía de Los Ángeles, B.C.....	<b>62</b>
Figura 33.- Biomasa relativa de los moluscos en Bahía de Los Ángeles, B.C. ....	<b>62</b>

Figura 34.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en Bahía de Los Ángeles, B.C. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.....	<b>64</b>
Figura 35.- Variación de la equidad de moluscos (ordenado de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en Bahía de Los Ángeles, B.C.....	<b>64</b>
Figura 36.- Análisis de agrupamientos con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta. Bahía de Los Ángeles, B.C.....	<b>65</b>
Figura 37.- Análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en Bahía de Los Ángeles con datos normalizados para las estaciones (49 a la 64).....	<b>67</b>
Figura 38.- Diagrama de dispersión de los incrementos mensuales de <i>Megapitaria squalida</i> marcadas.....	<b>68</b>
Figura 39.- (A) Ejemplar de <i>Megapitaria squalida</i> capturado y marcado en primavera, recapturada 10 meses después del marcado y presentó un anillo translúcido, vuelto a recapturar 25 meses después a una talla de 63 mm. (B) Variación de la temperatura en el sitio de marcado y recaptura. ....	<b>69</b>
Figura 40.- Curvas y parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para <i>Megapitaria squalida</i> .....	<b>70</b>
Figura 41.- Relación altura-peso de <i>Megapitaria squalida</i> que se distribuye en tres de los cuatro sitios de estudio.....	<b>71</b>
Figura 42.- (A) Ejemplar de <i>Chione californiensis</i> que presenta la primer banda traslúcida a los 12 mm y un incremento de 4 mm en 5 meses B) Incrementos mensuales de <i>Chione californiensis</i> marcados a una talla $15.38 \pm 1.08$ mm.....	<b>73</b>
Figura 43.- Curvas y parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para <i>Chione californiensis</i> .....	<b>74</b>
Figura 44.- Relación altura-peso de <i>Chione californiensis</i> en tres de los cuatro sitios de estudio.....	<b>74</b>

Figura 45.- Abundancia de los moluscos en los cuatro sitios de estudio.....	<b>77</b>
Figura 46.- Variación del índice de condición tafonómica en los sitios de estudio.....	<b>78</b>
Figura 47.-Moluscos con índice de grado tafonómico cuatro: A) Isla San José. <i>Glycymeris gigantea</i> , <i>Megapitaria squalida</i> , <i>Chione californiensis</i> . B) Punta Chivato. <i>Anadara multicostata</i> , <i>Chama sp.</i> , <i>Megapitaria squalida</i> .....	<b>79</b>
Figura 48.-Variación del índice de condición tafonómica con respecto a la profundidad en los cuatro sitios de estudio. ....	<b>80</b>
Figura 49.- Riqueza de especies en los cuatro sitios de estudio.....	<b>81</b>
Figura 50.- Variación del índice de diversidad acumulada en los sitios de estudio.....	<b>82</b>
Figura 51. – Variación de la equidad en los cuatro sitios de estudio.....	<b>83</b>
Figura 52.- Variación de la biomasa relativa en los cuatro sitios de estudio.....	<b>84</b>
Figura 53.- Variación de la biomasa relativa en los sitios de estudio en relación a la profundidad en m. Cabo Pulmo estaciones de la 1 a la 16; Isla San José (17 a la 32); Punta Chivato (33 a la 48); Bahía de Los Ángeles de (49 a la 64).....	<b>85</b>
Figura 54.- Proporción del peso total de las conchas entre los sitios de estudio.....	<b>86</b>
Figura 55.- Análisis de agrupamiento de Bray-Curtis en los cuatro sitios de estudio usando los datos transformados mediante raíz cuarta.....	<b>86</b>
Figura 56.- Análisis de componentes principales entre las variables ambientales en los cuatro sitios de estudio.....	<b>88</b>
Figura 57.- Análisis de componentes principales de las esatciones de muestreo en los cuatro sitios de estudio con datos normalizados. Cabo Pulmo estaciones de la 1 a la 16; Isla San José (17 a la 32); Punta Chivato (33 a la 48); Bahía de Los Ángeles (49 a la 64).....	<b>89</b>

Figura 58.- Composición de los carbonatos en la Isla San José A) almejas;  
R) rodolitos; C) corales.....**95**

## Lista de tablas

Tabla I. Variación de los parámetros oceanográficos en los cuatro sitios de estudio (modificado de Halfar <i>et al.</i> , 2006) .....	25
Tabla II. Distribución del índice de grado tafonómico (I.G.T.), profundidad (m) y tamaño de grano del sedimento ( mm) .....	28
Tabla III. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (N°) y representación porcentual (%) en Cabo Pulmo, B.C.S.....	32
Tabla IV. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (N°) y representación porcentual (%) en la Isla San José, B.C.S.....	41
Tabla V. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (N°) y representación porcentual (%) en Punta Chivato, B.C.S.....	50
Tabla VI. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (N°) y representación porcentual (%) en Bahía de Los Ángeles, B.C.....	59
Tabla VII. Parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para <i>Megapitaria squalida</i> .....	70
Tabla VIII. Composición específica de los moluscos en los cuatro sitios de estudio.....	75
Tabla IX. Especies de moluscos más abundantes, frecuentes y mayor biomasa en % recolectados en los cuatro sitios del Golfo de California.....	76
Tabla X. Moluscos de mayor índice de importancia relativa por sitio de estudio y el cuadro ambiental que lo define.....	77
Tabla XI. Matriz de correlación entre las variables ambientales en los cuatro sitios de estudio.....	88

## Glosario

**Acumulación Geol.** Formación de capas sedimentarias o estratos.

**Depósito.** Etapa final del ciclo sedimentario mediante la estratificación.

**Clásticos.** Rocas formadas por rocas preexistentes, producidas por procesos de meteorización y erosión.

**Cohorte.** Grupo de individuos nacidos en una misma área en un mismo tiempo

**Determinar.** Fijar los términos de una cosa con precisión, fijar una cosa para algún efecto.

**Diagénesis.** Cambios físicos, químicos y biológicos que afectan al sedimento después de su depósito, durante y después de la litificación.

**Erosión.** Disgregación de las rocas formando partículas.

**Facies.** Conjunto de caracteres petrológicos y/o paleontológicos que caracterizan a una unidad de roca o un depósito sedimentario reciente.

**Gradiente.** (Biol.) Variación, progresivamente decreciente a partir de un punto máximo, de la concentración de una sustancia, de una propiedad fisiológica, o en un biotopo.

**Intraclasts.** Son fragmentos de sedimentos desgastados procedentes del fondo marino que se comprimen y forman pequeños granos de aragonita redondeados en forma de racimos de uvas de 2.5 a 0.5 mm

**Litificación.** Procesos por los cuales un sedimento depositado se convierte lentamente en una roca sedimentaria sólida.

**Malacocenosis.** Es el conjunto de especies de moluscos que comparten un cierto ambiente durante un tiempo dado.

**Micrita.** Lodo de calcita de una a cuatro micras y es indicativa de condiciones de quietud sedimentaria.

**Micromolusco.** Se considera como micromoluscos a aquellos individuos cuya talla adulta es menor de 10 mm entre los cuales existen numerosas formas juveniles de macromoluscos

**Ooids.** Consisten en núcleos que pueden ser de carbonato o cualquier otro material, el cual es cubierto por un laminado concéntrico de  $\text{CaCO}_3$  de aproximadamente 40 micras de espesor hasta formar pequeñas esferas de 2 mm de diámetro

**Pelets.** Compuestos orgánicos, pueden ser granos en forma elíptica u ovoide de 0.03 – 0.15 mm carecen de una estructura interna bien definida. También pueden parecer heces fecales con un rango de tallas de 0.3 a 1 mm. Son producidas por invertebrados como gusanos poliquetos.

**Resilencia.** Habilidad de un ecosistema para regresar a su estado normal después de que ha cesado una perturbación.

**Esclerocronología.** Es la contraparte marina de la dendrocronología y estudia las bandas de crecimiento en conchas para descifrar las condiciones climáticas del pasado y también permite identificar y fechar con precisión conchas fósiles contemporáneas.

**Sedimento biogénico.** Formado por restos de plantas y animales que al morir se incorporan y preservan al acumularse el sedimento.

**Sedimentos carbonatados o biogénicos.** Sedimentos de origen biótico, generalmente conchas de moluscos, restos de corales y algas coralinas

**Sedimentos terrígenos.** Sedimentos derivados de la erosión de la superficie de la tierra o continente

**Silicatos.** Son el grupo de minerales más importantes de la corteza terrestre y probablemente constituyen el 95% de la misma.

**Tafonomía.** Se ocupa del estudio de los procesos de fosilización y de la formación de los yacimientos de fósiles.



## Resumen

El objetivo del presente estudio es determinar los procesos ecológicos y oceanográficos que inciden en las comunidades de moluscos asociados a sedimentos de carbonatos en la costa occidental del Golfo de California. Para la obtención de los datos se seleccionaron cuatro sitios: Cabo Pulmo (23° N), Isla San José (25° N), Punta Chivato (27° N) y Bahía de Los Ángeles (29° N), en donde se recolectaron 64 muestras de sedimento y se utilizaron como indicadores del ambiente a la temperatura, profundidad, clorofila **a**, transparencia, salinidad y tipo de grano del sedimento. Se analizó la abundancia y diversidad de la comunidad bentónica malacológica como descriptores ecológicos y se estimó el crecimiento de las especies de mayor valor relativo como indicador de producción de carbonato de calcio.

Las comunidades de moluscos en los cuatro sitios de estudio mostraron ser diferentes entre si en cuanto a su composición específica, su distribución se limitó a los fondos someros de arenas gruesas entre los 2 a 30 m de profundidad. El grupo exhibe una variabilidad en el índice de condición tafonómica en los cuatro sitios de estudio, predominando conchas de moluscos en buen estado de conservación. El máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener se obtuvo en Punta Chivato con 3.8 bits/individuo y Cabo Pulmo tuvo los menores valores registrados (1.1 y 1.2 bits/individuo). La mayor riqueza específica y biomasa relativa de los macromoluscos se observó en las zonas norte y centro que presentan condiciones eutróficas y mesotróficas en términos geológicos; menor riqueza y biomasa en el sur, donde la mayor riqueza está representada por micromoluscos en ambiente oligo-mesotrófico. En Punta Chivato y en la Isla San José se encontraron los valores más altos de diversidad y presentan similitud en sus condiciones mesotróficas. Los moluscos, a través de sus conchas depositan  $\text{CaCO}_3$  a los sedimentos en proporción a su densidad; se estimó que individuos de una cohorte de *Megapitaria squalida*, a una talla máxima aporta 10 g por año de  $\text{CaCO}_3$  a los sedimentos, mientras que *Chione californiensis*, 5 g/ año.

## Abstract

The subject of this study is to determine ecological and oceanographic processes affecting molluskan communities associated with shallow marine carbonate sediments along the western coast of the Gulf of California. Four sites were selected along a latitudinal transect: Cabo Pulmo (23° N), Isla San José (25° N), Punta Chivato (27° N) and Bahía de los Angeles (29° N), where 64 surface sediment samples were collected. Temperature, depth, chlorophyll *a*, transparency, salinity and grain type of the sediment were recorded as environmental indicators, while molluskan abundance and diversity were used as an ecological descriptor of the malacológica benthic community. Growth rates of species with the most relative value index were determined as indicators of molluskan calcium carbonate production.

Species composition of sandy-substrate molluskan communities between 2 to 30 m water depth was significantly different between all sites. While studied mollusks exhibits variability in the index of taphonomic condition within the four sites of study, shells were dominantly well preserved. The maximum value of the Shannon-Wiener diversity index was obtained in Punta Chivato, with 3.8 bits/individual, while Cabo Pulmo had the smallest registered values (1.1 and 1.2 bits/individual). Greater values of species richness and relative biomass of macromollusks were found in the more temperate, eutrophic to mesotrophic northern and central sites. Smaller macromolluskan biomass and species richness characterize the southernmost site. Here micromollusks dominate in an oligo-mesotrophic environment. In Punta Chivato and Isla San José, both characterized by mesotrophic conditions the highest values of diversity were found. Individuals of one cohort of *Megapitaria squalida* at their highest size contributes up 10 g of CaCO<sub>3</sub> per year to sediments, whereas *Chione californiensis* contribute up to 5 g of CaCO<sub>3</sub> per year.

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los paleoecólogos utilizan el ecosistema marino actual como modelo para interpretar los sedimentos y faunas marinas antiguos (Boucot & Carney, 1981). En este contexto los moluscos son buenos indicadores de las condiciones ambientales, y se ha utilizado la información de su distribución y taxonomía para establecer regiones biogeográficas determinadas, llamadas provincias malacológicas (Guzmán *et al.*, 1998). Mediante el uso del análisis de presencia/ausencia, abundancia relativa y de las particularidades morfológicas de ciertas especies podemos reconstruir algunos parámetros paleoecológicos y paleoceanográficos, lo cual constituye una herramienta útil para el estudio de los cambios del ambiente en relación con las variaciones del clima (Guzmán *et al.*, 1998).

La relevancia de los moluscos en estudios sedimentológicos y paleoecológicos radica en que forman parte en gran medida de los depósitos de carbonatos en los sedimentos marinos (Rhoads & Pannella, 1970; Rhoads & Lutz., 1980; Sellwood, 1986; Zuchin & Hohenegger, 1998; Zuchin *et al.*, 2001; Zuchin & Oliver, 2005; Hauser *et al.*, 2007). Estos depósitos, al iniciar el proceso sedimentario químico o bioquímico que consiste en la precipitación de las sales inorgánicas o de sustancias que los organismos necesitan para su desarrollo, principalmente carbonato de calcio. En su asimilación desempeñan una importante labor las algas calcáreas y los animales utilizan carbonato para la formación del esqueleto, concha o formación de caparazones que después de la muerte de los organismos, forman masas estratificadas de carbonatos (Hallock, 2001).

Los carbonatos son un compuesto químico que contiene un átomo de carbono y tres átomos de oxígeno ( $\text{CO}_3$ ) y representan una clase de minerales de gran importancia, su estudio implica tres consideraciones: Contienen la mayor parte del registro fósil, elemento importante para asignar la edad relativa de las rocas; es una herramienta útil en la interpretación de ambientes sedimentarios y representan yacimientos minerales no metálicos utilizados en la industria de la construcción como agregado para concretos, en la elaboración de cal y cemento,

en la industria química como fertilizantes, en la industria del vidrio, y en la refinación del azúcar principalmente.

El agua de mar generalmente está saturada de carbonato de calcio, las condiciones que favorecen su separación son el pH y la alta temperatura, esto va más o menos ligado con un alto nivel de oxígeno, aguas superficiales, fotosíntesis y luz intensa (Less, 1975; Betzler *et al.*, 1997; Best & Kidwell, 2000; Hallock, 2001). La tasa de productividad orgánica en ambientes marinos es influenciada por diferentes variables ambientales y generalmente es progresiva de altas hacia bajas latitudes, debido al incremento de la intensidad de la luz solar, además la productividad en los cinturones ecuatorial y subtropical es influenciada por las surgencias oceánicas, principalmente a lo largo de la zona oeste de los bordes continentales (Less, 1975; Nelson, 1988; Hallock, 2001).

El carbonato de calcio se puede separar en dos formas cristalinas diferentes, calcita y aragonita, esta última es más soluble, por lo que solo se forma en condiciones óptimas, es decir a temperaturas elevadas (Hallock, 2001). En el ambiente marino existen especies que solo pueden producir aragonita y están limitadas casi exclusivamente a los mares tropicales de aguas muy limpias y temperatura por encima de los 18 o 20° C, por ejemplo las madreporas formadores de arrecifes (Less & Buller, 1972; Less, 1975). Otras especies pueden producir aragonita y calcita en proporciones variables, están muy difundidas y la proporción de la aragonita aumenta con la temperatura, en este grupo se pueden incluir a muchos gasterópodos y pelecípodos, algunos briozoos y gusanos serpúlidos (Betzler *et al.*, 1997).

En los organismos secretores de calcio, la formación de las conchas se acelera con el incremento de la temperatura y estas son más gruesas (Lutz & Rhoads, 1980), llevando a menudo espinas y rebordes prominentes. Por esta misma razón los arrecifes coralinos son más abundantes en la porción oriental de los continentes, donde la temperatura del agua es mayor. Los organismos con cubiertas calcáreas en los arrecifes son: foraminíferos, falsos corales, alcionarios,

cirripedos, poliquetos y moluscos. Algunas algas verdes tropicales como *Haliimeda* y *Penicillus* están fuertemente calcificadas. En los arrecifes de coral se realiza un intenso depósito de  $\text{CaCO}_3$  (Stanley, 2003).

Sin embargo los carbonatos no están estrictamente distribuidos entre las latitudes de los 30° N y 30° S, (Less & Buller, 1972; Scholle *et al.*, 1983; Beltzer *et al.*, 1997) por ejemplo plataformas virtualmente puras de carbonatos se localizan por varios miles de kilómetros cuadrados al suroeste de Australia entre las latitudes de los 32° y 40° S (Wass *et al.*, 1970) y en pequeños parches tan al norte como al oeste de Irlanda y Escocia.

En las plataformas continentales los depósitos de carbonatos están asociados a dos factores: una pobre depositación de clásticos y una alta productividad orgánica (Betzler *et al.*, 1997; James, 1997). Los carbonatos modernos se encuentran en áreas donde generalmente no se reciben grandes aportes de detritus de silicatos y los carbonatos aportados a las plataformas son de origen orgánico, ya sea como esqueletos o como producto de la actividad orgánica (Hallock, 2001). La principal composición de los carbonatos modernos y rocas calizas antiguas son principalmente de agregaciones calcáreas (intraclast, pellets, ooids y fragmentos de esqueletos), lodo (micrita) cemento y raramente granos terrígenos (Folk, 1980).

Los procesos oceanográficos que favorecen una producción biogénica de carbonatos en las plataformas continentales son: temperatura, salinidad, y disponibilidad de nutrientes (Less & Buller, 1972; Less, 1975; Sellwood, 1978; Carannante *et al.*, 1988; Mutti & Hallock, 2003; Halfar *et al.*, 2004). El aporte de sedimentos en la mayor parte de los márgenes continentales afecta directamente el crecimiento de los organismos productores de carbonatos, especialmente en los constructores de arrecifes. Como resultado, los arrecifes se desarrollan en áreas donde no existe una fuente de terrígenos, como es el caso del Golfo Pérsico, la Plataforma de Yucatán y las Bahamas (Betzler *et al.*, 1997).

Por otra parte los moluscos bivalvos, al igual que los árboles y los corales, son registradores ambientales, en estudios de esclerocronología que es la contraparte marina de la dendrología se utiliza el registro de bandas anuales de crecimiento en las conchas de moluscos para descifrar las condiciones climáticas del pasado (Jones *et al.*, 1989; Marchitto *et al.*, 2000). Las conchas de los moluscos marinos pueden ser usadas como bioindicadores de cambios ambientales o paleoambientales (Ortlieb *et al.*, 1996).

Los moluscos durante el proceso de la formación de la concha y hasta su muerte forman extensos conchales que contribuyen en gran medida a la formación de sedimentos de carbonatos de origen biogénico (Flessa & Ekdale, 1987; Flessa *et al.*, 1993). El factor que contribuyen a la formación de carbonatos de origen biogénico, es la tasa de depositación de las conchas y esqueletos de comunidades de invertebrados marinos (Hallock, 2001).

La concha puede llegar a representar el 70 % del peso de los moluscos. Está formada de varias capas de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) cristalizado en sistemas diferentes, hexagonal (calcita) y rómbico (aragonita o también nácar) (Carter, 1980; Lutz & Rhoads, 1980). El  $\text{CaCO}_3$  llega al individuo del fosfato cálcico que es obtenido directamente del agua de mar, el proceso de formación de la concha sigue tres etapas: a) Absorción del  $\text{CaCO}_3$  disuelto en el agua dentro del organismo, b) Secreción del material de la concha desde la epidermis del manto, c) Transformación del material secretado en cristales de carbonato de calcio con matriz orgánica que cementa el cristal (Kawai, 1954).

Las regiones de transición templado-tropical resultan de utilidad para interpretar la formación de carbonatos antiguos que se depositaron durante diferentes períodos en la escala geológica, de tal manera que, el conocimiento sobre la formación de los carbonatos y los factores oceanográficos que los controlan, permiten comprender el desarrollo de carbonatos de transición en los registros fósiles (Halfar *et al.*, 2006a).

El Golfo de California por sus características ambientales es una región ideal para el estudio de la formación de carbonatos modernos asociados a parámetros oceanográficos. Se pretende con este estudio, determinar los procesos ecológicos que inciden sobre las comunidades de moluscos que forman parte de la biota productora de sedimentos de carbonatos en un transecto latitudinal del Golfo de California, utilizando como indicadores del ambiente a la temperatura, profundidad, concentración de clorofila **a**, transparencia, salinidad y tipo de grano del sedimento; analizar la abundancia y la diversidad de la comunidad bentónica malacológica como descriptores ecológicos y estimar el crecimiento de la especie de mayor valor relativo como indicador de la producción de CaCO<sub>3</sub>. que formará parte de los sedimentos.

## **2. ANTECEDENTES**

Entre las investigaciones conducentes al conocimiento de los carbonatos en la región occidental del Golfo de California tenemos a: Schlanger & Johnson (1969) que realizan un estudio sobre los sedimentos calcáreos de la Bahía de La Paz y hacen una analogía de los procesos sedimentarios de este sitio con las precordilleras y cuencas de los Alpes suizos; Johnson & Ledesma-Vazquez (1997) hacen una compilación de trabajos realizados desde Puertecitos B.C. hasta La Paz y Cabo San Lucas B.C.S; Halfar *et al.* (2001) utilizan perfiladores acústicos de alta resolución, nucleadores y obtención muestras de sedimento en terrazas de aguas someras, reconstruyen la historia tectónica y el patrón de acumulación de sedimentos de la época del reciente al final del pleistoceno en zonas de carbonatos en el sur del Golfo de California; Hetzinger *et al.* (2006) hacen una clasificación y análisis de la distribución de la biota productora de carbonatos en la Isla San José utilizando mapeos acústicos y comparándolos con datos de campo; Eisele (2004) realiza un sondeo acústico de los sedimentos de carbonatos en Punta Chivato; Halfar *et al.* (2006a) hacen una clasificación y análisis de la distribución de la biota productora de carbonatos relacionada con parámetros oceanográficos en un transecto latitudinal del Golfo de California; Halfar *et al.* (2006b) hacen una clasificación y análisis de la

distribución de la biota productora de carbonatos en Bahía de Los Ángeles utilizando sondeos acústicos confrontándolos con datos de campo.

Con respecto a estudios de patrones de distribución, composición y abundancia de poblaciones de macromoluscos asociados a especies formadores de carbonatos, se pueden mencionar a Zuschin & Piller (1997) quienes analizaron la distribución de moluscos bivalvos asociados a corales del Mar Rojo, Egipto; Zuschin & Hohenegger (1998) estudiaron arrecifes coralinos asociados a sedimentos formados por moluscos en la Bahía de Sáfaga en el Mar Rojo; Zuschin *et al.* (2001) analizaron los sedimentos de moluscos asociados a los arrecifes de coral al norte del Mar Rojo.

Los estudios de las comunidades de moluscos en el Golfo de California se remonta a 1829 donde aparece la primera publicación científica sobre ciencias marinas en el Golfo de California y trata sobre conchas recolectadas en Mazatlán, Sinaloa (Schwartzlose *et al.*, 1992) cobrando auge en los últimos 20 años debido a su importancia geológica, citando entre ellos a Fürsich & Flessa (1991) quienes publican un compendio de trabajos relacionados con la ecología, tafonomía y paleoecología de moluscos recientes y del pleistoceno de la Bahía la Choya, al norte del Golfo de California; Flessa & Egdale (1987) analizaron las comunidades de macromoluscos bentónicos en el Noroeste del Golfo de California; Fürsich *et al.* (1991) realizaron un trabajo sobre la fauna malacológica y sus hábitos asociados al sedimento en Bahía la Choya en el alto Golfo de California.

En la región central del Golfo, Meldahl *et al.* (1997) realizaron un estudio sobre sedimentos y comunidades de moluscos en Bahía Concepción donde encuentran tres tipos de sedimentos dominantes, uno de ellos es lodo de manglar donde predominan las conchas de moluscos, el segundo es arena vulcaniclástica y predominan las conchas de moluscos y algas calcáreas, el tercero, es de arena de carbonatos donde las conchas de moluscos y algas calcáreas son lo más abundante.



En la Bahía de La Paz y zonas adyacentes, Pérez-Nevarez (1995) realizó un estudio de las comunidades de moluscos bivalvos y su asociación con el sedimento en la Ensenada de La Paz; Domínguez-Orozco & Tripp-Quezada (1997) hicieron una descripción sobre aspectos ecológicos de los macromoluscos bentónicos de la caleta de Balandra en la Bahía de La Paz; Holguín-Quiñones & García-Domínguez (1997) hicieron una lista anotada de las especies de moluscos recolectados en la Bahía de La Paz, B.C.S.

Vicencio-Aguilar (1998); realizó un estudio sobre micromoluscos y su grado de asociación con especies dominantes de corales en Cabo Pulmo y encontró que el grupo de los microgasterópodos tiene una mayor representatividad que los micropelecípodos.

Considerando que uno de los factores que contribuyen a la formación de sedimentos de carbonatos de origen biogénico es la tasa de depositación de las conchas y esqueletos de comunidades de invertebrados marinos (Hallock, 2001). Es de importancia el estudio de la edad y crecimiento de los moluscos para obtener información sobre la cantidad de carbonato que aportan al morir como una secuencia sedimentaria de carbonato de calcio.

El estudio del crecimiento significa básicamente determinar el tamaño corporal (ganancia en peso de las partes blandas y de la concha) en función de la edad. La longitud o altura total de un organismo es un parámetro utilizado para conocer el agrupamiento de una población por clases de edad, para lo cual resulta necesario conocer la relación entre la talla y la edad (Sparre & Venema, 1995) por lo tanto, todos los métodos de evaluación de poblaciones trabajan esencialmente con datos de composición por edades (Gulland, 1971; Sparre & Venema, 1995).

La datos de composición por edades se pueden obtener mediante el recuento de los anillos que representan edad en las partes duras (Lutz & Rhoads,

1980). En *Mercenaria mercenaria* y *Macoma balthica* la banda translúcida de crecimiento se forma en invierno en latitudes altas y en verano en latitudes bajas (Panella & MacClintock, 1968; Peterson *et al.*, 1983; Grizzle & Morin, 1989; Jones *et al.*, 1990). Ansell (1968) reporta que los máximos incrementos del crecimiento en *Mercenaria mercenaria* ocurren a una temperatura de 20° C y decrece a medida que la temperatura desciende.

En *Venus verrucosa* a una latitud de 41° N, la banda translúcida se asocia a un lento crecimiento a una temperatura entre 20 °C a 26 °C en verano, y una banda ancha y oscura de crecimiento rápido en invierno a temperatura de 8 °C a 15 °C (Arneri *et al.*, 1998), mientras que Schöne *et al.* (2004) en estudios de esclerocronología en el delta del río Colorado mencionan que el crecimiento de *Chione cortezi* y *Chione fluctifaga* decrece o detiene en invierno formando una línea translúcida de crecimiento.

Castro-Ortíz *et al.* (1992) estudiaron el crecimiento de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* en dos localidades de Bahía Concepción y determinan que las bandas translúcidas son invernales, Castro-Ortiz & Tripp-Quezada (1994) determinaron el crecimiento de la almeja chocolata roja *Megapitaria aurantiaca* en la Isla de Espíritu Santo B.C.S. utilizando las marcas o anillos de crecimiento translúcidos de invierno.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Uno de los preceptos empleados en Paleoecología es utilizar el ecosistema marino actual como modelo para interpretar los sedimentos y fauna marina antiguos en la escala de tiempo geológico (Boucot & Carney, 1981), por lo que conocer la relación entre la fisiografía de los sistemas de carbonatos y los factores que controlan los ambientes modernos, permite comprender el desarrollo de carbonatos de transición en los registros fósiles.

Se pretende con este estudio, conocer la composición y estructura de las comunidades de moluscos que se encuentran asociados a los sedimentos de carbonatos y la respuesta de las especies que la constituyen a la variación de las condiciones ambientales y analizar el crecimiento de los moluscos como indicador de producción de  $\text{CaCO}_3$  que se incorpora a los sedimentos de carbonatos.

### **4. OBJETIVO**

Determinar los procesos ecológicos y oceanográficos que influyen sobre las comunidades de moluscos asociados a sedimentos de carbonatos en el Golfo de California.

#### **4.1 Objetivos específicos**

Determinar la composición y estructura de la comunidad de moluscos bentónicos que influyen en la formación de sedimentos de carbonatos y su ambiente en cuatro sitios del Golfo de California.

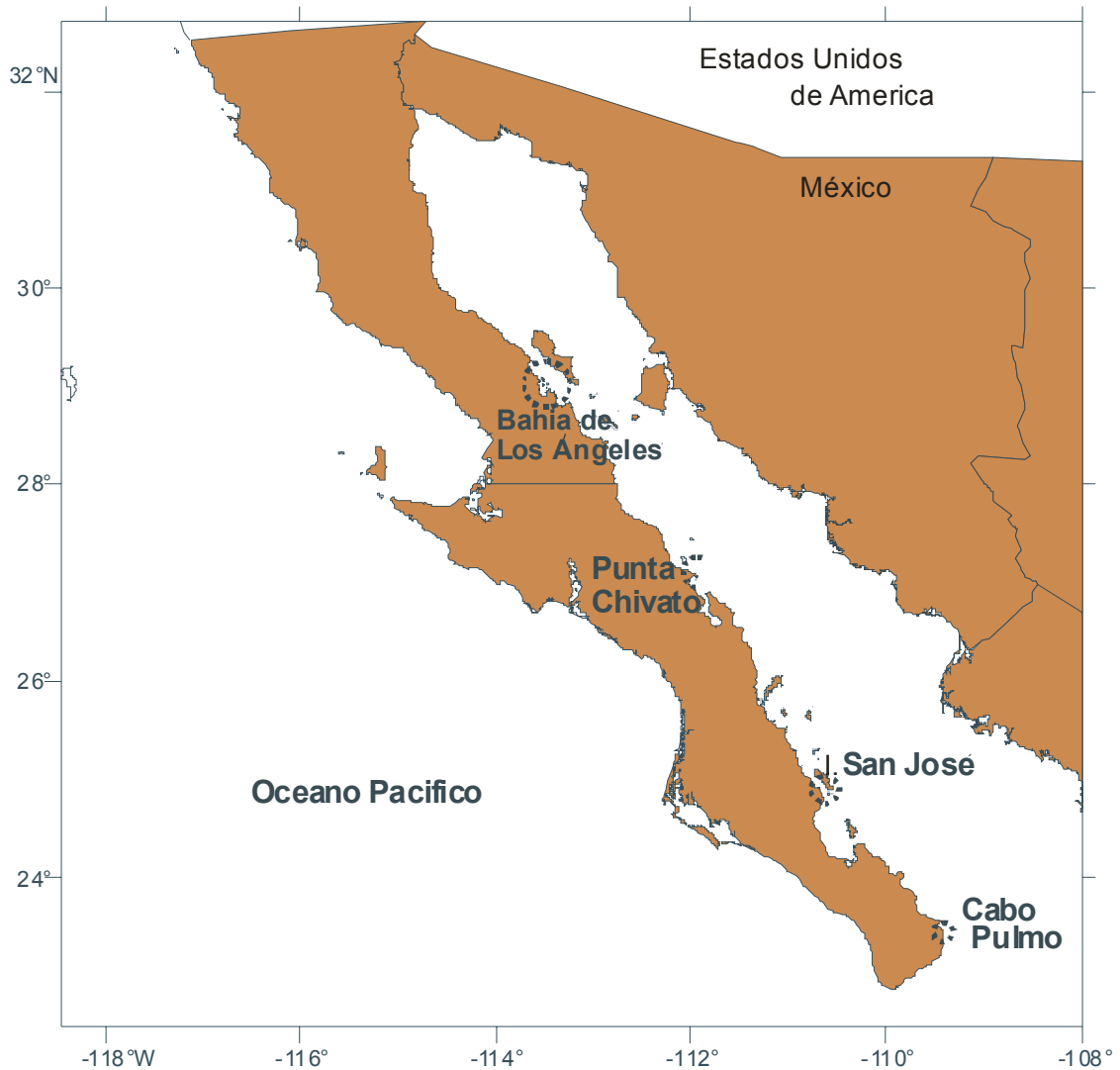
Analizar el crecimiento de la especie de mayor valor relativo como indicador de una secuencia sedimentaria de carbonato de calcio.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Área de estudio.

La región del Golfo de California se ubica entre los paralelos 22° 30' y 32° 45' Norte y los meridianos 105° 12' y 117° 08' Oeste. Es un mar semicerrado que tiene en promedio 1000 km de longitud y 150 km de ancho. La parte oeste está limitada por la península de Baja California que es montañosa y en el este por una planicie desértica del Cenozoico; hacia el noroeste termina en el delta del Río Colorado. El margen oeste del golfo se caracteriza por tener un plataforma angosta de aguas someras donde en algunas áreas se desarrollan sedimentos de carbonatos (Halfar *et al.*, 2006a). Topográficamente esta dividido en dos regiones (golfo norte y golfo sur) las cuales están separadas a los 29° N por las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón, (Valdez-Holguín & Lara-Lara, 1987, Alvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991; Lara-Lara *et al.*, 1993), y presenta características templadas y subtropicales (Brusca, 1980). Su zona templada está localizada alrededor de las grandes Islas (Tiburón y Ángel de la Guarda) en la parte centro-norte del golfo. Las surgencias de origen topográfico y los vientos confieren a esta zona una alta productividad., el resto del Golfo se considera como subtropical (Brusca, 1980). Desde el punto de vista biogeográfico se encuentra entre dos grandes regiones, la Región de California que se extiende desde Punta Concepción hasta el extremo de la península de Baja California, y la Región del Pacífico Oriental o Panámica, comprendida desde Punta Eugenia, sobreponiéndose a la anterior a lo largo de la costa occidental de la Península hasta el Golfo de Guayaquil (Kenn, 1971; Abbott, 1974; Brusca, 1980).

Para el presente estudio se seleccionaron cuatro localidades que pudiesen representar un transecto latitudinal (Norte-Sur) de la región templada, la subtropical y de transición templada-subtropical, siendo estas: Cabo Pulmo, Isla San José, Punta Chivato y Bahía de Los Ángeles (Fig. 1).



**Figura 1.- Mapa del Golfo de California indicando los cuatro sitios de estudio: Bahía de Los Ángeles, Punta Chivato, Isla San José y Cabo Pulmo**

## **5.2. Sitios de estudio**

### **Cabo Pulmo (Sitio I)**

Se localiza entre Cabo San Lucas y La Paz B.C.S., hacia los 23° 22' 21" latitud Norte y los 109° 25' 37" de longitud Oeste, se considera como el único arrecife coralino del Golfo de California y más septentrional del Pacífico Oriental. En el fondo marino el basamento rocoso esta constituido por grandes estructuras graníticas que constituyen la base para el asentamiento de las colonias de corales hermatípicos, el sedimento característico de la parte marina es

predominantemente arenoso, configurado por sílice y partículas de carbonato de calcio; este último producto de la desintegración de conchas de moluscos, crustáceos y fragmentos de los propios corales. El área litoral adyacente es rocosa, constituido en su mayoría por canto rodado.

### **Isla San José (Sitio II)**

Se localiza a los 24° 51' 54" N y 110° 34' 43" W es de origen volcánico; sus elevaciones alcanzan los 700 m de altura con una extensión de 29 km de largo y 10 km de ancho. Existe un estero de gran extensión y una laguna que produce sal. Foster *et al.* (1997) localiza al sur de la Isla dos bancos de rodolitos, uno a al noreste del canal a una profundidad de 25 m donde encuentra rodolitos vivos y fragmentos, y otro en el islote Cayo donde solo encuentra fragmentos de rodolitos.

### **Punta Chivato (Sitio III)**

Es un promontorio de andesita de 100 m de altura que se encuentra a 45 km al noroeste del poblado de Santa Rosalía B.C.S. y al norte de la Bahía de Santa Inés. Está ubicada aproximadamente en los 27° 03' 53" N y 111° 57' 29" W. Simian & Johnson (1997) la reportan como zona de ambientes de carbonatos, compuestos principalmente por moluscos y rodolitos. Al sureste se encuentra la Isla Santa Inés situada a los 27°.02` N y 115°.56`W., que son un grupo de tres islas, la más grande ubicada al sur de las tres, tiene 1,600 m de largo, 625 m de ancho y 9 m de alto.

### **Bahía de Los Ángeles (Sitio IV)**

Bahía de Los Ángeles se localiza entre los paralelos 28° 56' 53" y 29° 00' 59" de latitud norte y los 113° 25' 31" y 113° 34' 30" W, el tipo de clima en la región es muy seco, de un subtipo muy cálido (BW(h')) y pertenece al grupo de climas secos con lluvias en verano. Este tipo de clima está caracterizado por

presentar escasa precipitación total anual, la cual se encuentra entre los 40 y 60 mm (Anónimo, 1995).

### 5.3. Variables ambientales

En los cuatro sitios se muestreo hasta una profundidad de 30 m se instaló equipo oceanográfico sujeto a una cuerda vertical anclada al fondo con un contrapeso de concreto y mantenido a flote por una boya en la superficie. Cada línea contenía termógrafos digitales (Stowaway Tidbit) a una profundidad entre ellos de 25 m y 10 m; para el registro de Clorofila **a** se instaló, a 10 m de profundidad un fluorómetro submarino (SCUFA, Turner Designs, Sunnyvale, Cal, USA) y en la parte más sureña (Cabo Pulmo) se instaló también a 10 m de profundidad, un salinómetro (37SM MicroCat, Sea-Bird Electrónica, Bellevue, Wa, USA). Todo el equipo registró los datos a intervalos de una hora durante marzo del 2002 a marzo del 2003. Los registros de perfiles de salinidad y lecturas de la penetración de la luz con el disco de Secchi fueron a intervalos de tres meses.

Para la calibración de los fluorómetros, cada tres meses se obtenían mediante una botella Niskin muestras de agua a 10 m de profundidad, inmediatamente eran fijadas con nitrógeno líquido y analizaron para ver el contenido de nutrientes y Clorofila **a**. Debido a fallas de los fluorómetros en el registro *in situ* de la Clorofila **a**, fue necesario recurrir a datos obtenidos mediante sensores remotos Sea WiFS, los cuales se obtuvieron semanalmente para cada sitio del Internet <http://seawifs.gsfc.nasa.gov>. Para la calibración de los datos se hizo una correlación ( $R = 0.4$ ) entre los datos *in situ* y los datos de Sea WiFS en los cuatro sitios (Halfar *et al.*, 2006a). La base de datos obtenidos con este equipo fue durante el desarrollo del proyecto (grant I / 77446).

Para caracterizar en términos geológicos el ambiente de sedimentos de carbonatos en los sitios de estudio, se utilizó el criterio empleado por Hallock (2001) y Halfar *et al.* (2006a). Este criterio se basa en gradientes de nutrientes y el desarrollo de comunidades bentónicas. En ambientes de aguas someras, el término oligotrófico define al rango de condiciones ambientales que permiten el

desarrollo de arrecifes coralinos, algas calcáreas y foraminíferos. El ambiente mesotrófico refiere a condiciones intermedias donde la penetración de la luz permite la proliferación de algas calcáreas y la cantidad de nutrientes sea suficiente para el desarrollo de macroalgas y esponjas como grupo dominante en el bentos, y a los moluscos y equinoideos como grupo de segundo nivel que pueden producir altas tasas de sedimentos de carbonatos. El termino eutrófico se usa para denotar la región donde la cantidad de nutrientes limitan la penetración de la luz, limitando la producción de algas calcáreas e incrementando la producción de carbonatos por grupos de asociaciones de moluscos, equinodermos y briozoos.

#### **5.4. Sistema de colecta**

De cada localidad, se tomaron muestras de sedimento de 16 sitios utilizando transectos perpendiculares a la costa, desde la zona infralitoral hasta los 30 m de profundidad. Las muestras se obtuvieron mediante equipo de buceo autónomo, utilizando un cilindro de 30 cm de diámetro por 30 cm de alto (Flessa *et al.*, 1993; Zuschin & Piller, 1997) el cual se fijó al fondo y se recolectó sedimento en una capa de 25 cm.

#### **5. 5. Tratamiento de las muestras**

Las muestras se estandarizaron y tamizaron través de una malla de un mm. Para la separación de los muestras se utiliza un microscopio estereoscópico y para la identificación de las especies encontradas se utilizó bibliografía especializada como: Morris (1966), Keen (1971), Abbot (1974), Skoglund (1991,1992) y Coan *et al.* (2000).

Para el análisis granulométrico se utilizaron tamices del nº 10, 12, 14, 18 y 25. El tipo de grano fue interpretado de acuerdo a la escala de Wentworth (Fol., 1980).



Para caracterizar el grado de conservación de las valvas de moluscos se utiliza la ecuación descrita por Flessa *et al.* (1993) donde calcula el grado promedio tafonómico de la siguiente manera:

$$\text{Grado promedio tafonómico} = \frac{g1 + 2 (g2) + 3 (g3) + 4 (g4)}{n}$$

Donde:

Grado 1 = La concha no presenta ninguna alteración (g1)

Grado 2 = La concha presenta una ligera alteración (g2)

Grado 3 = La concha presenta alteraciones moderadas (g3)

Grado 4 = La concha presenta grandes alteraciones (g4)

. n = Número de conchas en los cuatro grados

El grado tafonómico varía de 1 a 4. Un valor promedio de 1, representa que los organismos en ese ambiente se encuentran en excelentes condiciones sin la mínima alteración, un valor promedio de grado cuatro significa que en ese ambiente se encuentra en pobres condiciones. El grado promedio tafonómico es utilizado como un estadístico para comparar las condiciones tafonómicas de sustratos formados por conchas de diferentes ambientes. Para este trabajo se utilizó la tabla de los criterios de grado de asignación tafonómica de las valvas de moluscos utilizados en Flessa *et al.* (1993).

## 5.6. Análisis estadístico

Para examinar y caracterizar las relaciones de las especies de moluscos, así como el número de estos y sus abundancias relativas se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Margaleff, 1982) y curvas de espectro de diversidad.

Índice de diversidad según Shannon-Wiener:  $H' = -\sum_i P_i \log (P_i)$  en donde  $P_i$  es la proporción del número total de individuos que aparece representada en la especie  $i$ , Para los cálculos correspondientes se utilizó logaritmo en base 2. Este índice permite obtener un indicador ( $H'$ ) de la relación

entre el número de especies en cada estación de muestreo y sus respectivas abundancias numéricas, reflejando el grado de incerteza (en términos de información) dentro de la comunidad (Magurran, 1991).

Para la equidad se aplicó el índice de Pielou (1975), según el índice de uniformidad de Pielou:  $J = H' (\text{observado}) / H'' (\text{máxima})$  en donde  $H'' (\text{max})$  es la diversidad máxima posible que se podría obtener si todas las especies fueran igualmente abundantes. El índice representa la igualdad con la cual los organismos están distribuidos entre las especies de una comunidad. Una equidad máxima indica que todas las especies están representadas por un número igual de individuos y una equidad mínima cuando una sola especie es dominante y todas las otras están pobremente representadas.

La ordenación y la clasificación son métodos analíticos para identificar similitud entre las entidades (sitios de muestreo, comunidades, dietas, etc.) La ordenación se puede hacer con datos cuantitativos (abundancia o densidad) o con datos de presencia–ausencia. Uno de los resultados de este análisis es un diagrama generalmente con dos ejes o tres ejes en donde entidades (representadas por puntos) que se encuentran cercanas tienen una composición similar. Existe una gran variedad de técnicas de análisis multivariado disponibles con varias suposiciones. Entre las principales suposiciones se encuentran la de si las especies responden de manera lineal a los gradientes (respuesta lineal) o si responden a un óptimo ambiental (respuesta unimodal).

Para el análisis de variancia que involucra la composición de las comunidades, Clarke y Warwick (2001) desarrollan una aproximación paralela al modelo basado en la prueba de Mantel, llamada ANOSIM (Análisis of SIMilarities) el cual comprende el análisis de una vía, el de dos vías y el diseño anidado de ANOVA. Para el presente trabajo se emplea el estadístico ANOSIM (R) con distancia de Bray-Curtis y datos transformados a raíz cuarta para disminuir la importancia de las taxa más abundantes, de tal modo que otras especies incluyendo las raras contribuyan en igual forma dentro del tratamiento numérico, un porcentaje de significancia menor o igual al 5% refleja diferencias significativas.

Se realiza un análisis de escalamiento no métrico NMDS (Non Metric Multidimensional Scaling) que es un análisis de ordenación no paramétrico de amplia aceptación en estudios ambientales que permite discriminar entre sitios de acuerdo a la composición cuantitativa de especies en las comunidades (Clarke & Warwick, 2001). La función de similitud de las distancias es una función métrica que pone a las muestras en un espacio euclideo; encuentra las disimilitudes y las distancias entre las muestras en un espacio ordenado y prueba la bondad del ajuste a través de un análisis de regresión hasta que encuentra la mejor configuración.

Se aplica el análisis de coordenadas principales al total de las muestras para observar las afinidades y diferencias entre sitios y con qué parámetro ambiental se relacionan estas diferencias, en este caso el análisis de coordenadas principales se aplica a la profundidad, tamaño de grano en el sedimento, temperatura y clorofila *a*. Este análisis transforma los datos utilizando la varianza para relacionarla con el menor número posible de factores o componentes principales. Posteriormente, el análisis ejecuta un gráfico en plano cartesiano en el que asume que los valores que se encuentran en el mismo cuadrante son aquellos que presentan un vínculo, el cual puede ser positivo o negativo (dependiendo de la ubicación del cuadrante del plano) e inverso o directo (al conectarse dicho dato linealmente con el origen del plano); así mismo la distancia al origen indica su grado de acercamiento con el factor más cercano.

Para corroborar el orden jerárquico de las estaciones a partir de los datos de abundancia de especies, se calcula el Índice de Valor de Importancia (IVI). Este índice asigna con base en la abundancia, la frecuencia y biomasa relativa de especies, un valor jerárquico a cada especie por estación, además identifica los sitios de mayor abundancia y su grado con respecto a otros sitios. Este índice se expresa:

$$IVI = AR + FR + BR$$

Donde: AR = Abundancia relativa, FR = Frecuencia relativa y BR = Biomasa relativa.

