

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



ESTRATEGIA REPRODUCTIVA DE *Megapitaria squalida* (SOWERBY, 1835) EN DOS ZONAS DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

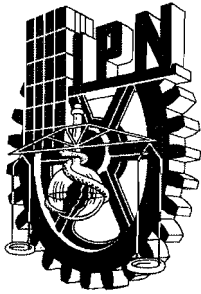
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

ABRIL KARIM ROMO PIÑERA

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DE 2010.



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

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 27 del mes Mayo del año 2010
el (la) que suscribe MC. ABRIL KARIM ROMO PIÑERA alumno(a) del
Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS
con número de registro A070362 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ y DR. MARCIAL ARELLANO MARTÍNEZ
y cede los derechos del trabajo titulado:

"ESTRATEGIA REPRODUCTIVA DE *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835)

EN DOS LOCALIDADES DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

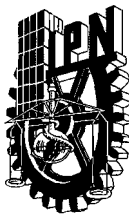
al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

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. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: aromop@ipn.mx - fdoming@ipn.mx - marellam@ipn.mx

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

MC. ABRIL KARIM ROMO PIÑERA

nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 14 horas del día 20 del mes de Mayo del 2010 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 titulada:

**“ESTRATEGIA REPRODUCTIVA DE *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835)
EN DOS LOCALIDADES DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”**

Presentada por el alumno:

ROMO Apellido paterno	PIÑERA materno	ABRIL KARIM nombre(s)	Con registro:						
			A	0	7	0	3	6	2

Aspirante de:

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis



DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ
Director de Tesis



DR. MARCIAL ARELLANO MARTÍNEZ
Director de Tesis



DRA. BERTHA PATRICIA CEBALLOS VÁZQUEZ



DR. JOSÉ DE LA CRUZ AGÜERO



DR. PEDRO SAUCEDO LASTRA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**IPN
CICIMAR
DIRECCION**

DEDICATORIA

A:

Daniel, Daniel Osmar y Nicolás

los AMO

A mis papás, Gracias!!!!

A Laura, Yazmín y Paco

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por el apoyo otorgado durante mi formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional (PIFI-IPN) por el apoyo económico otorgado durante mis estudios. A la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del Instituto Politécnico Nacional (COFFA-IPN) por los estímulos económicos. De igual manera a los proyectos SIP 20070605, SIP 20080232, SIP 20091254 y SIP 20100877.

A los miembros de la Comisión Revisora:

Dr. Federico García Domínguez por aceptarme de nuevo como estudiante y por su interés y dedicación en la realización de este trabajo.

Dr. Marcial Arellano Martínez y Dra. Patricia Ceballos Vázquez por su gran dedicación y apoyo. Por sus valiosas aportaciones a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo y por tener siempre tiempo para responder cualquier tipo de dudas que se me presentaran.

Dr. José De La Cruz por su paciencia y rápida enseñanza en el uso de diferentes herramientas, así como sus atinados comentarios sobre este trabajo y muchos otros temas.

Dr. Pedro Saucedo Lastra por la revisión y comentarios hechos a este trabajo.

Al personal del CICIMAR-IPN:

Q.F.I. Sonia Rodríguez por facilitarme todo lo necesario para el procesamiento de muestras. Al C.P. Humberto Ceseña Amador Jefe del Depto. de Servicios Escolares del CICIMAR, por su gran eficiencia en la realización de cualquier trámite. A Efraín Flores, Manuel Zamarron y Ciro Arista por la obtención de las muestras durante dos largos años.

Al personal de la unidad de cómputo y a Armando por su ayuda en el procesamiento de muestras.

Un agradecimiento a George por la enseñanza de la técnica histológica y por su ayuda en el procesamiento de muestras.

A Marian y Josué por la ayuda para procesar muestras, pesar tejidos, medir ovocitos y divertirnos.

A las amistades que son familia y han estado cuando he necesitado, Rangis, Gina, Mercedes, Sandra, Mary.

A la mi familia Romo Piñera y Galindo Espinosa, por su ayuda y apoyo.

ÍNDICE

	Página
GLOSARIO.....	I
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACIÓN	11
IV. OBJETIVOS.....	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
1. ÁREA DE ESTUDIO.....	13
2. MUESTREO	16
2.1 Obtención de organismos	16
2.2 Muestras de agua	16
2.3 Factores ambientales	16
3. ACTIVIDAD REPRODUCTIVA.....	17
3.1 Análisis histológico	17
3.2 Proporción de sexos	17
3.3 Diámetro promedio de los ovocitos.....	17
3.4 Índice de la gónada	18
3.5 Talla de primera madurez.....	18
4. ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES	19

4.1 Índices morfofisiológicos.....	19
4.2 Análisis bioquímico de los tejidos	20
4.2.1 Preparación de las muestras.....	20
4.2.2 Proteínas.....	20
4.2.3 Lípidos	20
4.2.4 Carbohidratos.....	21
5. CANTIDAD Y CALIDAD DE ALIMENTO	21
5.1 Determinación de clorofila a	21
5.2 Análisis de seston.....	21
5.2.1 Análisis bioquímico del seston	22
5.2.2 Índice alimenticio.....	23
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	23
VI. RESULTADOS.....	25
1. ACTIVIDAD REPRODUCTIVA.....	25
1.1 Estructura gonádica.....	25
1.2 Proporción de sexos	26
1.4 Hermafroditismo	35
1.5 Ciclo reproductivo	36
1.5.1 Diámetro de los ovocitos.....	40
1.5.2 Índice de la Gónada	41
1.6 Talla de primera madurez.....	43
2. CICLO DE ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES	45
2.1 Índices morfofisiológicos.....	45
2.2 Composición bioquímica de los tejidos	46
2.2.1 Bahía de La Paz.....	46
2.2.1.1 Proteínas	46

2.2.1.2 Lípidos	47
2.2.1.3 Carbohidratos	47
2.2.2 Bahía Magdalena	48
2.2.2.1 Proteínas	48
2.2.2.2 Lípidos	49
2.2.2.3 Carbohidratos	49
3. FACTORES AMBIENTALES	50
3.1 Temperatura del agua	50
3.2 Salinidad	52
4. INDICADORES DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL ALIMENTO	53
4.1 Clorofila a.....	53
4.2 Seston.....	54
4.2.1 Análisis de la concentración de seston	54
4.2.2 Razón SI/SO	56
4.2.3 Análisis bioquímico del seston	56
4.2.4 Índice Alimenticio	58
5. ANÁLISIS DISCRIMINANTE	59
VII. DISCUSIÓN.....	62
VIII. CONCLUSIONES.....	80
IX. RECOMENDACIONES	81
X. BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXO 1. TIEMPOS DE INMERSIÓN PARA EL PROCESO HISTOLÓGICO	101
ANEXO 2. TIEMPOS DE INMERSIÓN PARA EL PROCESO DE TINCIÓN....	102
ANEXO 3. ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA DE <i>Megapitaria squalida</i>	103

GLOSARIO

Acinos: Son unidades estructurales de forma redondeada que forman las gónadas en donde se desarrollan los gametos, cuyas paredes están formadas por tejido germinal (también llamados folículos).

Ciclo gonádico o gametogénico: Evento repetitivo dentro de las gónadas que conduce a la producción de gametos (ovocitos y espermatozoides).

Ciclo reproductivo: Frecuencia de aparición de las diferentes fases de desarrollo gonádico a través del año y que en general es cíclico.

Espermatocito: Los espermatocitos primarios son células diploides derivadas del proceso de espermatogénesis formadas por el aumento en tamaño de las espermatogonias. Los espermatocitos secundarios son células haploides originadas tras la meiosis I; cada espermatocito secundario se diferencia en una espermátida.

Espermatogonias: Células reproductoras masculinas primarias y diploides.

Espermatozoides: Células reproductoras masculinas haploides y maduras que presentan un flagelo.

Estrategia reproductiva: Conjunto de tácticas reproductivas determinadas por el genotipo, que llevan al máximo la probabilidad de que los organismos dejen descendientes.

Fagocito: Célula sanguínea que adquiere la capacidad de reabsorber los gametos residuales durante el posdesove.

Fases de desarrollo gonádico: Se refiere a la división artificial del proceso de maduración de las gónadas en hembras y machos.

Gametogénesis: Proceso de formación de gametos femeninos y masculinos a partir de las células del epitelio germinal.

Gametos: Células sexuales procedentes de la estirpe germinal, cuya carga cromosómica es n .

Glándula digestiva: Tejido somático que cumple la función digerir alimentos y almacenar reservas energéticas.

Gónada: Órgano en el que tiene lugar el desarrollo de los gametos.

Gonocórico: Individuo que posee estructuras reproductoras únicamente femeninas o masculinas.

Hermafrodita: Individuo que posee estructuras reproductoras tanto femeninas como masculinas.

Hermafroditismo casual o accidental: individuo de una especie que presenta gónadas en las que se observan gametos femeninos y masculinos al mismo tiempo, sin que esto sea una condición normal dentro de la especie.

La Niña: Fenómeno a gran escala oceánico-atmosférico que provoca entre otros un descenso anómalo en la temperatura y nivel del mar, así como un cambio en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico.

Ovario: Órgano genital femenino en donde se producen los óvulos.

Ovocito: Célula sexual femenina en crecimiento. El tamaño del ovocito va aumentando conforme va madurando debido a la acumulación de sustancias de reserva.

Ovogonia: Célula sexual diploide.

Proporción sexual: La relación de hembras y machos en un grupo de organismos.

Reproducción: Proceso mediante el cual las especies se perpetúan.

Seston: Material particulado orgánico e inorgánico que se distribuye en la columna de agua.

Tácticas reproductivas: aspectos fisiológicos, bioquímicos, ecológicos y sociales, que varían dentro de ciertos límites y que tienen como finalidad llevar a cabo la reproducción.

Tejido conjuntivo: Tejido que se encuentra dentro y fuera de los folículos, y provee soporte estructural al tejido gonádico.

Vitelo: Material nutritivo de reserva de los ovocitos que se utiliza durante el desarrollo del embrión.

Vitelogénesis: Proceso de formación y acumulación del vitelo en el citoplasma de las células sexuales femeninas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplares de <i>Megapitaria squalida</i> (Sowerby 1835).....	3
Figura 2. Zonas de captura de la almeja chocolata en Baja California Sur, México.....	10
Figura 3. Tendencia anual de la captura de almeja chocolata en Baja California Sur, México.	11
Figura 5. Localización anatómica de la masa visceral, donde se encuentra incluido el tejido gonádico de <i>Megapitaria squalida</i>	25
Figura 6. Microfotografía de tejido gonádico femenino de <i>Megapitaria squalida</i> , invadiendo parte del pie del organismo.....	26
Figura 7. Microfotografía de una gónada femenina de <i>Megapitaria squalida</i> con ovocitos en diferentes grados de desarrollo dentro de los acinos.....	29
Figura 8. Microfotografía de una gónada masculina de <i>Megapitaria squalida</i> con acinos en diferentes grados de desarrollo.....	29
Figura 9. Microfotografía de la fase de desarrollo en una hembra de <i>Megapitaria squalida</i>	30
Figura 10. Microfotografía de la fase de desarrollo en un macho de <i>Megapitaria squalida</i>	31
Figura 11. Microfotografía de la fase de madurez en una hembra de <i>Megapitaria squalida</i>	32
Figura 12. Microfotografía de la fase de madurez en un macho de <i>Megapitaria squalida</i>	32
Figura 13. Microfotografía de la fase de desove en una hembra de <i>Megapitaria squalida</i>	33
Figura 14. Microfotografía de la fase de desove en un macho de <i>Megapitaria squalida</i>	34
Figura 15. Microfotografía de la fase de posdesove en una hembra de <i>Megapitaria squalida</i>	34
Figura 16. Microfotografía de la fase de posdesove en un macho de <i>Megapitaria squalida</i>	35