Para el análisis de la abundancia relativa se consideró la relación entre el número de individuos de una especie y el total de individuos de todas las especies y se expresa en porcentaje

$A = Ni \times 100 / Nt$      $Ni$  = número de individuos de una especie  $i$

$Nt$  = total de individuos de todas las especies

Para el análisis de los datos se apoyó con el programa BioDiversity Professional Beta Para la determinación de índices ecológicos univariados, se efectuaron los cálculos utilizando el menú DIVERSE del programa computacional PRIMER (Clarke & Warwick, 2001)

### **5.7. Análisis del crecimiento. Producción de carbonato derivado del crecimiento de las conchas de los moluscos.**

El planteamiento original en el presente estudio, de estimar la producción de carbonatos a través del crecimiento de los moluscos más importantes en cada sitio de estudio, fue modificado debido a la variación latitudinal de las condiciones ambientales encontradas; estas diferencias ambientales hacen que la malacocenosis de Bahía de Los Ángeles sea diferente a la de Cabo Pulmo. Isla San José y Punta Chivato tienen cierta similitud de condiciones ambientales y en la estructura de la malacocenosis.

Esta variabilidad en la composición y estructura de la malacocenosis, impidió al menos tomar una especie en común que se encontrara distribuida en los cuatro sitios de estudio y que nos indicara la variación del crecimiento latitudinal a través de la biomasa de sus conchas en cada sitio. Se optó por seleccionar las especies de mayor índice de valor de importancia relativa, que se distribuyeran en condiciones ambientales similares y fuera de utilidad para estimar la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  que aporta a la formación de sedimentos carbonatados en los sitios de distribución.

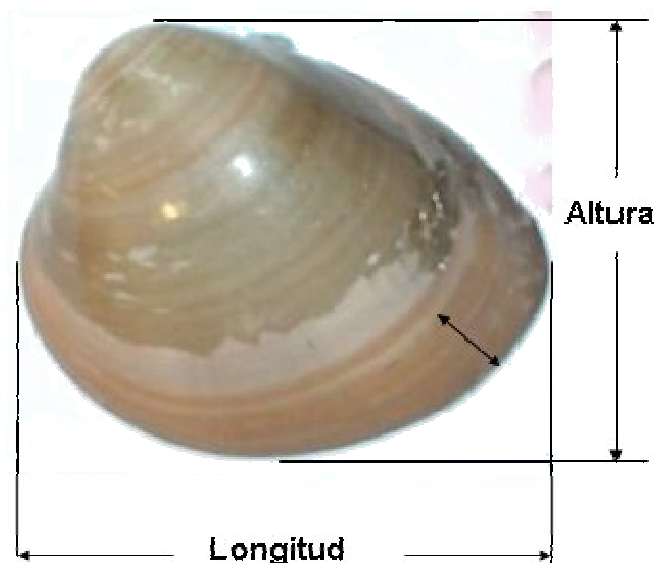
Para estimar el crecimiento y la edad de los moluscos, se seleccionaron las especies de mayor Índice de Valor de Importancia Relativa y mayor distribución entre los sitios de estudio. Las especies seleccionadas fueron *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis* como indicadores de la secuencia sedimentaria en los depósitos de carbonatos.

Se estudia el crecimiento de *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis* aplicando el método de análisis de las bandas de crecimiento en las conchas. Para validar la estacionalidad de las bandas o anillos de crecimiento se analiza el crecimiento mediante el método de captura-marcado-recaptura.

### **Captura-marcado-recaptura**

En total se capturaron, midieron y marcaron en la concha con lápiz de punta de diamante 118 ejemplares de *Megapitaria squalida* con una talla mínima de  $13.74 \pm 4.16$  mm, los cuales fueron regresados a su hábitat a una profundidad de 6 m y se registró su posición con un GPS, durante 35 meses se recolectó el mayor número posible y se midió la longitud (Fig.2) y altura como indicador de la tasa de crecimiento, esta se comparó entre diferentes clases de edad para determinar si los organismos crecían diferencialmente.

En el sitio de muestreo se registró la temperatura mediante un termógrafo digital cada 30 minutos durante 35 meses.



**Figura 2. Medidas de longitud, altura y ancho de bandas en las conchas de *Megapitaria squalida*.**

Para *Chione californiensis* se capturaron, midieron y marcaron con tinta indeleble 60 individuos con una talla promedio de  $15.38 \pm 1.08$  mm, para evitar ser presa de los depredadores se colocaron en bolsas de malla plástica y fueron regresados a su hábitat, se registró su posición con un GPS y durante 22 meses se recolectó el mayor número posible, se midió la altura como indicador de tasa de crecimiento mediante los descriptores:  $y = (A_2 - A_1) / a$  ( $a$  = período de libertad).

En el sitio donde se reubicaron las almejas marcadas se instaló un termógrafo digital (Stowaway Tidbit) que registró la temperatura cada 30 minutos durante 22 meses.

### **Interpretación de bandas de crecimiento.**

El estudio de macromarcas en *M. squalida* se hizo con valvas de 120 especímenes que se recolectaron en la Bahía de La Paz. A cada concha se le asignó un número se midió la altura (dorso-ventral) y se pesó, posteriormente fueron puestas a través de una fuente intensa de luz y se les tomó una fotografía digital, se creó un archivo con las imágenes digitalizadas y ampliando la imagen en el monitor de una PC se tomaron las lecturas de las macromarcas. Para validar este método se utilizaron las valvas de las almejas marcadas y recapturadas y se comparó si coincidían las bandas translúcidas con períodos invernales.

Para el análisis de marcas de crecimiento se aplicó el método de Gulland y Holt (1969) citado en Sparre & Venema (1995) considerando que la distancia entre marca y marca equivale al crecimiento por unidad de tiempo.

### **Estimación de los parámetros de crecimiento.**

Para el análisis de la talla en función de la edad, se utilizó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1934) en (Sparre & Venema, 1995), que es un método muy utilizado en biología pesquera como un submodelo en modelos más complejos que describen la dinámica de poblaciones de peces, con esta ecuación se puede calcular la talla del cuerpo como una función de la edad de un pez o molusco promedio para cualquier edad de la población en estudio.

#### **ECUACIONES**

La ecuación que describe el crecimiento en longitud está dada por:

$$\frac{dl}{dt} = K(l_{\infty} - l)$$

que es una ecuación diferencial lineal cuya solución se calcula por el método de separación de variables. La solución es conocida como ecuación de crecimiento en longitud, de von Bertalanffy, está dada por:

$$l(t) = l_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$$

Donde:

$L(t)$ : Denota la longitud del molusco a la edad  $t$ .

$L_{\infty}$ : Es una constante, que representa la longitud asintótica o la talla media máxima que alcanza un molusco.

$K$ : Representa la constante de crecimiento y significa la rapidez con que el molusco alcanza la  $L_{\infty}$ , las especies de vida corta suelen tener un crecimiento rápido y tienen un valor alto de  $K$ . Otras especies tienen una curva de crecimiento aplanado (crecimiento lento) con un valor de  $K$  bajo y requiere de muchos años para alcanzar  $L_{\infty}$ .

$t$ : Representa la edad

$t_0$ : Es la edad teórica a la cual la longitud del molusco debe ser cero el día de nacimiento.

La determinación de las ecuaciones de crecimiento en peso y longitud se reduce al cálculo de los parámetros:  $L_{\infty}$ ,  $K$  y  $t_0$ . Para su estimación se utilizó el método de Ford-Walford (1957) citados en Sparre & Venema (1995) en el cual se considera el uso de regresión en matrices de altura de la concha a una edad ( $L_t$ ) contra la altura a la siguiente edad ( $L_{t+1}$ ). Usualmente se utiliza el modelo de regresión lineal ( $L_{t+1} = a + b L_t$ ) también llamado predictivo, que minimiza la suma



de cuadrados de las distancias verticales de los puntos a la línea. Los valores  $k$  y  $L_{\infty}$  se encuentran por relaciones simples entre los coeficientes de la regresión ( $k = -\log_e b$ ;  $L_{\infty} = a/(1-b)$ ). El modelo de regresión asume que la variable independiente está medida sin error. Los valores obtenidos se compararon con los resultados del experimento de marcado utilizando en que la tasa anual es igual a la tasa mensual por 12. Los datos para la ecuación de crecimiento fueron procesados utilizando el programa de computación dominado Curve Expert 1.3. y Fisat II ICLARM.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. VARIABLES AMBIENTALES.

#### 6.1.1. Temperatura

Los datos de temperatura en los cuatro sitios se obtuvieron cada hora a los 10 y 25 m de profundidad (Fig. 3) se registró un gradiente latitudinal de temperatura superficial de sur a norte. En Cabo Pulmo la temperatura mínima registrada fue de 18 °C mientras que en verano fue aproximadamente de 30 °C, (12 °C grados de variación interanual). Bahía de Los Ángeles, que es el sitio de muestreo más septentrional, muestra una fluctuación anual de temperatura de 14 a 30 °C.

Durante la primavera y verano la temperatura a los 10 y 25 m de profundidad varía significativamente en los cuatro sitios, se registraron variaciones mensuales de 5 °C que van de un mínimo de 14° a 19 °C, y 20 a 25 °C, mientras que los máximos valores tienen una variación de de solo 1 °C, (de los 30 a 31 °C), durante otoño- invierno se forma una capa de mezcla en la columna de agua en los cuatro sitios.

En Cabo Pulmo e Isla San José se forma una termoclina entre los 10 y 25 m con diferencia de temperatura de 5 °C llegando a registrarse un máximo hasta 10 °C durante la primavera y verano. Esta termoclina se rompe de sur a norte en otoño. En Bahía de Los Ángeles no se presenta esta termoclina debido a los fuertes vientos que prevalecen durante gran parte del año.

#### 6.1.2. Clorofila a

El registro *in situ* cada hora de las concentraciones de Clorofila **a** en Cabo Pulmo ( sitio I ) muestra una fluctuación entre valores bajos de clorofila (0.3 mg Cl **a** m<sup>-3</sup>) definidas en términos geológicos como oligotróficas de acuerdo a la caracterización del estado trófico propuesto por Hallock (2001) a condiciones mesotróficas a los valores más altos registrados en este sitio que fue de 1.1 mg

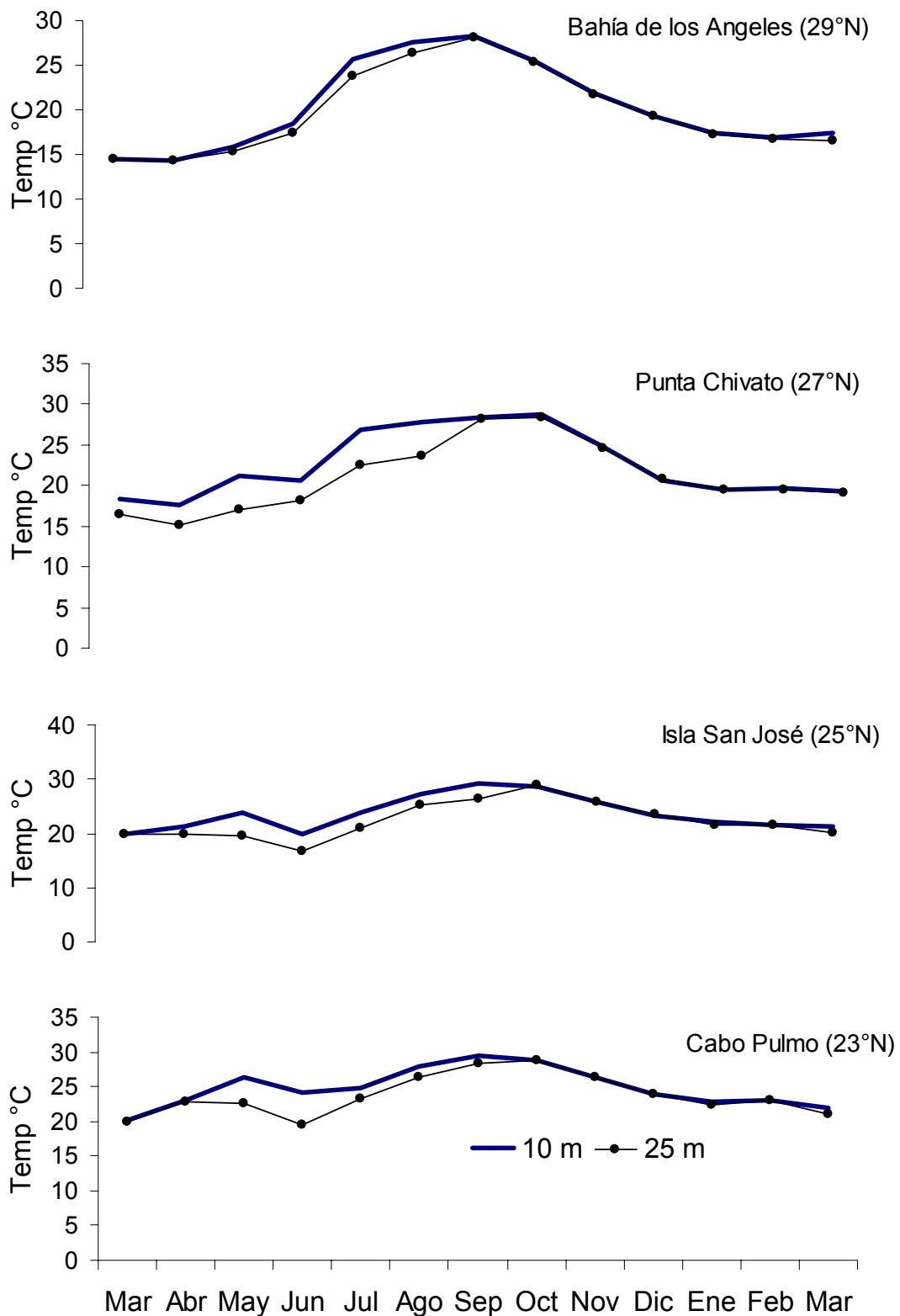
Cl **a** m<sup>-3</sup> durante los meses de verano asociados a bajas temperaturas y procesos de surgencias (Figs. 3 y 4). Hacia el norte en los sitios II y III los valores de clorofila **a** se incrementan alcanzando condiciones mesotróficas, con una media de 0.6 a 1.6 mg Cl **a** m<sup>-3</sup> (Tabla I) y temporalmente eutróficas con valores extremos de 7 y 10.5 mg Cl **a** m<sup>-3</sup> respectivamente. En Bahía de Los Ángeles (Sitio IV) prevalecen condiciones eutróficas con una media de 2.2 mg Cl **a** m<sup>-3</sup> y períodos cortos de concentraciones de hasta 9 mg Cl **a** m<sup>-3</sup> (Tabla 1).

### **6.1.3. Salinidad**

Con base a medidas trimestrales de salinidad a 30 m de profundidad se detectaron pequeñas fluctuaciones de salinidad en un rango de 35.00 a 35.30 ‰ en los cuatro sitios durante el período estudiado. Solamente se detectaron pequeñas variaciones de salinidad por períodos cortos de horas a días durante precipitaciones pluviales.

En la Tabla I se concentran los valores de las variables oceanográficas registradas en los cuatro sitios de estudio.

En la Tabla II se muestran los datos del índice de grado tafonómico, profundidad, tamaño del sedimento y tipo de sedimento de la comunidad malacológica en los cuatro sitios de estudio.



**Figura 3.- Variación mensual de la temperatura en los cuatro sitios de estudio registrada a 10 y 25 m de profundidad. Se muestra el desarrollo y rompimiento de la termoclina en los sitios de los 23° a 27° N. (Modificado de Halfar *et al.*, 2006a)**

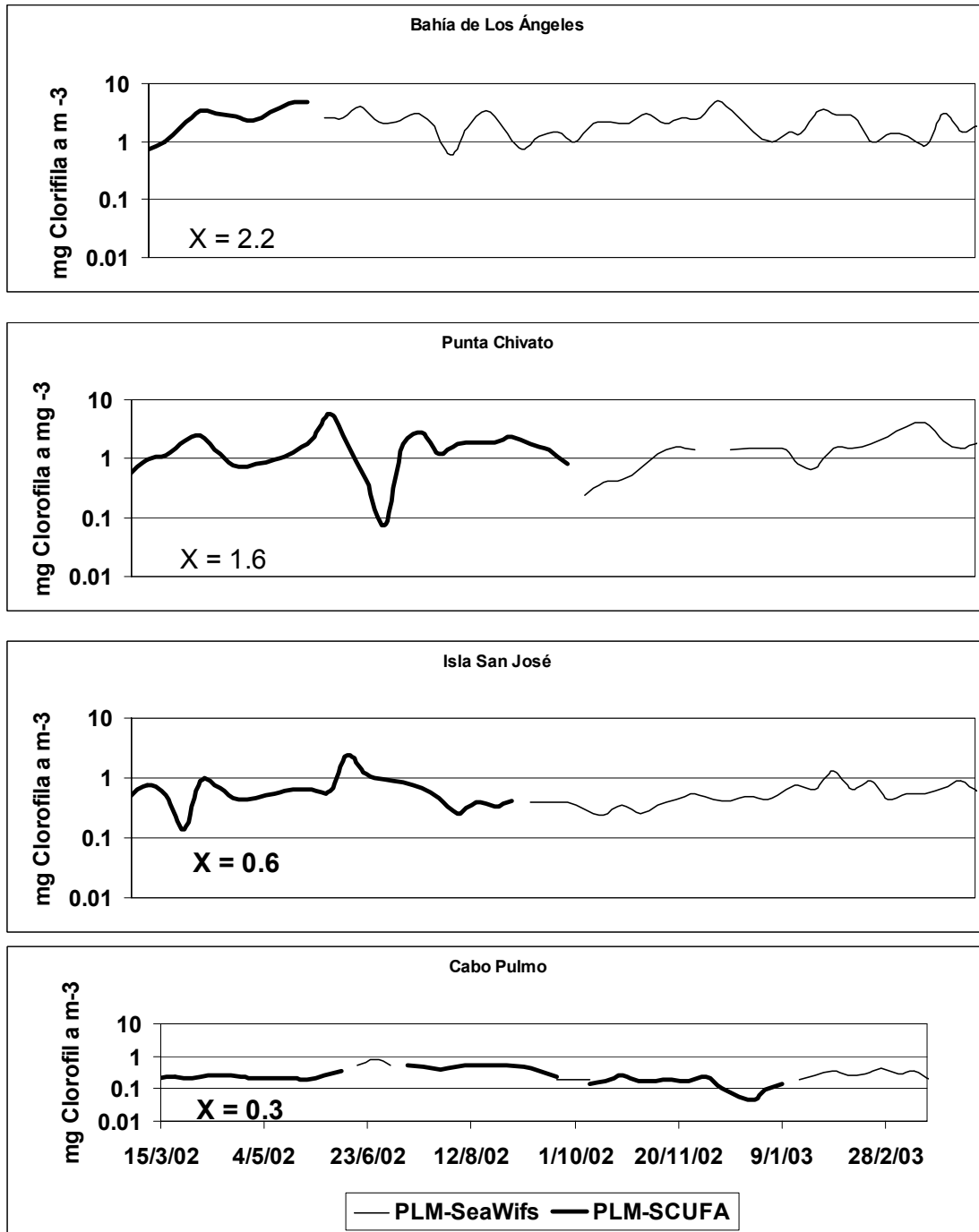


Figura 4.- Fluctuación de la Clorofila a en los cuatro sitios de estudio. La línea gruesa representa medidas diarias *in situ* a 10 m de profundidad, la línea delgada muestra los valores obtenidos semanalmente por sensores remotos de SeaWiFS. (Modificado de Halfar *et al.*, 2006a)

**Tabla I. Variación de las variables oceanográficas en los cuatro sitios de estudio (Modificado de Halfar et al., 2006)**

	<b>Cabo Pulmo</b>	<b>Isla San José</b>	<b>Punta Chivato</b>	<b>Bahía de Los Ángeles</b>
<b>Lat. N°</b>	<b>23°</b>	<b>25°</b>	<b>27°</b>	<b>29°</b>
Prof.media de los carbonatos	5 - 20	10 - 25	10 - 25	20 - 50
Concent. med. clorofila a	0.3	0.6	1.6	2.2
Concent. max. clorofila a	1.36	5.96	14.3	8.38
Temperatura min.	18.6 ° C	16.5 ° C	16 ° C	13.7 ° C
Temperatura media	25 ° C	23.9 ° C	22 ° C	20.4
Temperatura max.	30.8 ° C	30.2 ° C	30 ° C	29.6 ° C
Salinidad promedio	35.06 ‰	35.26 ‰	35.23 ‰	35.01 ‰
Transp. media del mar	13 m	12 m	11 m	8 m

**Tabla II.- Distribución del índice de grado tafonómico (I.G.T.), profundidad (m), tamaño de grano del sedimento (mm) y tipo de sedimento.**

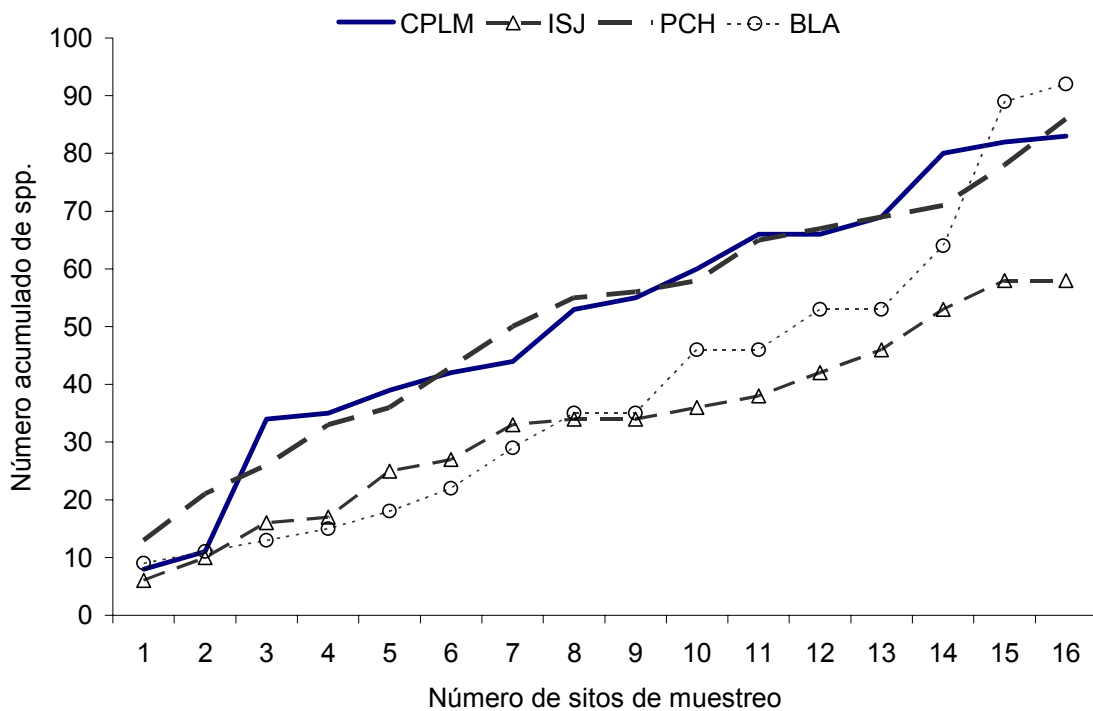
<b>Sitio</b>	<b>N° est.</b>	<b>I.G.T.</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Tam.sed.</b>	<b>Tip.sedim.</b>
Cabo Pulmo	1	1	10	< 0.71	ArenaMedia
Cabo Pulmo	2	3	10	< 0.71	ArenaMedia
Cabo Pulmo	3	1	10	< 0.71	ArenaMedia
Cabo Pulmo	4	3	20	1	ArenGruesa
Cabo Pulmo	5	1.5	22	0.5	ArenaMedia
Cabo Pulmo	6	1.5	6	0.5	ArenaMedia
Cabo Pulmo	7	1	7	< 0.71	ArenaMedia
Cabo Pulmo	8	1	7	0.5	ArenaMedia
Cabo Pulmo	9	2	10	0.5	ArenaMedia
Cabo Pulmo	10	2	5	1	ArenGruesa
Cabo Pulmo	11	2	5	1	ArenGruesa
Cabo Pulmo	12	2.6	10	1	ArenGruesa
Cabo Pulmo	13	1	10	< 0.71	ArenaMedia
Cabo Pulmo	14	2.4	10	0.71	ArenGruesa
Cabo Pulmo	15	1.6	30	0.71	ArenGruesa
Cabo Pulmo	16	1	5	0.71	ArenGruesa
Isla San José	17	1	2.5	0.71	ArenGruesa
Isla San José	18	2	4.5	0.71	ArenGruesa
Isla San José	19	2.2	7.2	0.71	ArenGruesa

Continuación de la tabla II.

<b>Sitio</b>	<b>Nº est.</b>	<b>I.G.T.</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Tam.sed.</b>	<b>Tip.sedim.</b>
Isla San José	<b>20</b>	4	10	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>21</b>	1	13	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>22</b>	1.7	13	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>23</b>	1.3	11	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>24</b>	1	6	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>25</b>	1	6	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>26</b>	2	9	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>27</b>	1	2	0.84	ArenGruesa
Isla San José	<b>28</b>	1	2.5	1	ArenGruesa
Isla San José	<b>29</b>	1	3	0.5	ArenaMedia
Isla San José	<b>30</b>	2	4	0.5	ArenaMedia
Isla San José	<b>31</b>	1.1	5	0.71	ArenGruesa
Isla San José	<b>32</b>	1	4	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>33</b>	1	10	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>34</b>	2	7	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>35</b>	2.8	15	0.59	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>36</b>	2	4	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>37</b>	2.9	7	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>38</b>	2.7	7	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>39</b>	1.7	16	0.84	Armuygruesa
Punta Chivato	<b>40</b>	1	26	1.41	Armuygruesa
Punta Chivato	<b>41</b>	1	6	0.84	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>42</b>	1	30	< 0.71	Arenamedia
Punta Chivato	<b>43</b>	3	10	< 0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>44</b>	2.4	7	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>45</b>	3	2	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>46</b>	1	5	0.71	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>47</b>	3	8	1	ArenGruesa
Punta Chivato	<b>48</b>	1.3	10	0.71	ArenGruesa
B.Los Angeles	<b>49</b>	1.4	1	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>50</b>	1	9	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>51</b>	1	4	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>52</b>	1	4	0.5	ArenaMedia
B.Los Angeles	<b>53</b>	2	20	0.5	ArenaMedia
B.Los Angeles	<b>54</b>	1	6	0.71	ArenGruesa
B.Los Angeles	<b>55</b>	1	30	1	ArenGruesa
B.Los Angeles	<b>56</b>	1.3	26	0.71	ArenGruesa
B.Los Angeles	<b>57</b>	2	17	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>58</b>	1.7	10	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>59</b>	1	0.5	0.71	ArenGruesa
B.Los Angeles	<b>60</b>	1.1	1	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>61</b>	1	30	2.83	Gránulos
B.Los Angeles	<b>62</b>	1.4	4	0.84	ArenGruesa
B.Los Angeles	<b>63</b>	2.3	5	0.5	ArenaMedia
B.Los Angeles	<b>64</b>	2.1	15	0.5	ArenaMedia

Para analizar la representatividad del esfuerzo de muestreo por sitio de estudio se trazaron curvas de acumulación de especies basadas en el número de muestras (Fig.5). En una curva de colecta de especies la incorporación de nuevas especies al inventario se relaciona con alguna medida de esfuerzo de muestreo (Jimenez-Valverde & Hortal, 2003). Al principio se colectan especies comunes y la adición de especies al inventario se producen rápidamente y la pendiente de la curva tiende a ser elevada. A medida que se prosigue con el muestreo las especies raras hacen crecer el inventario, por lo que la pendiente de la curva desciende. El momento en el que esta pendiente desciende a cero corresponde teóricamente al número de especies que podemos encontrar en la zona estudiada (Jimenez-Valverde & Hortal, 2003).

En la figura 5 se observa la variabilidad del número de especies acumulado en los cuatro sitios estudiados. La tendencia asintótica de las curvas en cada sitio nos indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para representar a las especies comunes.



**Figura 5.- Curvas acumulativas de especies con respecto al número de estaciones de muestreo en los cuatro sitios de estudio. Cabo Pulmo (CPLM), Isla San José (ISJ), Punta Chivato (PCH) y Bahía de Los Ángeles (BLA).**



## 6. 2. ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES POR SITIO DE ESTUDIO.

### 6.2.1. Diversidad de moluscos en Cabo Pulmo

#### 6.2.1.1. Abundancia y presencia

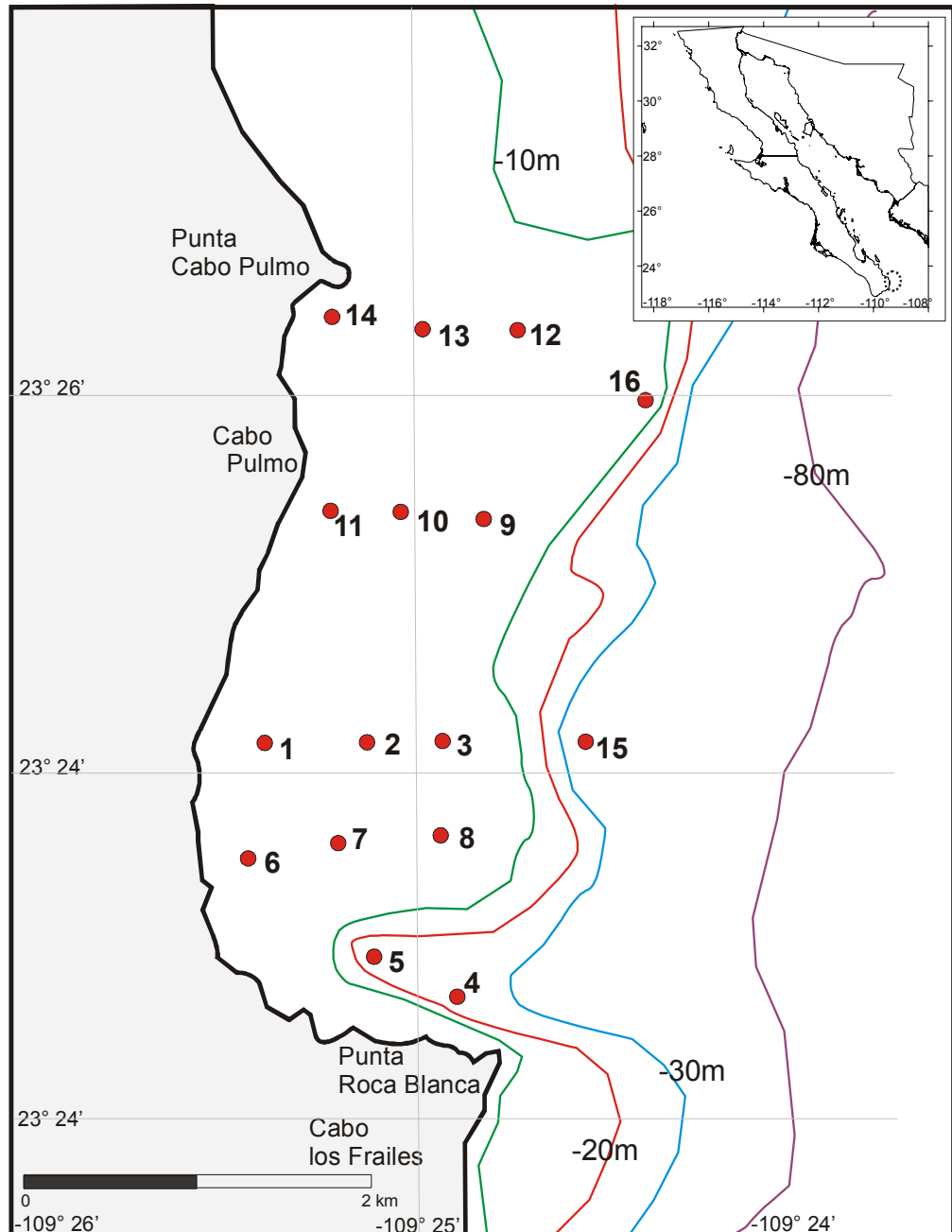


Figura 6.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estación (●) y contornos batimétricos en Cabo Pulmo B.C.S.

En Cabo Pulmo (Fig.6) se recolectaron 3512 individuos pertenecientes a 84 especies de las clases Gastropoda y Bivalvia.

Dentro de la Clase Bivalvia se obtuvieron 40 especies pertenecientes a 15 familias y de la Clase Gastropoda se recolectaron 44 especies pertenecientes a 15 familias (Tabla III).

**Tabla III. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (Nº) y representación porcentual (%) en Cabo Pulmo, B.C.S.**

<b>BIVALVOS</b>				<b>GASTERÓPODOS</b>			
<b>ORDENES</b>	<b>4</b>			<b>ORDENES</b>	<b>4</b>		
Arcoida				Archaeogastropoda			
Mytiloida				Mesogastropoda			
Pterioida				Neogastropoda			
Veneroida				Basommatophora			
<b>FAMILIAS</b>	<b>15</b>			<b>FAMILIAS</b>	<b>15</b>		
Arcidae				Acmeidae			
Cardiidae				Calyptraeidae			
Carditidae				Cerithidae			
Chamidae				Collumbellidae			
Crassatellidae				Conidae			
Dreissenidae				Phenacolepadidae			
Erycinidae				Fissurellidae			
Gryphaeidae				Hipponicidae			
Lucinidae				Lamellariidae			
Mytilidae				Marginellidae			
Ostreidae				Olividae			
Pectinidae				Ovulidae			
Pteriidae				Rissoinidae			
Semelidae				Siphonariidae			
Tellinidae				Terebridae			
Veneridae				Trimusculidae			
<b>ESPECIES</b>	<b>40</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<b>ESPECIES</b>	<b>44</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
<i>Tellina eburnea</i>		1749	49.8	<i>Crucibulum spinosum</i>		61	1.74
<i>Tranzenella humilis</i>		704	20	<i>Crepidula aculeata</i>		47	1.34
<i>Barbatia gradata</i>		253	7.2	<i>Siphonaria brannani</i>		45	1.28
<i>Tellina coani</i>		73	2.08	<i>Hipponix pilosus</i>		43	1.22
<i>Brachidontes semilaevis</i>		59	1.68	<i>Hipponix panamensis</i>		38	1.08
<i>Hytissa hyotis</i>		39	1.11	<i>Olivella dama</i>		29	0.83
<i>Lasaea subviridis</i>		35	1	<i>Olivella gracilis</i>		26	0.74
<i>Brachidontes sp</i>		28	0.8	<i>Siphonaria gigas</i>		24	0.68
<i>Tivela byronensis</i>		16	0.46	<i>Siphonaria maura</i>		17	0.48
<i>Chione compta</i>		16	0.46	<i>Collisella acutapex</i>		15	0.43
<i>Barbatia bailyi</i>		13	0.37	<i>Crepidula sp.</i>		10	0.28
<i>Ctena mexicana</i>		12	0.34	<i>Collisella strigatella</i>		9	0.26
<i>Chione californiensis</i>		11	0.31	<i>Trimusculus reticulatus</i>		7	0.2

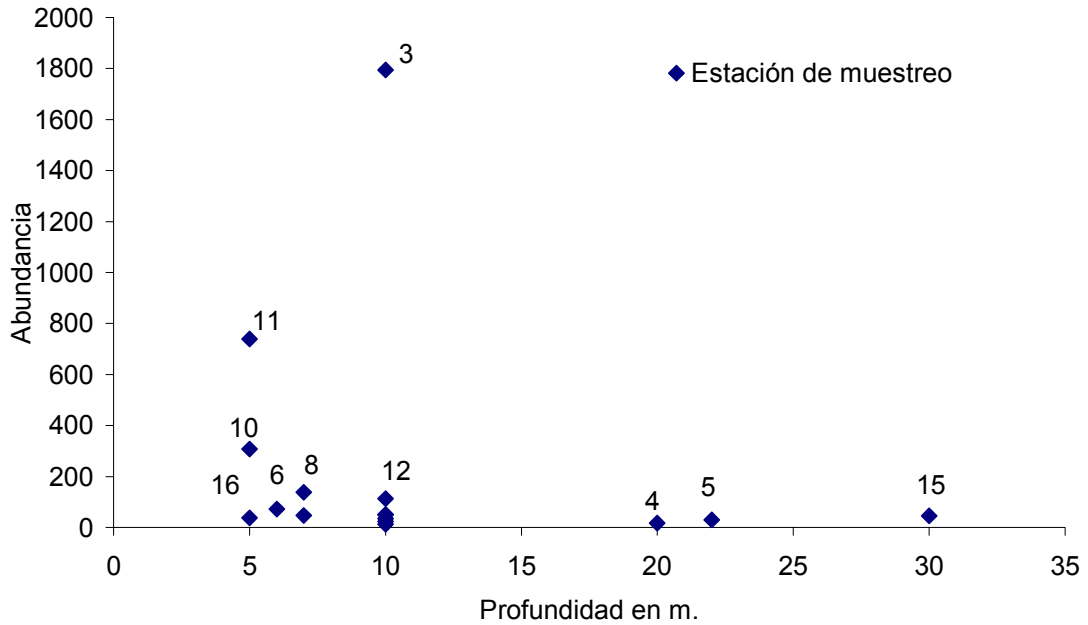
<i>Crassostrea palmula</i>	10	0.28	<i>Triphora hannai</i>	6	0.17
<i>Barbatia reeveana</i>	8	0.23	<i>Terebra dorotheae</i>	5	0.14
<i>Lucina prolongata</i>	6	0.17	<i>Diodora inaequalis</i>	5	0.14
<i>Septifer zeteki</i>	4	0.11	<i>Volvarina taeniolata</i>	4	0.11
<i>Ctena clarionensis</i>	4	0.11	<i>Rissoina stricta</i>	4	0.11
<i>Brachidontes adamsianus</i>	3	0.09	<i>Olivella alba</i>	4	0.11
<i>Lucina undatoides</i>	2	0.06	<i>Crucibulum scutellatum</i>	4	0.11
<i>Lucina mazatlanica</i>	2	0.06	<i>Taimusculus sp.</i>	3	0.09
<i>Lucina excavata</i>	2	0.06	<i>Oliva undatella</i>	3	0.09
<i>Laevicardium substriatum</i>	2	0.06	<i>Hipponix planatus</i>	3	0.09
<i>Cardita affinis</i>	2	0.06	<i>Fissurella deroyae</i>	3	0.09
<i>Anadara similis</i>	2	0.06	<i>Phenocolepas malonei</i>	2	0.06
<i>Anadara multicostata</i>	2	0.06	<i>Oliva incrassata</i>	2	0.06
<i>Transennella modesta</i>	2	0.06	<i>Crepidula lingulata</i>	2	0.06
<i>Transennella puella</i>	1	0.03	<i>Crepidula striolata</i>	2	0.06
<i>Tivela argentina</i>	1	0.03	<i>Crepidula lessonii</i>	2	0.06
<i>Semele sp</i>	1	0.03	<i>Trimusculus peruvianus</i>	1	0.03
<i>Pteria sterna</i>	1	0.03	<i>Simnia rufa</i>	1	0.03
<i>Mytilopsis adamsi</i>	1	0.03	<i>Seila assimidata</i>	1	0.03
<i>Divalinga perparvula</i>	1	0.03	<i>Patelloida semirubida</i>	1	0.03
<i>Divalinga eburnea</i>	1	0.03	<i>Olivella zanoeta</i>	1	0.03
<i>Cumingia lamellosa</i>	1	0.03	<i>Lamellaria inflata</i>	1	0.03
<i>Crassinella pacífica</i>	1	0.03	<i>Emarginula velascoensis</i>	1	0.03
<i>Chione tumens</i>	1	0.03	<i>Diodora saturnalis</i>	1	0.03
<i>Argopecten ventricosus</i>	1	0.03	<i>Cysticus palantirulus</i>	1	0.03
<i>Anadara emarginata</i>	1	0.03	<i>Crucibulum monticulus</i>	1	0.03
<i>Anadara cepoides</i>	1	0.03	<i>Conus nux</i>	1	0.03
<i>Chama sordida</i>	1	0.03	<i>Calyptrea ventricosa</i>	1	0.03
			<i>Anachis teevani</i>	1	0.03
			<i>Alaba supralirata</i>	1	0.03

3073

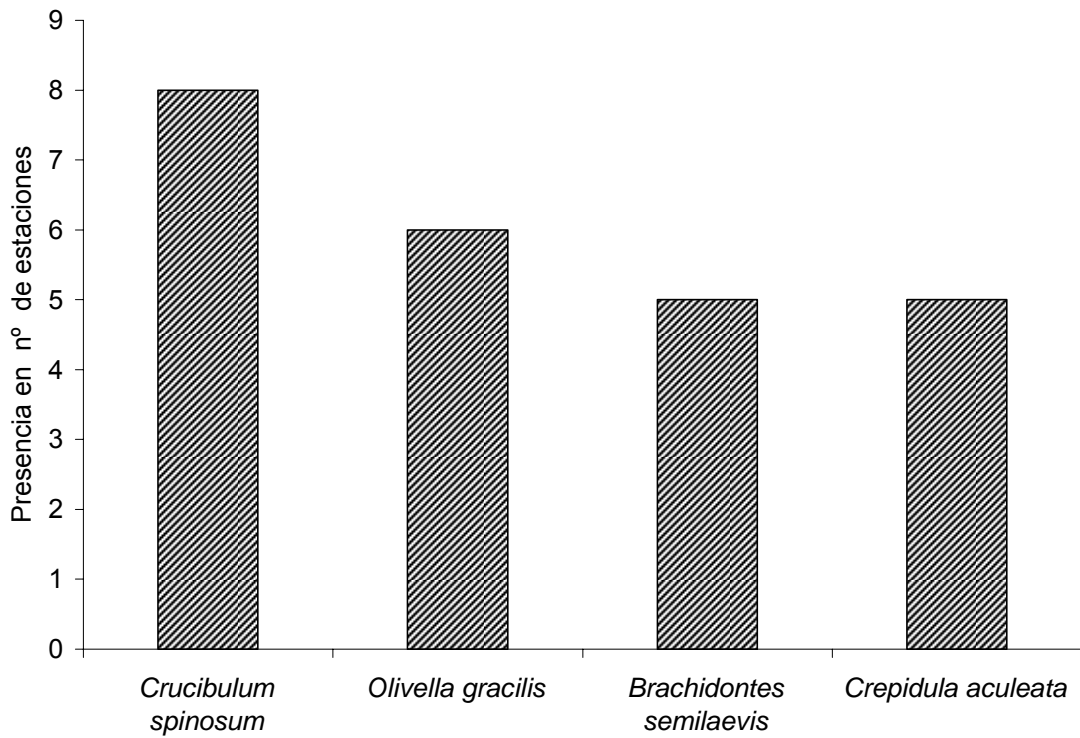
439

Nº total de individuos 3512

Las familias mejor representadas para la clase Bivalvia fueron: Veneridae, Tellinidae y Arcidae; el micromolusco más abundante fue el bivalvo *Tellina eburnea* que fue la especie dominante en la estación 3 a una profundidad de 10 m (Fig.7) siguiéndole en importancia *Transennella humilis* en la estación 11, en la estación 15 la abundancia fue baja con solo 45 individuos correspondientes a 9 especies siendo los más abundantes los gasterópodos *Siphonaria brannani* (diámetro mayor 9 mm) e *Hipponix pilosus* (diámetro mayor 23 mm), el menor número de organismos encontrados fue en la estación 2 con 12 organismos, siendo la especie más abundante el gasterópodo *Olivella gracillius*. El macromolusco más abundante y de mayor frecuencia de aparición (Fig. 8) fue el gasterópodo *Crucibulum spinosum* con tallas no mayores a 20 mm.

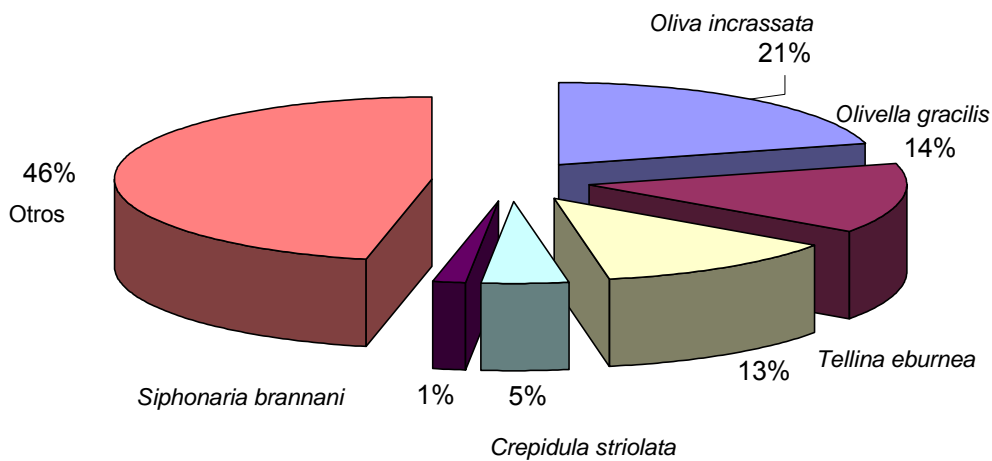


**Figura 7.-** Dispersión de la abundancia de moluscos por estación de muestreo en relación con la profundidad en Cabo Pulmo, B.C.S.



**Figura 8.-** Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$  de las estaciones) de las especies en las 16 estaciones de muestreo en Cabo Pulmo, B.C.S.

En condiciones no perturbadas, la biomasa se ubica en una o pocas especies con individuos de gran talla y en sitios perturbados, la dominancia numérica reside en las especies pequeñas (Warwick, 1986). La representación porcentual de la biomasa (Fig.9) de especies en las muestras de Cabo Pulmo, los valores más altos fueron ocupados por *Oliva incrassata* (El peso de una sola concha fue de 34 g), *Olivella gracilis* y *Tellina eburnea* (1749 conchas pesaron 21 g). El 46 % del total de las muestras correspondieron a especies raras de poca frecuencia de aparición.

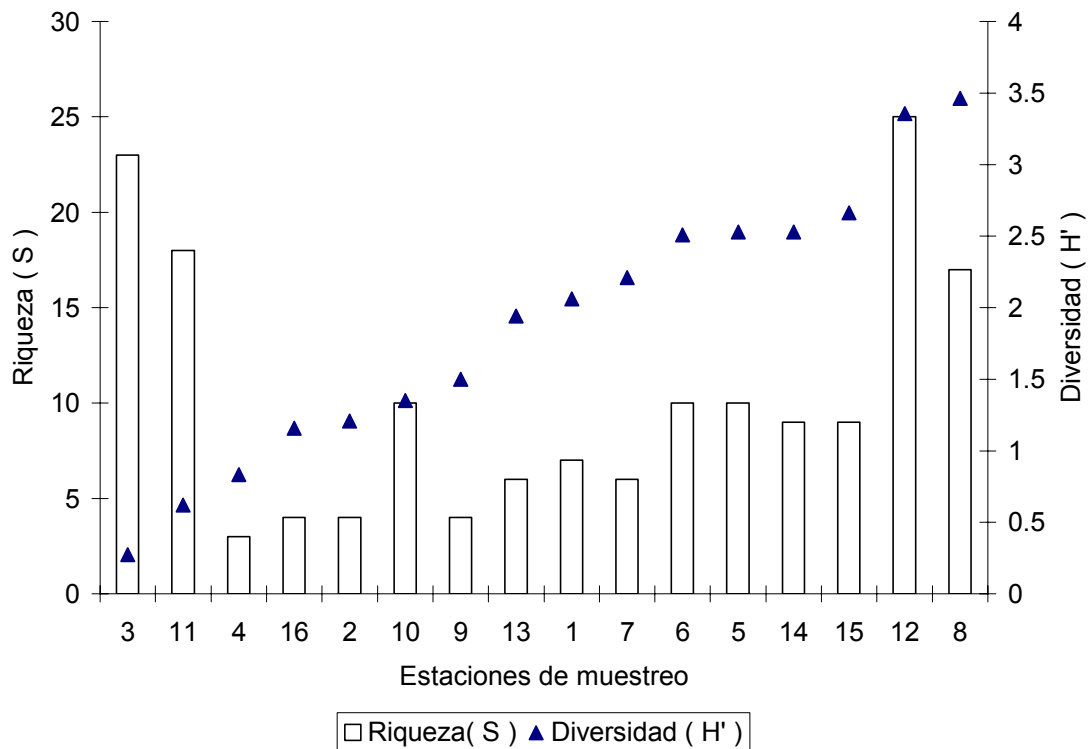


**Figura 9.- Representación porcentual de la biomasa de especies componentes en las muestras de Cabo Pulmo, B.C.S.**

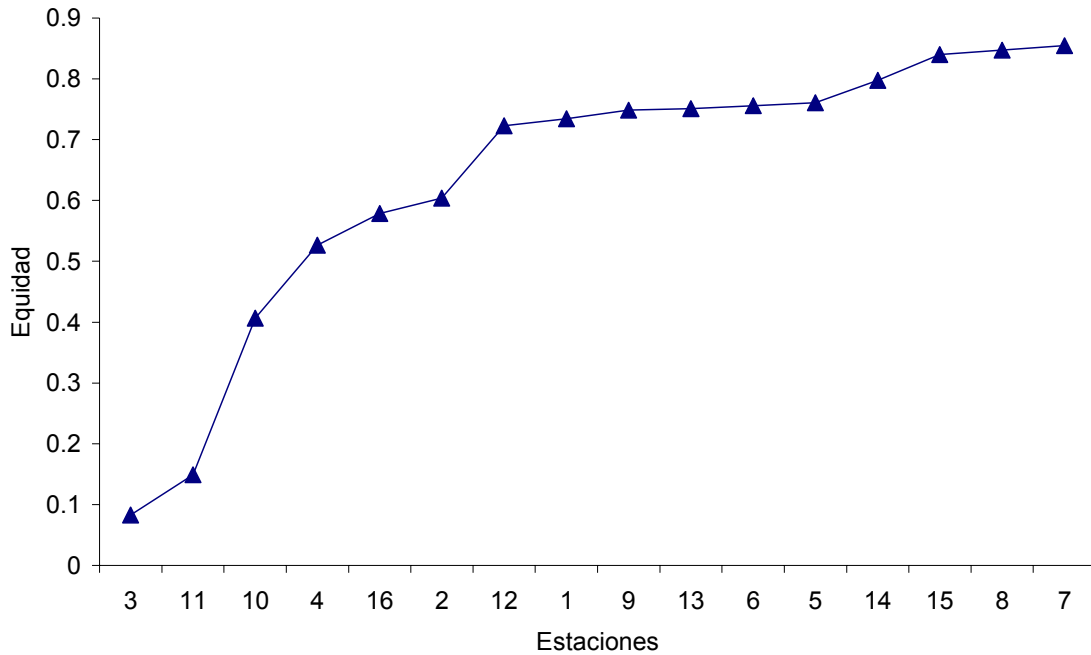
#### 6.2.1.2. Análisis de la comunidad

Los mayores valores de riqueza específica se encontraron en las estaciones 12 y 3 (Fig. 10) que se encuentran al norte y centro de la bahía, en la primera se encontraron 25 especies y se contaron 113 organismos, en la segunda 23 especies y 1795 organismos donde *Tellina eburnea* fue la especie dominante.

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener los mayores valores (3.35 y 3.46 bits/individ.) se registraron en las estaciones 12 y 8, también ubicadas al norte y el centro de la bahía, distribuidos entre los 7 y 8 m de profundidad y con una equidad de 0.723 y 0.847(Fig.11). El menor índice de diversidad fue en la estación 3 (0.275), valores intermedios de diversidad (2.5 bits/individ.) se encontraron en las estaciones 6,5 y 4 distribuidos a lo largo de la costa de la bahía y en la estación 15 que es la más profunda.



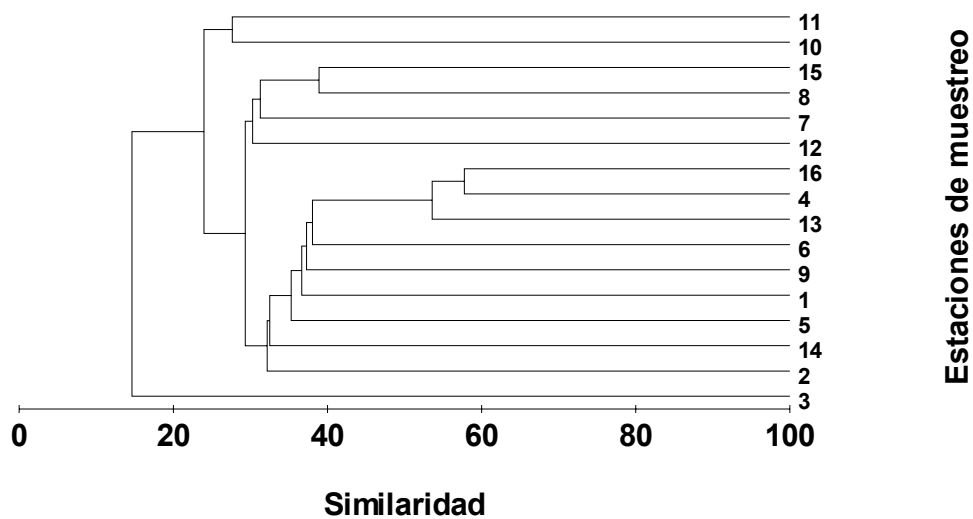
**Figura 10.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en Cabo Pulmo, B.C.S. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.**



**Figura 11.- Variación de la equidad de moluscos (ordenados de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en Cabo Pulmo, B.C.S.**

El análisis de agrupamiento (Bray Curtis) formó 5 grupos (Fig.12) con base a la abundancia y riqueza específica. El primero de ellos se integró con las estaciones 16,4, 13, 9, 1 y 2 y se caracterizó por tener una menor abundancia y mayor similitud en riqueza específica, las mayores similitudes entre ellas fueron las estaciones 4, 16 y 13, que tuvieron en común a las especies *Tellina coani*, *Crucibullum spinosum* y *Olivella gracilis*. El segundo y tercer grupo con valores intermedios de abundancia agrupa las estaciones (7-5, 14-6) y (15-8, 12) con las especies en común *Hipponix panamensis*, *Hytissa hyotis* y *Olivella gracilis* en el segundo grupo y a *Hipponix pilosus* y *Diodora inaequalis* en tercer grupo. El cuarto grupo es con las estaciones 11 y 10 que contienen a las especies en común a *Brachiodontes semilaevis*, *Barbatia gradata* y *Transennella humilis*.

El criterio del análisis, como se mencionó, es agrupar a las estaciones con abundancias similares, el estadístico en cuestión determinó que la estación 3 formaba parte de un solo grupo (quinto grupo) debido a la abundancia de *Tellina eburnea* (1795 individuos).



**Figura 12. Análisis de agrupamientos con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta en Cabo Pulmo, B.C.S.**

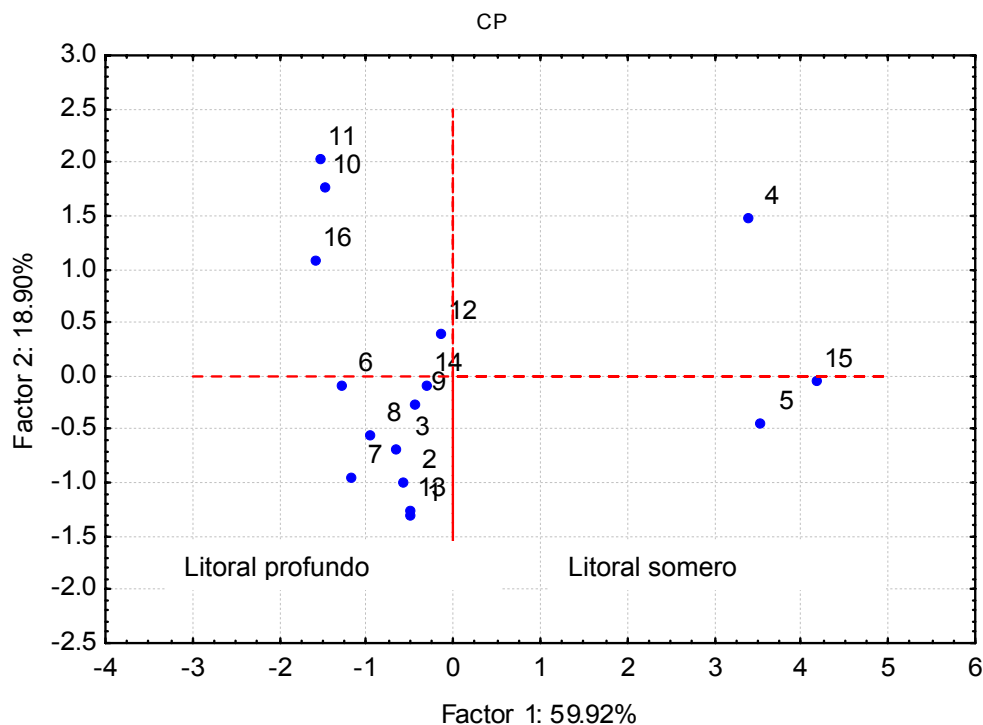
Se hizo un análisis exploratorio para observar las tendencias de las variables ambientales sobre la estructura de la comunidad de moluscos por sitio de estudio, utilizando para ello un análisis de coordenadas principales.

Para el análisis de coordenadas principales (ACoP) con base en la diversidad los datos de varianza explicada son importantes para saber cuantos componentes principales vamos a utilizar en el análisis. No hay regla definida sobre el número que se debe utilizar, con lo cual se debe decidir en función del número de variables iniciales, en este caso se toman los dos primeros componentes principales ya que con ello se explica el 78.82 % de la varianza, el primero de ellos presenta 59.92 % de la varianza de la diversidad entre las variables y el 18.90 % de la explicación de los datos. La disposición de las localidades de muestreo (de la 1 a la 16) en el plano bidimensional permite diferenciar un gradiente ambiental producido por la profundidad, tipo de



sedimento y la diversidad. Bajo este conjunto de elementos, se diferenciaron dos tipos de ambientes (Fig.13):

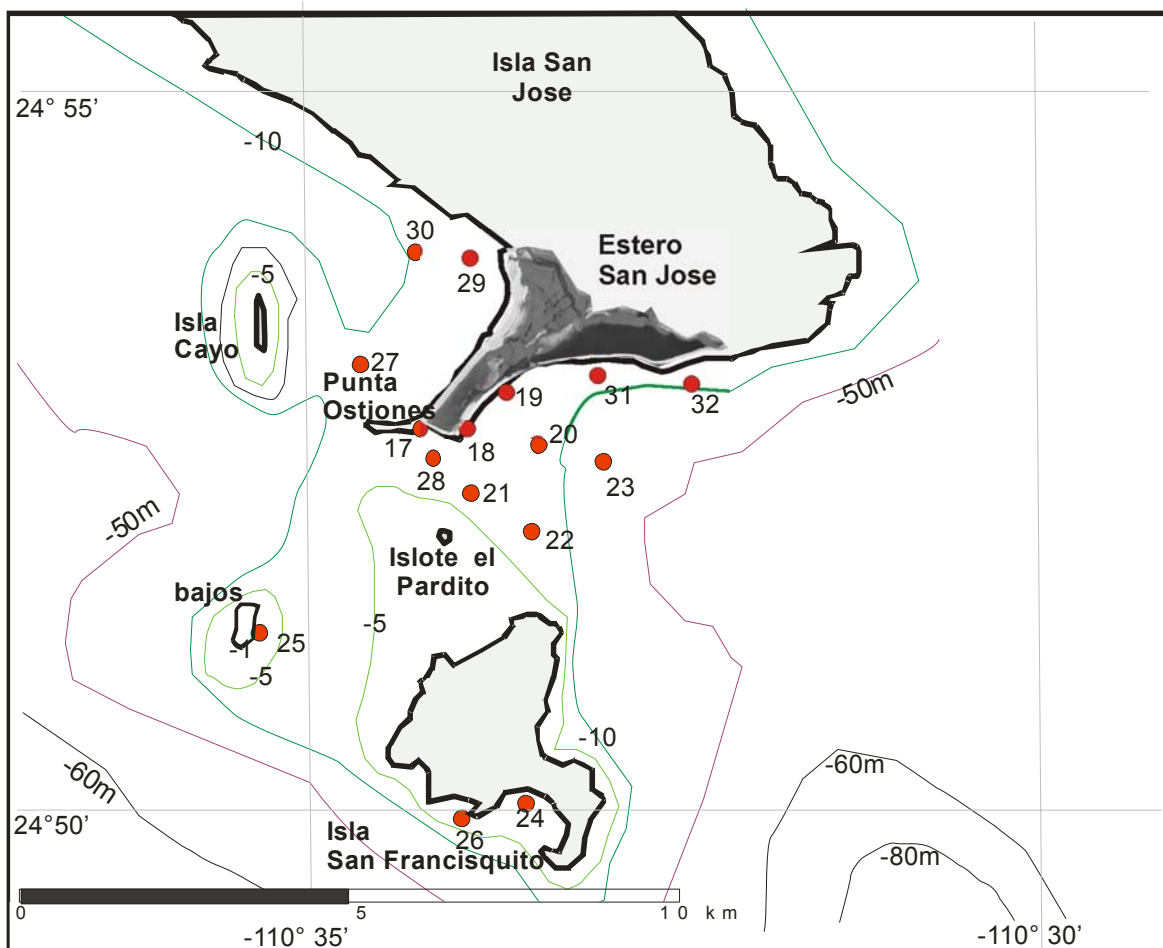
1. Litoral somero: Ambiente de fondo de arena fina a gruesa, de alta energía del oleaje por influencia de los ciclones, transparencia media del mar 10 m y profundidad menor a 10 m. En este tipo de ambiente se encontró a todas las especies del sitio de estudio. Los valores del índice de diversidad se encuentran entre los 1.2 y 3.4 bits/individ. La especie de mayor abundancia fue *Tellina eburnea*.
2. Litoral profundo. Ambiente de fondo de arena gruesa con baja energía del oleaje, profundidad mayor a 10 m. Se forma una termoclina a 25 m de profundidad en primavera y verano y se rompe en otoño. Se caracterizó por una diversidad de 0.8 a 2.6 bits/individ. con dominancia de los gasterópodos *Hipponix pilosus* e *Hipponix panamensis*.



**Figura 13. Análisis de coordenadas principales de las estaciones de muestreo con datos (transformados y normalizados) para las estaciones (1 a la 16).**

## 6.2.2. Diversidad de moluscos en la Isla San José, B.C.S.

### 6.2.2.1. Abundancia y presencia



**Figura 14. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estaciones (●) y contornos batimétricos en la Isla San José e Isla San Francisquito, B.C.S.**

En la Isla San José (Fig.14) se identificaron 1479 moluscos, pertenecientes a 58 especies de las clases Bivalvia y Gastropoda. De la Clase Bivalvia se obtuvieron 39 especies pertenecientes a 14 familias.

Se colectaron un total de 19 especies de gastrópodos pertenecientes a nueve familias. Las familias mejor representadas para la primera clase fueron: Veneridae, Tellinidae y Arcidae y para la clase Gastropoda: Olividae, Terebridae y Turridae (Tabla IV).

**Tabla IV. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (Nº) y representación porcentual (%) en la Isla San José, B.C.S.**

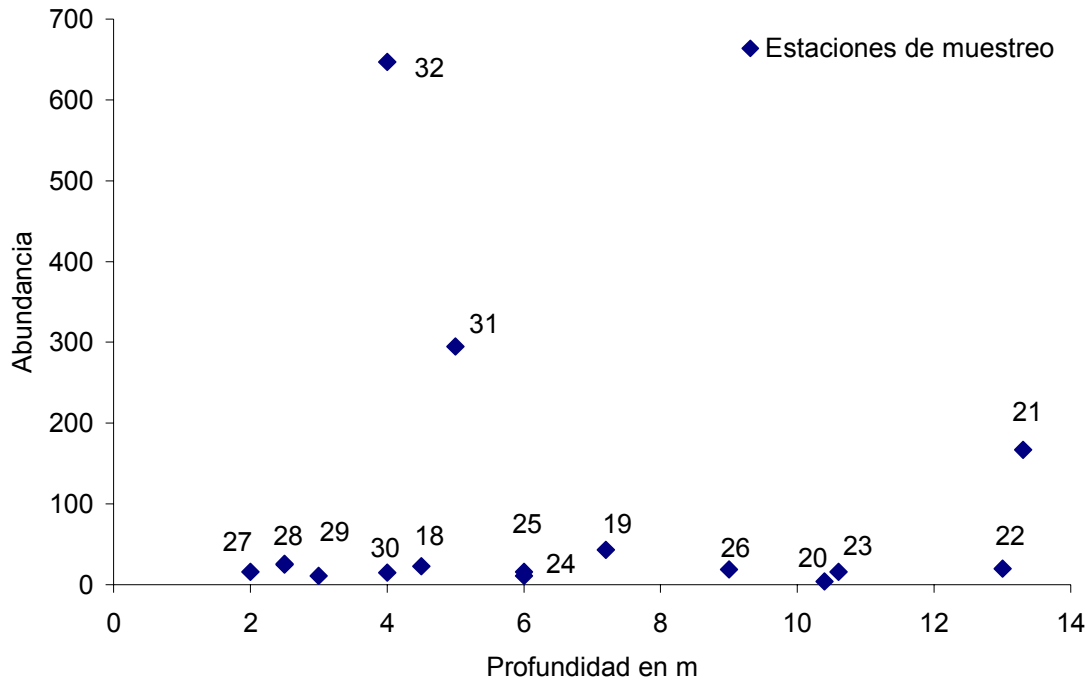
<b>BIVALVOS</b>				<b>GASTEROPODOS</b>			
<b>ORDENES</b>	<b>4</b>			<b>ORDENES</b>	<b>3</b>		
Arcoida				Archaeogastropoda			
Pterioida				Mesogastropoda			
Nuculoida				Neogastropoda			
Veneroidea				<b>FAMILIA</b>	<b>9</b>		
<b>FAMILIAS</b>	<b>14</b>			Calyptraeidae			
Arcidae				Cassidae			
Cardiidae				Collumbellidae			
Carditidae				Nassaridae			
Chamidae				Naticidae			
Donacidae				Olividae			
Garidae				Terebridae			
Glycymerididae				Turbinidae			
Lucinidae				Turridae			
Nuculanidae				<b>ESPECIES</b>	<b>19</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Pectinidae				<i>Olivella gracilis</i>	14	0.95	
Pteriidae				<i>Olivella fletcheriae</i>	12	0.81	
Spondylidae				<i>Terebra balaenorum</i>	6	0.41	
Tellinidae				<i>Crucibulum monticulus</i>	6	0.41	
Veneridae				<i>Oliva incrassata</i>	5	0.34	
<b>ESPECIES</b>	<b>39</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<i>Terebra glauca</i>	3	0.2	
<i>Chione californiensis</i>	322	21.8		<i>Crucibulum sp.</i>	3	0.2	
<i>Tivela byronensis</i>	195	13.2		<i>Crepidula aculeata</i>	3	0.2	
<i>Tellina eburnea</i>	153	10.3		<i>Crassispira cerithoides</i>	3	0.2	
<i>Lucina prolongata</i>	119	8.05		<i>Columbella haemastoma</i>	3	0.2	
<i>Tivela argentina</i>	117	7.91		<i>Turbo squamiger</i>	2	0.14	
<i>Megapitaria squalida</i>	115	7.78		<i>Polinices uber</i>	2	0.14	
<i>Transenella modesta</i>	100	6.76		<i>Oliva kaleontina</i>	2	0.14	
<i>Laevicardium substriatum</i>	46	3.11		<i>Pyrgospira obeliscus</i>	1	0.07	
<i>Tellina coani</i>	39	2.64		<i>Olivella sphoni</i>	1	0.07	
<i>Strigilla costulifera</i>	34	2.3		<i>Nassarius luteostoma</i>	1	0.07	
<i>Trachycardium panamense</i>	28	1.89		<i>Crucibulum spinosum</i>	1	0.07	
<i>Dosinia ponderosa</i>	20	1.35		<i>Crucibulum scutellatum</i>	1	0.07	
<i>Papyridea crockeri</i>	19	1.28		<i>Cassis coarctata</i>	1	0.07	
<i>Glycymeris gigantea</i>	19	1.28					
<i>Chama corallina</i>	13	0.88					
<i>Strigilla dichotoma</i>	11	0.74					
<i>Argopecten ventricosus</i>	8	0.54					
<i>Trigoniocardia biangulata</i>	7	0.47					
<i>Megapitaria aurantiaca</i>	7	0.47					
<i>Protothaca zorritensis</i>	4	0.27					
<i>Chione pulicaria</i>	4	0.27					
<i>Chione amathusia</i>	4	0.27					
<i>Laevicardium elenense</i>	3	0.2					
<i>Euvola vogdesi</i>	3	0.2					
<i>Yoldia limatula</i>	2	0.14					
<i>Tellina subtrigona</i>	2	0.14					
<i>Codakia distinguenda</i>	2	0.14					
<i>Anadara multicostata</i>	2	0.14					

<i>Ventricolaria isocardia</i>	1	0.07	
<i>Tellina sp</i>	1	0.07	
<i>Spondylus ursipes</i>	1	0.07	
<i>Pinctada mazatlanica</i>	1	0.07	
<i>Peryglypta multicostata</i>	1	0.07	
<i>Lyropecten subnodosus</i>	1	0.07	
<i>Gari helenae</i>	1	0.07	
<i>Donax transversus</i>	1	0.07	
<i>Chione squamosa</i>	1	0.07	
<i>Chama mexicana</i>	1	0.07	
<i>Cardita affinis</i>	1	0.07	
	1409		70
<b>Total N° de individuos</b>	<b>1479</b>		

En la estación 32 se recolectaron 647 individuos repartidos en 13 especies, las más abundantes fueron *Chione californiensis* (220) que fue la especie dominante para todas las estaciones, *Tellina eburnea* (153) y *Lucina prolongata* (112). En la estación 31 se recolectaron 295 especímenes dentro de 10 especies, las más abundantes fueron *C. californiensis* (83) *Transennella modesta* (74) y *Laevicardium substriatum* (46).

Las estaciones 31 y 32 donde se obtuvieron las mayores abundancias, se encuentran entre los 4 y 5 m de profundidad y el tipo de sedimento es arena gruesa (Tabla II). En las otras estaciones la variación de la abundancia se encuentra entre los 2 y 14 m de profundidad (Fig. 15) con fondo de arena gruesa.

El registro más bajo de abundancia se tuvo en la estación 20 donde se colectaron cuatro individuos repartidos en tres especies que fueron los bivalvos *Megapitaria squalida* (2) *Chione californiensis* (1) y el gastrópodo del género *Crucibulum* (1).



**Figura 15.- Variación de la abundancia por estación de muestreo en relación con la profundidad en la isla San José. B.C.S.**

Las especies de mayor frecuencia de aparición fueron *Megapitaria squalida* en el 88 % de las estaciones de muestreo, siguiéndole *Chione californiensis*, *Dosinia ponderosa* y *Glycymeris gigantea* (Fig. 16), las de mayor biomasa relativa fueron *D. ponderosa* y *G. gigantea* (Fig.17). Se observó una marcada asociación de micromoluscos de la familia Tellinidae con algas calcáreas (rodolitos), trozos de coral y equinodermos.

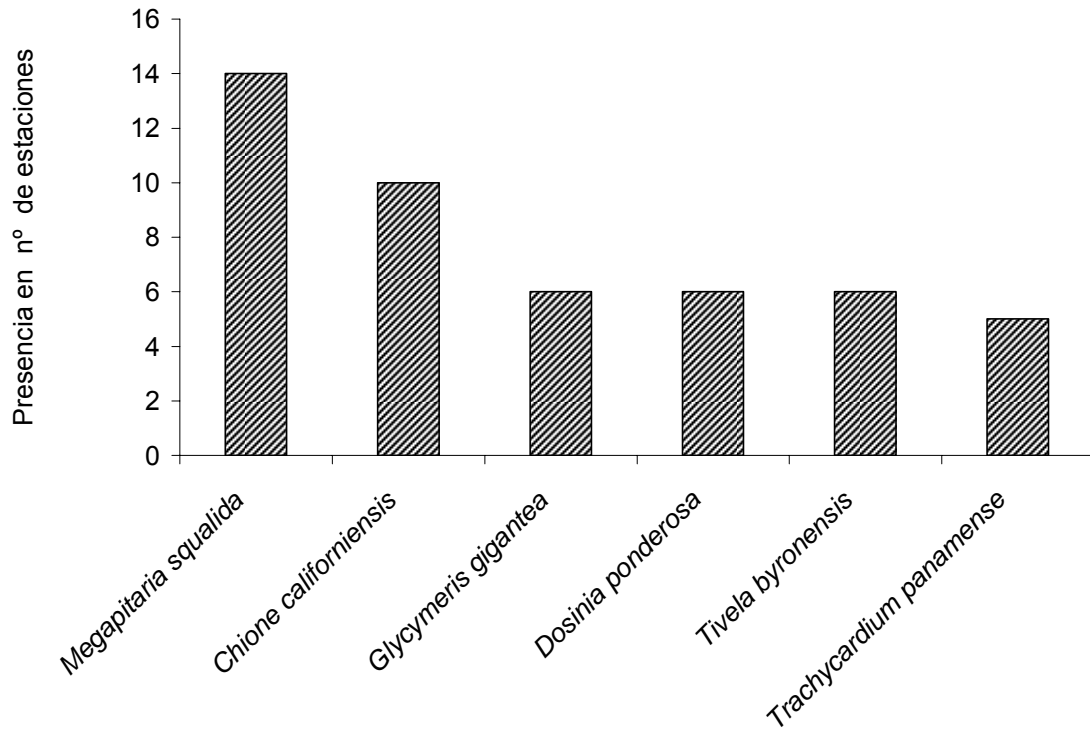


Figura 16.- Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$  de las estaciones) de las especies en las 16 estaciones de muestreo en la Isla San José, B.C.S.

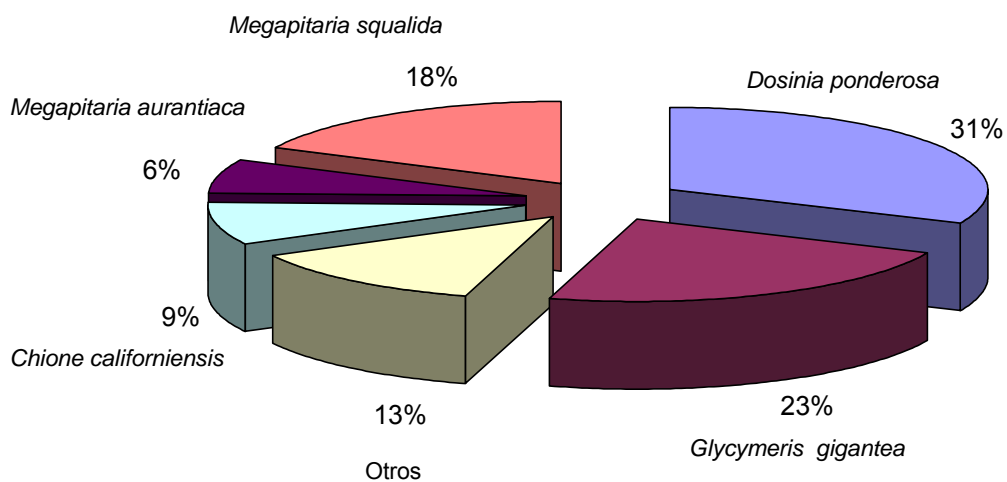


Figura 17.- Biomasa relativa de los moluscos en Isla San José, B.C.S.

### 6.2.2.2. Análisis de la comunidad

Las estaciones con mayor riqueza específica y abundancia fueron: 21, 32 y 31 en donde las especies más abundantes fueron *C. californiensis* y *T. eburnea* presentes en arenas gruesas a profundidades de 4 a 13 m.

El índice de diversidad (Fig. 18) presentó su valor máximo en la estación 31 (2.97 bits/individ.) y el mínimo en la estación 24 (1.3 bits/individ.) En el 50 % de las estaciones el índice de diversidad es mayor a los 2.5 bits/individ.

Los valores obtenidos de equidad han resultado ser altos (> 0.8) en la mayoría de las estaciones (Fig. 19). El mínimo registrado es de 0.65 en la estación 17 que también presenta el valor más bajo de riqueza específica reflejado por la abundancia del bivalvo *Tivela argentina* que fue la especie dominante. El valor más alto de equidad fue de 0.92 en la estación 22 que fue la máxima registrada con valores bajos de abundancia y riqueza específica.

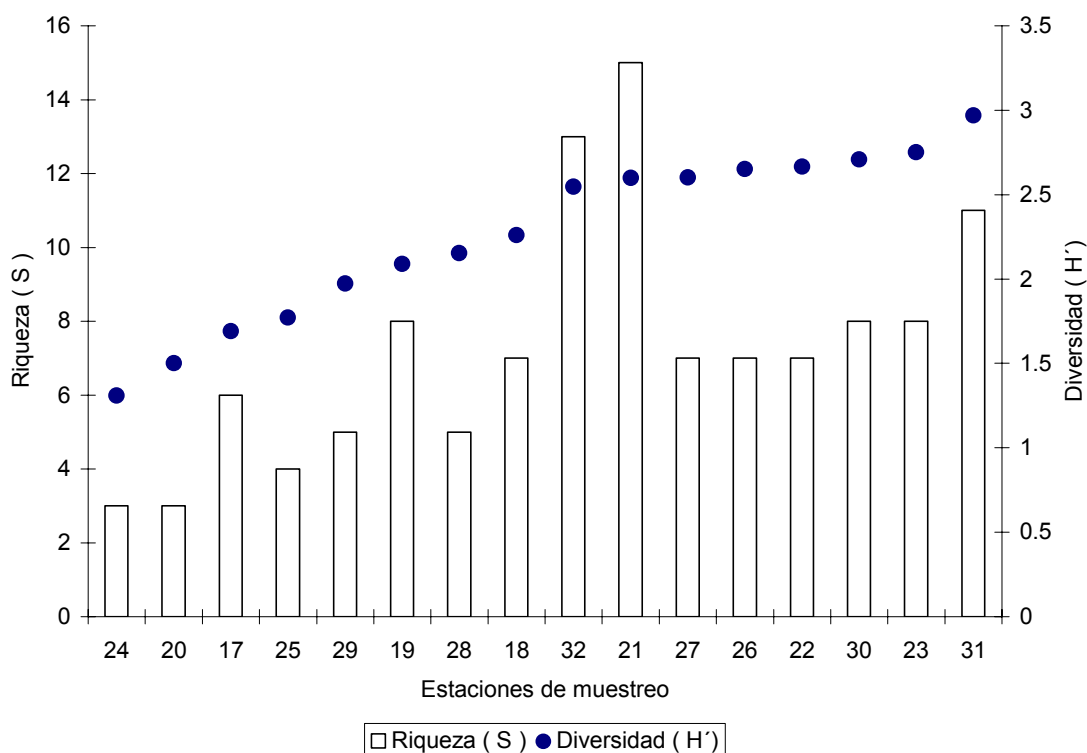
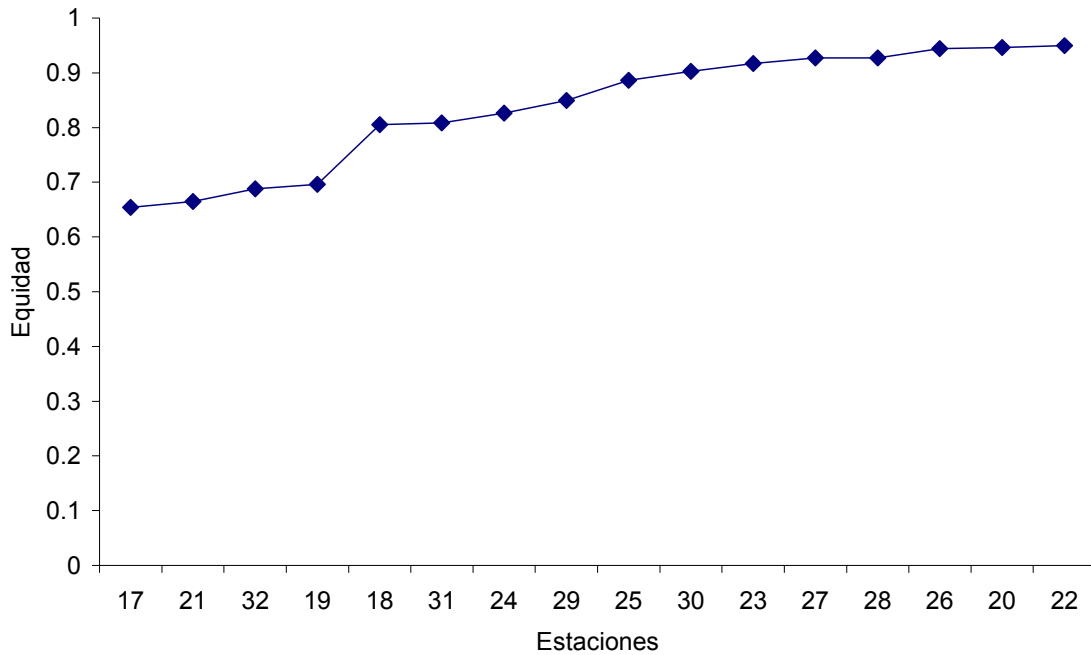


Figura 18.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en la Isla San José, B.C.S. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.

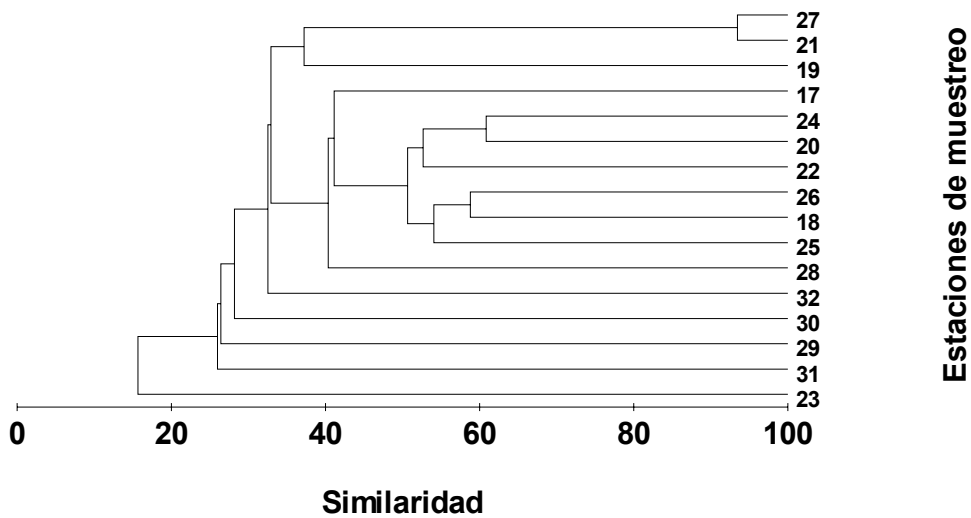


**Figura 19.- Variación de la equidad de moluscos (ordenado de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en la Isla San José, B.C.S.**

En el análisis de agrupamiento (Fig. 20) permitió distinguir tres grupos de estaciones basándose en la composición faunística y riqueza de especies, a un nivel de similitud de 58.7 %. Un primer grupo formado por las estaciones 27 y 21, se caracterizan por tener un sustrato de arena gruesa y ambas contienen a tres de las especies más abundantes en el sitio de estudio *Tivela byronensis*, *T. argentina* y *Megapitaria squalida*. El segundo grupo son las estaciones 20 y 24 con sustrato de arena gruesa, tienen similitud en valores bajos de abundancia (4 individuos en la primera y 7 en la segunda) y valores bajos de riqueza de especies (3 especies respectivamente) ambas estaciones tienen en común al bivalvo *Megapitaria squalida*.

El tercer grupo lo forma las estaciones 18 y 26, se ubican a 2 m de profundidad, arena gruesa, tienen similitud en abundancia de especies (23 individuos en la primera y 19 en la segunda) e igualdad en riqueza específica (7 respectivamente) en ellas encontramos a la especie más abundante *Chione californiensis*.



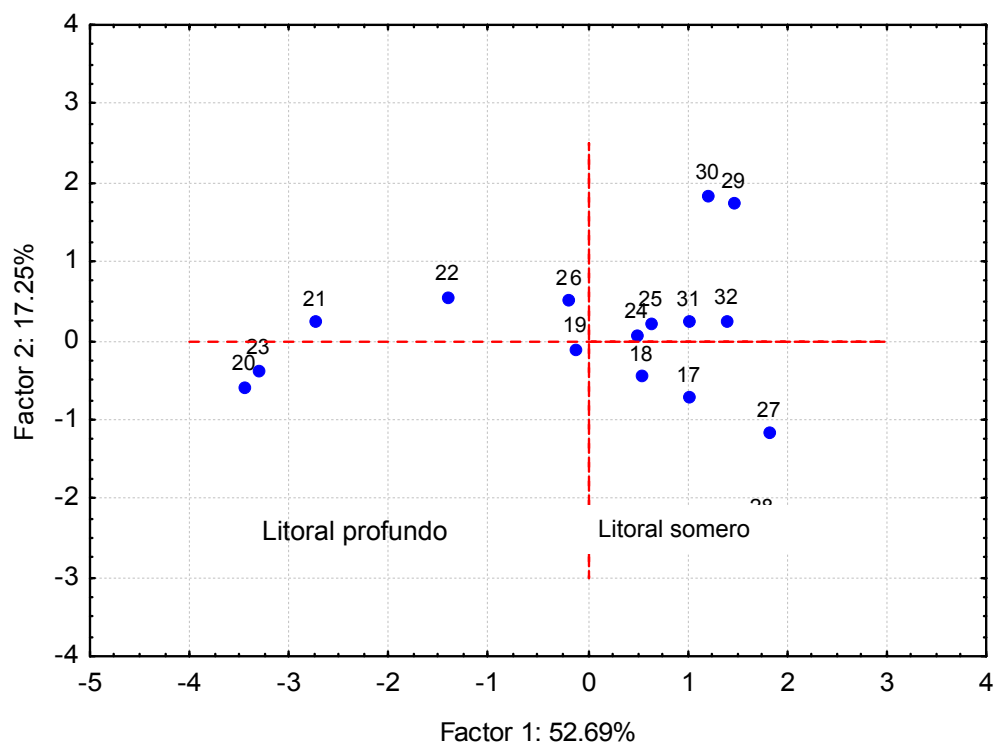


**Figura 20.- Análisis de agrupamiento con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta. Isla San José, BC.S.**

Al aplicar un análisis de componentes principales se tomaron dos componentes principales el primero con una varianza explicada del 52.69 % y el segundo con una varianza de 17. 25 %, con ellos se obtiene 69.94 % de la varianza explicada acumulada. La disposición de las estaciones de muestreo( de la 17 a la 32) en el plano bidimensional permite diferenciar un gradiente ambiental producido por la profundidad, la diversidad y el tamaño de grano en el sedimento. Bajo este contexto, se diferenciaron dos tipos de ambientes (Fig.21):

1. Litoral somero: Ambiente de fondo de arena gruesa con influencia de la energía del oleaje y profundidad menor a 10 m. En este tipo de ambiente se encontró valores de diversidad de 2 a 2.97 bits/individ. La especie de mayor abundancia y frecuencia de aparición fue *Chione californiensis*.

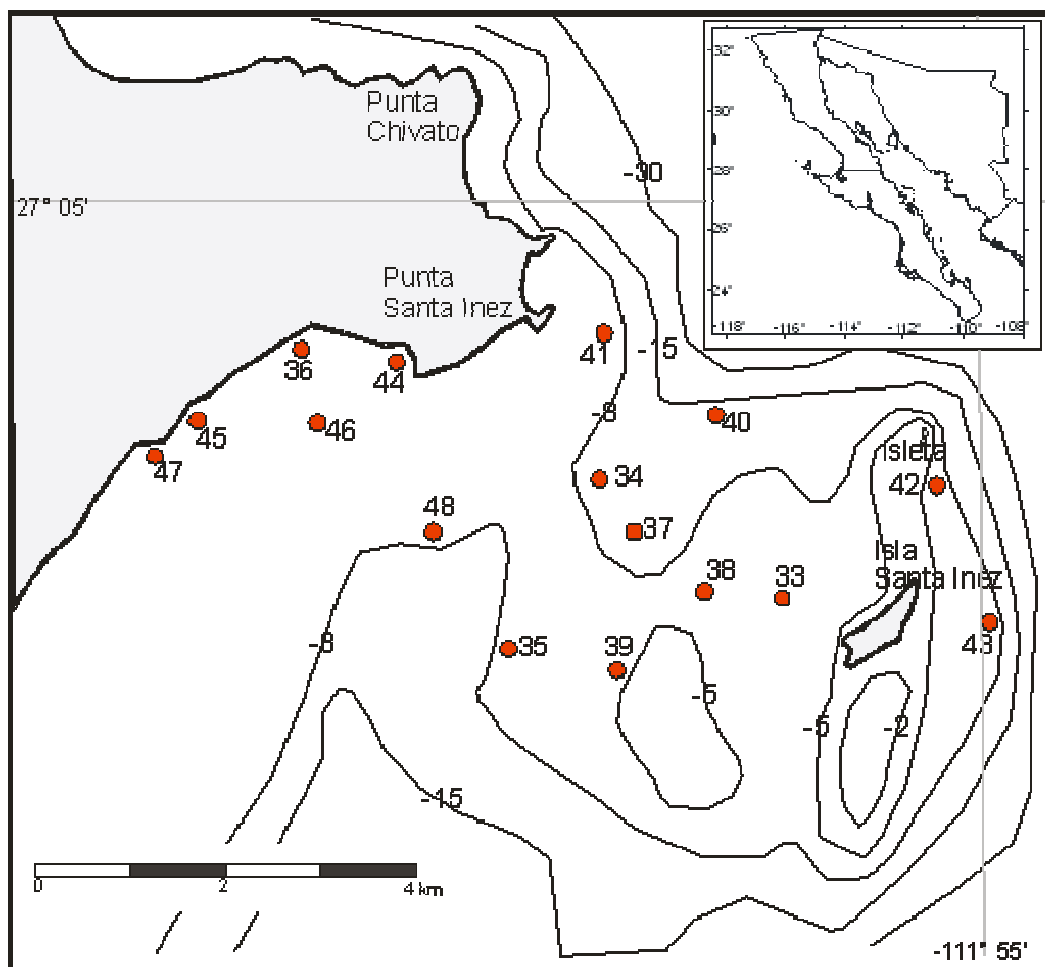
2. Litoral profundo. Ambiente de fondo de arena gruesa con baja energía del oleaje, profundidad mayor a 10 m y se forma una termoclina a 25 m de profundidad en primavera y verano. Se encontró una diversidad media. La especie de mayor frecuencia de aparición fue *Megapitaria squalida* y las más abundantes fueron *Tivela byronensis* y *Tivela argentina*.



**Figura 21.- Análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en la Isla San José B.C.S., con datos normalizados para las estaciones (16 a la 32).**

## 6.2.3.- Diversidad de moluscos en Punta Chivato, B.C.S.

### 6.2.3.1. Abundancia y presencia



**Figura 22.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estaciones (●) y contornos batimétricos en Punta Chivato, B.C.S.**

En Punta Chivato (Fig. 22) se recolectó un total de 1286 individuos pertenecientes a 86 especies de las clases Gastropoda y Bivalvia. Para la clase Bivalvia se obtuvo un total de 54 especies pertenecientes a 17 familias. Dentro de la clase Gastropoda se recolectaron 32 especies en 12 familias

Las familias de bivalvos mejor representadas fueron: Veneridae, Cardiidae y Arcidae y de los gasterópodos: Calyptraeidae, Conidae y Olividae (Tabla V).