Figura 17. Microfotografía de organismos hermafroditas de <i>Megapitaria squalida</i> . A y B) Ejemplares predominantemente masculinos en fase de madurez con presencia de ovocitos. C y D) Ejemplares predominantemente femeninos en fase de desove, con ascinos masculinos en fase de madurez (C) y en desarrollo (D).	36
Figura 18. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de hembras de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía de La Paz, B.C.S., México.	37
Figura 19. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de machos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía de La Paz, B.C.S., México.	38
Figura 20. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de hembras de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía Magdalena, B.C.S., México.....	39
Figura 21. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de machos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía Magdalena, B.C.S., México.	40
Figura 22. Variación mensual del diámetro promedio de los ovocitos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México. Las barras corresponden a los errores estándar.	41
Figura 23. Variación mensual del índice de la gónada en hembras y machos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía de La Paz, B.C.S., México.	42
Figura 24. Variación mensual del índice de la gónada en hembras y machos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía Magdalena, B.C.S., México.....	43
Figura 25. Talla de primera madurez en hembras y machos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía de La Paz, B.C.S., México.....	44
Figura 26. Talla de primera madurez en hembras y machos de <i>Megapitaria squalida</i> en Bahía Magdalena, B.C.S., México.	44
Figura 27. Valor promedio mensual de la temperatura en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.	51

Figura 28. Valor mensual de salinidad en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.	53
Figura 29. Valor promedio mensual de la concentración de clorofila <i>a</i> en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.	54
Figura 30. Variación mensual del seston total (ST), orgánico (SO) e inorgánico (SI) en Bahía de La Paz, B.C.S., México.	55
Figura 31. Variación mensual del seston total (ST), orgánico (SO) e inorgánico (SI) en Bahía Magdalena, B.C.S., México.	55
Figura 32. Variación mensual de la razón de SI/SO en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.	56
Figura 33. Variación mensual de la concentración de carbohidratos, lípidos y proteínas en Bahía de La Paz, B.C.S., México.	57
Figura 34. Variación mensual de la concentración de carbohidratos, lípidos y proteínas en Bahía Magdalena, B.C.S., México.	58
Figura 35. Variación mensual del índice alimenticio en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.	58
Figura 36. Proyección en el plano de las funciones canónicas, de las zonas analizadas: Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM). Varianza acumulada por las dos primeras VC=48%.	59
Figura 37. Proyección en el plano de las funciones canónicas, de los organismos analizados en ambas zonas: Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM). Varianza acumulada por las dos primeras VC=53%.	60

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Porcentaje de hembras y machos, valores de χ^2 y proporción de sexos por mes y total de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México. Los valores en negrillas indican una diferencia significativa de 1:1 (χ^2 , $p < 0.05$).27
- Tabla 2.** Porcentaje de hembras y machos, valores de χ^2 y proporción de sexos por intervalos de talla de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México. Los valores en negrillas indican una diferencia significativa de 1:1 (χ^2 $p < 0.05$).28
- Tabla 3.** Variación por fases de desarrollo de los diferentes índices (media \pm error estándar) de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México. Las medias que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.01$).46
- Tabla 4.** Variación de la composición bioquímica por fases de desarrollo de los diferentes tejidos (media \pm error estándar) de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz, B.C.S., México. Las medias que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.01$).48
- Tabla 5.** Variación de la composición bioquímica por fases de desarrollo de los diferentes tejidos (media \pm error estándar) de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía Magdalena, B.C.S., México. Las medias que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.01$).50
- Tabla 6.** Variación interanual de la temperatura del agua durante el periodo de estudio.....52
- Tabla 7.** Matriz de clasificación de Bahía de La Paz (BP)-Bahía Magdalena (BM). Columnas (clasificación observada), renglones (clasificación dada por el análisis discriminante).61

RESUMEN

La reproducción de los bivalvos marinos se encuentra regulada por factores endógenos (genéticos y hormonales) y exógenos (temperatura y disponibilidad de alimento, principalmente), por lo que las especies con una amplia distribución geográfica pueden presentar diferencias en sus tácticas reproductivas (eg. madurez gonádica, ciclo reproductivo, almacenamiento y transferencia de reservas, etc.), las cuales tienen repercusiones en su manejo. El objetivo de este trabajo fue conocer las tácticas reproductivas que presenta *Megapitaria squalida* en dos localidades de ambientes diferentes en Baja California Sur (B.C.S.), México, y su relación con el ciclo de almacenamiento y utilización de nutrientes, así como la influencia de los factores ambientales (temperatura, salinidad, cantidad y calidad de alimento disponible) sobre dicho proceso. Se realizaron muestreos mensuales de febrero de 2007 a diciembre de 2008 en Bahía de La Paz, B.C.S. (BP) y Bahía Magdalena, B.C.S. (BM). La evidencia histológica reveló que *M. squalida* en BP y BM presenta una actividad gonádica constante que se ve reflejada por la ausencia de organismos indiferenciados. Asimismo, el desove se presentó de manera continua en BM, pero no en BP donde este se detuvo de agosto de 2007 a enero de 2008 debido a un decremento en la temperatura del mar, posiblemente ocasionada por la presencia del fenómeno “La Niña” que se presentó en ese periodo. En ambas localidades se encontraron significativamente más hembras que machos (χ^2 , $P < 0.05$) y un inusual alto porcentaje (>15%) de organismos hermafroditas, posiblemente como tácticas para asegurar el éxito reproductivo en condiciones de baja densidad poblacional. La talla de primera madurez fue la misma para machos y hembras y se estableció en 64.5 mm para BP y 85 mm para BM, sin embargo se observaron organismos en desarrollo gonádico desde los 35 y 42 mm, respectivamente. *M. squalida* no presentó un ciclo de almacenamiento/utilización de nutrientes, por lo que su ciclo reproductivo no depende de las reservas almacenadas en los diferentes tejidos, lo que se puede deber a la calidad (índice alimenticio promedio de 9% para ambas localidades) y cantidad de alimento disponible, tanto en BP (media = 1.2 mg/m³ de clorofila *a*) como en BM (media = 5.2 mg/m³ de clorofila *a*). Por lo tanto, en Bahía de La Paz como en Bahía Magdalena, *M. squalida* presenta una estrategia reproductiva de tipo oportunista.