**Tabla V.- Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (Nº) y representación porcentual (%) en Punta Chivato**

<b>BIVALVOS</b>				<b>GASTEROPODOS</b>			
<b>ORDENES</b>	<b>4</b>			<b>ORDENES</b>	<b>3</b>		
Arcoida				Archaeogastropoda			
Nuculoida				Mesogastropoda			
Pterioida				Neogastropoda			
Veneroida				<b>FAMILIAS</b>	<b>12</b>		
<b>FAMILIA</b>	<b>17</b>			Calyptraeidae			
Anomiidae				Cerithiidae			
Arcidae				Conidae			
Cardiidae				Fissurellidae			
Carditidae				Nassariidae			
Chamidae				Naticidae			
Erycinidae				Olividae			
Garidae				Patellidae			
Glycymerididae				Potamididae			
Limidae				Terebridae			
Lucinidae				Trimusculidae			
Nuculanidae				Trochidae			
Ostreidae				<b>ESPECIES</b>	<b>32</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Pectinidae				<i>Trimusculus stellatus</i>	140	10.9	
Plicatulidae				<i>Crucibulum monticulus</i>	25	1.94	
Tellinidae				<i>Nassarius tegulus</i>	12	0.93	
Ungulinidae				<i>Olivella gracilis</i>	9	0.7	
Veneridae				<i>Olivella altatae</i>	9	0.7	
<b>ESPECIES</b>	<b>54</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<i>Olivella alba</i>	8	0.62	
<i>Laevicardium substriatum</i>		185	14.4	<i>Crucibulum spinosum</i>	8	0.62	
<i>Tivela hindsii</i>		162	12.6	<i>Polinices uber</i>	5	0.39	
<i>Tellina coani</i>		139	10.8	<i>Nassarius moestus</i>	5	0.39	
<i>Transenella modesta</i>		68	5.29	<i>Conus sp</i>	4	0.31	
<i>Chione squamosa</i>		55	4.28	<i>Olivella dama</i>	3	0.23	
<i>Chione californiensis</i>		47	3.65	<i>Oliva spicata</i>	3	0.23	
<i>Transennella puella</i>		42	3.27	<i>Oliva sp2</i>	3	0.23	
<i>Lasaea subdiviris</i>		39	3.03	<i>Cerithiopsis sp</i>	3	0.23	
<i>Argopecten ventricosus</i>		33	2.57	<i>Oliva sp</i>	2	0.16	
<i>Trigoniocardia biangulata</i>		32	2.49	<i>Diodora digueti</i>	2	0.16	
<i>Megapitaria squalida</i>		29	2.26	<i>Crepidula striolata</i>	2	0.16	
<i>Chione compta</i>		19	1.48	<i>Conus nux</i>	2	0.16	
<i>Chione pulicaria</i>		16	1.24	<i>Conus fergusonii</i>	2	0.16	
<i>Lucina prolongata</i>		13	1.01	<i>Cerithidea montagnei</i>	2	0.16	
<i>Tagelus californianus</i>		12	0.93	<i>Cerithidea mazatlanica</i>	2	0.16	
<i>Nuculana acrita</i>		12	0.93	<i>Ancistromesus mexicanus</i>	2	0.16	
<i>Trigoniocardia guanacastensis</i>		11	0.86	<i>Terebra ornata</i>	1	0.08	
<i>Protothaca asperrima</i>		11	0.86	<i>Oliva incrassata</i>	1	0.08	
<i>Cardita radiata</i>		10	0.78	<i>Fissurella microtrema</i>	1	0.08	
<i>Chione gnidia</i>		9	0.7	<i>Diodora inaequalis</i>	1	0.08	
<i>Protothaca zorritensis</i>		8	0.62	<i>Crucibulum subactum</i>	1	0.08	
<i>Trachycardium panamense</i>		7	0.54	<i>Crucibulum pectinatum</i>	1	0.08	
<i>Trachycardium pristipleura</i>		6	0.47	<i>Crepidula excavata</i>	1	0.08	

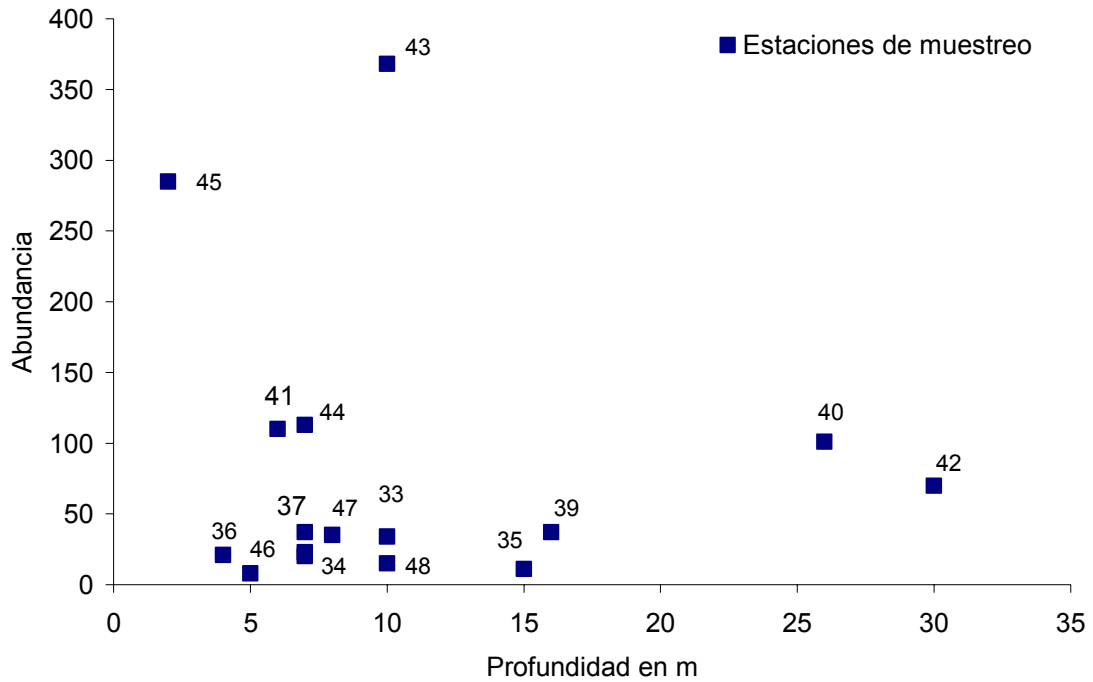
<i>Nodipecten subnodosus</i>	6	0.47	<i>Conus ximenes</i>	1	0.08
<i>Glycymeris gigantea</i>	5	0.39	<i>Conus purpurascens</i>	1	0.08
<i>Tivela byronensis</i>	4	0.31	<i>Calliostoma nepheloide</i>	1	0.08
<i>Diplodonta subcuadrata</i>	4	0.31			
<i>Strigilla dichotoma</i>	3	0.23			
<i>Barbatia alternata</i>	3	0.23			
<i>Protothaca beili</i>	2	0.16			
<i>Lucina mazatlanica</i>	2	0.16			
<i>Leptopecten latiaratus</i>	2	0.16			
<i>Laevicardium elatum</i>	2	0.16			
<i>Gari helenae</i>	2	0.16			
<i>Chione undatella</i>	2	0.16			
<i>Cardita laticostata</i>	2	0.16			
<i>Anadara cepoides</i>	2	0.16			
<i>Strigilla interrupta</i>	1	0.08			
<i>Protothaca staminea</i>	1	0.08			
<i>Prothotaca metodon</i>	1	0.08			
<i>Plicatula penicillata</i>	1	0.08			
<i>Crassostrea palmula</i>	1	0.08			
<i>Lima pacifica</i>	1	0.08			
<i>Glycymeris multicosta</i>	1	0.08			
<i>Dosinia ponderosa</i>	1	0.08			
<i>Chlamis lowei</i>	1	0.08			
<i>Chione fructifraga</i>	1	0.08			
<i>Chama sordida</i>	1	0.08			
<i>Cardita crassicostata</i>	1	0.08			
<i>Cardita affinis</i>	1	0.08			
<i>Arca pacifica</i>	1	0.08			
<i>Arca mutabilis</i>	1	0.08			
<i>Anomia adamas</i>	1	0.08			
<i>Anadara multicostata</i>	1	0.08			

1023

263

**Total N° de individuos 1286**

En la estación 43, ubicada a 10 m de profundidad, se recolectaron 368 organismos repartidos en 19 especies (Fig. 23); las más abundantes fueron *Trimusculus stellatus* (138), *Laevicardium clarionense* (64) y *Transennella puella* (42). La estación con menor número de especies fue la 46 (5 m prof.) con solo 8 individuos y 5 especies. En la estación 42 ubicada 30 m de profundidad se recolectaron 72 individuos repartidos en 6 especies, en donde las más abundantes fueron *Tivela hindsii* (42) *Transennella modesta* (11) y *Tagelus californianus* (11).



**Figura 23.- Variación de la abundancia por estación de muestreo en relación con la profundidad en Punta Chivato, B.C.S.**

Las especies de mayor frecuencia de aparición fueron: *Megapitaria squalida*, *Transennella modesta*, *Chione squamosa*, *Trigonocardia angulata* y *Crucibulum monticulus*, *Tivela hindsii* y *Crucibulum spinosum* (Fig. 24). Las especies de mayor biomasa en las muestras fueron *Megapitaria squalida* (17%), *Anadara cepoides* (13%) *Nodipecten subnudosus* (12%) y *Chione californiensis* (12 %) (Fig.25).

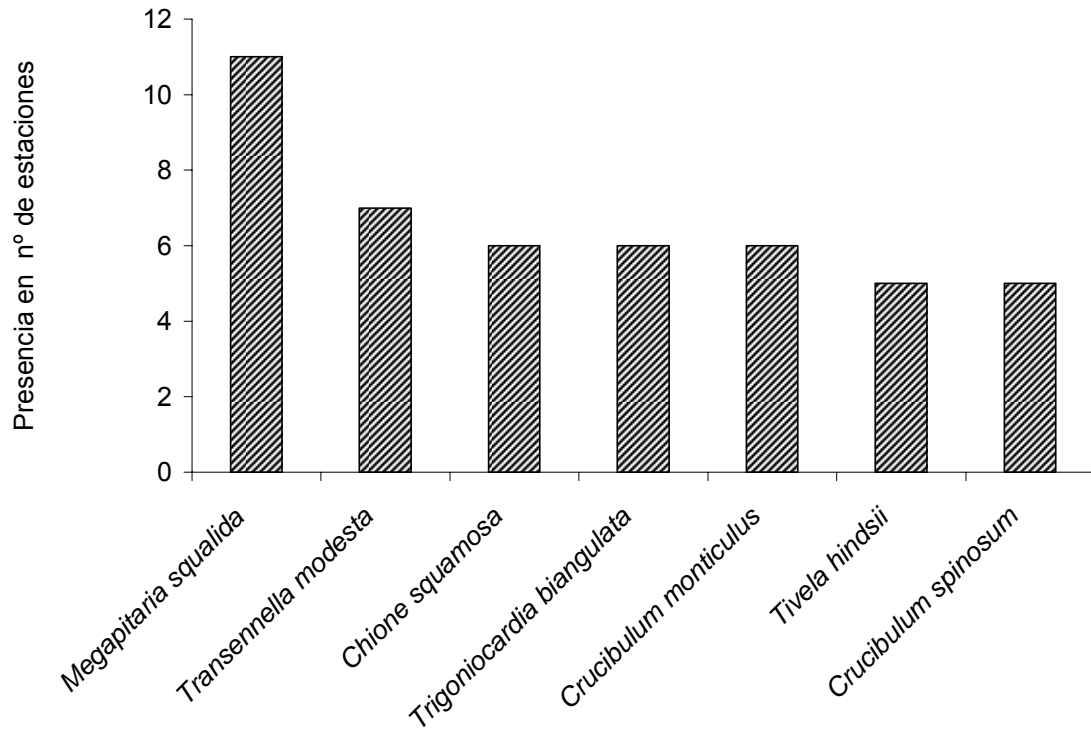


Figura 24.- Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$  de las estaciones) de las especies en las 16 estaciones de muestreo en Punta Chivato, B.C.S.

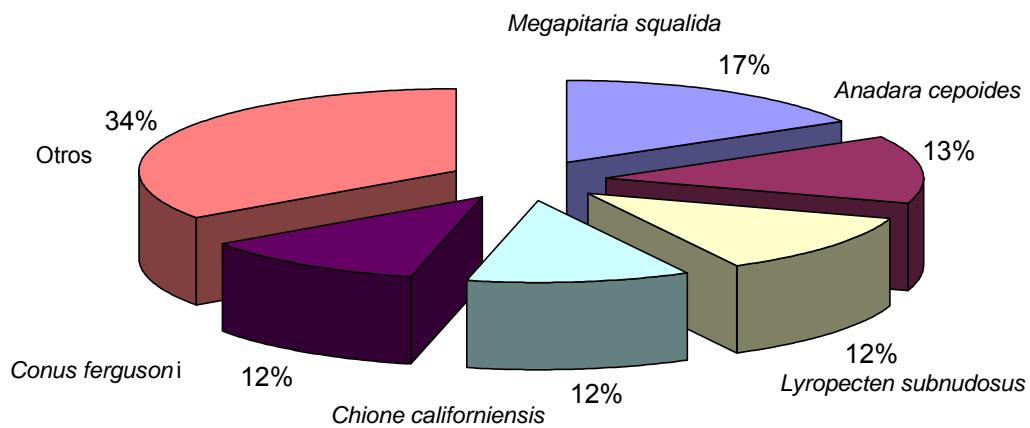
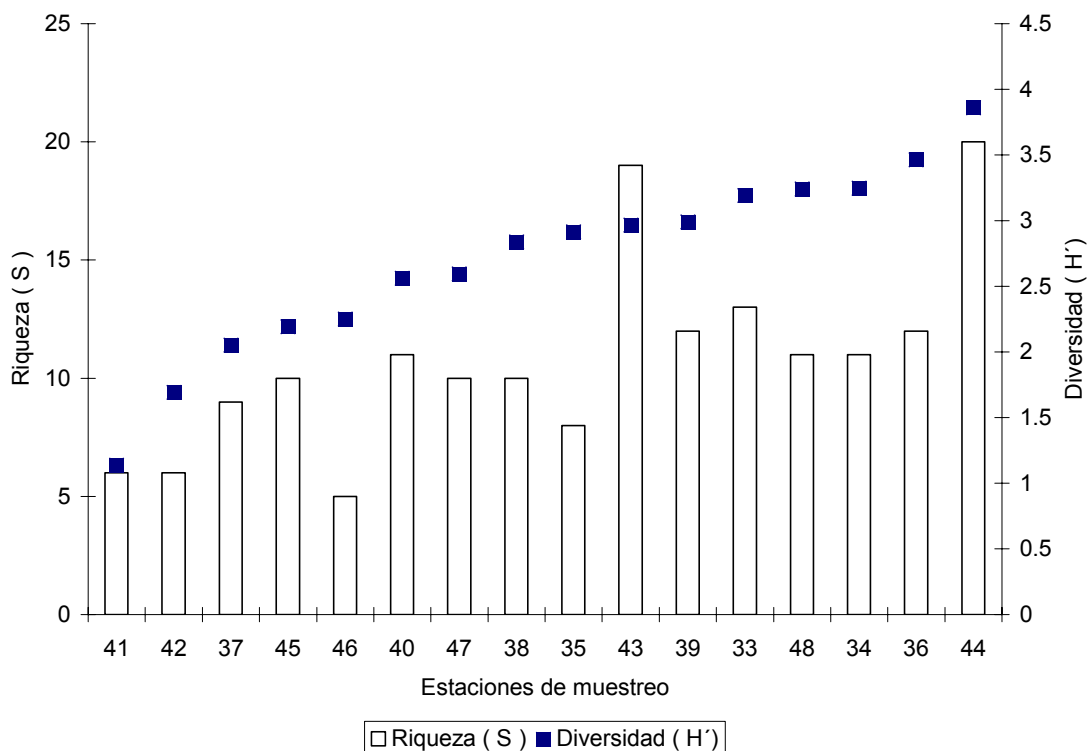


Figura 25.- Biomasa relativa de los moluscos en Punta Chivato, B.C.S.

### 6.2.3.2.- Análisis de la comunidad

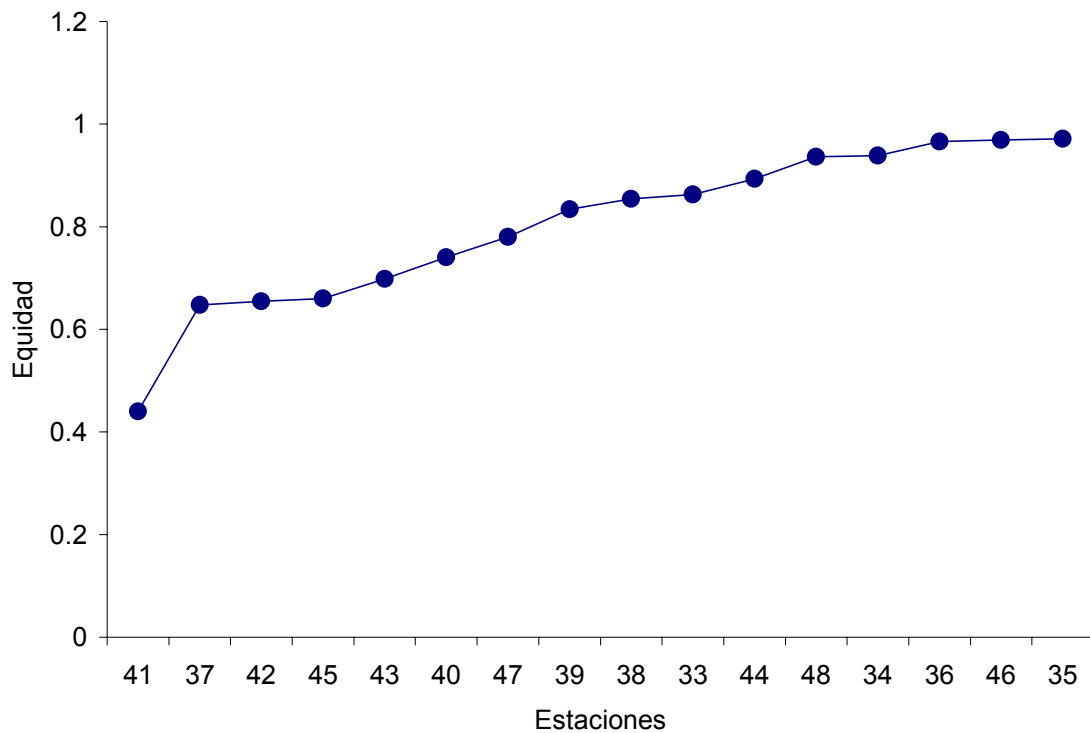
La mayor riqueza se encontró en la estaciones 44 y 43, con la especie más abundante *Chione californiensis* en la primera y *Trimusculus stellatus* en la segunda. La diversidad (Shannon-Wiener) presentó su valor máximo en la estación 44 (3.8 bits/individ.) y el mínimo en la estación 41 (1.13 bits/individ.) (Fig. 26) Las estaciones 33; 34; 36 y 48 tuvieron valores por encima de los 3.0 bits/individ.



**Figura 26.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en Punta Chivato, B.C.S. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.**

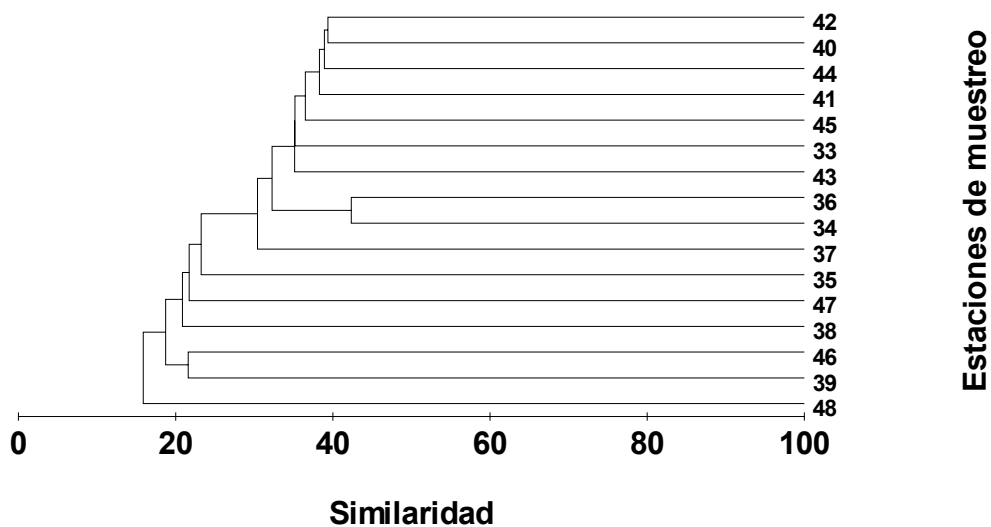
La equidad total (Fig.27) osciló entre 0.44 y 0.97. En la estación 35 se obtuvo el valor más alto con una abundancia de solo 11 individuos y una riqueza de 8 especies y el valor más bajo en la estación 41 debido a la dominancia del bivalvo *Tivela hindsii*. En el 62.5 % de las estaciones de muestreo los valores fueron mayores a 0.80.





**Figura 27.- Variación de la equidad de moluscos (ordenado de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en Punta Chivato, B.C.S.**

El análisis de agrupamiento (Bray Curtis) formó cuatro grupos de datos (Fig.28) con base en la abundancia y riqueza específica, el de mayor similitud se integró con las estaciones 36 y 34, que tuvieron en común a las especies *Megapitaria squalida*, *Chione squamosa* y *Cardita radiata*, las estaciones 42,40,41 y 33 tienen similitud en abundancia por los bivalvos *Tivela hindsii*, *Trigocardia biangulata* y *Transennella modesta*. El tercer grupo lo integran las estaciones 43,44 y 45 que tuvieron en común a las especies *Transennella modesta*, *Tellina coani* y *Laevicardium substriatum*, el grupo con el valor más bajo de similaridad lo forman las estaciones 39 y 46 con las especies *Megapitaria squalida* y *Conus fergusonii*.



**Figura 28.- Análisis de agrupamientos con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta. Punta Chivato, B.C.S.**

Al aplicar un análisis de componentes principales se tomaron dos componentes, el primero con una varianza explicada del 48.65 % y el segundo con una varianza de 28.49 % que con ellos se obtiene el 77.14 % de la varianza explicada acumulada. La disposición de las estaciones de muestreo (de la 33 a la 48) en el plano bidimensional permite diferenciar un gradiente ambiental producido en primera instancia por la profundidad, tamaño de grano y la diversidad. Bajo este conjunto de elementos, se diferenciaron dos tipos de ambientes (Fig.29):

1. Litoral somero: Ambiente de fondo de arena gruesa con influencia de la energía del oleaje y profundidad menor a 10 m. En este tipo de ambiente se encontró una diversidad de 2.1 a 3.4 bits/individ y a todas las especies de estudio en este sitio. Las especies de mayor abundancia fueron: *Laevicardium substriatum*, *Tivela hindis* y *Tellina coani*.

2. Litoral profundo. Ambiente de fondo de arena gruesa con baja energía del oleaje, transparencia media de 11 m, profundidad mayor a 10 m. y se forma una termoclina a 25 m de profundidad en primavera y verano. Se caracterizó por una diversidad entre 2.9 y 3.2 bits/individ. La especie de mayor abundancia fue el gasterópodo *Trimusculus stellatus*. Por debajo de la termoclina se encontró a las especies de mayor abundancia *Tivela hindsii*, *Transennella modesta* y *Tagelus californianus*.

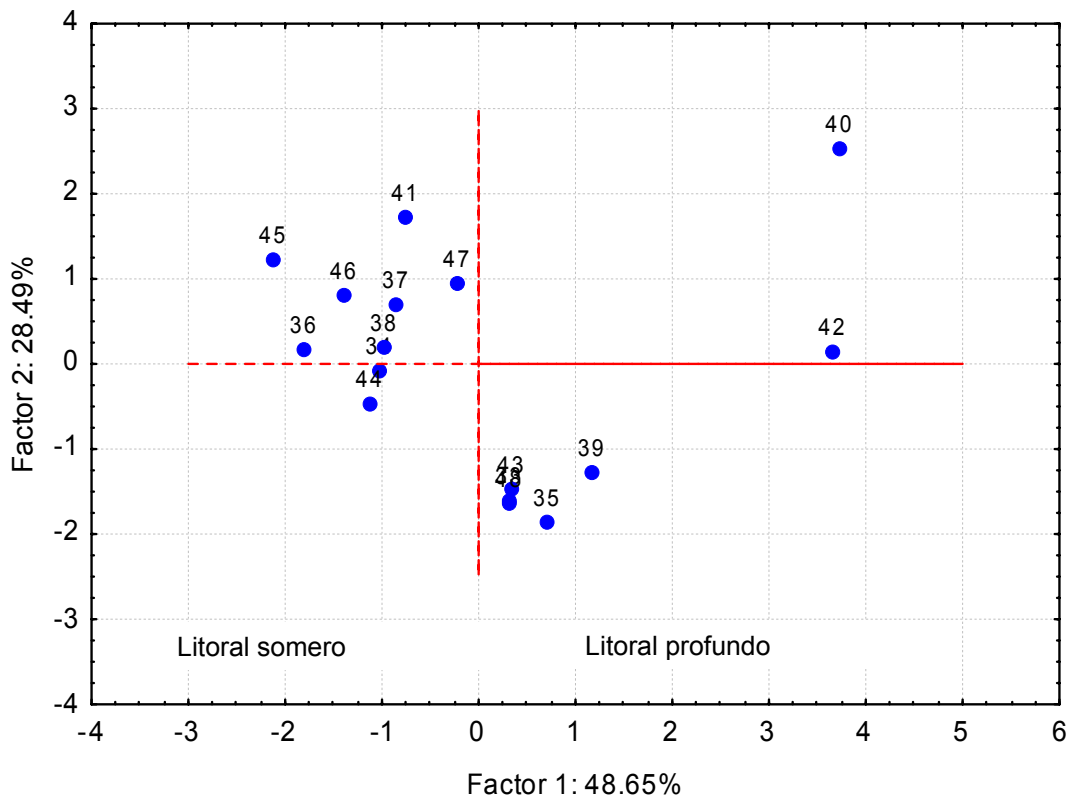


Figura 29.- Análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en Punta Chivato, B.C.S. con datos normalizados para las estaciones (33 a la 48).

## 6.2.4. Diversidad de moluscos en Bahía de Los Ángeles, B.C.

### 6.2.4.1. Abundancia y presencia

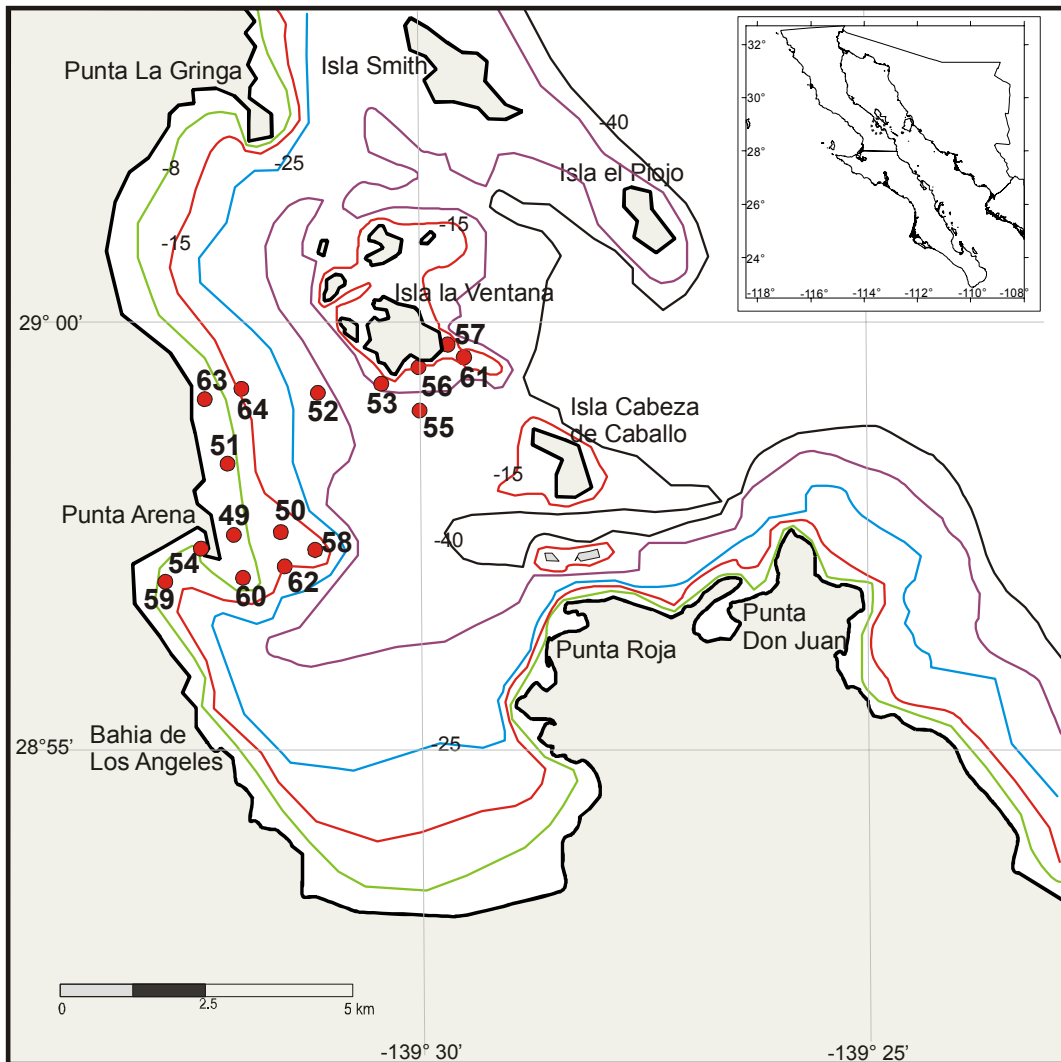


Figura 30.- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo, N° de estaciones (●) y contornos batimétricos en Bahía de Los Ángeles, B.C.

En Bahía de Los Ángeles (Fig.30) se identificaron 91 especies de un total de 2503 organismos (Tabla VI) pertenecientes a las clases Gastropoda (30 %) y Bivalvia (70 %). Las especies más abundantes fueron *Tellina coani* (27 %) *Tellina straminea* (22 %) y *Gari fucata* (10 %).

**Tabla VI. Clasificación de los bivalvos y gasterópodos, su abundancia (Nº) y representación porcentual (%) en Bahía de Los Ángeles, B.C.**

<b>BIVALVOS</b>				<b>GASTERÓPODOS</b>			
<b>ORDENES</b>	<b>5</b>			<b>ORDENES</b>	<b>3</b>		
Arcoida				Bassomatophora			
Mytiloidea				Mesogastropoda			
Nuculoidea				Neogastropoda			
Pterioidea				<b>FAMILIAS</b>	<b>10</b>		
Veneroidea				Calyptraeidae			
<b>FAMILIAS</b>	<b>21</b>			Coralliophilidae			
Anomiidae				Epitoniidae			
Arcidae				Muricidae			
Cardiidae				Nassariidae			
Carditidae				Naticidae			
Chamidae				Olividae			
Crassatellidae				Siphonariidae			
Donacidae				Strombidae			
Garidae				Terebridae			
Glycymerididae				<b>ESPECIES</b>	<b>28</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>
Limidae				<i>Nassarius moestus</i>	89	3.56	
Lucinidae				<i>Nassarius iodes</i>	57	2.28	
Mytilidae				<i>Crucibulum spinosum</i>	24	0.96	
Nuculidae				<i>Nassarius guaymasensis</i>	20	0.8	
Ostreidae				<i>Nassarius luteostoma</i>	12	0.48	
Pectinidae				<i>Agaronia testacea</i>	8	0.32	
Pteriidae				<i>Crepidula striolata</i>	4	0.16	
Solecurtidae				<i>Amaea ferminiana</i>	4	0.16	
Tellinidae				<i>Polinices uber</i>	3	0.12	
Thyasiridae				<i>Crucibulum scutellatum</i>	3	0.12	
Ungulinidae				<i>Crucibulum monticulus</i>	3	0.12	
Veneridae				<i>Strombus gracilior</i>	2	0.08	
<b>ESPECIES</b>	<b>63</b>	<b>Nº</b>	<b>%</b>	<i>Olivella sphoni</i>	2	0.08	
<i>Tellina coani</i>		693	27.7	<i>Terebra balaeonorum</i>	1	0.04	
<i>Tellina straminea</i>		548	21.9	<i>Siphonaria gigas</i>	1	0.04	
<i>Tellina eburnea</i>		274	10.9	<i>Polinices reclusianus</i>	1	0.04	
<i>Gari fucata</i>		236	9.43	<i>Olivella walkeri</i>	1	0.04	
<i>Euvola vogdesi</i>		78	3.12	<i>Olivella anazora</i>	1	0.04	
<i>Laevicardium elenense</i>		60	2.4	<i>Olivella altatae</i>	1	0.04	
<i>Chione californiensis</i>		50	2	<i>Olivella alba</i>	1	0.04	
<i>Strigilla cicercula</i>		31	1.24	<i>Olivella dama</i>	1	0.04	
<i>Tivela byronensis</i>		30	1.2	<i>Oliva incrassata</i>	1	0.04	
<i>Chione tumens</i>		15	0.6	<i>Natica lunaris</i>	1	0.04	
<i>Chione compta</i>		15	0.6	<i>Murex elenensis</i>	1	0.04	
<i>Trigonocardia biangulata</i>		14	0.56	<i>Crucibulum pectinatum</i>	1	0.04	
<i>Megapitaria squalida</i>		14	0.56	<i>Crepidula arenata</i>	1	0.04	
<i>Barbatia reeveana</i>		14	0.56	<i>Coralliophila orcuttiana</i>	1	0.04	
<i>Axinoospida serricata</i>		14	0.56	<i>Cheilea cepacea</i>	1	0.04	
<i>Trachicardium panamense</i>		13	0.52				
<i>Laevicardium substriatum</i>		12	0.48				
<i>Tagelus affinis</i>		10	0.4				
<i>Chione guatulcoensis</i>		10	0.4				
<i>Chione gnidia</i>		9	0.36				

<i>Anadara multcostata</i>	9	0.36
<i>Lucina excavata</i>	8	0.32
<i>Gari helenae</i>	8	0.32
<i>Semele flavescens</i>	7	0.28
<i>Tellina hiberna</i>	5	0.2
<i>Phlyctiderma phoebe</i>	5	0.2
<i>Crassostrea palmula</i>	5	0.2
<i>Lima pacifica</i>	5	0.2
<i>Macoma elytrum</i>	4	0.16
<i>Brachidontes adamsianus</i>	4	0.16
<i>Anomia peruviana</i>	4	0.16
<i>Transenella puella</i>	3	0.12
<i>Pteria sterna</i>	3	0.12
<i>Pitar helenae</i>	3	0.12
<i>Nemocardium pazianum</i>	3	0.12
<i>Chione undatella</i>	3	0.12
<i>Anadara reinharti</i>	3	0.12
<i>Tellina ochracea</i>	2	0.08
<i>Lucina cancellaris</i>	2	0.08
<i>Divalinga eburnea</i>	2	0.08
<i>Chlamis lowei</i>	2	0.08
<i>Chione squamosa</i>	2	0.08
<i>Chione fluctifraga</i>	2	0.08
<i>Cardita radiata</i>	2	0.08
<i>Barbatia gradata</i>	2	0.08
<i>Anadara formosa</i>	2	0.08
<i>Transenella modesta</i>	1	0.04
<i>Tellina cumingii</i>	1	0.04
<i>Nucula exigua</i>	1	0.04
<i>Macoma grandis</i>	1	0.04
<i>Lucina fenestrata</i>	1	0.04
<i>Glycymeris inaequalis</i>	1	0.04
<i>Glycymeris gigantea</i>	1	0.04
<i>Glycymeris canoa</i>	1	0.04
<i>Felaniella sericata</i>	1	0.04
<i>Eucrassatella digueti</i>	1	0.04
<i>Donax peruvianus</i>	1	0.04
<i>Diplodonta subquadrata</i>	1	0.04
<i>Choromytilus</i>		
<i>palliopunctatus</i>	1	0.04
<i>Chione obliterated</i>	1	0.04
<i>Chama sordida</i>	1	0.04
<i>Cardita affinis</i>	1	0.04
<i>Anadara obesa</i>	1	0.04
		90.2

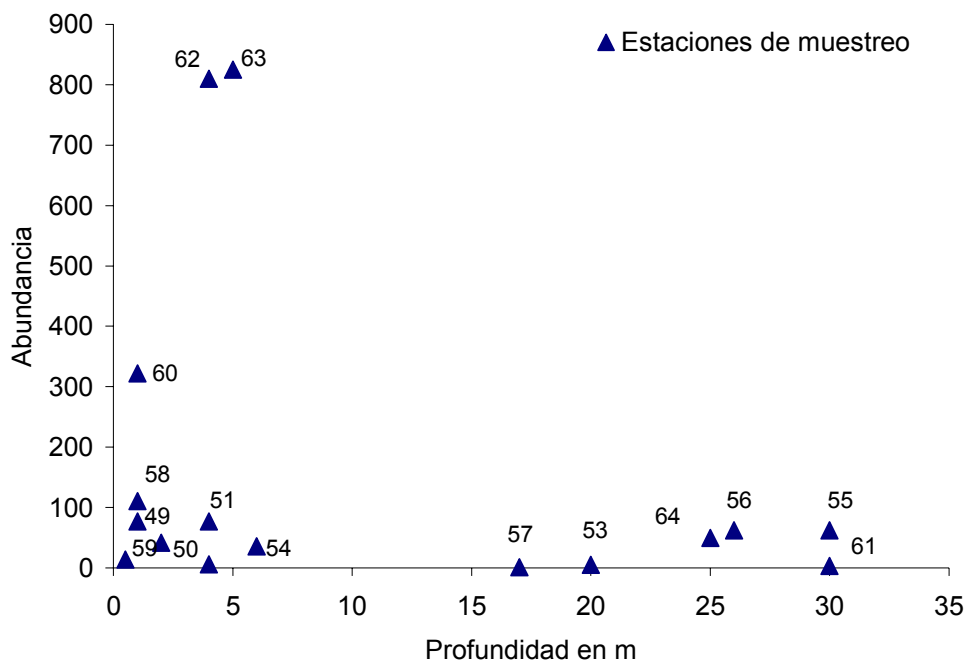
2257

246

**Total N° de individuos 2503**

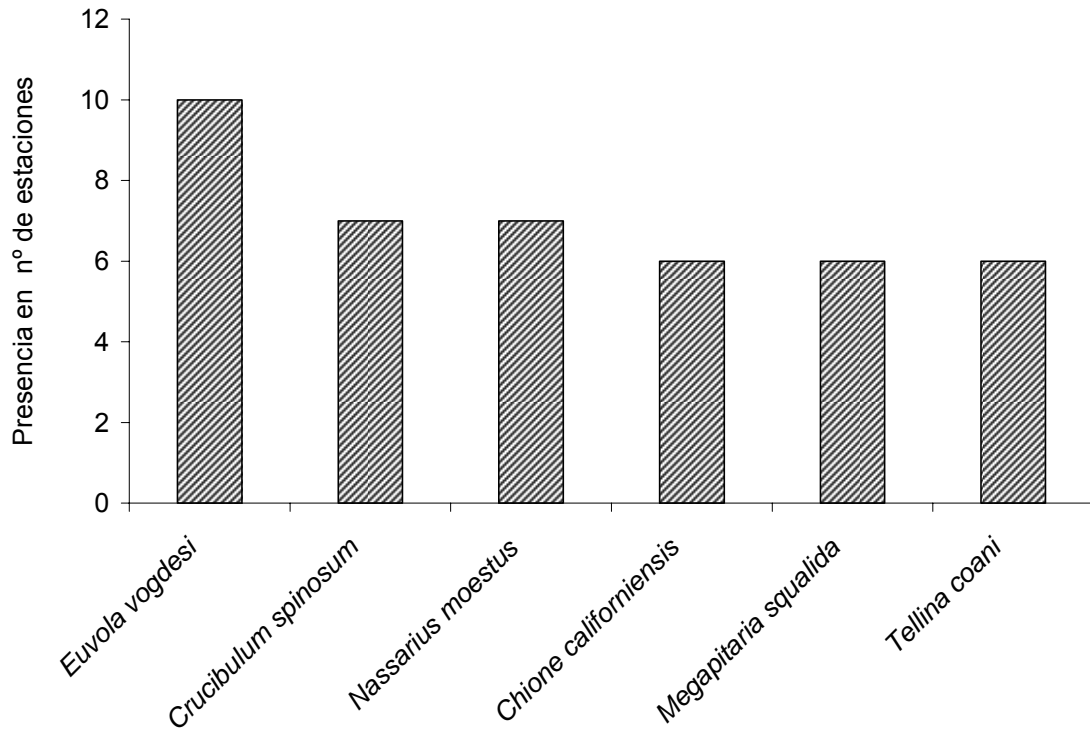
La familia Veneridae agrupó a 17 especies, 9 de ellas del género *Chione*, en las estaciones 62 y 63 se encontró el mayor número de individuos

(Fig. 31) siendo *Tellina coani* (Micromolusco) la especie dominante en la estación 62 y *Tellina straminea* en la estación 63. En este sitio se presenta una mezcla de diferentes grado de degradación de las conchas, que van desde el grado 1 en la mayoría de las estaciones hasta el nivel 4 en la escala tafonómica. En las estaciones 61 y 55 localizadas a mayor profundidad se recolectaron solo tres ejemplares del gasterópodo *Nassarius moestus* en la primera y en la segunda las especies más abundantes fueron *Euvola vogdesi* y *Tivela byronensis*. Las estaciones 57 y 61 ubicadas al SW de la isla La Ventana presentaron los valores más bajos de abundancia.

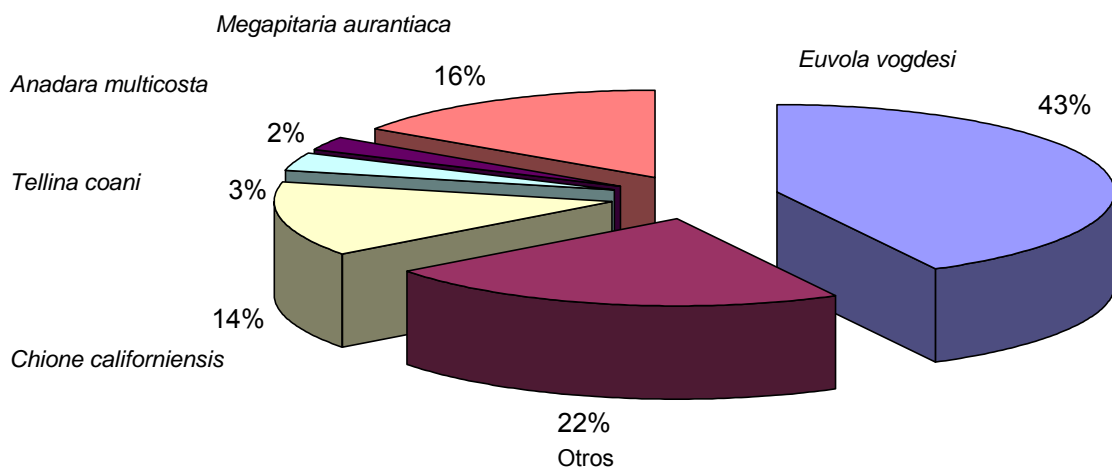


**Figura 31.-Variación de la abundancia por estación de muestreo en relación con la profundidad en Bahía de Los Ángeles, B.C.**

Las especies encontradas en más del 30 % de las estaciones muestreadas fueron: *Euvola vogdesi*, *Crucibulum spinosum*, *Nassarius moestus*, *Chione californiensis*, *Megapitaria squalida* y *Tellina coani* (Fig. 32). Las especies de mayor biomasa en las muestras fueron *Euvola vogdesi* (43 %), *Megapitaria aurantiaca* (16 %) y *Chione californiensis* (14 %) (Fig. 33).



**Figura 32. - Frecuencia de aparición ( $\geq 30\%$  de las estaciones) de las especies en las estaciones de muestreo en Bahía de los Ángeles B.C.**



**Figura 33.- Biomasa relativa de los moluscos en Bahía de Los Ángeles, B.C.**

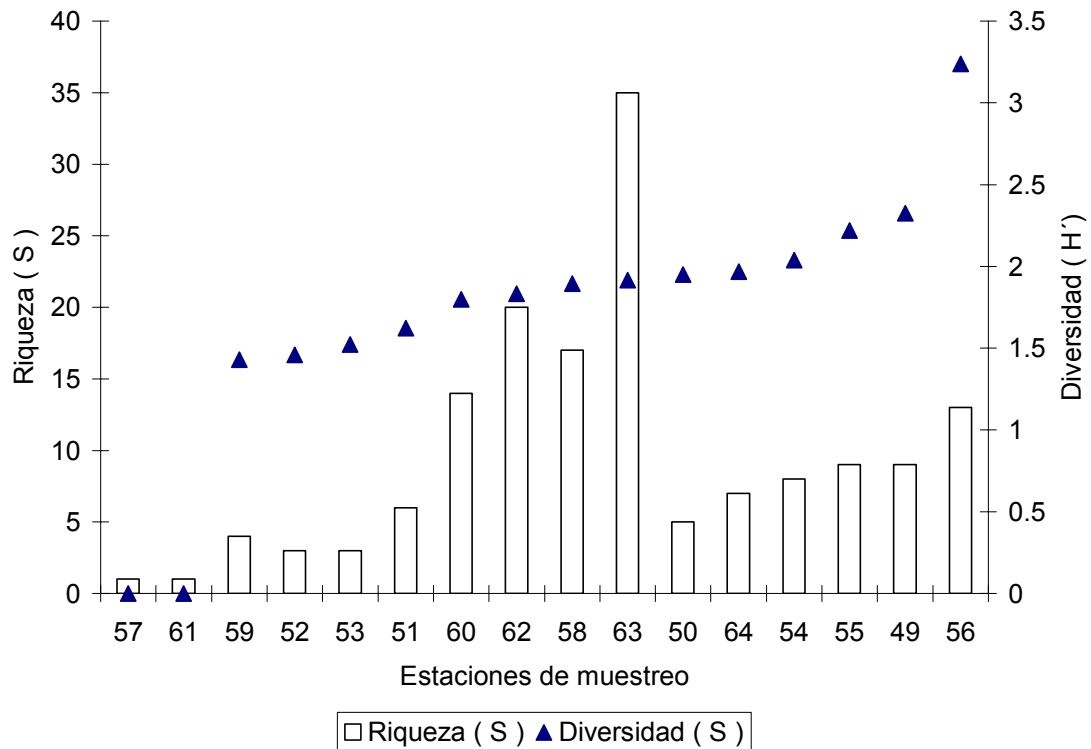


La especie más abundante, frecuente y de mayor biomasa de los macromoluscos es la almeja *Euvola vogdesi* siguiéndole en importancia las almejas del género *Chione*. Los micromoluscos representan el 48 % de la abundancia relativa.

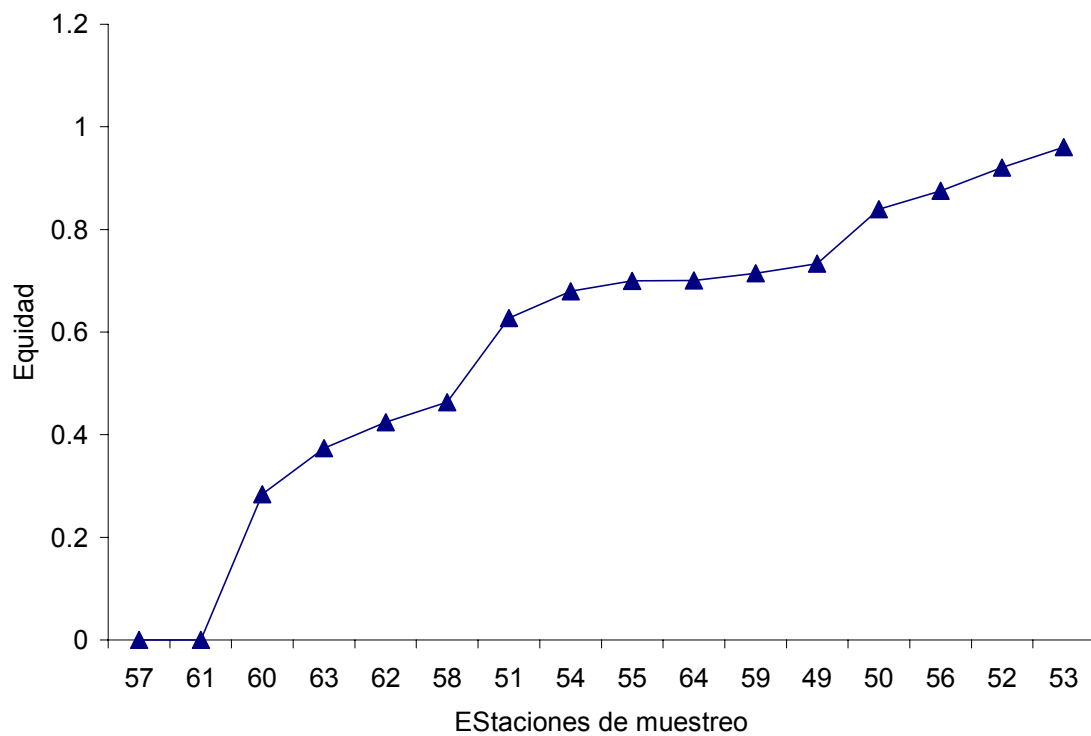
#### **6.2.4.2. Análisis de la comunidad**

Al analizar la biodiversidad presente en el área, el valor máximo registrado del índice de Shannon-Wiener fue en la estación 56 con un valor de 3.2 bits/individ. y una equidad de 0.84 (Figs. 34 y 35), en el 50 % de la estaciones. En general los valores de diversidad se encuentran entre los 1.5 y 2 bits/individ. y valores de equitabilidad por arriba de 0.6. Los valores más bajos de diversidad registrados fueron de 1.4 bits/individuo en las estaciones 57 y 61 que son las más expuestas.

La estación 63 es la que presenta la mayor riqueza específica (35 especies), con una dominancia de los bivalvos *Tellina straminea* y *Tellina coani* que hacen disminuir el valor de diversidad a 1.9 bits/individ y el de equidad a 0.37. En las estaciones 57 y 61 solo se encontró una especie el bivalvo *Trachicardium panamense* en la primera y el gasterópodo *Nassarius moestus* en la segunda.

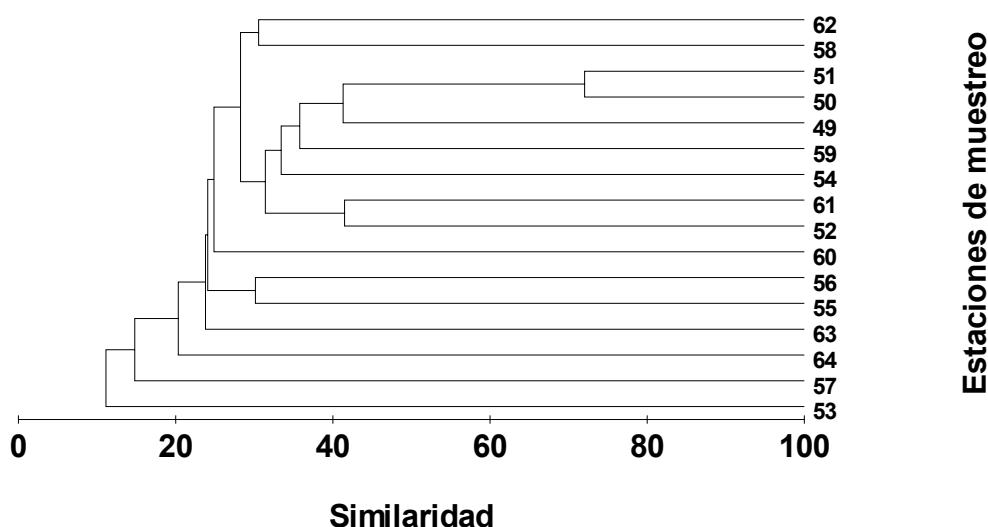


**Figura 34.- Riqueza específica y diversidad de los moluscos en Bahía de Los Ángeles, B.C. Las estaciones están ordenadas de acuerdo al índice de diversidad, de menor a mayor.**



**Figura 35. - Variación de la equidad de moluscos (ordenado de menor a mayor) en las estaciones de muestreo en Bahía de Los Ángeles, B.C.**

En el análisis de agrupamiento de los datos de Bahía de Los Ángeles, las mayores similitudes se dieron en el grupo de las estaciones 50, 51 y 49 , 61 y 52 (Fig.36), con similitud en abundancia de las especies *Euvola vogdesi*, *Chione californiensis*, *Nassarius moestus* y *Semele flavescens*. El segundo grupo en importancia de similitud fueron las estaciones 60; 58; 62; 64; 63 y 64 que tienen a la especie en común y la más abundante entre ellas al bivalvo *Tellina coani*.

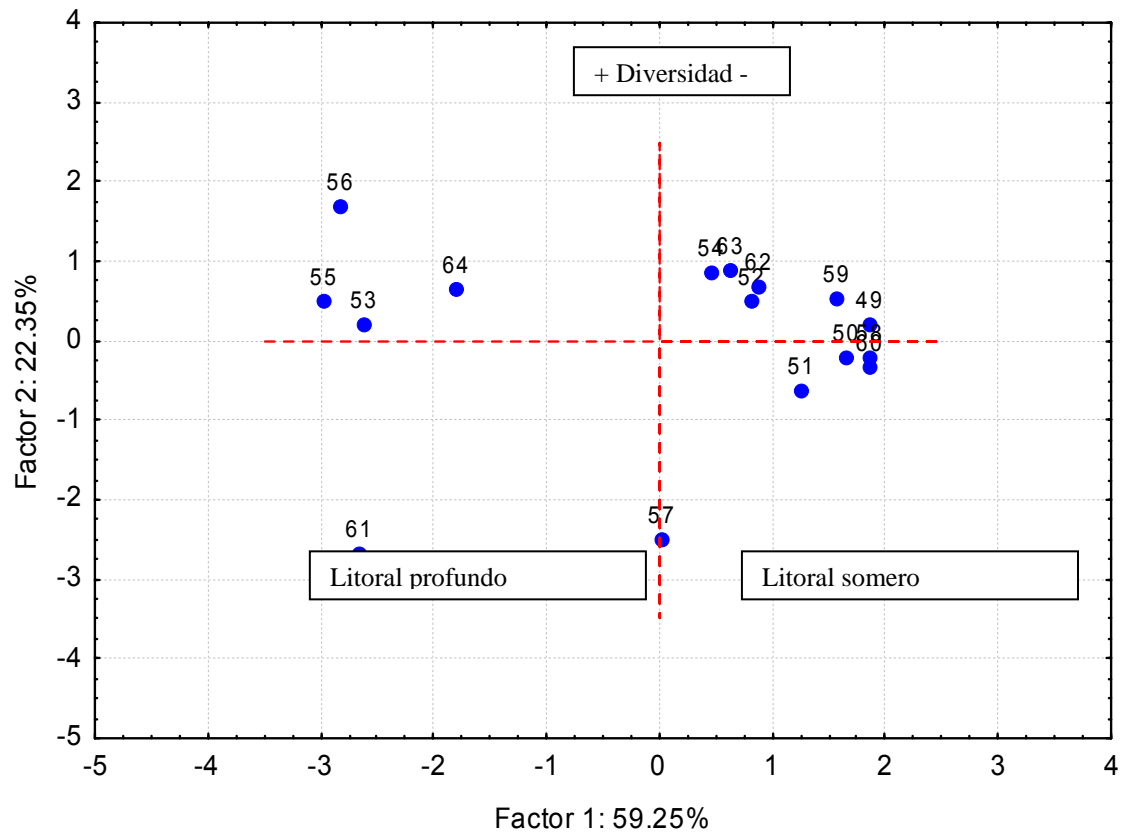


**Figura 36.- Análisis de agrupamientos con coeficiente de Bray-Curtis usando los datos transformados mediante raíz cuarta. Bahía de Los Ángeles, B.C.**

En el análisis de componentes principales con base en la diversidad se tomaron dos componentes principales, el primero con una varianza explicada del 59.25 % y el segundo con una varianza de 22.35 % que con ellos se obtiene 81.60 % de la varianza explicada acumulada. En la figura 37 tenemos el gráfico en dos dimensiones de PC1 y PC2 en donde tenemos a las estaciones de muestreo y se distingue un gradiente ambiental producido por la diversidad, tamaño de grano del sedimento y la profundidad. Bajo este contexto, se diferenciaron dos tipos de ambientes (Fig.37).

1. Litoral somero: Ambiente de fondo de arena gruesa y grava, con influencia de la energía del oleaje, transparencia media del mar 8 m y profundidad menor a 10 m. En este tipo de ambiente se encontraron valores de diversidad de 1.4 a 2.3 bits/individ. Las especies más abundantes fueron: *Tellina coani*, *Gary fucata*, *Tellina straminea* y *Tellina eburnea*.
2. Litoral profundo: Ambiente de fondo de arena media a gruesa con baja energía del oleaje, profundidad mayor a 10 m. Se forma una termoclina apenas perceptible entre los 10 a 25 m con diferencia de temperatura de 2 °C durante junio a julio. Se caracterizó por tener un rango de diversidad entre los 2.0 a 3.3 bits/individ. Las especies más abundantes fueron: *Euvola vogdesi*, *Tivela byronensis* y *Chione tumens*.

En las estaciones 61 y 57 con fondo de grava se obtuvieron los valores más bajos de abundancia y riqueza de especies.



**Figura 37. Análisis de componentes principales de las estaciones de muestreo en Bahía de Los Ángeles, B.C. con datos normalizados para las estaciones (49 a la 64).**

### 6.3. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO. Producción de carbonato derivado del crecimiento de las conchas de moluscos

#### 6.3.1. Edad y crecimiento de la almeja *Megapitaria squalida*.

De los 118 individuos marcados solo se recapturó el 61.86%, ya que fue difícil localizarlos debido a que viven enterrados en el sedimento y solo son visibles cuando proyectan los sifones al exterior de la concha durante el proceso de alimentación.

En la figura 38 se muestra la dispersión de los incrementos mensuales de *M. squalida*, se observa que la dispersión de los puntos es muy amplia, presentando una tendencia a disminuir con la edad.

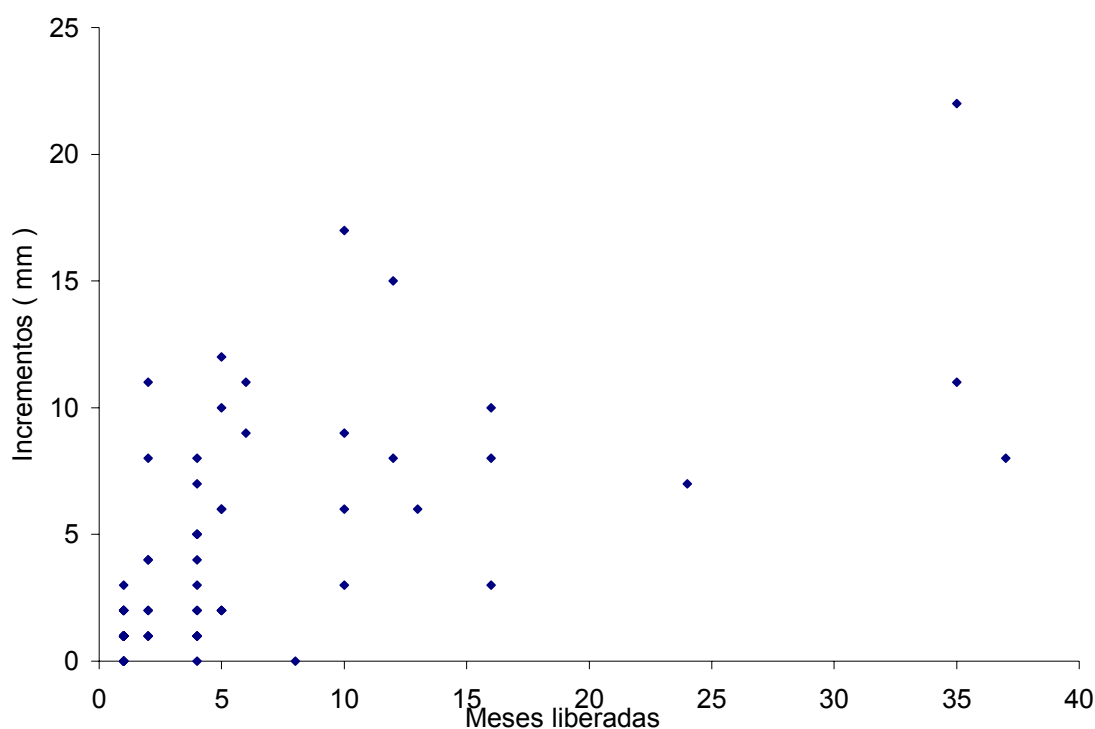
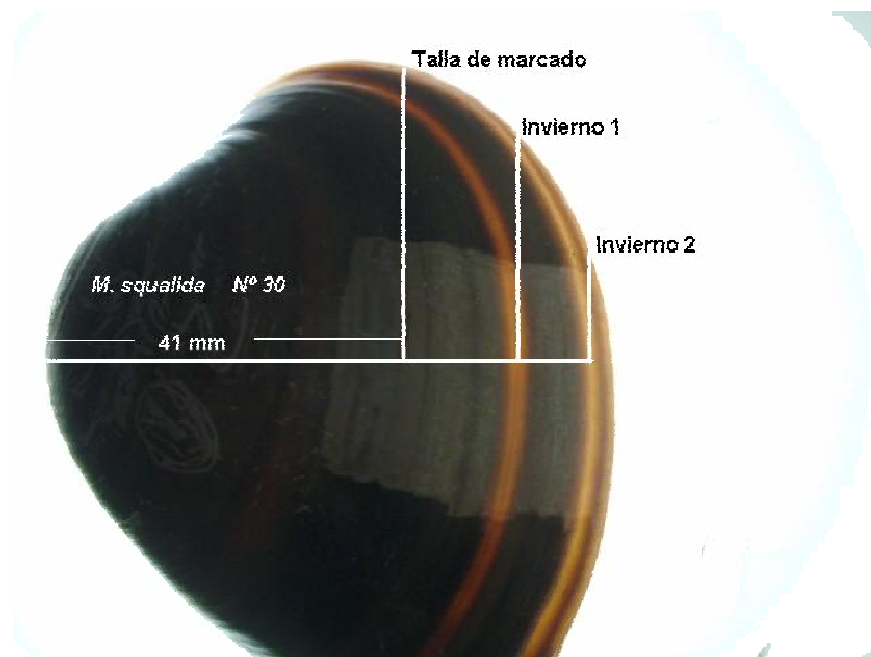


Figura 38.- Diagrama de dispersión de los incrementos mensuales de *Megapitaria squalida* capturadas, marcadas y recapturadas.

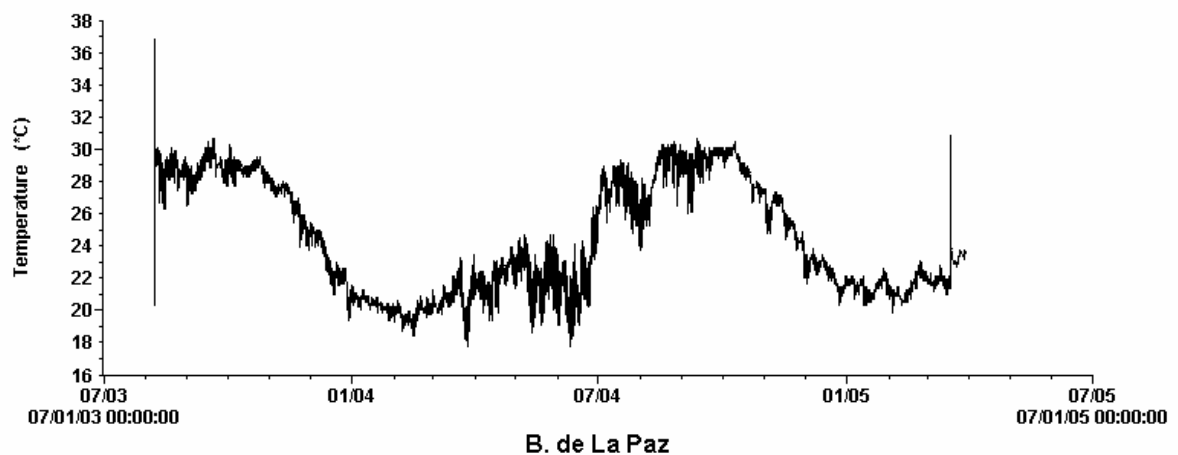
Como referencia, una de las almejas marcadas en verano con el n° 30 (Fig. 39 A) fue recapturada 10 meses después del marcado con un incremento de 17 mm, se pudo constatar que las bandas translúcidas corresponden a períodos invernales cuando la temperatura (B) es baja (19° C promedio en

marzo) y el crecimiento es lento, las bandas más amplias y opacas corresponden a verano y otoño, esta misma almeja fue recapturada 25 meses después (en invierno) con incremento en talla de 5 mm, que sumado al anterior tuvo un incremento de 22 mm en 35 meses.

**A**

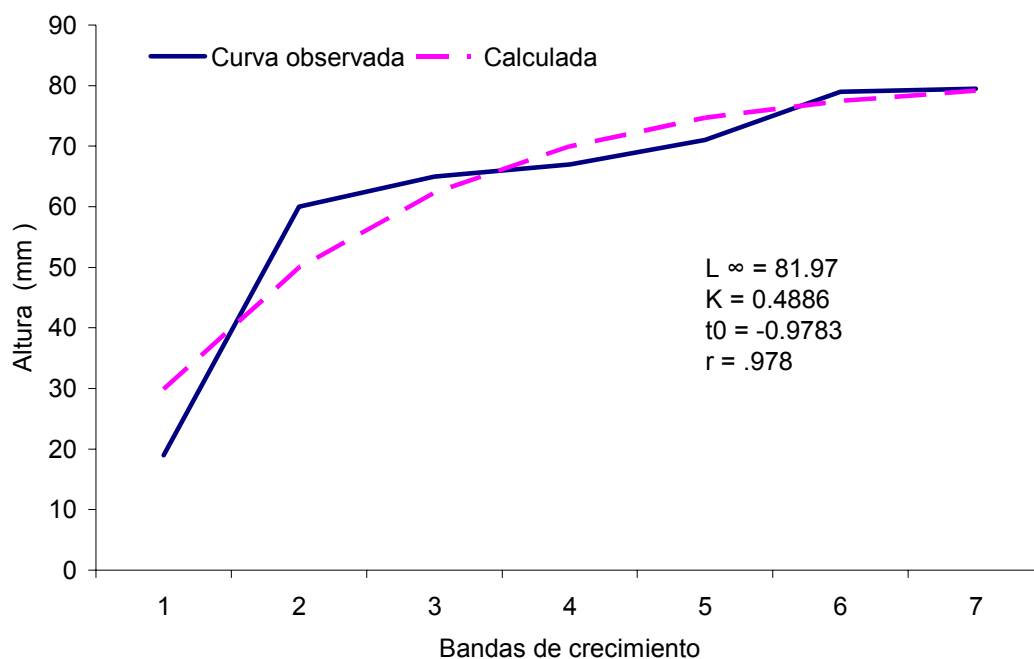


**B**



**Figura 39.- (A) Ejemplar de *Megapitaria squalida* capturado y marcado en primavera, recapturada 10 meses después del marcado y presentó un anillo translúcido, vuelta a recapturar 25 meses después a una talla de 63 mm. (B) Variación de la temperatura en el sitio de marcado y recaptura.**

El análisis del crecimiento mediante bandas es complejo debido a la variabilidad en la posición relativa y la amplitud de ellas (Anexo2 A), se observó durante el estudio de marcado la variabilidad del crecimiento de las almejas de la misma talla y en el mismo sitio. En la figura 40 se representa la altura promedio en mm en la que se encontraron las bandas en el orden correspondiente y la curva de crecimiento estimada.



**Figura 40. Curvas y parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para *Megapitaria squalida*.**

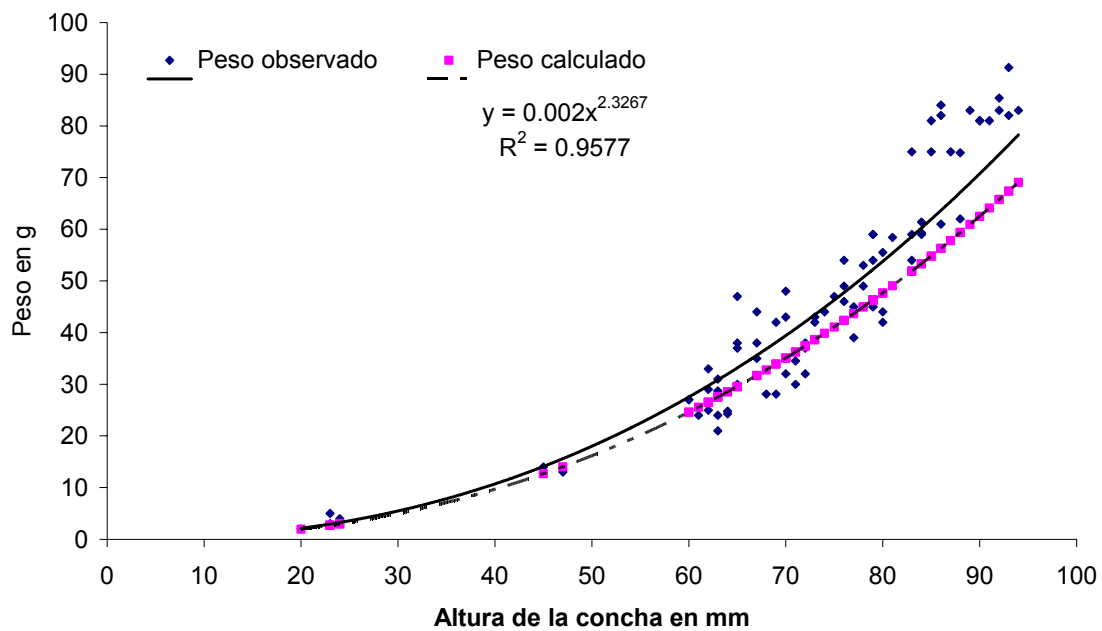
Los valores de las constantes del crecimiento de Von Bertalanffy obtenidos se presentan en la tabla VIII y se comparan a valores de otras latitudes.

**Tabla VII.- Parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para *Megapitaria squalida*.**

Localidad	Lat	$L_{\infty}$	k	$t_0$	Referencia
Bahía de La Paz	24° 10'53''	81.97	0.488	0.097	Presente estudio
Bahía Concepción - Punta Arenas	26° 09'03''	86.2	0.152	0.077	Castro-Ortíz <i>et al.</i> 1992
Bahía Concepción -El Remate	26° 06'02''	80.99	0.551	0.023	Castro-Ortíz <i>et al.</i> 1992



Para obtener la relación altura-peso con respecto a la edad estimada de la concha, se utilizó el peso registrado de las conchas de almejas marcadas y se obtuvo una regresión potencial representada por la ecuación  $W=a \cdot \text{Altura}^b$ , donde a y b son las constantes de regresión (Fig.41).



**Figura 41. Relación altura-peso de *Megapitaria squalida* que se distribuye en tres de los cuatro sitios de estudio.**

### 6.3.2. Edad y crecimiento de la almeja *Chione californiensis*

Se estudió el crecimiento de *Chione californiensis* aplicando el método de marcado-recaptura, y analizando las bandas de crecimiento en las conchas.

Se determinó la tasa de crecimiento de 55 organismos recuperados en la Figura 42(A) se representa la altura promedio y los incrementos mensuales de las almejas marcadas. Las almejas fueron marcadas a finales de de invierno y ya

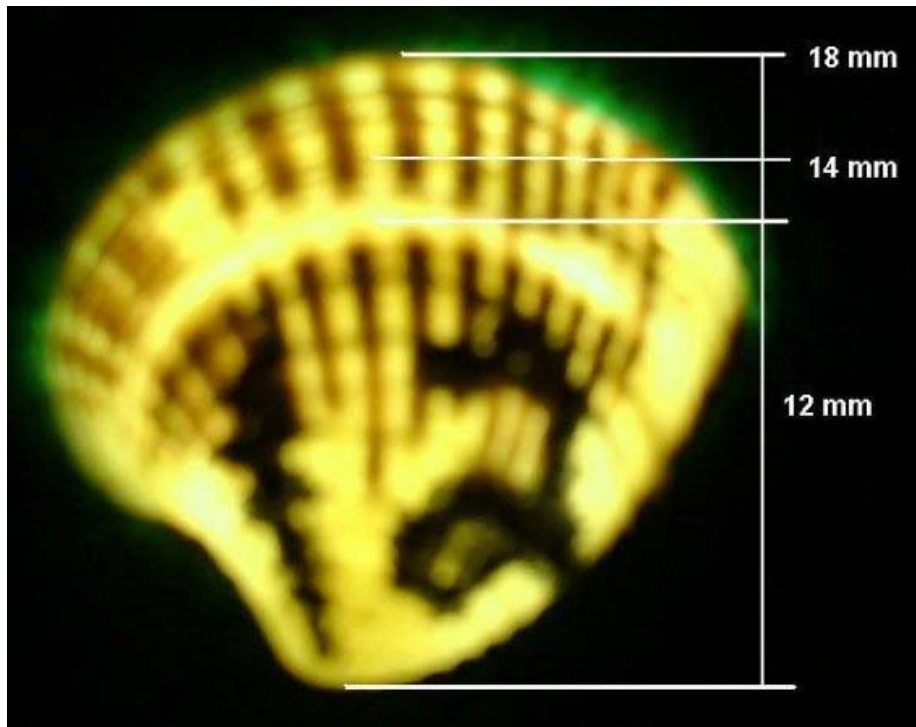
presentaban una marca translúcida a la talla de 12 mm (Fig. 42 B) en el transcurso de su liberación las almejas marcadas tuvieron un incremento de la concha de 4 mm en 5 meses, ese incremento se observa en la concha como una banda opaca, por lo que se puede interpretar que las bandas translúcidas corresponden a períodos invernales cuando la temperatura ( Fig.40 B ) es baja y el crecimiento es lento y las bandas opacas corresponden a períodos de mayor crecimiento al incrementarse la temperatura y a la mayor disponibilidad de alimento.

En los 22 meses en que se llevó a cabo el monitoreo del crecimiento de *C. californiensis* se registró una tasa de crecimiento mensual de 0.40 mm.

Los moluscos a través del crecimiento de sus conchas depositan carbonato de calcio al morir a los sedimentos en proporción a su densidad. Para estimar la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  que aporta *Chione californiensis* a los sedimentos se hizo un análisis de su crecimiento utilizando las bandas de crecimiento.

Para este estudio se utilizaron 122 ejemplares recolectados en la Bahía de La Paz con tallas mínimas promedio de  $15.38 \text{ mm} \pm 1.08$  que ya cuentan con un anillo translúcido de crecimiento y las tallas más altas fueron de 52 mm.

En la figura 43 se muestra la curva de crecimiento de *C. californiensis* y los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy con una  $L^\infty = 41.97 \text{ mm}$ ;  $k = 0.640$  y  $t_0 = 0.02$ ; comparando estos valores con los obtenidos por Castro-Ortíz *et al.* (1993) donde utiliza la estructura de tallas para estimar los parámetros de crecimiento pero con la ecuación de Von Bertalanffy modificada, tenemos una  $L^\infty = 48.3 \text{ mm}$ ;  $k = 1.33$  (anual);  $t_s = 0.5$  y  $C = 1.0$ , que resulta una marcada diferencia en el valor de  $k$ .



A

B

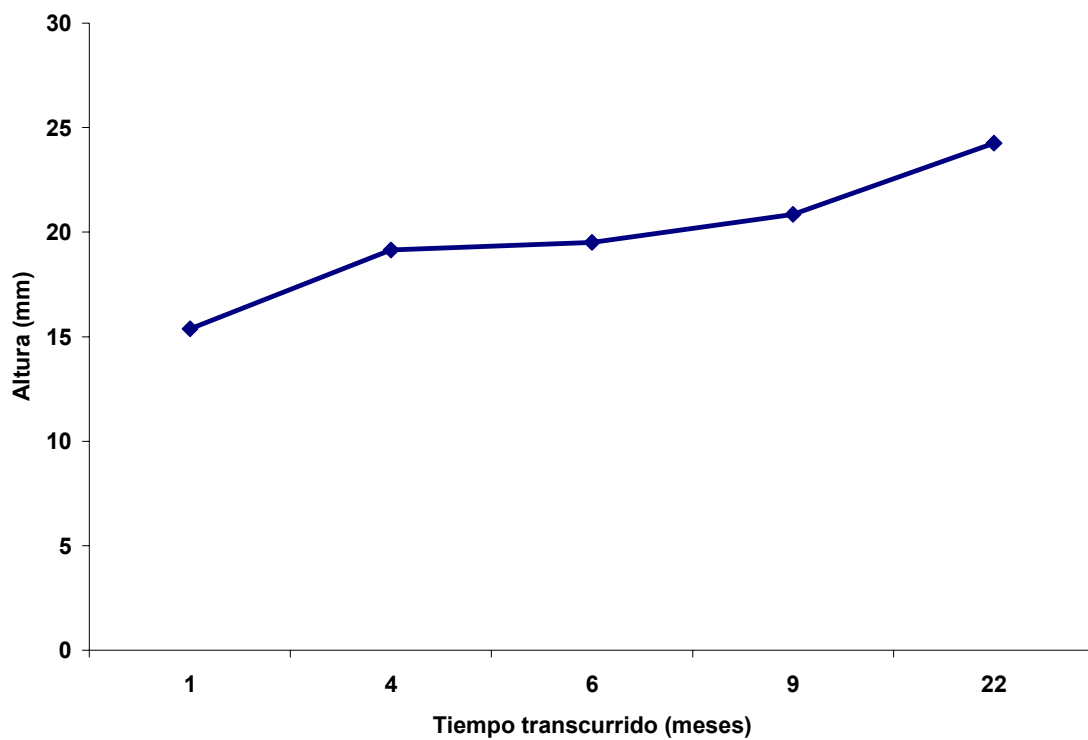
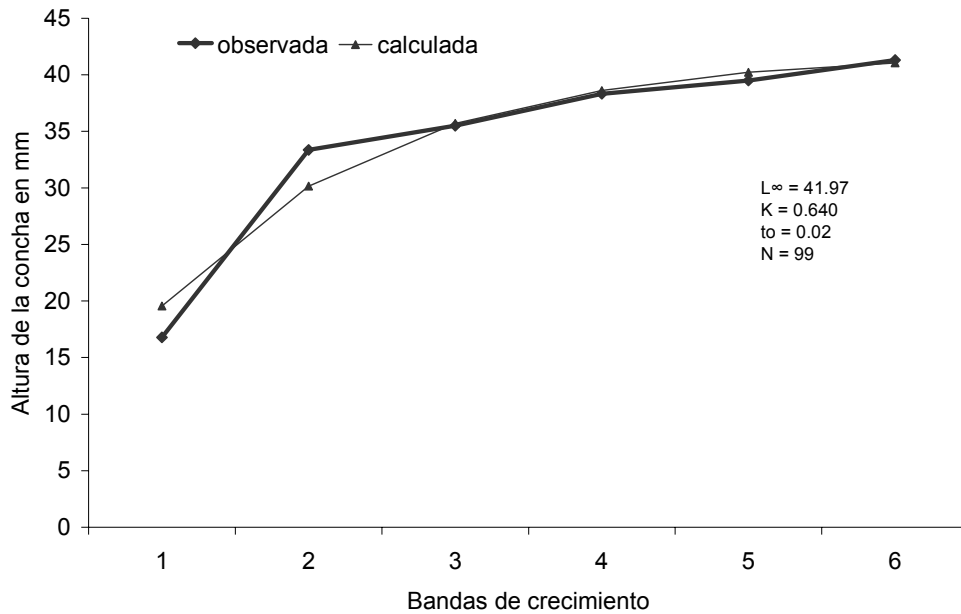
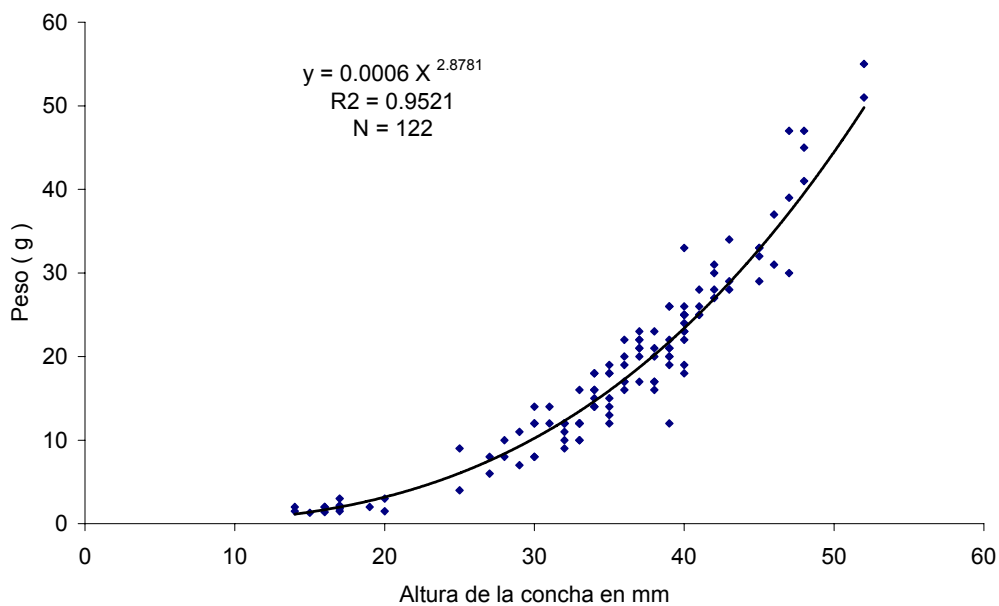


Figura 42.- (A) Ejemplar de *Chione californiensis* que presenta la primer banda traslúcida a los 12 mm y un incremento de 4 mm en 5 meses. B) Incrementos mensuales de *Chione californiensis* marcados a una talla  $15.38 \pm 1.08$  mm.



**Figura 43.** Curvas y parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para *Chione californiensis*.

La relación altura-peso (Fig.44) mostró un crecimiento del tipo alométrico. De la relación altura–peso, las curvas de crecimiento y la tasa de crecimiento se estima la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  que aporta a los sedimentos a través de las conchas de *Chione californiensis*.



**Figura 44.** Relación altura -peso de *Chione californiensis* que se distribuye en tres de los cuatro sitios de estudio.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Variación de las comunidades de moluscos entre los sitios de estudio

Se identificaron un total de 8786 individuos en los cuatro sitios de estudio, la Clase Pelecypoda fue la más abundante (Tabla VIII), el Orden con más representantes fue Veneroida y la Familia con mayor aporte de especies fue Veneridae. De la Clase Gastrópoda el Orden con más representantes fue Mesogastropoda y la Familia con mayor aporte de especies fue Calyptraeidae.

Las comunidades en los cuatro sitios de estudio han mostrado ser diferentes en cuanto su composición específica (Tabla IX) solo ocho especies se distribuyeron en los cuatro sitios que nos representa el transecto latitudinal, estas fueron: *Anadara multcostata*, *Cardita affinis*, *Chione californiensis*, *Laevicardium substriatum*, *Oliva incrassata*, *Tellina coani*, *Tivela byronensis* y *Transennella modesta*.

**Tabla VIII. Composición específica de los moluscos en los cuatro sitios de estudio.**

LUGAR	Bivalvos				Gasterópodos			
	Orden	Familia	Especies	%	Orden	Familia	Especies	%
CABO PULMO	4	15	40	48	4	15	44	52
ISLA SAN JOSÉ	4	14	39	67	4	9	19	33
PUNTA CHIVATO	4	17	54	63	3	12	32	27
B. DE LOS ÁNGELES	5	21	63	70	3	10	28	30

**Tabla IX. Especies de moluscos más abundantes, frecuentes y mayor biomasa en %, recolectadas en los cuatro sitios del Golfo de California.**

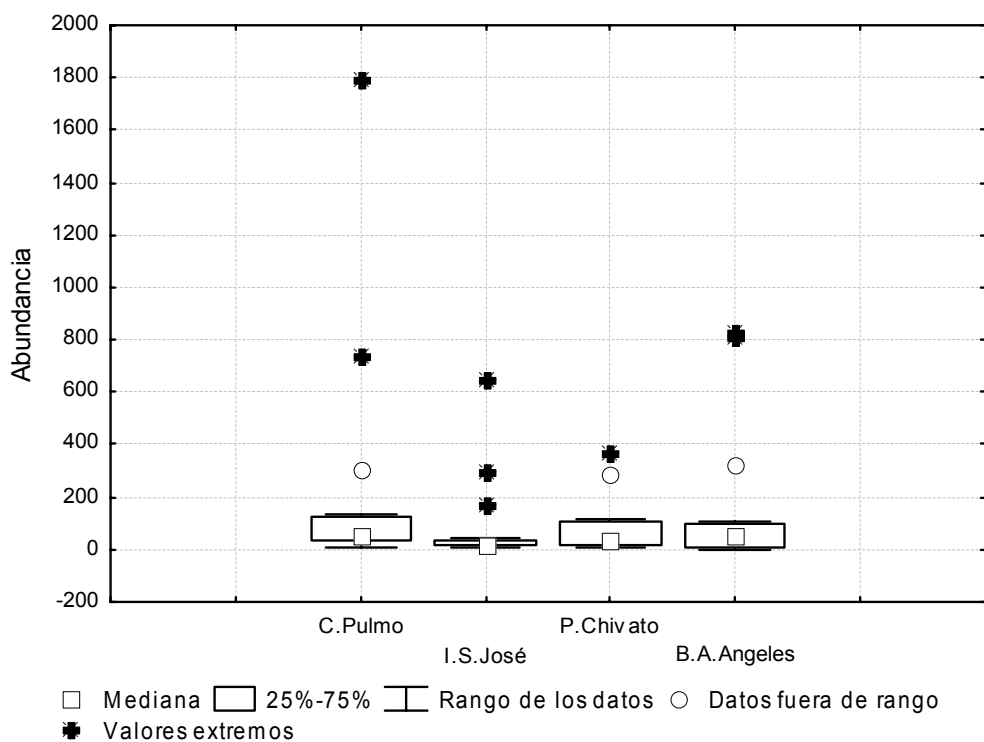
<b>ABUNDANCIA RELATIVA</b>	<b>%</b>	<b>FREC. DE APARICIÓN</b>	<b>%</b>	<b>BIOMASA RELATIVA</b>	<b>%</b>
<b>CABO PULMO</b>					
<i>Tellina eburnea</i>	50	<i>Crucibulum spinosum</i>	50	<i>Oliva incrassata</i>	21
<i>Transennella humilis</i>	20	<i>Tellina coani</i>	37.5	<i>Olivella gracilis</i>	14
<i>Barbatia gradata</i>	7.2	<i>Olivella gracilis</i>	37.5	<i>Tellina eburnea</i>	13
<i>Tellina coani</i>	2.1	<i>Brachidontes semilaevis</i>	31	<i>Crepidula striolata</i>	5
<i>Hipponix pilosus</i>	1.2	<i>Crepidula aculeata</i>	31	<i>Siphonaria brannani</i>	1
Otros	41			Otros	47
<b>ISLA SAN JOSÉ</b>					
<i>Chione californiensis</i>	22	<i>Megapitaria squalida</i>	87.5	<i>Dosinia ponderosa</i>	32
<i>Tivela byronensis</i>	13	<i>Chione californiensis</i>	62.5	<i>Glycymeris gigantea</i>	23
<i>Lucina prolongata</i>	8	<i>Glycymeris gigantea</i>	37.5	<i>Megapitaria squalida</i>	13
<i>Megapitaria squalida</i>	7.8	<i>Dosinia ponderosa</i>	37.5	<i>Chione californiensis</i>	9
<i>Tivela argentina</i>	7.9	<i>Tivela byronensis</i>	37.5	<i>Megapitaria aurantiaca</i>	6
Otros				Otros	18
<b>PUNTA CHIVATO</b>					
<i>Laevicardium clarionense</i>	14	<i>Megapitaria squalida</i>	68.7	<i>Megapitaria squalida</i>	17
<i>Tivela hindsii</i>	13	<i>Transennella modesta</i>	44	<i>Anadara cepoides</i>	13
				<i>Nodipecten</i>	
<i>Trimusculus stellatus</i>	11	<i>Chione squamosa</i>	38	<i>subnodosus</i>	12
<i>Tellina coani</i>	11	<i>Trigoniocardia biangulata</i>	38	<i>Chione californiensis</i>	12
<i>Chione squamosa</i>	4.3	<i>Crucibulum monticulus</i>	38	<i>Conus fergusonii</i>	12
Otros				Otros	35
<b>BAHÍA D LOS ÁNGELES</b>					
<i>Tellina coani</i>	28	<i>Euvola vogdesi</i>	62.5	<i>Euvola vogdesi</i>	42
<i>Tellina straminea</i>	22	<i>Nassarius moestus</i>	43.8	<i>Megapitaria squalida</i>	22
<i>Lasaea subdivivis</i>	11	<i>Crucibulum spinosum</i>	43.8	<i>Chione californiensis</i>	14
<i>Gari fucata</i>	9.5	<i>Chione californiensis</i>	37.5	<i>Tellina coani</i>	3
<i>Nassarius moestus</i>	3.7	<i>Megapitaria squalida</i>	37.5	<i>Anadara multicostata</i>	2
Otros	26			Otros	16

La distribución de estas especies a lo largo del transecto demuestran su adaptabilidad a rangos de temperatura que varía de una mínima de 13.7 °C en Bahía de Los Ángeles, a una máxima de 30.8 °C en Cabo Pulmo, especialmente *Chione californiensis* que aparece entre las especies de mayor abundancia, mayor frecuencia de aparición y mayor biomasa. En la tabla X se muestran las especies de mayor índice de importancia relativa y su relación con los registros promedio de las variables ambientales y la presencia de otros grupos que contribuyen en la formación de carbonatos de origen biogénico en los sitios de estudio.

**Tabla X. Moluscos de mayor índice de importancia relativa por sitio de estudio y el cuadro ambiental que los define.**

Sitio	Lat. N	Temp °C	Cl a mg/m <sup>-3</sup>	Sal ‰	Transp. m	Grupos de mayor presencia	spp >Índice imp. relativa
C. Pulmo	23°	25	0.3	35	13	Corales	<i>Tellina eburnea</i>
I.San José	25°	23.9	0.6	35	12	Rodolitos-moluscos	<i>Chione californiensis</i>
P. Chivato	27°	22	1.6	35	11	Moluscos-rodolitos	<i>Megapitaria squalida</i>
B.L. Ángeles	29°	20.4	2.2	35	8	Moluscos	<i>Euvola vogdesi</i>

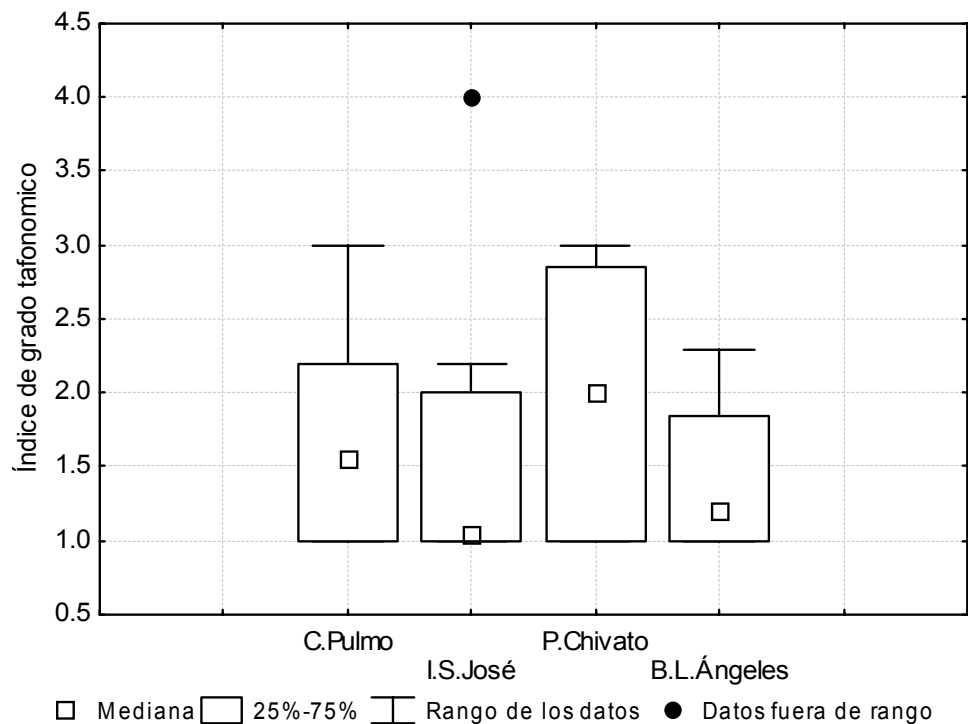
Cabo Pulmo es el sitio que presenta la mayor heterogeneidad de la abundancia entre las estaciones de muestreo, el bivalvo *Tellina eburnea* es la especie dominante y representa el 49.8% del total de la abundancia, mientras que en Bahía de Los Ángeles *Tellina coani*, *T. straminea* y *T. eburnea* sumaron el 50.5 % del total de la abundancia y son las especies con valores fuera de los límites del 90 % de la abundancia por estación (Fig.45), la mediana de la abundancia en los cuatro sitios se encuentra por debajo de los 200 individuos.



**Figura 45.- Abundancia de los moluscos en los cuatro sitios de estudio.**

A los diferentes procesos previos que conllevan a la fosilización de los organismos se les llama tafonomía, en este proceso los organismos son parcialmente destruidos o alterados (Boucot & Carney, 1981). Los estudios sobre la variabilidad del grado tafonómico en conchas en ambientes de sedimentos modernos y su relación con los procesos ambientales, son de utilidad para realizar interpretaciones paleoambientales (Meldahl *et al.*, 1997; Best & Kidwel, 2000).

En este estudio se encontró una variación en el índice de grado tafonómico en los cuatro sitios de estudio (Fig. 46) observándose diferencias en el tipo de alteración. En Cabo Pulmo y Bahía de Los Ángeles el índice tafonómico fue entre 1 y 2 en un rango de 25% al 75 % entre las estaciones de muestreo, lo que significa que los organismos se encuentran en buenas condiciones y presentan un máximo del índice de grado 3, que significa que las conchas tienen moderadas alteraciones y fueron encontradas a 10 metros de profundidad conservando la tonalidad y el color que caracteriza a cada una de las especies encontradas.