ABSTRACT

The reproduction of marine bivalves is regulated by endogenous (genetic and hormonal) and exogenous (temperature and food availability, mainly) factors, reason why the species with a wide geographic distribution can present differences in its reproductive tactics (eg. gonadic maturity, reproductive cycle, storage and transference of reserves, etc.), which have repercussions in their management. The objective of this work was to know the reproductive tactics that *Megapitaria squalida* presents in two localities with different environmental conditions in Baja California Sur, Mexico, and its relation with the cycle of storage and use of nutrients, as well as the influence of the environmental factors (temperature, salinity, amount and quality of food available) on this process. Monthly samplings from February 2007 to December 2008 in La Paz Bay (BP) and Magdalena Bay (BM) were made. The histological evidence showed that *M. squalida* in BP and BM presents a constant gonadic activity that is reflected by the absence of undifferentiated organisms. Also, the spawning was continuous in BM but not in BP since it stopped from August 2007 to January 2008 due to a decrease in the sea temperature, possibly caused by the presence of the “La Niña” event who appeared in that period. In both localities were significantly more females than male (χ^2 , $P < 0.05$) and an unusual high percentage (>15%) of hermaphrodite organisms was recorded, this like tactics to possibly ensure the reproductive success in conditions of low population density. The size at first maturity was the same for both males and females and settled down in 64.5 mm for BP and 85 mm for BM. However, we observed organisms in gonadic development from 35 mm (BP) and 42 mm (BM). *M. squalida* did not present a cycle of storage/use of nutrients, because its reproductive cycle does not depend on the reserves stored in different tissues, which can be explained using the quality (nutritional index average of 9% for both localities) and amount of food available, in BP (average = 1.2 mg/m³ of chlorophyll *a*) as well as BM (average = 5.2 mg/m³ of chlorophyll *a*). Therefore, in La Paz Bay like in Magdalena Bay, *M. squalida* presents an opportunistic reproductive strategy.

I. INTRODUCCIÓN

Los moluscos bivalvos son uno de los grupos más grandes y diversos del bentos marino, comprenden más de 250 familias y cerca de 2500 géneros (Nevesskaja 2009). Este grupo es una parte importante de la alimentación y economía de los habitantes de las zonas costeras de todo el mundo (FAO 2001), por ejemplo en 2005 representó el 7% del valor total de la producción pesquera mundial, la cual ha aumentado considerablemente en los últimos cincuenta años, pasando de casi un millón de toneladas en 1950 a unos 13.6 millones de toneladas en 2005, mientras que para América Latina, México, Venezuela y Argentina, se reportó una producción de 25 000 t (Lovatelli *et al.* 2008).

En México, la producción pesquera más elevada de “almejas” (grupo en que se incluyen la mayoría de los bivalvos, excepto los ostiones) se presenta en Baja California Sur con el 72% del total de las capturas (CONAPESCA 2010). En el Pacífico mexicano existen varias especies de venéridos y una de las especies más importantes en cuanto a volúmenes de captura es la almeja chocolate *Megapitaria squalida* (Sowerby 1835) que según la Carta Nacional Pesquera (SAGARPA 2004) la especie ocupó el tercer lugar durante el periodo de 1966 a 2001, con el 10.5% de la captura.

Esta especie se distribuye desde la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur (incluyendo el Golfo de California), hasta Macora, Perú (Keen 1971). Esta almeja representa una de las pesquerías más importantes en el estado (Arellano-Martínez *et al.* 2006, Schweers *et al.* 2006) y en años pasados se observó que su pesquería se incrementó notablemente (SAGARPA 2006), sin embargo, datos más recientes indican que sus poblaciones han disminuido (López-Rocha *et al.* 2009), lo que puede deberse a una sobrepesca del recurso.

Debido a que *M. squalida* no presenta ningún tipo de restricciones para su captura y representa un recurso pesquero importante, es necesario realizar estudios sobre aspectos reproductivos de la especie en las diferentes zonas donde se extrae el producto, lo que permitirá conocer sus tácticas reproductivas, lo cual ayudará a tener un manejo adecuado del recurso.

Se sabe que en los bivalvos marinos los ciclos reproductivos se encuentran regulados por factores endógenos (de origen genético y hormonal) y por factores exógenos (originados por cambios en el ambiente) (Rose *et al.* 1990). Por ello, las especies con una amplia distribución geográfica han mostrado que pueden presentar diferentes tácticas reproductivas (Baqueiro-Cárdenas & Aldana-Arana 2000), de acuerdo a la respuesta específica del organismo a las condiciones ambientales de cada localidad (Hesselman *et al.* 1989), asociando la madurez, el almacenamiento de reservas nutritivas (Baqueiro-Cárdenas & Aldana-Arana 2000) y la duración e intensidad del ciclo gonádico, principalmente con la temperatura y la disponibilidad de alimento (Bayne 1976, Sastry 1979, Mackie 1984).

En éste sentido, los cambios periódicos en la temperatura y disponibilidad de alimento pueden explicar la variabilidad estacional de la actividad reproductiva, por lo que un estudio simultáneo del ciclo reproductivo anual y de la variación del contenido energético puede dar información acerca de un patrón específico de almacenamiento y utilización de nutrientes (Morriconi *et al.* 2007).