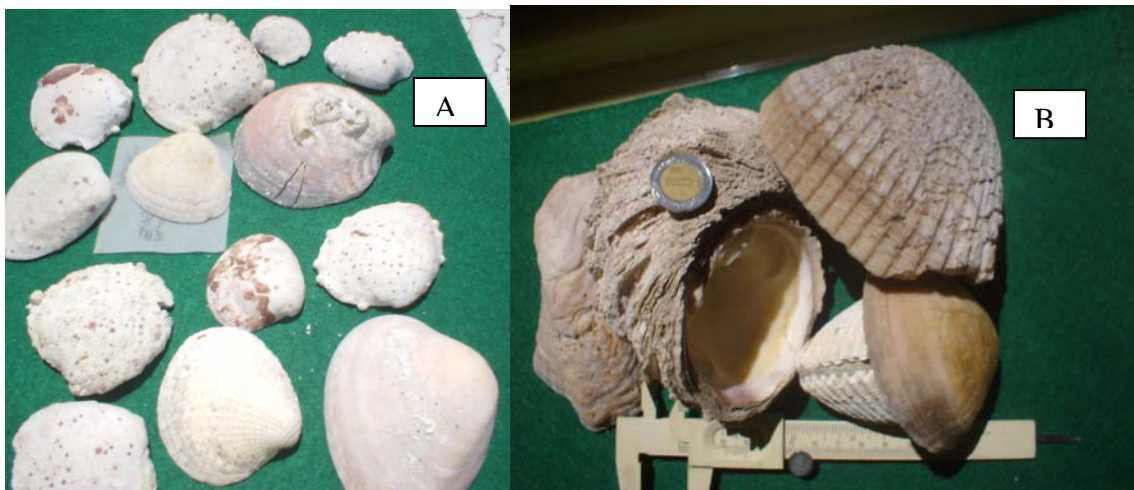


**Figura 46.- Variación del índice de condición tafonómica en los sitios de estudio.**



En Punta Chivato el rango del índice tafonómico varió entre 1 a 3, (buenas condiciones a moderadas condiciones de las conchas) encontradas a 7 y 10 metros de profundidad, en este sitio, a diferencia de Cabo Pulmo, los organismos encontrados han perdido totalmente el color original de la especie, cambiando a tonalidades que van del gris a medianamente café, manteniendo su forma original (Fig.47 A). En la isla San José los organismos se encuentran en buenas y moderadas condiciones en el 75 % de las estaciones (Fig.47B) con un máximo de 4 en la estación 20 donde se encontraron organismos similares a los de Punta Chivato.

Las causa de alteración de las conchas encontradas en Cabo Pulmo y en algunas estaciones de Bahía de Los Ángeles, posiblemente se deben a la energía hidráulica en ambos sitios, particularmente en Cabo Pulmo, donde se observó que el gasterópodo *Crucibulum spinosum* con una frecuencia de aparición en el 50 % de las estaciones carece por completo de las espículas en la concha que lo caracterizan, debido a la abrasión y dispersión influenciadas por las olas.

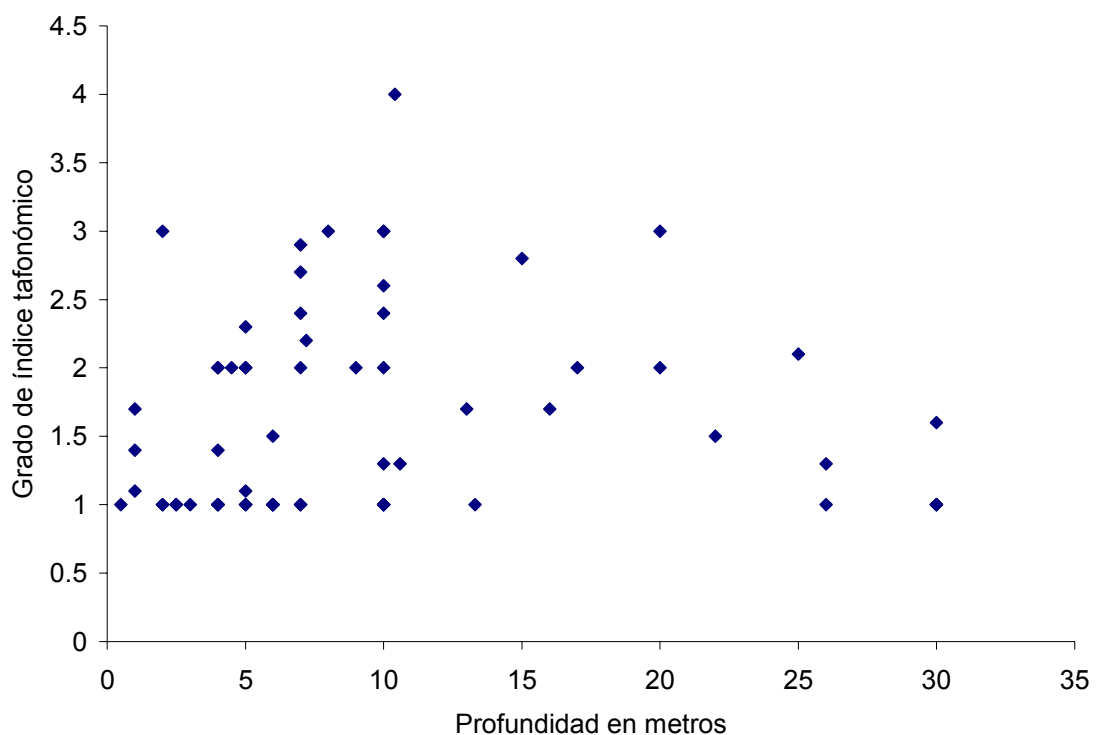


**Figura 47.- Moluscos con índice de grado tafonómico cuatro:**

**A) Isla San José.** *Glycymeris gigantea*, *Megapitaria squalida*, *Chione Californiensis*.

**B) Punta Chivato.** *Anadara multicosata*, *Chama sp*, *Megapitaria squalida*.

En la Isla San José (Estación 20) y Punta Chivato (Estaciones 35 y 37) a una profundidad de 7 a 10 m el deterioro se manifiesta en conchas grandes que han perdido su coloración original, son porosas y algunas presentan la fijación de otros organismos productores de carbonatos, preservan mayor biomasa que los otros moluscos de la comunidad, potencialmente fósiles y podrían ser organismos de interés paleoecológico (Krantz *et al.*, 1987; Powell & Davies, 1990).

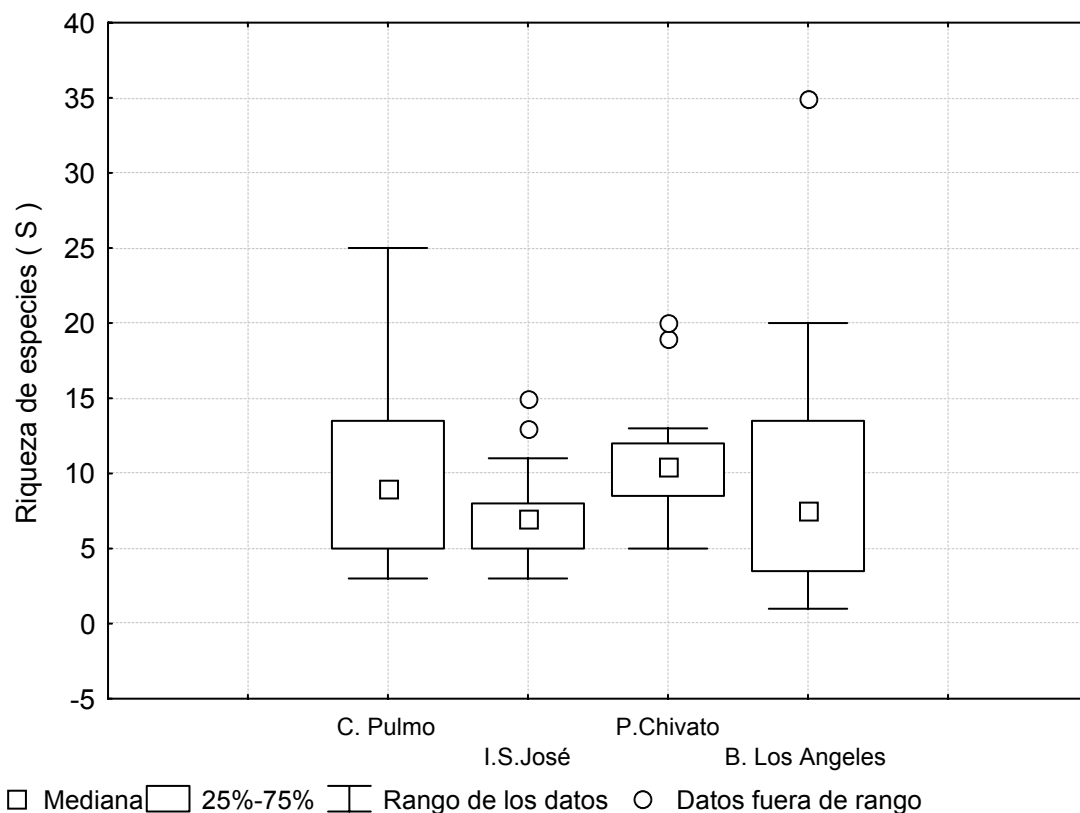


**Figura 48.- Variación del índice de condición tafonómica con respecto a la profundidad en los cuatro sitios de estudio.**

Las conchas de los moluscos encontradas en todos los sitios en un rango de profundidad menor a 10 m ( Fig.48) presentan una variabilidad en la condición tafonómica; Meldahl *et al.*, (1997) mencionan que los procesos tafonómicos son más intensos en los sitios de poca profundidad debido a la acción de las olas que transportan a los organismos de un lugar a otro y durante este proceso se friccionan las conchas con el sedimento, mientras que a mayor

profundidad tienen un proceso más uniforme y están más expuestas a degradación por otros organismos que las toman como asentamiento y también son formadores de carbonatos al igual que los balanos, briozoos y gusanos poliquetos tubícolas.

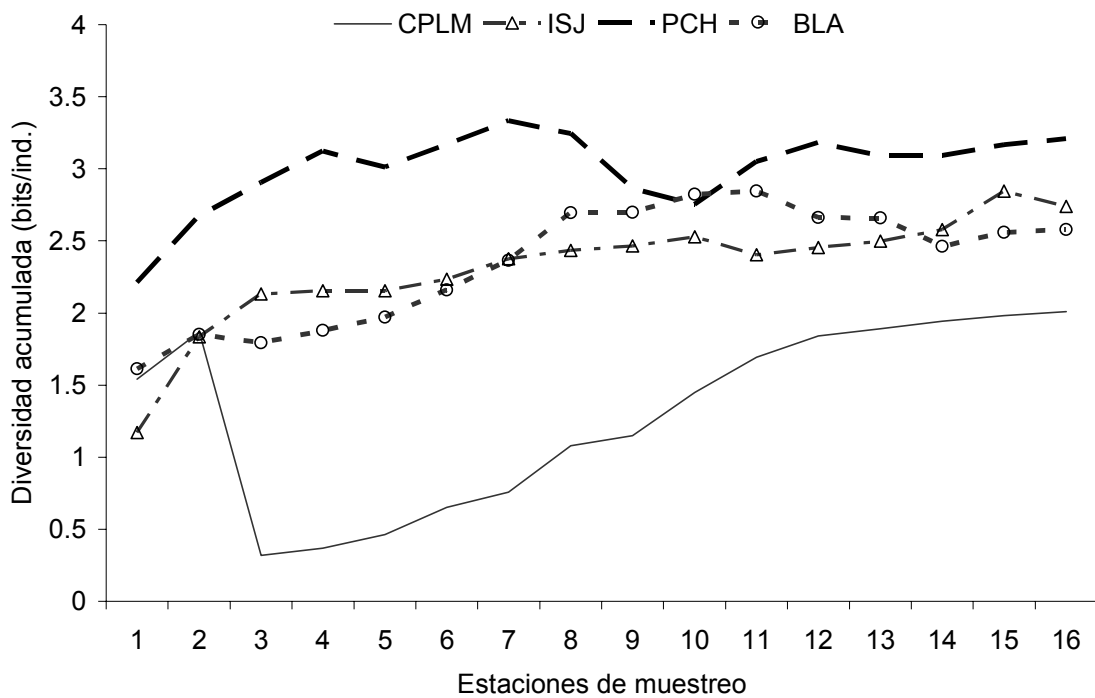
En Bahía de Los Ángeles se encuentran los valores más altos de riqueza ( Fig. 49) con un máximo de 35 especies en la estación de muestreo 63, siguiéndole en importancia Cabo Pulmo, en ambos sitios los taxa mejor representados fueron micromoluscos de la familia Tellinidae, en Isla San José y Punta Chivato la riqueza específica es menor y la constituyen macromoluscos que se encuentran mejor distribuidos entre las estaciones de muestreo con una mediana de 10 individuos por estación en los cuatro sitios de estudio.



**Figura 49.- Riqueza de especies en los cuatro sitios de estudio.**

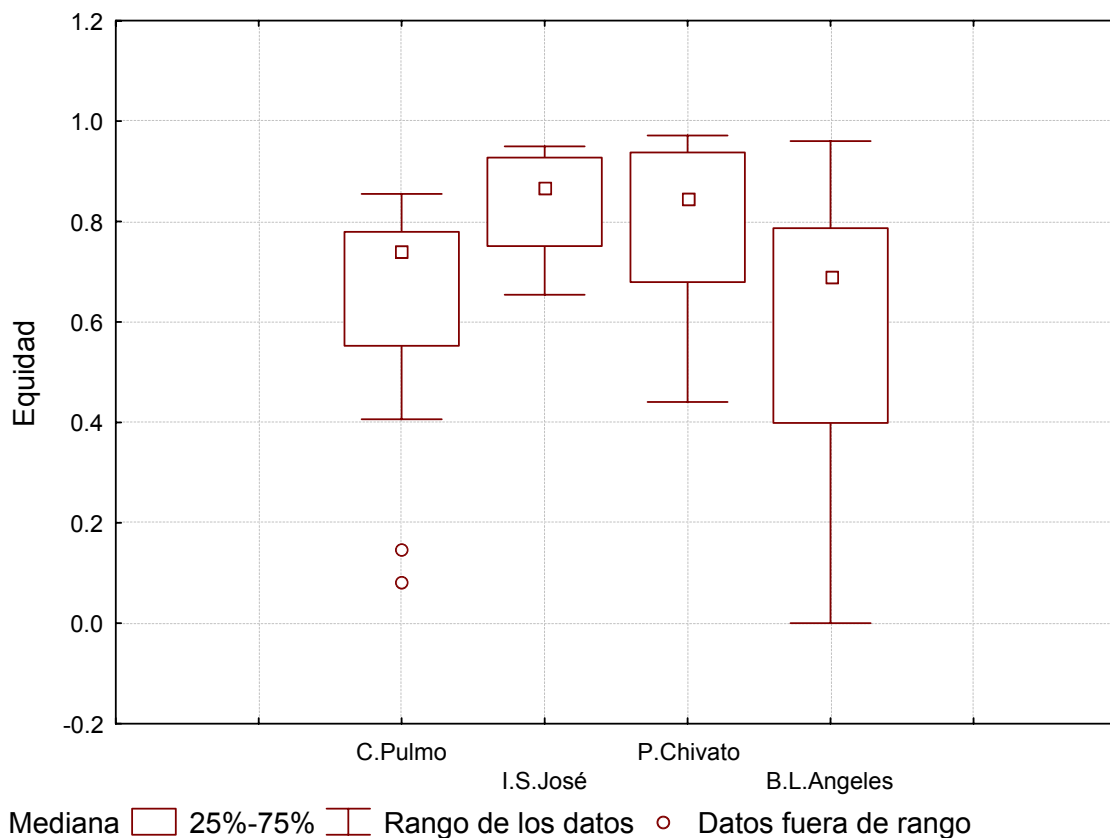
Cabo Pulmo y Bahía de Los Ángeles tuvieron las mayores fluctuaciones del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), en estos sitios los valores más bajos fueron de 0.4 bits/indiv. en una de las estaciones de Cabo Pulmo, la mediana en ambos sitios fue de 2 bits/indiv. En la Isla San José y Punta Chivato en la mayoría de los casos que se analizan el valor de  $H'$  fluctúa entre los 2.5 y 3.5, el valor más alto registrado en este último sitio fue de 3.8 bits/indiv.

En las curvas de diversidad acumulada (Fig.50) los valores del índice de Shannon en los sitios de estudio tienden a estabilizarse a partir de la muestra quince, en Punta Chivato que tuvo los valores más altos se estabiliza en la muestra 11 al analizarse 835 organismos y 65 especies.



**Figura 50.- Variación del índice de diversidad acumulada en los cuatro sitios de estudio.**

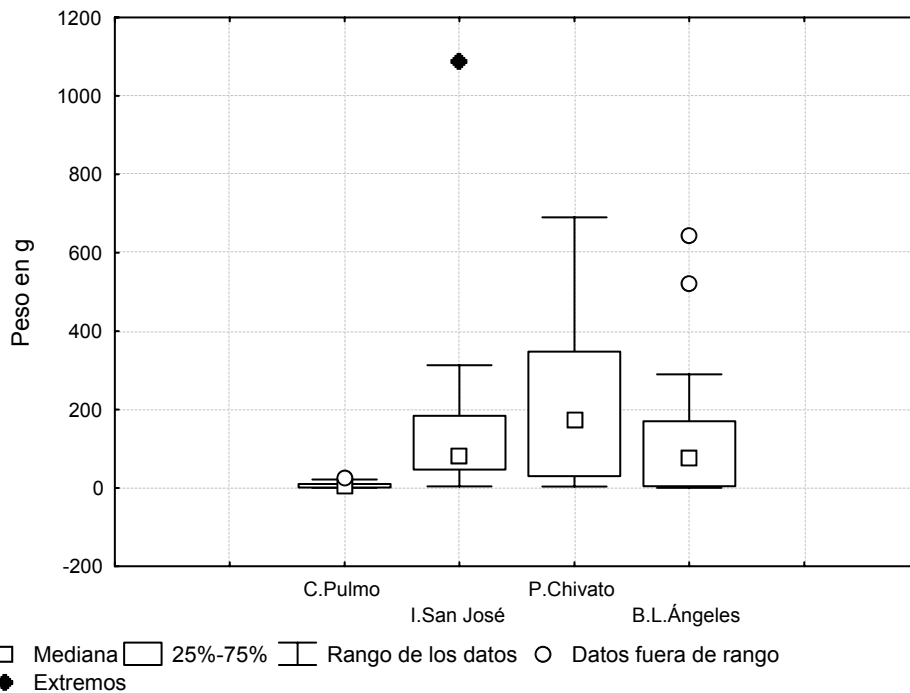
En relación con la equidad ( $J'$ ) en la distribución de las abundancias numéricas de cada sitio, los valores más bajos analizados fueron en Bahía de Los Ángeles y Cabo Pulmo (Fig.51) con valores de  $J'$  menores a 0.2, que nos indica una dominancia por parte de unas pocas especies, en particular por especies del género *Tellina*. En Isla San José y Punta Chivato los valores de  $J'$  son mayores a 0.7 lo que nos muestra que la mayoría de las especies están representadas por un número igual de individuos entre las especies de la comunidad.



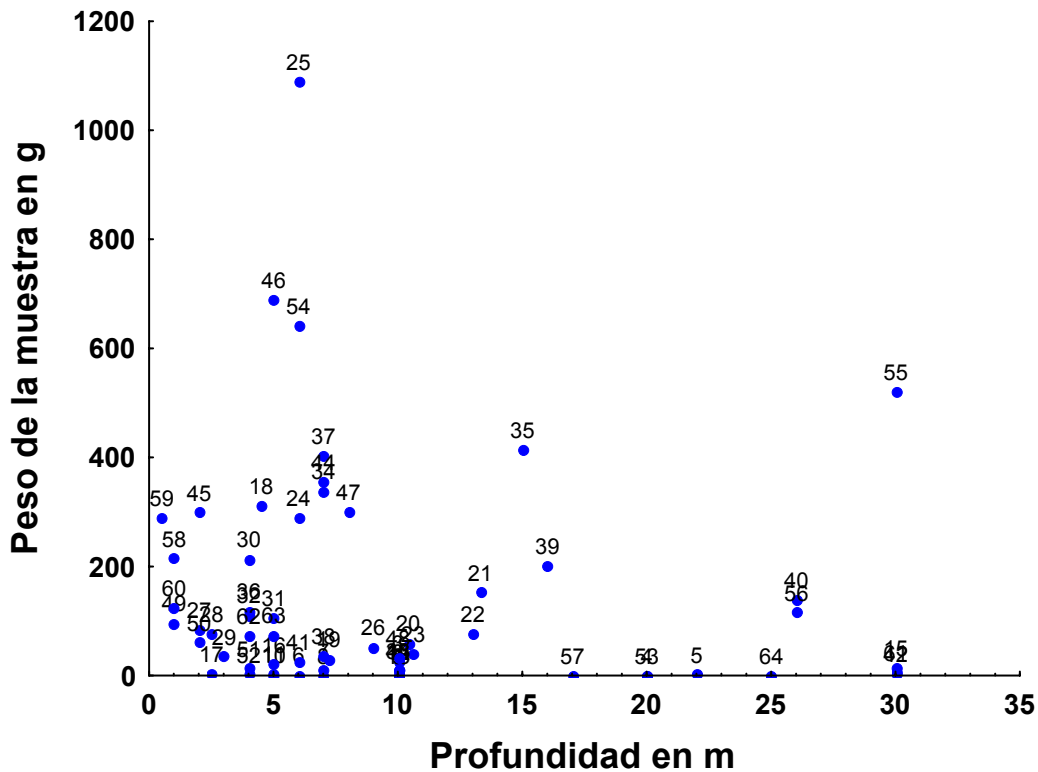
**Figura 51. – Variación de la equidad en los cuatro sitios de estudio.**

En la figura 52 se observa que en Cabo Pulmo el peso total de las conchas de los moluscos varía notablemente con respecto a los otros sitios de estudio, en este sitio los valores de abundancia fueron altos en algunas estaciones pero en la mayoría fueron de micromoluscos, en cambio en otros sitios como Punta Chivato e Isla San José se encontraron menos organismos pero la composición fue diferente, con macromoluscos de mayor peso y

distribuidos en un rango de profundidad de 2 a 10 m (Fig. 53). Al respecto Warwick (1986) reporta que durante una sucesión o durante la respuesta a un disturbio, la abundancia de las especies presentes no sigue la misma tendencia. En condiciones no perturbadas la biomasa se ubica en pocas especies con individuos de gran talla y en sitios perturbados, la dominancia numérica reside en especies más pequeñas.

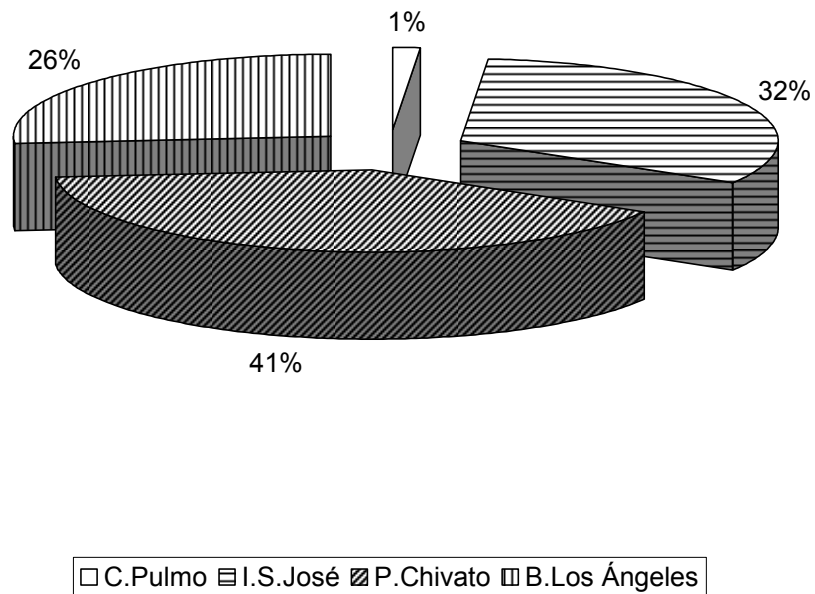


**Figura 52.- Variación de la biomasa relativa en los cuatro sitios de estudio.**



**Figura 53.- Variación de la biomasa relativa en los sitios de estudio en relación a la profundidad en m. Cabo Pulmo estaciones de la 1 a la 16; Isla San José (17 a la 32); Punta Chivato (33 a la 48); Bahía de Los Ángeles de (49 a la 64).**

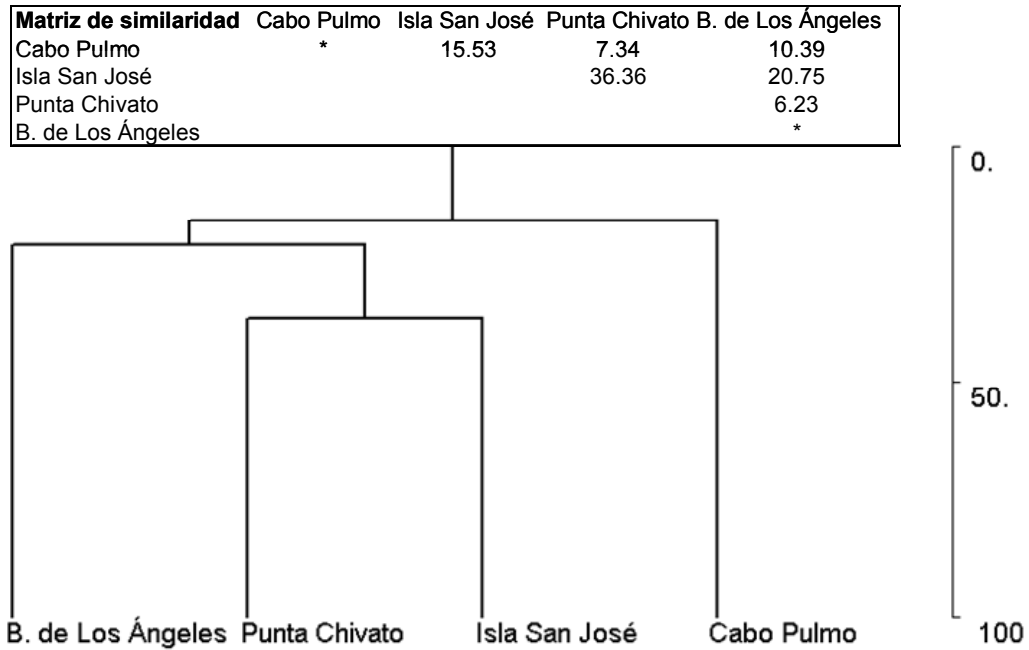
En la figura 54 se muestra la proporción de la biomasa relativa en los cuatro sitios de estudio; el mayor aporte de carbonato de calcio a los sedimentos a través de las conchas de los moluscos fue en Punta Chivato siguiéndole en importancia la Isla San José y Bahía de Los Ángeles; en Cabo Pulmo el aporte es bajo.



**Figura 54.- Proporción del peso total de las conchas entre los sitios de estudio.**

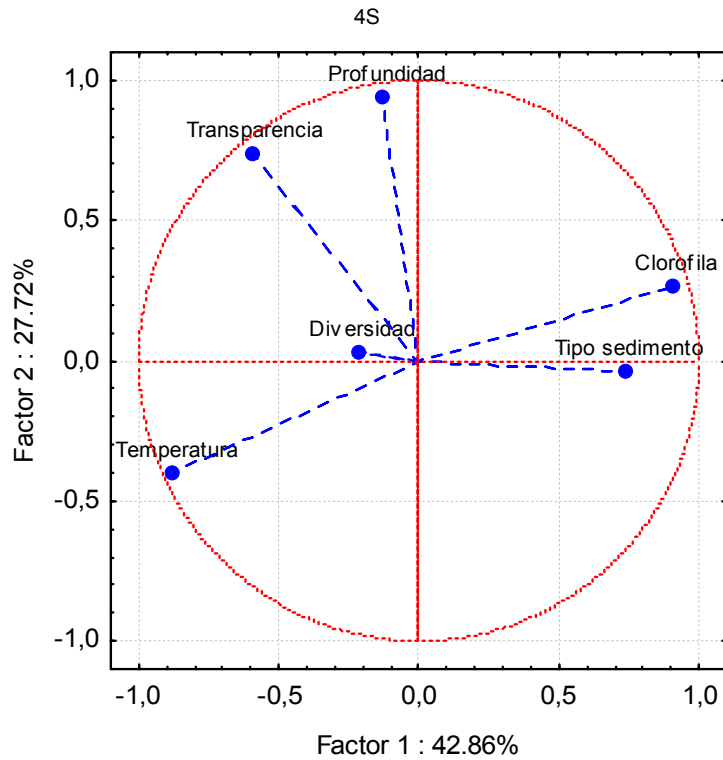
En el análisis de agrupamiento de similitud de Bray-Curtis por sitio de muestreo (Fig.55) la mayor similitud se dio entre la Isla San José y Punta Chivato con un nivel de 36.6 %, estas localidades tienen en común la abundancia de especies, riqueza específica y valores más altos del índice de diversidad y equitabilidad que las de C. Pulmo y B. de Los Ángeles, donde se obtuvieron las máximas diferencias entre ellas (10.39 %) y la malacocenosis en ambos sitios solo tienen en común una abundancia mayor al 5 % del total, al bivalvo *Tellina eburnea*.





**Figura 55.- Análisis de agrupamiento de Bray-Curtis en los cuatro sitios de estudio usando los datos transformados mediante raíz cuarta.**

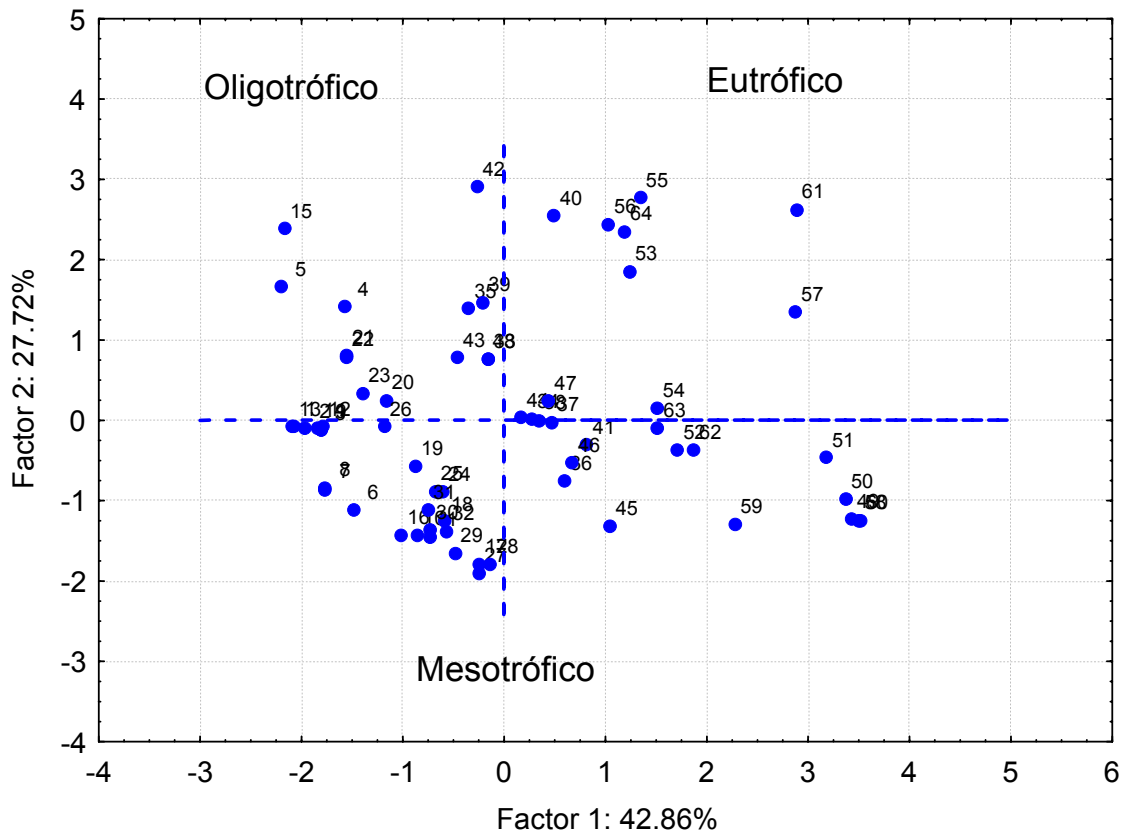
Al utilizar un análisis de componentes principales con base a la diversidad, se tomaron dos componentes principales, el primero con una varianza explicada del 42.85 % y el segundo con una varianza de 27.72 % que con ellos se obtiene 70.57 % de la varianza explicada acumulada (Fig. 56). En el primer factor (PC1) tiene la mayor correlación positiva con la clorofila y tipo de sedimento (Tabla XI), mientras que tiene una mayor correlación negativa con la temperatura y la transparencia. En el factor PC2 la profundidad y la transparencia tienen una alta correlación positiva y una correlación negativa muy baja con temperatura. La disposición de las estaciones de muestreo en el plano bidimensional (Fig. 57) permite diferenciar un gradiente ambiental y la variabilidad de las estaciones en los cuatro sitios de estudio, se muestra la distribución de tres grupos, uno de ellos asociados con las variables clorofila y tipo de sedimento donde se encuentran la mayoría de las estaciones de Bahía de Los Ángeles y Punta Chivato, el otro grupo asociado con la transparencia-profundidad y temperatura se encuentran las estaciones de Cabo Pulmo y la Isla San José, el tercer grupo por las estaciones de la Isla San José y Punta Chivato.



**Figura 56.- Análisis de componentes principales entre las variables ambientales en los cuatro sitios de estudio.**

**Tabla XI. Matriz de correlación entre las variables ambientales en los cuatro sitios de estudio.**

Variable	Factor 1 42.86%	Factor 2 27.72%
Temperatura	-0.8794	-0.4005
Clorofila a	0.9089	0.2699
Transparencia	-0.5984	0.7332
Profundidad	-0.1291	0.9432
T. Sedimento	0.7413	-0.0411



**Figura 57.- Análisis de componente principal de las estaciones de muestreo en los cuatro sitios de estudio con datos normalizados. Cabo Pulmo estaciones de la 1 a la 16; Isla San José (17 a la 32); Punta Chivato (33 a la 48); B. de Los Ángeles (49 a la 64).**

Cabo Pulmo es uno de los pocos ecosistemas coralinos y el más septentrional en el Pacífico oriental y el único en el Golfo de California (Brusca & Thomson, 1975; Brusca, 1980; Reyes-Bonilla, 1993; Riegl *et al.*, 2007). En este sitio Halfar *et al.* (2006a) reportan, que los fragmentos de corales y los moluscos son los grupos dominantes en los sedimentos y en menor proporción lo ocupan las algas rojas coralinas, equinodermos, foraminíferos, briozoos y balanos. Por sus características ambientales: transparencia promedio del mar 13 m, temperatura máxima de 30 °C, baja concentración de clorofila **a** y presencia de corales hermatípicos, se le considera en términos geológicos como un ambiente oligo-mesotrófico de acuerdo a los criterios de Schindler *et al.* (1973), Hallock (2001) y Halfar *et al.* (2006a).

En el presente estudio la composición de la comunidad de moluscos en Cabo Pulmo la constituyen 15 familias de bivalvos con 40 especies y 15 familias con 44 especies de gasterópodos. Se encontraron diferencias en la composición de las comunidades que habitan entre los arrecifes, Vicencio-Aguilar (1998) para este mismo sitio pero en el arrecife reporta 5 familias con 7 especies de macromoluscos mientras que los micromoluscos estuvieron representados por ejemplares pertenecientes a 22 familias con 47 especies.

Aunque la metodología de muestreo, tiempo y espacio es diferente, en el presente estudio con respecto al de Vicencio-Aguilar (1998) los resultados muestran en este sitio notable presencia de micromoluscos ( $\leq 10$  mm), juveniles de moluscos y una ausencia de macromoluscos. Al respecto Valiela (1995) expresa que las poblaciones bentónicas pueden ser afectadas por la acción de consumidores y el abastecimiento de recursos, así como por la acción de las olas; Zuschin & Oliver (2005), mencionan que en ambientes de carbonatos en zonas homogenizadas por disturbios ambientales, la mayoría de las conchas encontradas son de juveniles de moluscos depositados en cortos periodos (décadas), Margalef (1982), señala que la diversidad es baja en comunidades transitorias, explotadas o bajo condiciones fluctuantes.

En el presente estudio se muestra que la composición y estructura de la comunidad de moluscos difiere con la presencia-ausencia de algunos grupos reportados para el arrecife por Vicencio-Aguilar (1998) y está fuertemente influenciada por dos características ambientales; una baja productividad primaria y la incidencia de huracanes en la zona. La diversidad es intermedia con valores de 2.5 Bits/individ. en el 75 % de las estaciones de muestreo con algunos incrementos de 3.5 Bits/individ. que es la máxima registrada en este sitio. Las especies más abundantes y en consecuencia las más adaptadas a la inestabilidad estacional que presenta el fondo son *Crucibulum spinosum*, *Tellina eburnea* y *Olivella gracilis*.

Cabo Pulmo se encuentra en una de las trayectorias de alta incidencia de ciclones del Pacífico Nororiental, los cuales se forman

principalmente entre los meses de mayo a octubre, provocando intensas lluvias que forman arroyos temporales que desembocan en la costa (Reyes Bonilla, 1993) con una carga importante de sedimentos terrígenos, ramas y arbustos (Reyes-Bonilla, 1993; Riegl *et al.*, 2007). Este factor de disturbio ambiental modifica temporalmente el fondo y no brinda las condiciones apropiadas para el establecimiento de comunidades de macromoluscos de fondos blandos. Tait (1971) hace referencia a la importancia de algunas características en los sedimentos, especialmente la capa de materia orgánica y bacterias en la superficie de los granos de arena la cual es importante en el asentamiento de comunidades, debido a que estas pueden ser el primer eslabón en la cadena alimenticia de las larvas recién llegadas. En ambientes de alta energía ocasionada por el oleaje o descargas de aguas pluviales se presenta la abrasión de los granos de arena del sustrato (Zuschin & Oliver, 2005) como lo demuestra en este sitio el rango del índice de grado tafonómico (Fig.48) lo cual impide temporalmente la fijación de larvas; solamente después de estos disturbios en las primeras etapas de resiliencia se puede producir la fijación de especies de micromoluscos dominantes como podría ser *Tellina eburnea*.

Los parámetros que permiten analizar la biodiversidad de los moluscos productores de carbonatos en el área, muestran una dominancia de pocas especies en la estación 3 ubicada al sur de la Bahía de Cabo Pulmo con un valor del índice de diversidad de 0.4 Bits/individ. que fue el más bajo, donde la especie dominante fue *Tellina eburnea*. Margalef (1982) señala que las comunidades con dominancia de pocas especies son siempre comunidades con poca diversidad, lo cual podría explicar los valores relativamente bajos de la diversidad en ésta estación. Los valores más altos se encontraron en las estaciones 8 localizada en la zona centro-sur de la bahía con 3.5 Bits/individ. y en la 12 con 3.3 Bits/individ. ubicadas al norte de la misma. En estas dos estaciones la dominancia se manifiesta en tres especies: *Siphonaria brannani*, *Brachidontes samilaevis* y *Siphonaria gigas* en la primera, y *Crepidula aculeta* e *Hipponix pilosus* en la estación 12. En la zona norte de la bahía y en la estación 15 a una profundidad de 30 m se encontraron valores intermedios (2.5 Bits/individ.) del índice de

diversidad y todas las estaciones se caracterizaron por estar constituidas principalmente por micromoluscos y juveniles de macromoluscos.

De acuerdo con el análisis de agrupamiento de los datos, las mayores similitudes se dieron en las estaciones 4, 16 y 13 que tuvieron los valores más bajos en riqueza específica y el mismo tipo de sedimento (Arena gruesa), (Tabla II) mientras los valores más altos de riqueza específica y abundancia se encuentran en las estaciones 12 y 3 con tamaño de arena menor a 0.71 mm y profundidad cercana a los 10 m. Riegl *et al.* (2007) reportan que en Cabo Pulmo la mayor parte de los sedimentos de carbonato se localizan en la zona sur de la bahía y cerca de la barras de arrecife, asociado a su fauna. En nuestro estudio la mayor abundancia y riqueza específica de los micromoluscos fue encontrada en la parte centro-sur de la bahía (estación 3) y cercana a los arrecifes (estación 12) coincidiendo con la zona de distribución de los sedimentos de carbonatos.

Otro factor que influye en la ausencia de macromoluscos, es la baja productividad orgánica, con una concentración media de clorofila **a** de 0.3 mg Cla/m<sup>-3</sup> y un máxima de 1.36 mg Cla/m<sup>-3</sup> (Tabla I) lo que lo define como un ambiente oligo-mesotrófico (Halfar *et al.*, 2004b, Halfar *et al.*, 2006a ), con aguas claras la mayor parte del año (13 m transparencia media del mar), en este ambiente se encontró al gasterópodo *Crucibulum spinosum* como el macromolusco con mayor frecuencia de aparición (50% de las estaciones), siguiéndole en importancia *Tellina coani* y *Olivella gracilis*. En cuanto a la biomasa *Oliva incrasata*, con solo dos ejemplares ocupó el mayor porcentaje (21%) en biomasa lo que da una idea de la ausencia de macromoluscos.

En Cabo Pulmo los moluscos dominantes en los sedimentos son micromoluscos repercutiendo a una menor producción de CaCO<sub>3</sub> en este sitio con respecto a los otros sitios de estudio.

## Isla San José

De las especies registradas en la Bahía de La Paz por Holguín- Quiñones & García-Domínguez (1977) y las registradas por Keen (1971) se obtiene un total de 120 especies de bivalvos agrupados en 38 familias, 173 gasterópodos en 62 familias, ocho de cefalópodos en cinco familias, tres de poliplacóforos en tres familias y dos de escafópodos en una familia. La suma total es de 306 especies conocidas para la Bahía de La Paz.

Domínguez-Orózco & Tripp-Quezada (1997) en la caleta de Balandra (Bahía de La Paz) reportan 26 especies de bivalvos pertenecientes a 9 familias y 4 especies de gasterópodos agrupados en 3 familias. Los bivalvos más abundantes en este lugar fueron: *Lucina prolongata* (35.1%), *Chione californiensis* (12.7 %) *Lucina centrifuga* (10 %) *Tellina coani* (7.9 %), *Miltha xantusi* (6.6 %). Los gasterópodos más abundantes fueron: *Polinices uber* (5.1 %) y *Oliva spicata* (0.5 %) coincidiendo en abundancia en ambos sitios los bivalvos *Chione californiensis* y *Lucina prolongata*.

El número de especies de bivalvos y gasterópodos asociados a carbonatos en la Isla San José es elevado con respecto a las comunidades de moluscos reportados para la Bahía de La Paz (Holguín-Quiñones & García-Domínguez, 1977) y en la caleta de Balandra (Domínguez-Orózco & Tripp-Quezada, 1997). En este estudio en la isla San José se identificaron 1479 ejemplares, pertenecientes a 58 especies de moluscos agrupados en las clases Gastropoda (33%) y Bivalvia (67%), se encontró la mayor abundancia y riqueza específica de macromoluscos de importancia pesquera, siendo las más abundantes *Chione californiensis* en la estación 32 y los más frecuentes de aparición fueron los bivalvos *Megapitaria squalida* en el 88 % de las estaciones de muestreo, siguiéndole *Chione californiensis*, *Dosinia ponderosa* y *Glycymeris gigantea*. Las especies con mayor biomasa relativa son *Dosinia ponderosa*, *Glycymeris gigantea* y *Megapitaria squalida*.

En la desembocadura del estero de la Isla San José (Estación 27) se encontraron ejemplares vivos del bivalvo *Lucina undatoides* reportado para esta misma localidad por Keen (1971), como una especie rara que se distribuye solo en el Golfo de California y fueron los únicos ejemplares encontrados en los cuatro sitios de estudio.

La distribución de los moluscos fue en aguas someras entre los 2 y 14 m de profundidad y el tipo de sedimento es arena gruesa (Tabla II), a excepción de las estaciones 29 y 30. En todas las estaciones se encontró una marcada asociación de micromoluscos de la familia Tellinidae con depósitos de algas calcáreas (rodolitos) de los géneros *Lithothamnion* y *Lythophyllum* del Plioceno y el Pleistoceno (Foster *et al.*, 1997), trozos de coral y equinodermos (Fig. 58), fueron los principales componentes de los carbonatos en la zona de estudio, de acuerdo a este tipo de composición biogénica Hetzinger *et al.* (2006) la clasifica como una asociación de carbonatos del tipo foramol o heterozoan, que corresponde a carbonatos de origen biogénico de aguas templadas. En este sitio la variación anual de temperatura fue de 16.5 °C, la mínima y 30.8 °C, la máxima y una concentración media de clorofila *a* de 0.6 mgCl<sub>a</sub>/m<sup>-3</sup>, lo que se ajusta mejor a la definición de una zona de transición tropical-templada o mesotrófica (Halfar *et al.*, 2006).

La biodiversidad presente en el área se muestra en los valores del índice de Shannon-Wiener, el máximo fue de 2.5 bits/ind. en el 50 % de las estaciones de muestreo y el menor fue de 1.2 bits/indiv. en una sola estación (Est. 24) que se caracterizó por tener pobre abundancia y riqueza específica de moluscos y una mayor abundancia de rodolitos y restos de coral (Fig.58). El comportamiento de la equidad en todas las estaciones fue muy similar al de la diversidad, siendo probablemente determinada por las mismas razones que regulan la diversidad. Los valores altos de equidad en la mayoría de las estaciones indican que el número de especies encontradas en esta área se encuentran mejor distribuidas entre las abundancias que en Cabo Pulmo.





**Figura 58.- Composición de los carbonatos en la Isla San José. A) almejas; R) rodolitos; C) corales**

En las estaciones al sur de la Isla San José se encontraron juveniles de almeja *Megapitaria squalida* y conchas de almejas con un índice tafonómico 3 y 4 (Tabla II) y un peso promedio de la concha de 30 g., de acuerdo a la ecuación descrita por Flessa *et al.*, (1993) son organismos deteriorados, ya sea por la acción de las olas al estar localizados en la zona intermareal o por ser parte del sedimento por largos períodos, particularmente *Chione californiensis* que es reportada en depósitos de fósiles de finales del Pleistoceno por Simian & Johnson (1997). Por la presencia de juveniles de almeja así como también almejas longevas, el ambiente se puede interpretar como estable, donde se encuentran especies de mayor longevidad con ciclos de vida y estructuras más complejas que las de Cabo Pulmo, ya que las almejas encontradas en la isla con mayor frecuencia de aparición y de mayor biomasa, tienen una edad estimada de seis años. De acuerdo a los análisis de crecimiento realizados en este estudio, el mayor grado tafonómico de las almejas podría indicar que las condiciones ambientales han sido favorables para el desarrollo de comunidades de moluscos por largos períodos.