En el presente estudio se analizó la influencia de las variables ambientales en el ciclo reproductivo de *M. squalida*, así como la variabilidad estacional de la composición bioquímica de los tejidos mediante estudios bioquímicos de los diferentes órganos de reserva. El estudio se llevo a cabo de manera paralela en dos zonas: Bahía de La Paz, Golfo de California y Bahía Magdalena, Océano Pacífico (dos sitios con diferencias ambientales marcadas), con el propósito de conocer las tácticas reproductivas que presenta la especie y definir su estrategia reproductiva.

II. ANTECEDENTES

Generalidades de la especie

Megapitaria squalida pertenece a la familia Veneridae, subfamilia Pitarinae (Keen 1971). Presenta una concha gruesa porcelanosa, con una forma triangular, alargada anteroposteriormente (Poutiers 1995). Su concha es de color café claro a crema, o con ornamentaciones de líneas concéntricas en zig-zag y líneas radiales de color café oscuro (Baqueiro & Stuardo 1977), con un perióstraco café claro, brillante (Poutiers 1995). Cuando la almeja se encuentra en fondos en que domina el limo, toma una coloración negra, que tiende a desaparecer colocando al organismo en agua limpia. En los ejemplares jóvenes predomina la coloración en zig-zag o de líneas radiales, la cual se mantienen en la parte dorsal de los adultos (Baqueiro & Stuardo 1977) (Figura 1).



Figura 1. Ejemplares de *Megapitaria squalida* (Sowerby 1835).

El crecimiento de *M. squalida* está ligado a características ambientales que se presentan en cada zona, como son el tipo de sedimento y la temperatura (Schweers *et al.* 2006). En este sentido, Baqueiro & Stuardo (1977) y Castro-Ortiz *et al.* (1992) observaron que el crecimiento de la almeja chocolata es estacional y está correlacionado positivamente con la temperatura.

Se considera a *M. squalida* como una especie longeva, pues se han encontrado almejas con una edad estimada de entre 6 y 7 años, y de crecimiento relativamente lento (Schweers *et al.* 2006, Tripp-Quezada 2008), con tallas máximas reportadas de 120 mm de longitud de concha (Singh *et al.* 1991, Poutiers 1995). También se ha observado que el crecimiento de ésta almeja va disminuyendo conforme la especie presenta una mayor longitud de concha

(Baqueiro & Stuardo 1977, Singh *et al.* 1991, Tripp-Quezada 2008). En promedio los ejemplares crecen a un ritmo de 3 a 5 mm por mes (Baqueiro & Stuardo 1977, Singh *et al.* 1991, Castro-Ortiz *et al.* 1992), aunque los ejemplares mayores presentan un crecimiento menor de hasta solo 0.6 mm mensuales (Baqueiro & Stuardo 1977).

M. squalida presenta sexos separados (Villalejo-Fuerte *et al.* 2000) y no presenta dimorfismo sexual (Arellano-Martínez *et al.* 2006) y al igual que en otros venéridos gonocóricos como *Tapes philippinarum* (Ponurovsky & Yakovlev 1992, Drummond *et al.* 2006) y *Ruditapes decussatus* (Delgado & Pérez-Camacho 2002b), se ha observado en *M. squalida* la presencia de hermafroditismo de tipo accidental en bajas proporciones (<3%) (Quiñones-Arreola 2003).

En cuanto a su biología es poco lo que se conoce y casi nada sobre su anatomía microscópica (García-Gasca & García-Domínguez 1995). En general, los venéridos presentan glándulas sexuales situadas en la masa visceral. Las gónadas están formadas por acinos muy ramificados que aparecen surcados por numerosos conductos de diámetros distintos, donde los más finos se unen convirtiéndose en conductos mayores, que a su vez se juntan para dar origen a un solo conducto exterior ciliado que conecta directamente con la uretra.

De acuerdo con García-Gasca & García-Domínguez (1995) el manto de *M. squalida* presenta cinco lóbulos en la zona marginal (interno, medio, medio-interno, medio, medio-externo y externo), con un epitelio cilíndrico simple y en ambas zonas del manto se presentan leucocitos granulares, leucocitos agranulares y fibroblastos. Se considera que el manto en *M. squalida* es un órgano importante que ayuda a la dispersión de los huevos durante la reproducción, además de almacenar materiales de reserva (García-Gasca & García-Domínguez 1995).

Hábitat

Los miembros de la familia Veneridae son abundantes en zonas poco profundas (excepto en latitudes altas) y presentan una movilidad prácticamente nula ya que solo pueden recorrer distancias cortas con ayuda del músculo del pie (Sartori *et al.* 2008). *M. squalida*, habita a profundidades de entre 1 y 15 m cerca a la costa (Poutiers 1995) y hasta los 120 m fuera de ésta (Singh *et al.* 1991, Poutiers 1995). Habita en fondos arenosos o lodosos enterrada en el sedimento (Baqueiro-Cárdenas 1979) y solo es visible cuando proyecta sus sifones al exterior de su concha (Castro-Ortiz & Tripp-Quezada 1994). Llega a formar grandes bancos por sí sola y alcanza densidades de 0.04-10 ind/m² (Baqueiro & Stuardo 1977, Baqueiro *et al.* 1982), 1-3 ind/m² (Gutiérrez-Barrera *et al.* 1999) o de 1.81-2.45 ind/m² (Schweers *et al.* 2006), de acuerdo al sitio donde se encuentre. También es posible encontrarla en bancos asociada con *Dosinia ponderosa* (Baqueiro & Stuardo 1977, Baqueiro *et al.* 1982).

Reproducción en venéridos

Un aspecto importante en la historia de vida de cualquier especie es la reproducción. En los bivalvos, los ciclos reproductivos constan de tres fases: una en la que no hay actividad reproductiva (fase vegetativa), una fase de diferenciación celular y proliferación de gametos (maduración) y una fase de recuperación (reabsorción) (Giese & Pearse 1974, Sastry 1979, Román *et al.* 2001, Saucedo & Southgate 2008).

El tiempo en que se presentan esta serie de eventos en el ciclo reproductivo de una especie puede ser sincrónico, cuando todos los individuos se reproducen simultáneamente, o asincrónico con los ciclos gametogénicos en diferentes fases (Sastry 1979). De esta forma se ha observado que en los venéridos los ciclos reproductivos pueden presentarse de forma anual (donde se observa mayor sincronía) como sucede en *Meretrix lusoria* en el Occidente de Korea (Chung 2007), semianual como es el caso de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena, México (García-Domínguez *et al.* 1993) o de forma continua

(donde se observa una menor sincronía) como en *Callista chione* en el Litoral de Málaga, España (Tirado & Salas 2002).

Se ha comprobado que en una misma especie e incluso en una misma población pueden existir diferencias en el ciclo reproductivo, lo que depende de la latitud y de las condiciones ambientales particulares (Sastry 1979, Andrews 1979, Barber & Blake 2006, Meneghetti *et al.* 2004), tal es el caso de *T. philippinarum* que en el norte de Europa inicia su gametogénesis a mediados de año, mientras que en el área del Mediterráneo la producción de gametos inicia durante enero-febrero (Meneghetti *et al.* 2004).

Los eventos reproductivos involucran una compleja interacción de factores exógenos (temperatura, alimento, salinidad, luz) y factores endógenos (como el genotipo y los ciclos neuroendócrinos) (Sastry 1979, Barber & Blake 2006, Shumway 1996, Thompson *et al.* 1996), que coordinan los procesos fisiológicos y los eventos reproductivos (Román *et al.* 2001). En el caso de los bivalvos que presentan fecundación externa, la liberación de los gametos al medio es un evento crítico, ya que los gametos son viables por un corto periodo de tiempo, por lo que el éxito de la fertilización puede depender del grado de sincronía de los individuos durante el desove (Himmelman 1981).

Se ha considerado a la temperatura y a la disponibilidad de alimento como los principales factores en la regulación de la gametogénesis y el ciclo reproductivo de los bivalvos marinos (Sastry 1979, Gabbott 1983, Barber & Blake 2006, Eversole 2001, Gosling 2004). En *T. philippinarum* el desove es inducido principalmente por la temperatura (Ponurovsky & Yakovlev 1992), mientras que en *C. chione* el incremento en ésta está correlacionado con un incremento en el desarrollo de la gónada, mientras que la ausencia del periodo de reposo es el resultado de altas concentraciones de fitoplancton (Tirado & Salas 2002).

Sin embargo, existen otros factores como el fotoperiodo, la salinidad, (Giese & Pearse 1974, Sastry 1979, Barber & Blake 2006) y las mareas (Giese & Pearse 1974, Sastry 1979) que también pueden tener alguna influencia en la reproducción. De acuerdo con Devauchelle (1990 citado por Meneghetti *et al.*

2004) en *T. philippinarum* el inicio de la gametogénesis parece estar relacionado con el aumento del fotoperiodo.

En algunos venéridos como *C. californiensis* se observó que el desove inicia en un rango de temperatura entre 22 y 24°C (García-Domínguez y Levy-Pérez 1994). La temperatura actúa como un disparador del desove, funcionando como un controlador reproductivo (Thompson *et al.* 1996). También se ha observado que bajo condiciones de laboratorio en *R. decussatus* la velocidad con que se produce el desarrollo gametogénico, así como la cantidad de gónada generada, están condicionadas por la disponibilidad de alimento (Delgado & Pérez-Camacho 2002a), otro factor además de la temperatura que influye fuertemente en la producción de gametos (Bayne 1976, MacDonald y Thompson 1985, Jaramillo *et al.* 1993). En *R. philippinarum* se ha observado que es una combinación de ambos factores (con un incremento en la temperatura y en la disponibilidad de alimento) lo que permite que el desarrollo de la gónada se lleve a cabo rápidamente y con éxito (Delgado & Pérez-Camacho 2007). Por otro lado, se ha observado que la salinidad también puede ser un factor importante para la reproducción de algunas especies como en *R. decussatus* de la costa Atlántica de Marruecos donde el tiempo de proliferación gonadal está relacionado principalmente con la variación interanual de la salinidad (Shafee & Daoudi 1991).

De acuerdo con Barber & Blake (2006) la acción de los factores ambientales produce la activación de los factores endógenos que regulan el ciclo reproductivo. Sin embargo, estas relaciones fisiológicas son complejas entre ambos factores. Román *et al.* (2001) mencionan que la presencia de órganos endócrinos diferenciados en moluscos no es clara, pero se sabe que la función reproductiva está regulada por el sistema neuroendócrino (ganglio cerebral y visceral) a través de neurosecreciones (Sastry 1979, Gosling 2004).

De acuerdo con Martínez *et al.* (1996) en los bivalvos la serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) es considerada como un neurotransmisor o neurohormona para el control de las funciones sexuales. En diversas especies de bivalvos en las que se ha analizado la dinámica estacional de los niveles de

5-HT en el tejido gonádico, se ha encontrado que la gametogénesis está acompañada por un incremento en la concentración de 5-HT, seguido por un decremento después de ocurrido el desove (Martínez *et al.* 1996). Por otra parte, en *Venus verrucosa* se ha encontrado que la 5-HT localizada en el ganglio visceral juega un rol como neurotransmisor en el sistema nervioso, controlando la función reproductiva (Siniscalchi *et al.* 2004). De esta manera, en *V. verrucosa* al igual que en otros bivalvos (Siniscalchi *et al.* 2004), los receptores detectan un estímulo que es procesado por las células nerviosas centrales hacia la gónada, donde a través de aminas se induce la liberación de los gametos (Martínez *et al.* 2000).