La geomorfología del sitio y los estudios batimétricos realizados por Halfar *et al.* (2004a) y Hetzinger *et al.* (2006) nos indican que en esta zona existe una pobre depositación de clásticos arrastrados por la lluvia, posiblemente el estero bordeado por la barra de conglomerados es una trampa de sedimentos terrígenos que favorece a la abundancia de rodolitos y moluscos formadores de carbonatos. Por otra parte, el aporte de nutrientes por intercambio de agua del estero de la isla, podría ser un ambiente favorable para el reclutamiento de juveniles y desarrollo de adultos de almejas longevas que tienen una mayor frecuencia de aparición como *Megapitaria squalida*, *Dosinia ponderosa*, *Chione californiensis* y *Glycymeris gigantea*.

La posible influencia del estero de la Isla San José como fuente de nutrientes sobre las comunidades de moluscos podría darse por el intercambio de agua del estero con la zona de estudio. Rooke & Mackie (1984) y Thorp & Covich (1991) señalan que poblaciones de bivalvos estuarinos o bajo su influencia tienen una tasa de crecimiento positiva debido a la abundancia de fitoplancton ocasionados por el intercambio del flujo de agua producidos por las mareas de las lagunas costeras hacia el mar. Tripp-Quezada (1985) obtuvo mayor tasa de crecimiento en *Argopecten ventricosus* cultivadas en la boca de los esteros que en los sitios más alejados de los mismos. En *Nodipecten subnodosus* que habita en la zonas de altas corrientes producidas por las mareas de las lagunas de la costa occidental de Baja California, el crecimiento es óptimo entre 5 y 10 cm/seg (García-Esquivel *et al.*, 2000).

Hallock (2001) atribuye a dos factores relevantes la formación de sedimentos de origen biogénico. Uno de los factores es la tasa de depositación provocada por las conchas y esqueletos de comunidades de invertebrados marinos que al morir forman parte del sedimento. El otro factor es la tasa de depositación por transporte o disolución de sedimentos del mismo ambiente que sumando ambos factores contribuyen a un incremento en la tasa de acumulación de sedimentos.

En la Isla San José se pueden identificar tres patrones de vientos característicos que pueden influir al transporte de sedimentos: vientos del noroeste, vientos del norte y vientos del sureste (verano-otoño), (Jimenez-Illescas *et al.*, 1997). El viento proveniente del noroeste tiene una magnitud promedio de  $5 \text{ m s}^{-1}$ . Los vientos extremos, provenientes del norte en invierno-primavera llegan a los  $10 \text{ m s}^{-1}$  (Anónimo, 1985), este patrón de vientos es uno de los mecanismos que por forzamiento produce corrientes más intensas que las mareas y la generación de olas que favorecen al transporte de los sedimentos en este sitio de estudio, con variaciones de intensidad durante la época de huracanes que en cierta medida han formado la barra del estero al sur de la Isla San José.

En aguas epicontinentales poco profundas, ofrecen notables ejemplos de sucesión ecológica (Olivier, 1976) este proceso es evidente en lagunas costeras que concluyen por rellenar totalmente los cuerpos de agua y convertirlos en tierra firme. En este sitio de estudio el fondo es somero, entre las Islas San José y San Francisco los registros batimétricos marcan una profundidad no mayor a los 15 m. (Halfar *et al.*, 2004 y Hetzinger *et al.*, 2006) en tanto que hacia el E y el W de este sitio la profundidad alcanza 50 m. lo que indica la presencia de un tómbolo submarino orientado Norte-Sur entre estas dos islas (Fig.14), proceso geológico que se observa al sur de la Isla San Francisco en las coordenadas ( $24^{\circ}49'24'' \text{ N}$  -  $110^{\circ}33'58'' \text{ W}$ ) y al sur de la Isla Espíritu Santo y la península de Pichilingue donde existe evidencia de una sucesión ecológica. En estos sitios la mayor parte del sedimento es autigénico, de composición calcárea con materiales como algas calcáreas, gravas de algas, calcarenitas y fragmentos de corales (Schlanger & Johnson 1969) y son transportadas hacia la franja costera por las corrientes de flujo de mareas (Cruz-Orozco *et al.*, 1996), olas y energía hidráulica influenciada por los huracanes (Schlanger & Johnson, 1969) cubriendo este tipo de sedimento a comunidades de corales de *Porites panamensis* del pleistoceno tardío (Halfar *et al.*, 2001; Johnson 2002; DeDiego *et al.*, 2004; Johnson *et al.* 2007) y mantos de rodolitos que sirven de sustrato para el desarrollo de nuevas comunidades de

invertebrados (Foster 2001). En las estaciones ubicadas entre la Isla San José y San Francisco las comunidades de moluscos se encuentran sobre estratos de *Porites panamensis* y trozos de otros corales.

Este proceso costero contribuye al principio de estabilidad ecológica que establece que el número de especies aumentará conforme lo haga la estabilidad de los parámetros ambientales (Krebs, 1985) y a la vez crea uno de los conceptos más importantes que es el modelo de la sucesión ecológica que postula que los sedimentos no alterados tendrán un ensamblaje de especies con elevada diversidad y distinto al de un ambiente contaminado o alterado (Rhoads *et al.*, 1978) y las especies en etapas finales de sucesión viven períodos más largos y crecen más lentas que las especies pioneras, colonizadoras u oportunistas favoreciendo a la formación de los sedimentos de carbonatos generados por los moluscos.

### **Punta Chivato**

En Punta Chivato se registraron los valores más altos de clorofila **a**, con un máximo de 14.3 mg/Cl<sub>a</sub> m<sup>-3</sup> con un promedio 1.6 mg/Cl<sub>a</sub> m<sup>-3</sup> y transparencia media de 11 m, condiciones que la caracterizan como eutróficas (Halfar *et al.*, 2006a), en este sitio, el número de especies de bivalvos y gasterópodos asociados a carbonatos es elevado con respecto a las comunidades de moluscos reportados en la Isla San José y Cabo Pulmo.

Las especies más abundantes en Punta Chivato fueron el bivalvo *Laevicardium clarionense* y el gasterópodo *Trimusculus stellatus* en las estaciones 43 y 45, ambas tienen similaridad en la riqueza de especies pero con diferencias en el tipo de sedimento en que viven, en la primera está constituida por arena media (<0.71) y en la segunda por arena gruesa (0.71). Las estaciones 40 y 42 que se encuentran a mayor profundidad tienen en común las especies *Tivela hindsii* y *Transennella modesta*, ambas similares en la talla (35 mm) y distribución vertical hasta 90 m de profundidad.

Simian & Johnson (1997) reportan que Punta Chivato y la Isla Santa Inés tienen rocas del Plioceno y están bordeadas por terrazas de carbonatos con abundantes fósiles de equinoideos *Clypeaster bowersi*, galletas de mar *Encope sverdrupi*, *E. shepardi* y moluscos *Aequipecten desert*, *Aequipecten sverdrupi* y el coral *Solenastrea fairbanksi*. Durham (1950), en este sitio recolectó fósiles de invertebrados del Pleistoceno. Ortlieb (1984) utilizó técnicas de fechamiento mediante uranio en corales y en el bivalvo *Dosinia ponderosa*, estimando para este sitio, una edad de  $117 \pm 8$  ka y  $153 \pm 16$  ka respectivamente. Posteriormente Ortlieb (1991) empleó isótopos de oxígeno y confirmó que la playa La Palmita incluida en nuestro sitio de estudio, procede del Pleistoceno superior y que puede considerarse como una facie de la formación Mulegé. Libbey & Johnson (1997) en esta misma playa describen 8 especies de moluscos actuales y 2 de gasterópodos fósiles incrustados en las rocas, entre ellos *Arca pacífica*, *Cardita affinis*, *Chama mexicana*, *Hytotissa hyotis*, *Crasostrea palmula*, *Pseudochama janus*, *Thracia curta* y los gasterópodos *Serpulorbis margaritaceus* y *Vermetus indentatus*; dispersos en el sustrato encontraron 21 especies de bivalvos y 20 de gasterópodos, donde destacan los macromoluscos *Anadara multicostata*, *Dosinia ponderosa*, *Chione californiensis*, *Laevicardium elatum*, *Glycymeris gigantea* y *Arca pacífica*. La presencia de estas especies nos indica que las condiciones ambientales han sido propicias para la formación de carbonatos de origen biogénico, han permanecido estables y son similares a las actuales, condiciones que nos dan los altos índices de equidad, diversidad y biomasa de los moluscos en este sitio.

Los datos batimétricos obtenidos por Halfar (2000) y Eisele (2004) en este sitio, nos revelan el proceso en desarrollo de un tómbolo antiguo entre Punta Chivato y la Isla Santa Inés (Fig. 23) y reportado por Simian & Johnson (1997) en donde se desarrolla una sucesión ecológica en el cual las especies de mayor frecuencia de aparición son: *Megapitaria squalida*, *Transennella modesta*, *Chione squamosa*, *Trigonocardia biangulata* y el gasterópodo *Crucibulum monticulus* y tienden a sustituir a las especies reportadas para el Pleistoceno superior por Simian & Johnson (1997) y Libbey & Johnson (1997), donde de esas especies reportadas, solo permanece la presencia del bivalvo *Laevicardium elatum*.

Sobre el desarrollo de esta sucesión ecológica en Punta Chivato, Simian & Johnson (1997) hacen referencia que durante el Plioceno temprano, el pequeño archipiélago de la Isla Santa Inés bloquea y refracta las olas originadas por los vientos estacionales del norte en invierno, induciendo al origen de biofacies de moluscos y corales al norte y al este del promontorio de Punta Chivato, mientras que al Sur (sotavento) se encuentran biofacies de ostras y galletas de mar, que posteriormente fueron reemplazados por corales *Solenastrea fairbanksi* formadores de sedimentos de carbonato y alrededor de la isla por algas calcáreas (rodolitos). Actualmente este biotopo es ocupado por organismos formadores de sedimentos de carbonatos en una proporción de 11 % por briozoos, 38 % rodolitos y el 43 % por macromoluscos (Eisele, 2004). En estos últimos se dan los valores más altos de diversidad y equidad (Figs. 50 y 51) y se encuentran a una profundidad menor a 15 m.

El 81.2 % de las estaciones contienen organismos con grado tafonómico de 3 y 4 (Tabla II). Los índices tafonómicos por estación más altos registrados fueron en las estaciones 37 y 38 (7m de profundidad) y de acuerdo a la ecuación descrita por Flessa *et al.* (1993) pueden ser organismos muy antiguos, basado esto en los fósiles recolectados en este sitio por Durham (1950) al fechamiento realizado por Ortlieb (1984, 1991) y Libbey & Johnson (1997) lo que significa que las condiciones ambientales actuales han prevalecido durante largos períodos.

### **Bahía de Los Ángeles**

Bahía de Los Ángeles que fue el sitio de muestreo más al norte, muestra una fluctuación anual de temperatura de 14 a 30 °C, presenta una fluctuación de la clorofila **a** de 2.2 mg/m<sup>3</sup> en verano a 8.38 mg/m<sup>3</sup> en otoño e invierno, con una transparencia media del mar de 8 m debido a una alta concentración de fitoplancton en la superficie del mar, condiciones que lo caracterizan como un ambiente eutrófico (Halfar *et al.*, 2005; Halfar *et al.*, 2006a).

Durante primavera y verano en los sitios de muestreo al sur de Bahía de Los Ángeles, se forma una termoclina entre los 10 y 25 m con diferencia de temperatura de 5 °C llegando a registrarse hasta 10 °C, esta termoclina se rompe de sur a norte en otoño. Estas condiciones no se presentan en Bahía de Los Ángeles; la termoclina no se presenta debido a los fuertes vientos que prevalecen, durante la condición de verano, el esfuerzo de los vientos favorece la generación de surgencias en la costa oeste del Golfo de California (Álvarez-Borrego, 2002). Este fenómeno, combinado con la ocurrencia de surgencias dinámicas (producidas no por el viento, sino por el efecto de las mareas) es una de las causas de la alta productividad en la zona (Álvarez-Borrego, 2002) condiciones ambientales que la hacen diferente a Cabo Pulmo (Tabla I; Fig. 59) con una diferencia en similitud de Bray-Curtis de solo el 10.39 %.

Bajo estas condiciones ambientales los valores más altos de abundancia y riqueza específica se encontraron en zonas poco profundas y constituidas por micromoluscos del género *Tellina* en las estaciones 62 y 63 con tamaño de grano 0.84 y 0.5 mm, el índice de diversidad presentó su valor máximo en la estación 56 (de 3.2 bits/ind.) a una profundidad de 26 m.

Estos valores nos indican que la composición específica en este sitio está asociada a bajas temperaturas y mayor concentración de Clorofila **a** que las comunidades de moluscos más sureñas, especialmente con la comunidad de Cabo Pulmo donde la composición específica es muy diferente (Fig. 59) a la de Bahía de Los Ángeles, donde la especie común en ambos sitios es el micromolusco *Tellina coani*. Esta especie es también la más abundante en dos estaciones de muestreo en este sitio y que pudieran tener la influencia del rango de mareas de hasta 4 m, que genera fuertes corrientes de hasta 3 m por segundo, aunado a los vientos que bajan de las sierras costeras que aumentan la fuerza y turbulencia de las corrientes marinas superficiales (Álvarez-Borrego, 1983).

Zuschin & Oliver (2005) mencionan que en ambientes de carbonatos en zonas homogenizadas por la perturbación hidrodinámica continua, la mayoría de las conchas encontradas son de juveniles de moluscos depositados en cortos

periodos (décadas). Por otra parte, la frecuencia de aparición por estación de muestreo de los macromoluscos *Euvola vogdesi*, *Megapitaria squalida*, *Chione californiensis*, *Nassarius moestus* y *Crucibulum spinosum*, de las especies de mayor biomasa *Euvola vogdesi*, *Megapitaria squalida*, *Chione californiensis* y del índice tafonómico con un rango de variación de 1 a 2.3 (Fig.50 ) nos indica que este ambiente ha sido estable durante largos periodos y propició el establecimiento de comunidades de moluscos longevos y de los moluscos de vida corta del género *Tellina*, además se encontraron en casi todas las estaciones juveniles de *Euvola vogdesi* que por lo general son organismos estenohalinos.

En Bahía de La Choya al norte del Golfo de California cuenta con variables ambientales similares a Bahía de Los Ángeles pero en diferentes habitats litorales, Flessa & Ekdale (1987) reportan más de 228 especies distribuidos en playas, marismas y canales, identificando especies comunes del Pleistoceno tales como los bivalvos *Glycymeris gigantea*, *Crassostrea palmula*, *Trachicardium panamense*, *Chione californiensis*, *Tagelus affinis* y *Dosinia ponderosa*; los gasterópodos *Cerithium stercusmuscarum*, *Turritella leucostoma*, *Cerithidea mazatlanica*, *Natica chemnitzii*, *Oliva spicata* y *Conus regularis*. Fürsich *et al.* (1991) para este mismo sitio reportan 227 especies de moluscos de los cuales 127 son bivalvos, 88 gasterópodos y 3 escafópodos.

Como resultado del presente estudio en Bahía de Los Ángeles el número de especies de bivalvos y gasterópodos asociados a los sedimentos de carbonatos fue menor a los reportados en Bahía de La Choya, pero mayor a las encontradas en los sitios de estudio en el sur del Golfo de California por Simians & Johnson, (1997) ( 64 especies de bivalvos y 28 de gasterópodos), algunas de las especies reportadas como comunes en el Pleistoceno aparecen como las de mayor distribución y biomasa en Bahía de Los Ángeles entre ellas *Chione californiensis*, y otras presentes pero no frecuentes, como *Glycymeris gigantea* y *Trachicardium panamense*. La presencia de estos grupos indica que las condiciones ambientales han sido favorables posiblemente desde el Pleistoceno y quizá con pocos cambios para el desarrollo de comunidades de moluscos de



larga vida en este sitio y favorecen a una mayor secuencia sedimentaria de  $\text{CaCO}_3$  a través de las conchas de moluscos.

En el análisis de agrupamiento de similaridad de Bray-Curtis por sitio de muestreo (Fig.55) la mayor similaridad se encontró entre la Isla San José y Punta Chivato con un nivel de 36.6 %, la abundancia de especies, riqueza específica, tienen en común valores más altos de los índices de diversidad, equidad y biomasa que la de C. Pulmo. Las diferencias en cuanto estructura de la comunidad y parámetros ambientales se dieron entre Bahía de Los Ángeles y Cabo Pulmo, la primera con condiciones ambientales eutróficas y el segundo oligo-mesotróficas donde se obtuvo una similaridad de 10.39%. La malacocenosis en ambos sitios solo tiene en común al bivalvo *Tellina coani* en una abundancia mayor al 5%

La similaridad de Bray-Curtis entre la Isla San José y Punta Chivato tienen en común condiciones ambientales mesotróficas. James (1997) menciona que en las plataformas continentales los depósitos de carbonatos están asociados a dos factores: una pobre depositación de clásticos y una alta productividad orgánica y los procesos oceanográficos que favorecen a la producción biogénica de carbonatos en las plataformas continentales son: temperatura, salinidad, y disponibilidad de nutrientes (Less y Buller, 1972; Less, 1975; Sellwood, 1978; Carannante *et al.*, 1988; Mutti & Hallock, 2003; Halfar *et al.*, 2004; Halfar *et al.*, 2006a).

La hidrografía de la península de Baja California está caracterizada por la carencia de ríos perenes a consecuencia de su clima desértico. Excepcionalmente se encuentran manantiales pobres y escasos. Las aguas de lluvias forman torrentes que se secan rápidamente a causa de la fuerte evaporación y gran infiltración, de tal manera que solo un pequeño porcentaje llega hasta el golfo (Santoyo, 1991), lo que implica que la fauna bentónica no sufre daños considerables en la modificación del fondo ni de la salinidad por estos eventos, por lo que las comunidades de moluscos permanecen estables,

solamente sufren alteraciones por los huracanes a finales del verano cuando se registran mayores precipitaciones o los efectos de El Niño. Bahía de Los Ángeles, Punta Chivato y la Isla San José cuentan con estas condiciones favorables, en donde los escurrimientos son muy escasos, como referencia la Península de Baja California tiene registrado un volumen promedio de escurrimiento fluvial anual de  $920 \times 10^6 \text{ m}^3$ , en comparación a la región noroeste de México que registra  $32,400 \times 10^6 \text{ m}^3$  ( Santoyo, 1991).

Durante los meses de verano cuando se registra las temperaturas más bajas y procesos de surgencias (Figs. 3 y 4) en la Isla San José y Punta Chivato los valores de clorofila **a** se incrementan alcanzando condiciones mesotróficas (con una media de 0.6 a 1.6 mg Cl **a**  $\text{m}^{-3}$ ) y temporalmente eutróficas con valores extremos de 7 y 10.5 mgCl **a**  $\text{m}^{-3}$  respectivamente. En Bahía de Los Ángeles prevalecen condiciones eutróficas con una media de 2.2 mg Cl **a**  $\text{m}^{-3}$  y períodos cortos de concentraciones de hasta 9 mg Cl **a**  $\text{m}^{-3}$ .

Estos procesos de enriquecimiento se deben a la interrelación océano-atmósfera en el Golfo de California, en donde se presentan dos mecanismos de enriquecimiento: surgencias generadas por corrientes de marea y surgencias costeras por viento. El primero de ellos ocurre principalmente en la región de las grandes Islas donde los procesos de mezcla por mareas se intensifican por una disminución batimétrica de la luz de flujo entre las islas y la costa firme produciendo corrientes intensas, especialmente en el canal de Ballenas, y altos niveles de bombeo de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes inorgánicos (Badán-Dangón *et al.*, 1985).

El segundo tipo, surgencias costeras por viento, se presenta en ambas costas al centro del golfo de manera alternada durante el año. El forzamiento del viento produce un transporte de aguas superficiales que son reemplazadas por aguas subsuperficiales más frías y con mayor concentración de nutrientes. Durante el invierno, vientos del noroeste producen surgencias a lo largo de la costa continental mientras que en verano los surestes generan surgencias en la costa peninsular (Roden, 1964; Badán-Dangón *et al.*, 1985; Lara-Lara *et al.*, 1993).

Otro factor que hace similar a Isla San José y Punta Chivato es que en ambos sitios existe un transporte de sedimentos de carbonatos. Hallock (2001) atribuye a dos factores relevantes la formación de sedimentos de origen biogénico. Uno de los factores es la tasa de depositación provocada por las conchas y esqueletos de invertebrados y el otro es la tasa de depositación por transporte de material biogénico o disolución de sedimentos del mismo ambiente la suma de ambos factores contribuyen a un incremento en la tasa de depósito de sedimentos.

Los estudios batimétricos realizados por Halfar *et al.* (2004) y Hetzinger *et al.* (2006) en la Isla San José y Halfar (2000), Eisele (2004) y Simian & Johnson (1997) en Punta Chivato, denotan la presencia de un tómbolo submarino formado por el transporte de sedimentos ocasionados por la influencia del patrón de vientos del Golfo de California (Simian & Johnson, 1997). Este transporte de sedimentos y el aporte de las conchas de las comunidades de macromoluscos en ambos sitios (> 10 mm) contribuyen a un incremento en la tasa de acumulación de sedimentos (Fig. 52) marcando la diferencia en producción de carbonato por los moluscos entre los sitios de estudio.

## **7.2. Producción de carbonato derivado del crecimiento de las conchas de los moluscos**

### **7.2.1. Edad y crecimiento de la almeja *Megapitaria squalida***

La tasa de depositación provocada por las conchas de los moluscos que al morir forman parte del sedimento es de interés para obtener algunos indicadores de la secuencia sedimentaria en los depósitos de carbonatos a través del crecimiento de los moluscos. Entre los estudios de crecimiento realizados de organismos formadores de sedimentos de carbonatos se tienen el de Reyes-Bonilla (1993) que estima el crecimiento promedio del coral *Porites panamensis* de 1 cm/año; para esta misma especie Halfar (2005) estima una tasa

de calcificación  $1.22 \text{ g/cm}^2/\text{año}$  para *Pocillopora spp*, Reyes-Bonilla (1993) reporta un crecimiento de 3 cm/año. Para rodolitos de la especie *Lithothamnion muelleri* Rivera *et al.* (2004) determinó una tasa de crecimiento de 0.60 mm año.

Los moluscos bivalvos al igual que los corales, rodolitos y los árboles son registradores ambientales, midiendo los incrementos de crecimiento en las conchas se pueden determinar no sólo la proporción de crecimiento sino que también las condiciones ambientales donde los moluscos se desarrollaron

La edad es una manera de medir cuantitativamente un segmento del tiempo en el cual el molusco ha vivido, el crecimiento mide el cambio en el tamaño corporal a lo largo de un período de tiempo donde utilizan calcio y iones del carbonato del agua de mar para formar la concha, que básicamente está constituido de carbonato de calcio (calcita y/o aragonita) formando anillos y bandas de crecimiento con anchuras variables y colores diferentes. Ambos parámetros tienen importancia como indicadores del estado del individuo, del ambiente donde se encuentran y de la cantidad de carbonato de calcio que producen en un tiempo dado.

Para estimar la edad de *Megapitaria squalida* se utilizó el método de marca y recaptura y se observa que durante su crecimiento se forman bandas de crecimiento invernales y de verano. Las bandas de verano son más anchas y opacas que las de invierno que son angostas y translúcidas (Fig 42 A).

Existen varios factores ambientales que influyen en la estacionalidad del crecimiento de los moluscos bivalvos (Brett, 1979). Según Stauffer (1986), son al menos tres las variables independientes más importantes implicadas en el crecimiento: la temperatura ambiental, la cantidad de alimento y el tamaño del individuo. Los factores ambientales como temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes, los procesos fisiológicos de la reproducción y el envejecimiento determinan la anchura de los anillos (Lutz & Rhoads, 1980).

En particular la temperatura influye en forma directa o indirectamente sobre el crecimiento de las conchas. La temperatura actúa como un factor

controlador, determinando los requerimientos metabólicos y gobernando los procesos relacionados con la transformación del alimento (Stauffer, 1986). La mayoría de especies presentan un rápido crecimiento con el aumento de la temperatura hasta un cierto punto (temperatura óptima) pasado el cual, generalmente, el crecimiento desciende (Stauffer, 1986). Ejemplares de *Megapitaria squalida* marcados a una talla de 10 mm, tuvieron incrementos promedio de 1 mm mensual durante 24 meses y fue difícil diferenciar las bandas estacionales de crecimiento, solamente en almejas marcadas a la talla de 40 mm se diferenciaron las bandas translucidas de las opacas, estas últimas fueron mas anchas durante verano-otoño con temperaturas más altas registradas (Fig. 39 B) y coincide con la mayor concentración de Clorofila a en los sitios de estudio (Fig. 4).

La formación de bandas anuales de crecimiento ligadas a la temperatura se observa en otras especies de aguas someras tal es el ejemplo de *Mercenaria* (Panella & MacClintock, 1968; Clark, 1979; Kenish, 1980; Peterson *et al.*, 1983; Beukema *et al.*, 1985; Jones *et al.*, 1989; Arnold *et al.*, 1991). En *Megapitaria squalida* de Bahía Concepción (Castro-Ortiz *et al.*, 1992) y *Megapitaria aurantiaca* de Bahía de la Paz (Castro-Ortiz & Tripp-Quezada, 1999).

Observada la estacionalidad de las bandas de crecimiento de las almejas mediante el método de marcado y recaptura, se analizó el crecimiento de *Megapitaria squalida* utilizando las bandas opacas como incrementos de verano-otoño y las translúcidas como períodos invernales de crecimiento lento. Las curvas de crecimiento calculado mediante los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy tienen cierta similitud a los parámetros obtenidos para la misma especie por Castro Ortiz *et al.* (1992) que obtuvieron una  $L_{\infty} = 80.99$ , la constante de crecimiento  $K = 0.0551$  y  $T_0 = 0.023$ . En el presente estudio la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) fue de 81.97 mm la constante de crecimiento  $K = 0.488$  y el valor de  $t_0 = -0.097$ .

Con base a los análisis de similaridad de Bray Curtis y de componentes principales, Punta Chivato y la Isla San José presentan condiciones ambientales similares y son caracterizados en términos geológicos como

mesotróficos, de tal manera que los sitios donde se desarrollaron los estudios de crecimiento corresponden a un ambiente mesotrófico y los valores de  $K$  (parámetro de curvatura) que determina la rapidez con que las almejas en estudio alcanzan la  $L^\infty$  son similares, podrían ser utilizados en ambos sitios para las estimaciones del crecimiento con las restricciones que ameritan este tipo de cálculos ya que los parámetros de crecimiento de una especie en particular pueden tener valores diferentes en diferentes zonas y también cohortes sucesivas pueden crecer de forma diferente según las condiciones ambientales (Sparre & Venema, 1995).

De la relación altura–peso, las curvas de crecimiento y la tasa de crecimiento podemos estimar la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  que aportan a los sedimentos las conchas de *Megapitaria squalida* a una edad o tiempo determinado. En particular en almejas de una cohorte con una  $L^\infty = 81.97$  a los 6 años de edad y de la relación altura -peso se estima una producción por individuo de 60 g de  $\text{CaCO}_3$ .

### **7.2.2. Edad y crecimiento de la almeja *Chione californiensis***

Se estudia el crecimiento de *Chione californiensis* aplicando el método de marcado-recaptura y analizando las bandas de crecimiento en las conchas.

Se capturaron, midieron y marcaron con tinta indeleble 60 individuos con una talla promedio de  $15.38 \pm 1.08$  mm, y se determinó la tasa de crecimiento de 55 organismos recuperados. Las almejas fueron marcadas a finales de invierno y ya presentaban una banda translúcida a la talla de 12 mm (Fig. 42 A) en el transcurso de su liberación las almejas marcadas tuvieron un incremento de la concha de 4 mm en 5 meses, ese incremento se observa en la concha como una banda opaca, por lo que se puede interpretar que las bandas translúcidas corresponden a períodos invernales cuando la temperatura es baja ( Fig. 42 B) y el crecimiento es lento y las bandas opacas corresponden a períodos de mayor crecimiento al incrementarse la temperatura y a la mayor disponibilidad de alimento (Fig.3) condiciones ambientales favorables por ejemplo una temperatura

de 25° C o una alta disponibilidad de alimento son condiciones óptimas para el crecimiento de *Chione spp.*, (Schöne *et al.*, 2003) lo que permite una estacionalidad del crecimiento (una banda ancha de crecimiento dependiendo del tiempo de duración de las condiciones favorables).

A diferencia de *C. californiensis*, en *Mercenaria mercenaria* y *Mercenaria campechensis* las bandas opacas de mayor crecimiento ocurren durante invierno y primavera (Arnold *et al.*, 1991, 1998).

Castro-Ortíz & García Domínguez (1993) analizaron el crecimiento de *C. californiensis* mediante frecuencia de tallas en la ensenada de La Paz, sus resultados describen un crecimiento continuo estacional que disminuye en invierno. Goodwin *et al.* (2001) Schöne *et al.* (2003), señalan que durante el invierno en *Chione sp* en el alto Golfo de California la tasa de crecimiento decrece o se detiene y se forma una línea translúcida (banda de crecimiento anual).

En los 22 meses en que se llevó a cabo el monitoreo del crecimiento de *C. californiensis* se registró una tasa de crecimiento mensual de 0.40 mm; Schöne *et al.*, (2003) reportan para *Chione cortezi* un incremento del crecimiento en ejemplares en el alto Golfo de California de 0.4 cm por año, que no difiere en gran medida a los incrementos registrados en nuestro estudio (0.48 cm anual) mientras que para *Chione fructifraga* en el alto Golfo de California obtiene un incremento promedio anual de 0.25 cm.

Conociendo la estacionalidad de las bandas de crecimiento se estima la edad de mayor aporte de carbonato de calcio a los sedimentos a través de las conchas de *Chione californiensis*. Para este estudio se utilizaron 122 ejemplares recolectados en la Bahía de La Paz con tallas mínimas promedio de 15.38 mm  $\pm$  1.08 que ya cuentan con un anillo translúcido de crecimiento y las tallas más altas fueron de 52 mm.

En la figura 43 se muestra la curva de crecimiento de *C. californiensis* y los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy obtenidos, con una  $L_{\infty}$  = 41.97 mm;  $k$  = 0.640 y  $t_0$  = -0.02. Comparando estos valores con los

obtenidos por Castro-Ortíz *et al.* (1993) en este mismo sitio, donde utilizan la estructura de tallas para estimar los parámetros de crecimiento pero con la ecuación de Von Bertalanffy modificada y obtienen una  $L_{\infty} = 48.3$  mm;  $k = 1.33$  (anual)  $t_s = 0.5$  y  $C = 1.0$ , notándose una diferencia entre los valores obtenidos con los dos métodos, específicamente por el valor de  $k$  que significa una mayor rapidez de crecimiento que en nuestro estudio, pero los valores obtenidos con el método de marcado se ajustan más a la curva de crecimiento donde se utilizan las bandas de crecimiento en nuestro estudio.

En síntesis, cualquier área geográfica en la que se almacena el sedimento es un ambiente de depósito (Wicander & Monroe, 1999), si bien no existe una clasificación completamente satisfactoria de los ambientes de depósito, los geólogos reconocen generalmente tres escenarios principales de depositación: continental, mixto y marino, cada uno con varios ambientes de depositación específicos. El ambiente marino poco profundo corresponde a la plataforma continental y puede ser lugar de depósito de arena o carbonato (Wicander & Monroe, 1999).

De acuerdo con las características ambientales se encontraron diferencias latitudinales en la composición y estructura de la malacocenosis en los cuatro sitios de estudio, definiendo que en la zona centro y norte existe una mayor biomasa en las muestras de sedimento de carbonatos producidas principalmente por macromoluscos. Estimar la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  que aportan los invertebrados marinos a través de sus caparazones calcáreos a los sedimentos marinos han sido el objetivo de varias investigaciones, en Bahía de la Choya en el alto Golfo de California Flessa & Ekdale (1987); Fürsich *et al.* (1991) mencionan que en esta zona, el contenido de carbonato de calcio en los sedimentos varía entre 1.5% a 41% y los principales grupos taxonómicos que los constituyen son los moluscos y en menor escala los equinodermos, algas rojas, briozoarios, foraminíferos ostrácodos, serpúlidos y balanos; que son grupos similares a los encontrados en nuestro estudio. En este mismo sitio, Meldahl (1987) menciona que la capa de los sedimentos datados del Holoceno es delgada y recubre una capa litificada de finales del Pleistoceno, en este sitio



la tasa de sedimentación es muy baja, basándose en estudios de fechamiento utilizando radiocarbono en conchas.

Meldahl (1987), para Bahía de la Choya utiliza conchas de *Dosinia* sp. recolectadas en la superficie del sustrato y mediante la técnica de radiocarbono, estima la edad de 3230 +/- 75 años. A una concha de *Chione* sp. sepultada a 60 cm de profundidad se tasó una edad de 4250 +/- 80 años, en otras conchas colectadas a 48 y 126 cm de profundidad del sustrato se estimaron edades de 2260 +/- 75 y 2600 +/- 145 años respectivamente, por lo que considera que en este sitio la tasa de sedimentación es muy baja. Flessa (1987) y Fürsich *et al.* (1991) en este mismo sitio, por la mezcla vertical de conchas antiguas en los sedimentos considera como una tafocenosis de moluscos de ponderación estable (Time-Average) que se refiere a períodos donde el medio físico permanece estable de manera que solo individuos de una comunidad persistente a lo largo del tiempo se mezclan.

De nuestros resultados, de las curvas de crecimiento y de la relación altura y peso de *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis* representan la cantidad de carbonato de calcio que se va acumulando en los bordes de la concha formando bandas de crecimiento. Esta acumulación de carbonato es de utilidad como indicador de la secuencia sedimentaria a los depósitos de carbonatos.

Se estimó que una cohorte de *Megapitaria squalida* (grupo de individuos nacidos en una misma área en un mismo tiempo) al llegar a su altura máxima ( $L_{\infty} = 81.97$ ) produce 60 g de  $\text{CaCO}_3$  en seis años, que en términos aritméticos podríamos interpretar de 10 g por año. En *Chione californiensis* se estimó en 5 g por año.

## 8. CONCLUSIONES

- En los sitios de estudio, durante primavera-verano, las variables oceanográficas presentaron un gradiente de temperatura de sur a norte y un gradiente de clorofila **a** de norte a sur. Las amplitudes de mareas y los vientos de verano del sureste provocan surgencias en áreas de la costa de la Península de Baja California ocasionando un incremento en concentración de nutrientes. Estas condiciones más la presencia-ausencia de algunos grupos de invertebrados marinos, permitieron caracterizar la zona de estudio en términos geológicos como ambiente eutrófico a oligotrófico de norte a sur.
- En Cabo Pulmo se registró la temperatura media más alta (30.8 °C) y la menor concentración de clorofila **a** que en los otros sitios de estudio, el tamaño de grano que predominó en el sedimento fue de arena media con abundancia de trozos de coral.
- En Bahía de Los Ángeles la temperatura fue menor que la de Cabo Pulmo con una temperatura media de 20 ° C y una concentración media de clorofila **a** de 2.2 mgCl/m<sup>-3</sup> que es mayor a la media de los otros sitios de estudio. El tipo de grano es mayor que el de Cabo Pulmo predominando la arena gruesa en el sedimento.
- La Isla San José y Punta Chivato tiene similitud en sus características oceanográficas, con una temperatura mínima en el mar de 16 °C y máxima de 30 °C y transparencia media del mar 11 m. En Punta Chivato se registró la concentración más alta de clorofila **a** (14.3 mgCl/m<sup>-3</sup>). En ambas localidades se caracterizaron por la presencia de algas calcáreas (rodolitos) y restos de coral en el sedimento.

- Por sus características ambientales y a los descriptores ecológicos empleados se encontraron diferencias latitudinales en la composición y estructura de la malacocenosis en los cuatro sitios de estudio. Se observaron cambios sustanciales en el número de organismos y de riqueza de especies, así como las especies dominantes de un sitio a otro.
- La malacocenosis exhibe una variabilidad en el índice de condición tafonómica en los cuatro sitios de estudio, predominando conchas de moluscos en buen estado de conservación.
- El máximo valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener se obtuvo en Punta Chivato con 3.8 bits/individuo y Cabo Pulmo tuvo los menores valores registrados (1.1 y 1.2 bits/individuo).
- En Punta Chivato y en la Isla San José se encontraron los valores más altos de diversidad y presentan similitud de condiciones mesotróficas. En estos sitios se reportan especies de moluscos como existentes desde el Pleistoceno.
- La mayor riqueza específica y biomasa relativa de los macromoluscos se observó en las zonas norte y centro que presentan condiciones eutróficas y mesotróficas; menor riqueza y biomasa en el sur, donde la mayor riqueza está representada por micromoluscos en ambiente oligo-mesotrófico.
- Los moluscos, a través de sus conchas depositan  $\text{CaCO}_3$  a los sedimentos en proporción a su densidad; se estimó que individuos de una cohorte de *Megapitaria squalida*, a una talla máxima aporta 10 g por año de  $\text{CaCO}_3$  a los sedimentos, mientras que *Chione californiensis* 5 g por año.

## 9.- RECOMENDACIONES

Es recomendable llevar a cabo un seguimiento a mayor escala en espacio y tiempo para detectar cambios o persistencia en la estructura de la malacocenosis en los sitios estudiados.

## 10. SUGERENCIAS PARA TRABAJO FUTURO

Es de interés comparar las curvas de crecimiento de los grupos de invertebrados marinos que constituyen los carbonatos y construir series de tiempo de crecimiento, que a la vez mediante una comparación cruzada nos ayude a comprender el desarrollo de carbonatos de transición en los registros fosiles.

Es de interés analizar el crecimiento de las almejas *Megapitaria squalida* y *Chione californiensis* en ambientes eutróficos de Golfo de California (latitud mayor a los 29° N) y comparar las bandas de crecimiento con almejas de ambientes mesotróficos

## 11.-LITERATURA CITADA

Abbott, R. T. 1974. American Seashells. The Marine Mollusca of Atlantic and Pacific Coasts of North America. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 663 p.

Álvarez Borrego, S. 1983. The Gulf of California. In: B.H. Ketchum (Ed.). *Estuaries and enclosed seas*. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam. 427-449

Álvarez-Borrego, S & J.R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In: J.P. Dauphin & B.R.T. Simoneit (Eds.). *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Memoir., 47: 555-567.

- Álvarez-Borrego, S. 2002. Physical Oceanography. In: T. Case, M. Codt & E. Ezcurra (Eds.). A New Island Biogeography of the Sea of Cortés. Oxford. University Press. New York., 46-56.
- Anónimo. 1985. *Carta de climas de La Paz*. Dirección de Geografía del Territorio Nacional. México. 15 p.
- Anónimo. 1995. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estudio hidrológico del estado de Baja California. México. 180 p.
- Arneri, E., G. Giannetti, B. Antolini. 1998. Age determination and growth of *Venus verrucosa* (Bivalvia: Veneridae) in the southern Adriatic and the Aegean Sea. *Fish. Res.*, 38: 193-198.
- Ansell, A.D., 1968. The rate of growth of the hard clam *Mercenaria mercenaria* (L) throughout the geographical range. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 31: 364–409.
- Arnold, W. S., D. C. Marelli, T. M. Bert, D. S. Jones & I.R. Quitmyer. 1991. Habitat-specific growth of hard clam *Mercenaria mercenaria* (L.) from the Indian River, Florida. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 147: 245–265.
- Arnold, W. S., T.M. Bert, D.C. Marelli, H. Cruz-Lopez & P. A. Gill. 1996. Genotype-specific growth of hard clams (genus *Mercenaria*) in a hybrid zone: variation among habitats. *Mar. Biol.*, 125:129–139.
- Arnold, W. S., T. M. Bert, I. R. Quitmyer & D. S. Jones. 1998. Contemporaneous deposition of annual growth bands in *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus), *Mercenaria campechiensis* (Gmelin), and their natural hybrid forms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 223: 93–109.

- Badán-Dangón, A., C. J. Koblinsky, & T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta.*, 8 (1) 13-22.
- Best, M.M.R & S.M. Kidwell. 2000. Bivalve taphonomy in tropical mixed siliclastic-carbonate settings. I. Environmental variation in shell condition. *Paleobiology*, 26 (1) 8-102.
- Betzler, C., T. C. Brachert & J. Nebelsick. 1997. The warm temperate carbonate province. A review of the facies, zonations and delimitations. In: C.Betzler & H. Hüssner, (Eds.), Vogel Festschrift. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 201: 83-99.
- Beukema, J.J., E., Knol & G.C. Cadée. 1985. Effects of temperature on the length of the annual growing season in the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *J. Exp. Mar.Biol. Ecol.*, 90: 129–144.
- Boucot, A.J. & R.S. Carney. 1981. Principles of benthic marine paleoecology. Academic Press, New York. 463 p.
- Bourrouilh-Le, J. 1996. The birth of carbonate platform; Miocene to Recent carbonate sediments on Rurutu Island (Austral Archipiélago, SE Pacific. *Mém. Soc. Geol.France*.169: 231-242.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. In: W.S. Hoar, D.J. Randal & J.R.Brett (Eds.) *Fish Physiology: Bioenergetics and Growth*. Academic Press, Inc., San Diego, CA., 8: 599-675.
- Brusca, R.C. & D.A. Thomson. 1975. Pulmo Reef: The only "coral reef" in the Gulf of California. *Cienc. Mar.*, 2 (2): 37-53.
- Brusca, R.C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Univ. Arizona Press, Tucson, 513 p.

- Carannante, G., M. Esteban, J.D. Milliman & L. Simona. 1988. Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators; Problems and limitations. *Sed. Geol.*, 60: 333-346.
- Carter, J.G. 1980. Environmental and biological control of bivalve shell mineralogy and microstructure. 69-114. In: D.C. Rhoads & R.Lutz (Eds) *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. Plenum Press, New York. 750 p.
- Castro-Ortíz, J.L., A.Tripp-Quezada & B. Anguas-Velez. 1992. Crecimiento de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Baja California Sur México. *Inv Mar. CICIMAR*, 7 (1) 1-7.
- Castro-Ortiz, J.L. & F. García-Domínguez. 1993. Crecimiento de *Chione californiensis* (Broderip, 1835) (Veneridae) en la Ensenada de la Paz, Baja California Sur, México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 8: 45-52.
- Castro Ortiz, J.L. & A. Tripp Quezada. 1994. Crecimiento de la almeja Chocolata roja *Megapitaria aurantiaca* (Bivalvia: Veneridae). *Inv. Mar. CICIMAR*, 9(2): 79-84.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth. 85 p.
- Clark, II, G.R., 1979. Seasonal growth variations in the shells of recent and prehistoric specimens of *Mercenaria mercenaria* from St. Catherines Island Georgia. *Anthropol. Pap. Am. Mus. Nat. Hist.*, 56: 161–172.
- Coan, E.V., S.P. Valentich & F. Bernard. 2000. Bivalve Seashells of Western North America Marine Bivalve Mollusks from Arctic Alaska to Baja California. *Santa Barbara Museum of Natural History*. Santa Barbara, California. 794 p.

- Cruz-Orozco, R., C. Martínez-Noriega & A. Mendoza Maravillas. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Oceánides*, 11(1): 21-27.
- DeDiego-Forbis, T.R. Douglas, D. Gorsline, E. Nava-Sánchez, L. Mack & J. Banner. 2004. Late Pleistoceno (Last interglacial) terrace deposits, Bahía Coyote, Baja California Sur. México. *Quaternary International* 120., 29-40.
- Domínguez-Orozco, A.L. & A. Tripp-Quezada. 1997. Estructura de la comunidad de macromoluscos bentónicos de la Caleta de Balandra, Bahía de La Paz, B.C.S. In: Urbán, R.J., Ramírez M. (Eds) La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación. UABCS, CICIMAR, Scripps Institution of Oceanography. La Paz, B.C.S. México. 119-127.
- Durham, J.W. 1950. E.W. Scripps Cruise to the Gulf of California: Part II, Megascopic paleontology and marine stratigraphy. Geological Society of America Memoirs., 43: 216 p
- Eisele, M. 2004. Akustische Kartierung und Sedimentologie von Rezenten gemischt karbonatisch-siliziklastischen auBertropischen Karbonatmilieus bei Punta Chivato im südlichen Golf von Kalifornien. Diplomarbeit Institut für Geologie und Palaontologie, Universität Stuttgart. Germany. 75 p.
- Folk, R.L. 1980. Petrology of Sedimentary rocks. Hemphill's Book Store Co. Austin, Texas. 182 p.
- Foster, M. S., R. Riosmena-Rodríguez, D. L. Steller & A. J. Woelkerling. 1997. Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation. *Geol. Soc. Am.*, 318: 127–139.
- Foster, M.S. 2001. Rhodoliths: between rocks and soft places. *J. Phycol.*, 37: 659-667.



- Flessa, K.W. & A.A. Ekdale. 1987. Paleoecology and taphonomy of Recent to Pleistocene intertidal deposits, Gulf of California. In: Davis, G.H., & E.M. Vanden Dolder (Eds). *Geologic Diversity of Arizona and its Margins: Excursions to Choice Areas*. Arizona Bureau of Geology and Mineral Technology Special Paper., 5: 295-308.
- Flessa, K.W., A.H. Cutler, & K.H. Meldahl. 1993. Time and taphonomy: Quantitative estimates of time-averaging and stratigraphic disorder in a shallow marine habitat. *Paleobiology.*, 19: 266-286.
- Fürsich, F.T. & K.W. Flessa. 1991. Ecology, taphonomy, and paleoecology of Recent and Pleistocene molluscan faunas of Bahia la Choya, northern Gulf of California. *Zitteliana* (Abhandlungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie) 18:180 p.
- Fürsich, F.T., K.W. Flessa., M. Aberhan, A. Feige, & S. Schödelbauer. 1991. Sedimentary habitats and molluscan faunas of Bahia la Choya (Gulf of California, Sonora, México). *Zitteliana.*, 18: 5-51.
- García-Esquivel, Z., G. Parés-Sierra & L. García Pámanes. 2000. Efecto de la velocidad de flujo y concentración del alimento sobre el crecimiento de juveniles de la escalopa *Nodipecten subnodosus*. *Cienc. Mar.*, 26: 612-641.
- Goodwin, D. H., K. W. Flessa, B. R. Schone & D. L. Dettman. 2001. Cross-calibration of daily growth increments, stable isotope variation, and temperature in the Gulf of California bivalve mollusk *Chione cortezi*: Implications for paleoenvironmental analysis. *Palaios.*, 16:387-39
- Grizzle, R.E., & P.J. Morin.1989. Effect of tidal currents, seston and bottom sediments on growth of *Mercenaria mercenaria*: results of a field experiment. *Mar. Biol.*, 102: 85–93.