Almacenamiento de nutrientes

En los bivalvos los cambios estacionales en la composición y utilización de substratos metabólicos han sido generalmente atribuidos a la actividad reproductiva (Martínez 1991), debido a que la gametogénesis es un proceso que demanda energía (Park *et al.* 2001, Gosling 2004).

Es por ello que las variables estacionales en las actividades metabólicas de estos organismos (crecimiento, reproducción y almacenamiento de energía) reflejan una compleja interacción entre la disponibilidad de alimento, las condiciones ambientales y la actividad reproductiva (Newell *et al.* 1982, Darriba *et al.* 2005). De tal manera que la síntesis y almacenamiento de proteínas, carbohidratos y lípidos en moluscos ocurre durante aquellos meses en los cuales la disponibilidad de alimento es amplia (Emmett *et al.* 1987) y la actividad gonádica es mínima (Gosling 2004). Así, el requerimiento energético para llevar a cabo la gametogénesis se puede obtener del alimento recién ingerido o de reservas previamente almacenadas (Barber & Blake 1983, Emmett *et al.* 1987).

Se sabe que los principales tejidos de almacenamiento en la mayoría de los bivalvos, son el músculo aductor y la glándula digestiva (Barber & Blake 2006, Gosling 2004). Otros autores sugieren que el manto también puede contribuir energéticamente para el desarrollo gonádico (De Zwaan & Mathieu

1992) y el pie parece actuar como un sitio de almacenamiento de glucógeno con una alta cantidad de reservas debido a su tamaño (Darriba *et al.* 2005).

De acuerdo con Bayne (1976) los ciclos de almacenamiento de energía y desarrollo gonádico pueden ocurrir simultáneamente o pueden estar claramente separados. La relación entre éstos dos ciclos define el patrón reproductivo de la especie (Darriba *et al.* 2005). De esta manera, en un patrón conservativo la gametogénesis se realiza utilizando las reservas almacenadas en algún tejido del cuerpo, mientras que en un patrón oportunista la gametogénesis ocurre cuando hay disponibilidad de alimento suficiente en el medio para soportar los requerimientos energéticos del proceso (Bayne 1976). Algunos estudios sugieren que incluso dentro de una misma especie, puede haber diferencias locales o interanuales en el ciclo de almacenamiento de nutrientes y la reproducción, debido a las condiciones ambientales (Bayne 1976, Kang *et al.* 2000).

Aspectos pesqueros

Muchas especies de venéridos son considerados de gran importancia comercial en diversas partes del mundo (Metaxatos 2004, Ojea *et al.* 2004, Palmer *et al.* 2004, Pazos *et al.* 2005, Arellano-Martínez *et al.* 2006, Chung 2007, Morriconi *et al.* 2007). De acuerdo con Lovatelli *et al.* (2008) para 2005 el grupo “almejas” (en el que se incluyen varias especies) obtuvo el mayor porcentaje (35.9%) en la producción total de bivalvos y el segundo lugar en acuicultura (30.7%). Sin embargo, la actividad pesquera ha reducido los bancos naturales, marcando una reducción de la producción mundial en los años recientes (FAO 2001).

En Baja California Sur la explotación de los moluscos bivalvos representa una de las mayores fuentes de ingresos, debido a que el sector pesquero ha incrementado el esfuerzo de pesca en los últimos años, lo que ha provocado la sobrexplotación de algunas especies en áreas donde anteriormente era abundante este recurso (López-Rocha *et al.* 2009).

M. squalida se comercializa como almeja entera (\$ 0.29 dólares/kg) o sin concha (\$ 1.42 dólares/kg) y se ha estimado un valor total de captura (1996-2006) de \$ 2,214,000 dólares.

La pesca de almeja chocolate se realiza durante todo el año (SEPESCA 1994, Arellano-Martínez *et al.* 2006) en Laguna Ojo de Liebre, Laguna San Ignacio y Bahía Magdalena en la costa del Océano Pacífico y en Santa Rosalía, Loreto y Bahía de La Paz en el Golfo de California (SAGARPA 2004) (Figura 2). Sin embargo se ha observado que es en Bahía de La Paz (36%), Laguna Ojo de Liebre (35%) y Bahía Magdalena (25%), donde se extrae el 95% de la captura total (López-Rocha *et al.* 2009).