- Gulland, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial Acribia. Zaragoza. 164 p.
- Guzmán, N., S. Saá & L. Ortlieb. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofogasta, 23° S (Chile) *Estud. Oceanol.*,17: 17-86.
- Halfar, J., L.Godinez-Orta & J. C. Ingle. 2000. Microfacies analysis of Recent carbonate environments in the southern Gulf of California, México: A model for warm temperate to subtropical carbonate formation. *Palaios.*, 15: 323-342
- Halfar, J., L. Godinez-Orta, G.A. Goodfriend, D.A. Mucciarone, J. C. Ingle & P. Holden. 2001. Holocene-Pleistocene carbonate sedimentation and tectonic history of the La Paz area, Baja California Sur, México. *Sed. Geol.*, 144 (1-2): 149-177
- Halfar, J., L. Godinez-Orta, M. Mutti, J.E.Valdez-Holguin & J.M. Borges. 2004a. Nutrient and temperature controls on modern carbonate production: an example from the Gulf of California, México. *Sed. Geol.*, 32: 213-216.
- Halfar, J., J.C. Ingle & L.Godinez-Orta. 2004b, Modern heterozoan mixed carbonate-siliciclastic sediments and environments of the southwestern Gulf of California, México. *Sed. Geol.*, 165: 93-115.
- Halfar, J., L. Godinez-Orta, B. Riegl, J.E. Valdez-Holguin & J.M. Borges.2005 Living on the edge: High-latitude *Porites* carbonate production under temperate eutrophic conditions. *Coral Reefs.*, 24 (4): 582-592.
- Halfar, J., L. Godinez-Orta, B. Riegl, J.E. Valdez-Holguin & J.M. Borges. 2006a. Carbonates calibrated against oceanographic parameters along a latitudinal transect in the Gulf of California, México. *Sedimentology.*,1-24.

- Halfar, J., M. Strasser, B. Riegl & L. Godinez-Orta. 2006b. Oceanography, acoustic mapping and sedimentology of a bryomol carbonate factory in the northern Gulf of California, Mexico. In: P.M. Pedley & G. Carannante, (Eds.): *Cool-water Carbonates: Depositional Systems and Palaeoenvironmental Controls*. Geological Society of London Special Publications., 255: 197-215.
- Hallock, P. 2001. Coral reefs, carbonate sediments, nutrients, and global change, 387-427. In: G.D. Stanley Jr (Ed.) *The History and sedimentology of ancient reef systems*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 468 p.
- Hauser, I., O. Wolfgang & E. Gischler. 2007. Modern bivalve shell assemblages on three atolls offshore Belize (Central America, Caribbean Sea). *Facies.*, 53 (4): 451-478
- Hetzinger, S., J. Halfar., B. Riegl & L. Godinez-Orta. 2006. Sedimentology and acoustic mapping of modern rhodolith facies on a non-tropical carbonate shelf (Gulf of California, México) *J. Sed. Research.*, 76: 670-682.
- Holguín-Quñones, O.E. & F. García-Domínguez. 1977. Lista anotada de las especies de moluscos recolectadas en la Bahía de La Paz, B.C.S. In: R.J. Urbán & M. Ramírez (Eds.). *La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación*. UABCS, CICIMAR, Scripps Institution of Oceanography. La Paz, B.C.S. México. 93-117
- James, N.P. 1997. The cool-water carbonate depositional realm. In: N.P. James & J.A.D. Clarke (Eds.). *Cool-water Carbonates. Spec. Publ.*, (Soc.Sediment.Geol.). 56: 1-22.
- Jimenes-Illescas, A.R., N.M. Obeso-Nieblas & D.S. Salas-DeLeon. 1997. Oceanografía física de la Bahía de la Paz, B.C.S. In: R.J. Urbán & M.

Ramírez (Eds.). La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación .UABCS, CICIMAR, Scripps Institution of Oceanography. La Paz, B.C.S. México. 31-41.

Jiménez-Valverde, A & J.Hortal. 2003. La curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev. Iber. Aracnol.*, 8: 151-161.

Jones, D.S., I. Thompson & W. Ambrose. 1978. Age and growth rate determinations for the Atlantic surf clam *Spisula solidissima* (Bivalvia: Mactracea), based on internal growth lines in shell cross sections. *Mar. Biol.*47: 63–70.

Jones, D.S., M.A. Arthur & D.J. Allard. 1989. Sclerochronological records of temperature and growth from shells of *Mercenaria mercenaria* from Narragansett Bay, Rhode Island. *Mar. Biol.*, 102: 225-234.

Jones, D. S., I. R. Quitmyer, W. S. Arnold & D. C. Marelli. 1990. Annual shell banding, age, and growth rate of hard clams (*Mercenaria spp.*) from Florida. *J. Shellfish Res.*, 9: 215–225.

Johnson, M.E. & J. Ledezma-Vázquez. 1997. Plioceno Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, México. Boulder Co. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 171 p.

Johnson, M.E. 2002. Discovering the geology of Baja California: Six hikes on the Southern Gulf Coast. Univ. Arizona Press, Tucson. 220 p.

Johnson, M.E., R.A. López-Pérez, C.R. Ramson & J. Ledesma-Vázquez. 2007. Desarrollo de un arrecife coralino en el pleistoceno tardío en isla Coronados, Golfo de California. *Cienc. Mar.*, 33 (2): 105-120.

- Kawai, D.K. 1954. Carbonic anhydrase. In: Pearl oyster. Distribution and some properties of the enzyme. *Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Serie B.* 21 (1):39-34.
- Kenn, A.M. 1971. Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Peru. (2ª edición) Stanford University Press, Stanford, 1065 p.
- Kenish, M.J. 1980. Shell microgrowth analysis: *Mercenaria mercenaria* as type example for research in population dynamics. In: D.C. Rhoads, & R.A. Lutz (Eds.). *Skeletal growth of aquatic organisms: Biological Records of Environmental Change.* Plenum Press, New York. 255-294.
- Krantz, D.E., D.F Williams & D.S.Jones.1987. Ecological and paleoenvironmental information using stable isotope profiles from living and fossil mollusks. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology.*, 58: 249-266.
- Krebs, C.J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. Harla, S.A. de C.V. México. 753 p.
- Lara-Lara, J.R., R. Millan-Núñez, J.Lara-Osorio & C. Bazán-Guzman. 1993. Productividad y biomasa del fitoplancton por clases de tamaño, en la parte central del Golfo de California durante la primavera, 1985. *Cienc. Mar.*, 19 (2): 137-154.
- Lees,A. & A.T. Buller. 1972. Modern temperate-water and warm-water shelf carbonate sediments contrasted. *Mar. Geol.*, 13: 67-63.
- Lees, A. 1975. Possible influence of salinity and temperature on modern shelf carbonate sedimentation. *Mar. Geol.*, 19: 159-198.
- Libbey, L.K., & M.E. Johnson. 1997. Upper Pleistocene rocky shores and intertidal biotas at Playa La Palmita (Baja California Sur, México). *J. Coast. Res.*,13: 216-225.

- Lutz, R.A., & D.C. Rhoads. 1980. Growth patterns within the molluscan shell: an overview. In: Rhoads, D.C. & R.A. Lutz (Eds.), *skeletal growth of aquatic organisms*, 203-254. Plenum Press, New York.
- Magurran, A.E. 1991. Ecological diversity and its measurement. Chapman and Hall, London, 179 p.
- Margaleff, R. 1982. Ecología. Editorial Omega. México. 1359 p.
- Marchitto, T.M., G.A. Jones, G.A. Goodsfriend & C.R. Weidman. 2000. Precise temporal correlation of holocene mollusk shells using sclerochronology. *Quaternary Research.*, 53: 236-246.
- Meldahl, K.H. 1987. Sedimentologic and taphonomic implications of biogenic stratification., *Palaios.*, 2: 350-358.
- Meldahl, K. H., K.W. Flessa & A.H. Cutler. 1997. Time-averaging and postmortem skeletal survival in benthic fossil assemblages: Quantitative comparisons among Holocene environments. *Paleobiology.*, 23(2): 207-229.
- Morris, Percy A. 1966. A field Guide to Shells of the Pacific Coast and Hawaii. Including Shells of the Gulf of California. Second Edition. Houghton Mifflin Company, Boston. 297 p.
- Mutti, M. & P. Hallock. 2003. Carbonate systems along nutrient and temperature gradients some sedimentological and geochemical constraints. *Int. J Earth Sci.*, 92: 465-475.
- Nelson, C.S. 1988. An introductory perspective on non-tropical carbonate deposits shelf carbonates. *Sed. Geol.*, 60: 3-12.
- Olivier, S.R. 1976. Elementos de ecología. Edit. Hemisferio Sur, Argentina. 174 p.

- Ortlieb, L. 1984. Field-Trip guidebook: Neotectonics and sea level variations in the Gulf of California area. Instituto de Geología. U.N.A.M. 152 p.
- Ortlieb, L. 1991. Quaternary vertical movements along the coasts of Baja California and Sonora. In: J.P. Dauphin & B.R.T Simoneit (Eds.) *The Gulf and Peninsular provinces of the Californias: American Association Petroleum Geologists Memoir*. 47:447- 480.
- Ortlieb, L., A. Diaz & N. Guzmán.1996. A warm interglacial episode during oxygen isotope stage 11 in Northern Chile. *Quatern. Sci. Rev.*,15: 857-871.
- Panella, G. & C. MacClintock. 1968. Biological and environmental rhythms reflected in molluscan shell growth. *J. Paleontology.*, 42: 64–80.
- Pérez-Nevarez, V. 1995. *Zonación y estructura de la comunidad de moluscos bivalvos en la ensenada de La Paz, B.C.S, México*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas- Instituto Politécnico Nacional. 121 p.
- Peterson, CH., P.B. Duncan, H.C. Summerson & G.W. Safrit. 1983. A mark-recapture test of annual periodicity of internal growth band deposition in shells of hard clams *Mercenaria mercenaria* from a population along the southeastern of United-States. *Fish. Bull.*, 81(4):765-79.
- Pielou, E. C., 1975. *Ecological Diversity*. J. Wiley & Sons, New York.142 p.
- Powell, E.N. & D.J. Davies. 1990. When is an “old “shell really “old”. *J. Geology.*, 98: 823-824.
- Reyes-Bonilla, H. 1993. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. pp. 207-222. In: S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO/CIQRO. Chetumal.

- Riegl, B., J. Halfar, S.J. Purkis & L. Godinez-Orta. 2007. Sedimentary facies of the eastern Pacific's northernmost reef-like setting (Cabo Pulmo, Mexico): geophysical and remote-sensing based mapping, *Mar. Geol.*, 236: 61-77.
- Rivera M. G., R. Riosmena-Rodríguez & M.S. Foster. 2004. Edad y crecimiento de *Lithothamnion muellerii* (Corallinales, Rhodophyta) en el suroeste del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.*, 30: 235-249.
- Rhoads, D.C., J.Y. Yingst & W. Ullman. 1978. Seafloor stability in central Long Island Sound: Part I Temporal changes in erodibility of fine grain-grain sediment. In: M.L. Wiley (Ed.) *Estuarine Interactions*. Academic Press, New York. 221-244.
- Rhoads, D.C., & R.A. Lutz. 1980. Skeletal growth of aquatic organisms: Biological records of environmental changes. Plenum Press, New York. 750 p.
- Rhoads, D.C. & G. Panella. 1970. The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleoecology. *Letahia.*, 3: 143-161.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. In: *Marine Geology of the Gulf of California*. A. symp. The American Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Memoir 3: 30-58.
- Rooke, J. & G. Mackie. 1984. Laboratory studies of the effects of Mollusca on alkalinity of their freshwater environment. *Can. J. Zool.*, 62:793-797.
- Santoyo, R.H. 1991. Proyecto Interdisciplinario Mar de Cortés. UABCS-SEP, México. 129 p.



- Sellwood, B.W. 1986. Shallow-marine Carbonate Environments. 283-342. In: Sedimentary Environments and Facies (Reading, H.G. (Ed.). *Blackwell Scientific Publications*. Oxford. 593 p.
- Schlanger, O. S. & C. J. Johnson. 1969. Algal banks near La Paz, Baja California. Modern analogues of source areas of transported shallow water fossils in pre-alpine Flysh deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*, 6: 141-157.
- Schindler, D. W., H. Kling, R. V. Schmidt, J. Prokopowich, V. E. Frost, R. A. Reid, & M. Capel. 1973. Eutrophication of Lake 227, Experimental Lakes Area, northwestern Ontario by addition of phosphate and nitrate, Part 2, The second, third, and fourth years of enrichment, 1970, 1971 and 1972, *J. Fish. Res. Board Canad.*, 30 (10): 1415-1440.
- Schöne, B.R, K.W. Flessa, D.L. Dettman & D.H. Goodwin. 2003. Upstream dams and downstream clams: growth rates of bivalve mollusks unveil impact of river management on estuarine ecosystems (Colorado river delta, México Estuarine. *Coast. Shelf. Sci.*, 58: 715-726
- Schöne, B.R, A.D. Freyre Castro, J. Fiebig, S.D. Houk, W. Oschmann & I. Kröncke. 2004. Sea surface water temperatures over the period 1884-1983 reconstructed from oxygen isotope ratios of a bivalve mollusk shell (*Arctica islandica*, southern North Sea). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*, 12: 215–232
- Scholle P.A., D.G. Bebout, & C.H. Moore. 1983. Carbonate Depositional Environments. AAPG Memoir 33. The American Association of Petroleum Geologists. 704 p.
- Schwartzlose, R.A., D. Álvarez-Millan, & P. Brueggeman. 1992. Golfo de California: Bibliografía de la Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 425 p.

- Sellwood, B.W. 1978. Shallow- marine Carbonate Environments. In: Sedimentary Environments and Facies. H. G. Reading. (Ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford. 557 p.
- Simian, M.E. & M.E. Johnson. 1997. Development and foundering of the Plioceno Santa Inés Archipelago in the Gulf of California: Baja California Sur, México. In: Johnson M.E. & J. Ledezma-Vazquez. (Eds.). Plioceno Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, México. Boulder Co. Geol. Soc. Am. Spec.Pap. 25-38.
- Skoglund,C. 1991. Additions to the Panamic Province. Bivalve (Mollusca) Literature 1971 to 1990. *Festivus* 22: 1-74.
- Skoglund,C. 1992. Additions to the Panamic Province. Gastropod (Mollusca) Literature 1971 to 1992. *Festivus* 24: 1-169.
- Stanley Jr., G.D., 2003. The evolution of modern corals and their early history. *Earth-Science Reviews*. Elsevier. 60: 195-225.
- Stauffer, J. R. Jr. 1986. Effects of salinity on preferred and lethal temperatures of the *Mozambique tilapia*, *Oreochromis mossambicus*. *Water Resources Bulletin* (American Water Resources Association), 22: (2) 205-208.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1- Manual. FAO. Documento Técnico de Pesca 306/1 Rev.1. Valparaiso. 420 p.
- Tait, R.V. 1971. Elementos de Ecología Marina. Edit. Acribia Zaragoza. 319 p.
- Thorp, J. & A. Covich. 1991. Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, New York. 988 p.

- Tripp-Quezada, A. 1985. *Explotación y cultivo de la almeja catarina Argopecten circularis en Baja California Sur. México*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 164 p.
- Valdez- Holguín, J.E. & J.R. Lara-Lara. 1987. Producción primaria en el Golfo de California: efectos del evento del niño 1982-1983. *Cienc. Mar.*, 13 (2):34-50
- Valiela, I. 1995. *Marine Ecological Processes*. Springer-Verlag. New York Inc. 686 p.
- Vicencio-Aguilar, M.D. 1998. *Estructura de la comunidad de moluscos de Cabo Pulmo, B.C.S., México*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz B.C.S., México 77 p.
- Wass, R.E., J.R. Connolly & J. Macintyre. 1970. Bryozoan carbonate sand continuous along southern Australia. *Mar. Geol. J.*, 9:63-73.
- Warwick, R.B. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 92: 557-562.
- Wicander, R & J.S. Monroe. 2000. *Fundamentos de Geología*. Seg. Edi. International Thomson Editores. México. 445 p.
- Zuschin M. & W.E. Piller. 1997. Bivalve distribution on coral carpets in the northern Bay of Safaga (Red Sea, Egypt) and its relation to environmental parameters. *Facies.*, 37: 183-194.
- Zuschin, M. & J. Hohenegger. 1998. Subtropical coral-reef associated sedimentary facies characterized by molluscs, Northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt.- *Facies.*, 38: 229-254.

Zuschin, M., H. Hohenegger & F.F. Steininger. 2001. Molluscan assemblages on coral reefs and associated hard substrata in the Northern Red Sea.- *Coral Reefs.*, 20: 107-116.

Zuschin, M. & G.Oliver. 2005. Diversity patterns of bivalves in a coral dominated shallow-water bay in the northern Red Sea- high species richness on a local scale. *Mar. Biol. Res.*, 1: 396-410.

## **12. ANEXO**

**12. Anexo. Listado taxonómico de las especies identificadas en los cuatro sitios de estudio.**

**Tabla XII. Lista de especies de moluscos de Cabo Pulmo, B.C.S.**

**Clase Pelecypoda**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>	
Arcoida	Arcidae	<i>Anadara cepoides</i>	(Sowerby I, 1833)
		<i>Anadara emarginata</i>	(Sowerby, 1833)
		<i>Anadara multicosata</i>	(Sowerby I, 1833)
		<i>Anadara similis</i>	(Adams, 1852)
		<i>Barbatia bailyi</i>	(Bartsch, 1931)
		<i>Barbatia gradata</i>	(Broderip & Sowerby, 1829)
		<i>Barbatia reeveana</i>	(Orbigny, 1846)
Mytiloida	Mytilidae	<i>Brachidontes semilaevis</i>	(Menke, 1849)
		<i>Brachidontes adamsianus</i>	(Dunker, 1857)
		<i>Brachidontes sp</i>	
		<i>Septifer zeteki</i>	(Hertlein & Strong, 1946)
	Dreissenidae	<i>Mytilopsis adamsi</i>	(Morrison, 1946)
Pterioida	Gryphaeidae	<i>Hyotissa hyotis</i>	(Linnaeus, 1758)
	Ostreidae	<i>Crassostrea palmula</i>	(Carpenter, 1857)
	Pectinidae	<i>Argopecten ventricosus</i>	(Sowerby II, 1842)
	Pteriidae	<i>Pteria sterna</i>	(Gould, 1851)
Veneroida	Carditidae	<i>Cardita affinis</i>	(Sowerby, 1833)
	Cardiidae	<i>Laevicardium substriatum</i>	(Conrad, 1837)
	Chamidae	<i>Chama sordida</i>	(Broderip, 1835)
	Crassatellidae	<i>Crassinella pacifica</i>	(Adams, 1852)
	Erycinidae	<i>Lasaea subviridis</i>	(Dall, 1899)
	Lucinidae	<i>Ctena mexicana</i>	(Dall, 1901)

	<i>Ctena clarionensis</i>	(Hertlein & Strong,1946)
	<i>Divalinga eburnea</i>	(Reeve,1850)
	<i>Divalinga perparvula</i>	(Dall,1901)
	<i>Lucina excavata</i>	(Carpenter, 1857)
	<i>Lucina mazatlanica</i>	(Carpenter,1857)
	<i>Lucina prolongata</i>	(Carpenter, 1857)
	<i>Lucina undatoides</i>	(Hertlein & Strong,1945)
Semelidae	<i>Cumingia lamelosa</i>	( Sowerby,1833)
	<i>Semele sp</i>	
Tellinidae	<i>Tellina coani</i>	(Keen,1971)
	<i>Tellina eburnea</i>	(Hanley,1844)
Veneridae	<i>Chione californiensis</i>	(Broderip,1835)
	<i>Chione compta</i>	(Broderip,1835)
	<i>Chione tumens</i>	(Verrill,1870)
	<i>Tivela argentina</i>	(Sowerby,1835)
	<i>Tivela byronensis</i>	(Gray,1838)
	<i>Transenella humilis</i>	(Carpenter,1857)
	<i>Transennella puella</i>	(Carpenter,1864)
	<i>Transenella modesta</i>	(Sowerby,1835)

4

14

41

**Tabla XIII. Lista de especies de moluscos de Cabo Pulmo, B.C.S.**

**Clase Gastrópoda**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>		
Archaeogastropoda	Acmeidae	<i>Collisella acutapex</i>	(Berry, 1960)	
		<i>Collisella strigatella</i>	(Carpenter, 1864)	
		<i>Patelloida semirubida</i>	(Dall, 1914)	
	Fissurellidae	<i>Diodora inaequalis</i>	(Sowerby, 1835)	
		<i>Diodora saturnalis</i>	(Carpenter, 1864)	
		<i>Emarginula velascoensis</i>	(Shasky, 1961)	
		<i>Fissurella deroyae</i>	(McLean, 1970)	
	Phenacolepadidae	<i>Phenacolepas malonei</i>	(Vanatta, 1912)	
	Basommatophora	Trimusculidae	<i>Trimusculus peruvianus</i>	(Sowerby, 1835)
			<i>Trimusculus reticulatus</i>	(Sowerby, 1835)
<i>Trimusculus sp.</i>				
Mesogastropoda	Calyptraeidae	<i>Calyptraea ventricosa</i>	(Carpenter, 1857)	
		<i>Crepidula aculeata</i>	(Gmelin, 1791)	
		<i>Crepidula lessonii</i>	(Broderip, 1834)	
		<i>Crepidula sp.</i>		
		<i>Crepidatella lingulata</i>	(Gould, 1846)	
		<i>Crepidula striolata</i>	(Menke, 1851)	
		<i>Crucibulum monticulus</i>	(Berry, 1969)	
		<i>Crucibulum scutellatum</i>	(Wood, 1828)	
		<i>Crucibulum spinosum</i>	(Dall, 1909)	
	Cerithiidae	<i>Alaba supralirata</i>	(Carpenter, 1857)	
		<i>Seila assimilata</i>	(Adams, 1852)	
		<i>Triphora hannai</i>	(Baker, 1926)	
	Collumbellidae	<i>Anachis teevani</i>	Hartlein & Strong, 1951)	
	Hipponicidae	<i>Hipponix panamensis</i>	(Adams, 1852)	
		<i>Hipponix pilosus</i>	(Deshayes, 1832)	
		<i>Hipponix planatus</i>	(Carpenter, 1852)	
	Olividae	<i>Olivella alba</i>	(Marrat in Sowerby, 1871)	
<i>Olivella dama</i>		(Wood, 1828)		
<i>Olivella gracilis</i>		(Broderip & Sowerby, 1829)		
<i>Olivella zanoeta</i>		(Duclos, 1835)		



		<i>Oliva incrassata</i>	(Lightfoot,1786)
		<i>Oliva undatella</i>	(Lamarck,1810)
	Ovulidae	<i>Simnia rufa</i>	(Dall,1909)
	Rissoinidae	<i>Rissoina stricta</i>	(Menke,1850)
	Lamellariidae	<i>Lamellaria inflata</i>	(Adams,1852)
Neogastropoda	Conidae	<i>Conus nux</i>	(Broderip,1833)
	Marginellidae	<i>Cystiscus palantirulus</i>	(Roan & Coan 1968)
		<i>Volvarina taeniolata</i>	Mörch,1860)
	Siphonariidae	<i>Siphonaria brannani</i>	(Stearns,1872)
		<i>Siphonaria gigas</i>	(Sowerby,1825)
		<i>Siphonaria maura</i>	(Sowerby,1835)
	Terebridae	<i>Terebra dorothyae</i>	(Bratcher & Burch,1970)

4

13

43

**Tabla XIV. Lista de especies de moluscos de la Isla San José, B.C.S.**

**Clase Pelecypoda**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>		
Arcoida	Arcidae	<i>Anadara multicosata</i>	(Sowerby I, 1833)	
	Glycymerididae	<i>Glycymeris gigantea</i>	(Reeve, 1843)	
Pterioida	Pectinidae	<i>Argopecten ventricosus</i>	(Sowerby II, 1842)	
		<i>Euvola vogdesi</i>	(Arnold, 1906)	
		<i>Lyropecten subnodosus</i>	(Sowerby, 1835)	
	Pteriidae	<i>Pinctada mazatlanica</i>	(Hanley, 1856)	
	Spondylidae	<i>Spondylus ursipes</i>	(Berry, 1959)	
Nuculoida	Nuculanidae	<i>Yoldia limatula</i>	(Say, 1831)	
Veneroida	Cardiidae	<i>Laevicardium elenense</i>	(Sowerby, 1840)	
		<i>Laevicardium substriatum</i>	(Conrad, 1837)	
		<i>Papyridea crockeri</i>	(Strong & Hertlein, 1937)	
		<i>Trigoniocardia biangulata</i>	(Broderip & Sowerby, 1829)	
		<i>Trachycardium panamense</i>	(Sowerby, 1833)	
		Carditidae	<i>Cardita affinis</i>	(Sowerby, 1833)
		Chamidae	<i>Chama corallina</i>	(Olsson, 1971)
			<i>Chama mexicana</i>	(Carpenter, 1857)
		Donacidae	<i>Donax transversus</i>	(Sowerby, 1825)
		Garidae	<i>Gari helenae</i>	(Olsson, 1961)
	Lucinidae	<i>Codakia distinguenda</i>	(Tryon, 1872)	
		<i>Lucina prolongata</i>	(Carpenter, 1857)	
	Tellinidae	<i>Strigilla costulifera</i>	(Morch, 1860)	
		<i>Strigilla dichotoma</i>	(Philippi, 1846)	
		<i>Tellina coani</i>	(Keen, 1971)	
		<i>Tellina eburnea</i>	(Hanley, 1844)	
		<i>Tellina subtrigona</i>	(Sowerby, 1866)	

*Tellina sp*

Veneridae	<i>Chione californiensis</i>	(Broderip, 1835)
	<i>Chione pulicaria</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Chione amathusia</i>	Philippi, 1844)
	<i>Chione squamosa</i>	(Carpenter, 1857)
	<i>Dosinia ponderosa</i>	(Gray, 1838)
	<i>Megapitaria squalida</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Megapitaria aurantiaca</i>	(Sowerby, 1831)
	<i>Periglypta multicostata</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Protothaca zorritensis</i>	(Olsson, 1961)
	<i>Tivela byronensis</i>	(Gray, 1838)
	<i>Transennella modesta</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Tivela argentina</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Ventricolaria isocardia</i>	(Verril, 1870)

**Tabla XV. Lista de especies de moluscos de la Isla San José, B.C.S.**

**Clase Gastrópoda**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>	
Archaeogastropoda	Turbinidae	<i>Turbo squamiger</i>	(Reeve,1843)
Mesogastropoda	Calyptraeidae	<i>Crepidula aculeata</i>	(Gmelin,1791)
		<i>Crucibulum monticulus</i>	(Berry,1969)
		<i>Crucibulum spinosum</i>	(Dall,1909)
		<i>Crucibulum scutellatum</i>	(Wood,1828)
		<i>Crucibulum sp.</i>	
	Naticidae	<i>Polinices uber</i>	(Valenciennes,1832)
	Cassidae	<i>Cassis coarctata</i>	(Sowerby,1825)
Neogastropoda	Collumbellidae	<i>Columbella haemastoma</i>	(Sowerby I, 1832)
	Nassaridae	<i>Nassarius luteostoma</i>	(Strong & Hertlein,1937)
	Olividae	<i>Oliva incrassata</i>	(Lightfoot,1786)
		<i>Olivella fletcheriae</i>	(Berry,1958)
		<i>Olivella gracilis</i>	Broderip & Sowerby,1829)
		<i>Oliva kaleontina</i>	(Duclos,1835)
		<i>Olivella sphoni</i>	(Burch & Campbell,1963)
	Terebridae	<i>Terebra balaenorum</i>	(Dall,1908)
<i>Terebra glauca</i>		(Hinds,1844)	
Turridae	<i>Pyrgospira obeliscus</i>	(Reeve,1843)	
	<i>Crassispira cerithoidea</i>	(Carpenter,1857)	

**Tabla XVI. Lista de especies de moluscos de Punta Chivato, B.C.S.**

**Clase Pelecypoda**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>	
Nuculoida	Nuculanidae	<i>Nuculana acrita</i>	(Dall, 1908)
Arcoida	Arcidae	<i>Anadara cepoides</i>	(Reeve, 1844)
		<i>Anadara multicosata</i>	(Sowerby I, 1833)
		<i>Arca mutabilis</i>	(Sowerby, 1833)
		<i>Arca pacifica</i>	(Sowerby, 1833)
		<i>Barbatia alternata</i>	(Sowerby, 1833)
		Glycymerididae	<i>Glycymeris gigantea</i>
		<i>Glycymeris multicosata</i>	(Sowerby, 1833)
Pterioida	Anomiidae	<i>Anomia adamas</i>	(Gray, 1850)
	Pectinidae	<i>Argopecten ventricosus</i>	(Sowerby II, 1842)
		<i>Chlamis lowei</i>	(Herlein, 1935)
		<i>Leptopecten latiaratus</i>	(Conrad,
		<i>Lyropecten subnodosus</i>	(Sowerby, 1835)
	Limidae	<i>Lima pacifica</i>	(Orbigny, 1846)
	Ostreidae	<i>Crassostrea palmula</i>	(Carpenter, 1857)
Plicatulidae	<i>Plicatula penicillata</i>	(Carpenter, 1857)	
Veneroida	Cardiidae	<i>Laevicardium elatum</i>	(Sowerby I, 1833)
		<i>Laevicardium substriatum</i>	(Conrad, 1837)
		<i>Trigoniocardia biangulata</i>	(Broderip & Sowerby, 1829)
		<i>Trigoniocardia guanacastensis</i>	(Hertlein & Strong, 1947)
		<i>Trachycardium panamense</i>	(Sowerby, 1833)
		<i>Trachycardium pristipleura</i>	(Dall, 1901)
	Carditidae	<i>Cardita radiata</i>	(Sowerby, 1833)
		<i>Cardita crassicosata</i>	(Sowerby, 1825)
		<i>Cardita affinis</i>	(Sowerby, 1833)
		<i>Cardita laticostata</i>	(Sowerby, 1833)
Chamidae	<i>Chama sordida</i>	(Broderip, 1835)	

Garidae (Psammobiidae)	<i>Gari helenae</i>	(Olsson, 1961)
Lucinidae	<i>Lucina prolongata</i>	(Carpenter, 1857)
	<i>Lucina mazatlanica</i>	(Carpenter, 1857)
Erycinidae	<i>Lasaea subviridis</i>	(Dall, 1899)
Tellinidae	<i>Strigilla dichotoma</i>	(Philippi, 1842)
	<i>Strigilla interrupta</i>	(Mörch, 1860)
	<i>Tellina coani</i>	(Keen, 1971)
Ungulinidae (Diplodontidae)	<i>Diplodonta subcuadrata</i>	(Carpenter, 1856)
Veneridae	<i>Chione californiensis</i>	(Broderip, 1835)
	<i>Chione compta</i>	(Broderip, 1835)
	<i>Chione fructifraga</i>	(Sowerby, 1853)
	<i>Chione gnidia</i>	(Broderip & Sowerby, 1829)
	<i>Chione pulicaria</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Chione squamosa</i>	(Carpenter, 1857)
	<i>Chione undatella</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Dosinia ponderosa</i>	(Gray, 1838)
	<i>Megapitaria squalida</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Protothaca beili</i>	(Olsson, 1961)
	<i>Protothaca asperrima</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Prothotaca metodon</i>	(Pilsbry & Lowe, 1932)
	<i>Protothaca staminea</i>	(Conrad, 1837)
	<i>Protothaca zorritensis</i>	(Olsson, 1961)
	<i>Tagelus californianus</i>	(Conrad, 1837)
	<i>Tivela byromensis</i>	(Gray, 1838)
	<i>Tivela hindsii</i>	(Hanley, 1844)
	<i>Transenella modesta</i>	(Sowerby, 1835)
	<i>Transennella puella</i>	(Carpenter, 1864)

**Tabla XVII. Lista de especies de moluscos de Punta Chivato, B.C.S**

**Clase Gastrópoda**

<b>Orden</b>	<b>Familias</b>	<b>Especies</b>	
Archaeogastropoda	Fissurelidae	<i>Diodora digueti</i>	(Mabille, 1895)
		<i>Diodora inaequalis</i>	(Sowerby, 1835)
		<i>Fissurella microtrema</i>	(Sowerby, 1835)
	Patellidae	<i>Ancistromesus mexicanus</i>	(Broderip y Sowerby, 1829)
Mesogastropoda	Calyptraeidae	<i>Crepidula excavata</i>	(Broderip, 1834)
		<i>Crepidula striolata</i>	(Keen, 1971)
		<i>Crucibulum monticulus</i>	(Berry, 1969)
		<i>Crucibulum pectinatum</i>	(Carpenter, 1856)
		<i>Crucibulum spinosum</i>	(Sowerby I, 1824)
		<i>Crucibulum subactum</i>	(Berry, 1963)
	Cerithiidae	<i>Cerithiopsis sp</i>	
	Naticidae	<i>Polinices uber</i>	(Valenciennes, 1832)
	Potamididae	<i>Cerithidea mazatlanica</i>	(Carpenter, 1857)
		<i>Cerithidea montagnei</i>	(Orbigny, 1839)
Neogastropoda	Conidae	<i>Conus fergusonii</i>	(Sowerby III, 1873)
		<i>Conus nux</i>	(Broderip, 1833)
		<i>Conus purpurascens</i>	(Sowerby I, 1833)
		<i>Conus ximenes</i>	(Gray, 1839)
		<i>Conus sp</i>	
		<i>Nassarius moestus</i>	(Hinds, 1844)
	Nassariidae	<i>Nassarius tegulus</i>	(Reeve, 1853)
	Olividae	<i>Oliva spicata</i>	(Röding, 1798)
		<i>Oliva incrassata</i>	(Lightfoot, 1786)
		<i>Oliva sp</i>	
		<i>Oliva sp2</i>	
		<i>Olivella alba</i>	(Marrat & Sowerby, 1871)
		<i>Olivella altatae</i>	(Burch & Campbell, 1963)
		<i>Olivella dama</i>	(Wood, 1828)
<i>Olivella gracilis</i>		(Broderip y Sowerby, 1829)	
Terebridae	<i>Terebra ornata</i>	(Gray, 1834)	

Trochidae *Calliostoma nepheloide* (Dall, 1913)

Trimusculidae *Trimusculus stellatus* (Sowerby, 1835)

3

12

32



**Tabla XVIII. Lista de especies de moluscos de Bahía de Los Ángeles, B.C.**

**Clase Pelecypoda**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>		
Arcoida	Arcidae	<i>Anadara formosa</i>	(Sowerby, 1833)	
		<i>Anadara multicosata</i>	(Sowerby I, 1833)	
		<i>Anadara obesa</i>	(Sowerby, 1833)	
		<i>Anadara reinharti</i>	(Lowe, 1935)	
		<i>Barbatia gradata</i>	(Broderip & Sowerby, 1829)	
		<i>Barbatia reeveana</i>	(Orbigny, 1846)	
	Glycymerididae	<i>Glycymeris canoa</i>	(Pilsbry & Lowe, 1941)	
		<i>Glycymeris gigantea</i>	(Reeve, 1843)	
		<i>Glycymeris inaequalis</i>	(Sowerby, 1833)	
	Carditidae	<i>Cardita affinis</i>	(Sowerby, 1833)	
		<i>Cardita radiata</i>	(Sowerby, 1833)	
	Mytiloida	Mytilidae	<i>Brachidontes adamsianus</i>	(Dunker, 1857)
			<i>Choromytilus palliopunctatus</i>	(Carpenter, 1857)
	Nuculoida	Nuculidae	<i>Nucula exigua</i>	(Sowerby I, 1833)
	Pterioida	Pteriidae	<i>Pteria sterna</i>	(Gould, 1851)
Ostreidae		<i>Ostrea palmula</i>	(Carpenter, 1857)	
Pectinidae		<i>Euvola vogdesi</i>	(Arnold, 1906)	
		<i>Chlamys lowei</i>	(Hertlein, 1935)	
Anomiidae		<i>Anomia peruviana</i>	(Orbigny, 1846)	
Limidae		<i>Lima pacifica</i>	(Orbigny, 1846)	
		<i>Divalinga eburnea</i>	(Reeve, 1850)	
Veneroida		Cardiidae	<i>Laevicardium elenense</i>	(Sowerby, 1840)
			<i>Laevicardium substriatum</i>	(Conrad, 1837)
			<i>Nemocardium pazianum</i>	(Dall, 1916)
	<i>Trigonocardia biangulata</i>		(Broderip & Sowerby, 1829)	
	<i>Trachicardium panamense</i>		(Sowerby, 1833)	
	Donacidae	<i>Donax peruvianus</i>	(Deshayes, 1855)	

Chamidae	<i>Chama sordida</i>	(Broderip, 1835)
Crassatellidae	<i>Eucrassatella digueti</i>	(Lamy, 1917)
Lucinidae	<i>Lucina cancellaris</i> <i>Lucina excavata</i> <i>Lucina fenestrata</i>	(Philippi, 1846) (Carpenter, 1857) (Hinds, 1845)
Psammobiidae	<i>Gari fucata</i> <i>Gari helenae</i>	(Hinds, 1845) (Olsson, 1961)
Solecurtidae	<i>Tagelus affinis</i>	(Adams, 1852)
Tellinidae	<i>Strigilla cicercula</i> <i>Tellina coani</i> <i>Tellina cumingii</i> <i>Tellina eburnea</i> <i>Tellina hiberna</i> <i>Tellina ochracea</i> <i>Tellina straminea</i>	(Philippi, 1846) (Keen, 1971) (Hanley, 1844) (Hanley, 1844) (Hanley, 1844) (Carpenter, 1864) (Deshayes, 1855)
Thyasiridae	<i>Axinopsida serricata</i>	(Carpenter, 1864)
Ungulinidae	<i>Diplodonta subquadrata</i> <i>Felaniella sericata</i> <i>Phlyctiderma phoebe</i>	(Carpenter, 1856) (Reeve, 1850) (Berry, 1960)
Veneridae	<i>Chione californiensis</i> <i>Chione compta</i> <i>Chione fluctifraga</i> <i>Chione gnidia</i> <i>Chione guatulcoensis</i> <i>Chione obliterated</i> <i>Chione squamosa</i> <i>Chione tumens</i> <i>Chione undatella</i> <i>Macoma elytrum</i> <i>Macoma grandis</i> <i>Megapitaria squalida</i> <i>Pitar helenae</i> <i>Semele flavescens</i> <i>Tivela byronensis</i> <i>Transenella modesta</i> <i>Transenella puella</i>	(Broderip, 1835) (Broderip, 1835) (Sowerby, 1853) (Broderip & Sowerby, 1829) (Hertlein & Strong, 1948) (Dall, 1902) (Carpenter, 1857) (Verrill, 1870) (Sowerby, 1835) (Keen, 1958) (Hanley, 1844) (Sowerby, 1835) (Olsson, 1961) (Gould, 1851) (Gray, 1838) (Sowerby, 1835) (Carpenter, 1864)

**Tabla XIX. Lista de especies de moluscos de Bahía de Los Ángeles, B.C.**

**Clase Gastrópoda**

<b>Orden</b>	<b>Familias</b>	<b>Especies</b>	
Mesogastropoda	Strombidae	<i>Strombus gracilior</i>	(Sowerby 1,1835)
	Epitoniidae	<i>Amaea ferminiana</i>	(Dall,1908)
	Calyptraeidae	<i>Cheilea cepacea</i>	(Broderip,1834)
		<i>Crepidula arenata</i>	(Broderip,1834)
		<i>Crepidula striolata</i>	(Keen,1971)
		<i>Crucibulum monticulus</i>	(Berry,1969)
		<i>Crucibulum scutellatum</i>	(Wood,1828)
		<i>Crucibulum spinosum</i>	(Sowerby I, 1824)
		<i>Crucibulum pectinatum</i>	(Carpenter,1856)
	Naticidae	<i>Natica lunaris</i>	(Berry,1964)
<i>Polinices uber</i>		(Valenciennes,1932)	
<i>Polinices reclusianus</i>		(Deshayes.1839)	
Neogastropoda	Muricidae	<i>Murex elenensis</i>	(Dall,1909)
	Nassariidae	<i>Nassarius moestus</i>	(Hinds,1844)
		<i>Nassarius luteostoma</i>	(Broderip & Sowerby,1829)
		<i>Nassarius iodes</i>	(Dall,1917)
		<i>Nassarius guaymasensis</i>	(Pilsbry & Lowe,1932)
	Coralliophilidae	<i>Coralliophila orcuttiana</i>	(Dall,1919)
	Olividae	<i>Agaronia testacea</i>	(Lamarck, 1811)
		<i>Olivella anazora</i>	(Duclos,1835)
		<i>Olivelella dama</i>	(Wood,1828)
		<i>Olivella alba</i>	(Marrat & Sowerby,1871)
		<i>Oliva incrassata</i>	(Lightfoot,1786)
		<i>Olivella sphoni</i>	(Burch & Campbell, 1963)
		<i>Olivella altatae</i>	(Burch & Campbell, 1963)
<i>Olivella walkeri</i>		(Berry,1958)	
Terebridae	<i>Terebra balaenorum</i>	(Dall,1908)	

Bassomatophora

Siphonariidae

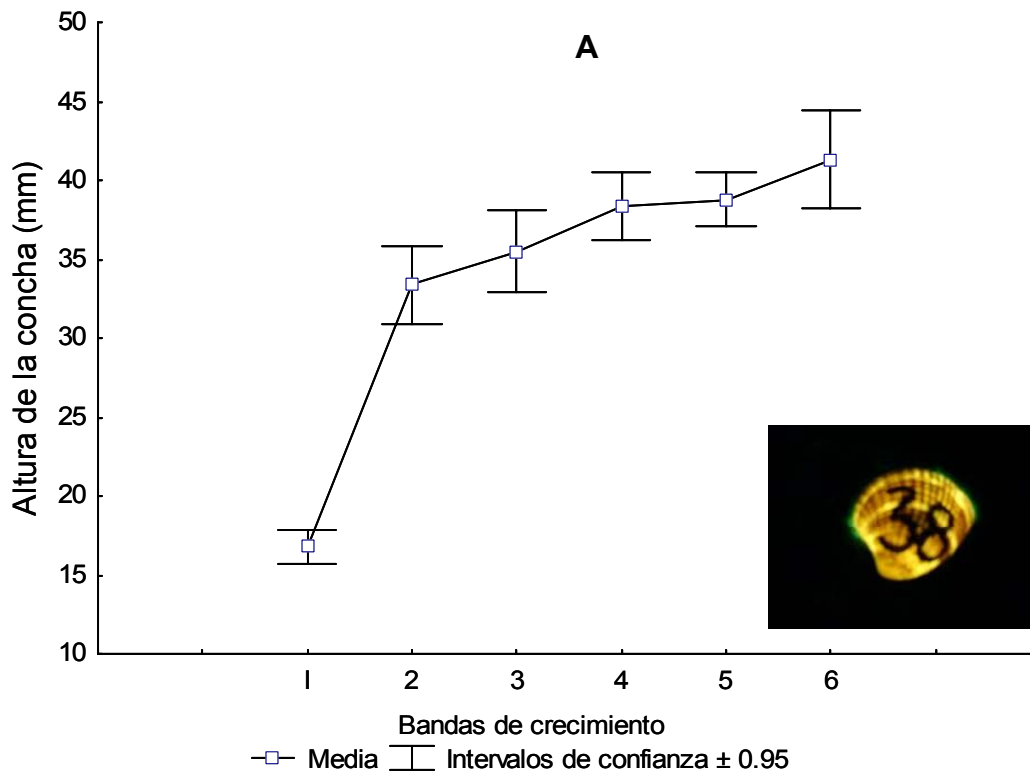
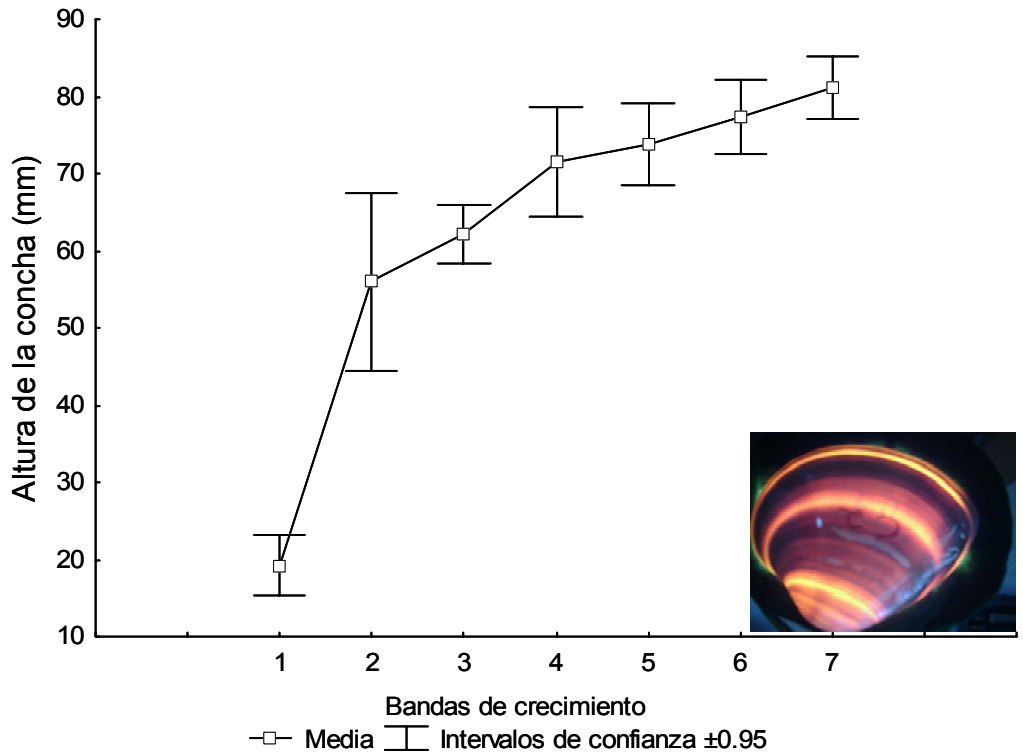
*Siphonaria gigas*

(Sowerby I, 1825)

**3**

**10**

**28**



**Anexo 2.** Curvas de crecimiento de *Megapitaria squalida* (A) y *Chione californiensis* (B). Las líneas verticales denotan el  $\pm 95\%$  del límite de confianza.



En total se capturaron, midieron y marcaron en la concha con lápiz de punta de diamante 118 ejemplares de *Megapitaria squalida*. Talla mínima  $13.74 \pm 4.16$  mm



**A**

**B**

En la Isla San José (A) y Punta Chivato (B) a una profundidad de 7 a 10 m se encontraron los moluscos con mayor índice tafonómico.



Ejemplar vivo y detalle de la concha de *Lucina undatoides* recolectado en la Isla San José. Reportado por Keen (1971) como especie rara en la Bahía de La Paz, B.C.S.