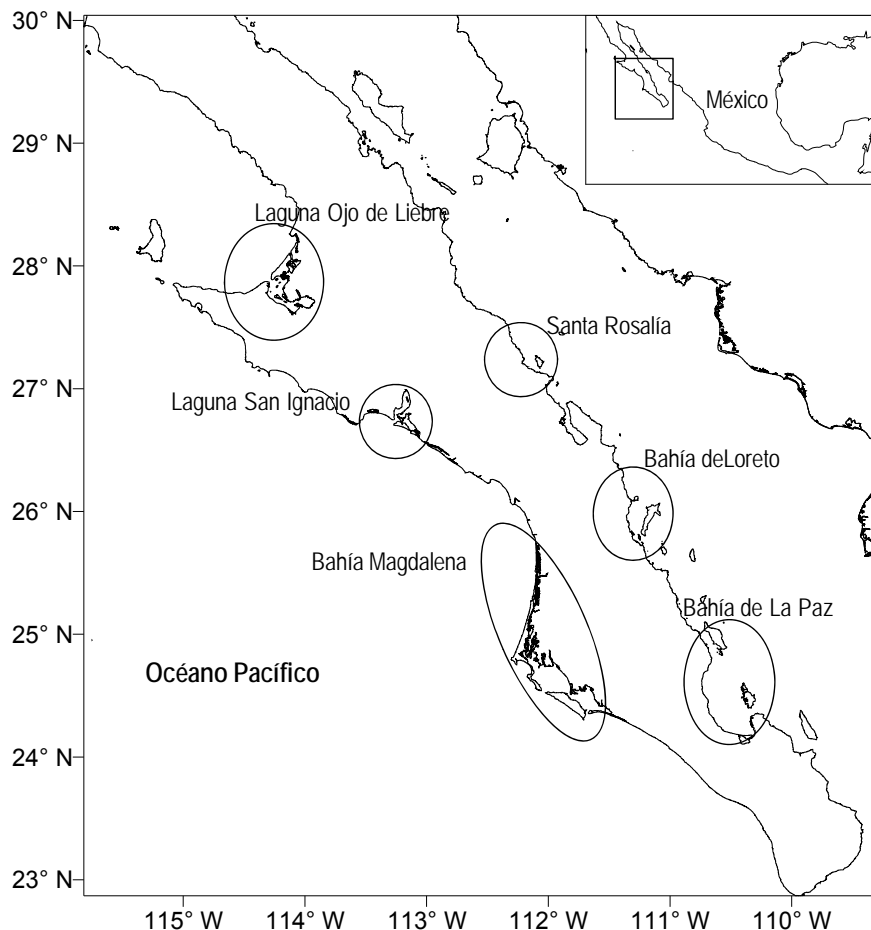


Figura 2. Zonas de captura de la almeja chocolate en Baja California Sur, México.

Las capturas de esta especie aumentaron de 1992 a 2002, año a partir del cual se observó un marcado decremento en las capturas que se mantuvo hasta 2006 (Figura 3) (López-Rocha *et al.* 2009), esto ha afectado seriamente su densidad poblacional al grado que su captura es cada vez más difícil, y en muchas ocasiones se tiene que llevar a cabo a mayores profundidades (Obs. Per. y Com. Per. Pescadores de la región), al respecto, López-Rocha *et al.* (2009) concluyen que la pesquería de *M. squalida* se encuentra a su máxima capacidad en Bahía de La Paz y Laguna Ojo de Liebre, mientras que en Bahía Magdalena es posible un estado de sobreexplotación.

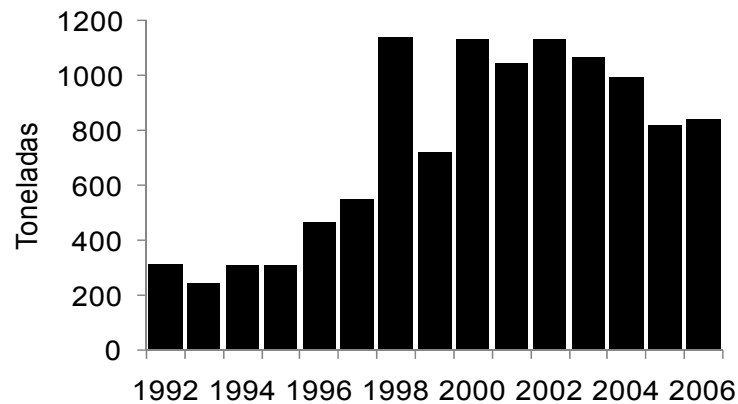


Figura 3. Tendencia anual de la captura de almeja chocolate en Baja California Sur, México.

Actualmente se tiene una talla mínima comercial de 60 mm (Schweers *et al.* 2006), sin embargo, no se tiene un régimen adecuado para la administración de este recurso que se base en estudios sobre su biología reproductiva, lo que es un factor limitante para el aprovechamiento sustentable del producto.

III. JUSTIFICACIÓN

En el estado de Baja California Sur se explotan una gran diversidad de especies bentónicas, dentro de las cuales se tiene un especial interés en el recurso denominado “almejas”. La pesquería de la almeja chocolate *M. squalida* va en aumento, mientras que sus poblaciones están disminuyendo, debido a su

accesibilidad y a que el recurso no presenta ninguna restricción para su extracción. Para evitar que colapse la pesquería de este recurso, es necesario implementar criterios para su manejo.

En este sentido, el conocimiento de la reproducción proporciona información sobre la dinámica poblacional de una especie y permite establecer predicciones sobre reclutamiento y obtención de semilla, así como épocas de veda y tallas mínimas de captura (Arsenault & Himmelman 1998).

Sin embargo, es necesario obtener información en cada uno de los sitios donde se lleve a cabo una pesquería del recurso, ya que sus tácticas reproductivas pueden variar entre poblaciones, dependiendo de las condiciones ambientales que se presentan en cada zona donde habitan, lo cual permitirá comprender su estrategia reproductiva.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer las tácticas reproductivas de *Megapitaria squalida* en dos localidades de ambientes diferentes en Baja California Sur.

Objetivos particulares

1. Analizar las características y la estacionalidad del proceso reproductivo de *Megapitaria squalida* en dos zonas de Baja California Sur.
2. Conocer el ciclo de almacenamiento y utilización de nutrientes y su relación con el ciclo reproductivo de *Megapitaria squalida* en dos zonas de Baja California Sur.
3. Evaluar la influencia de algunos factores ambientales como la salinidad, temperatura del agua y calidad/cantidad de alimento disponible sobre el ciclo reproductivo de *Megapitaria squalida* en dos zonas de Baja California Sur.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO

Bahía de La Paz

La Bahía de La Paz se encuentra en la parte sur de la península de Baja California, entre los 24° 10' y 24° 47' N de latitud y los 110° 20' y 110° 44' W de longitud, a lo largo de la costa Este de la península de Baja California (Cervantes-Duarte *et al.* 2004) (Figura 4).

Esta bahía presenta un área de 2635 km², con una batimetría muy variable (Reyes-Salinas *et al.* 2003). En su porción sur es un cuerpo de agua relativamente somero y de pendiente suave (Aguirre-Bahena 2007) y su profundidad va aumentando hasta llegar a los 400 m (Cruz-Orozco *et al.* 1996, Aguirre-Bahena 2007).

El régimen de mareas es de tipo mixto semidiurno y corrientes intensas en las partes someras, determinadas principalmente por la marea (Reyes-Salinas *et al.* 2003). La mayor parte del año es posible detectar agua dentro de la bahía proveniente del Golfo de California, caracterizada por su alta salinidad (>35.0 ups) y temperaturas mayores a los 18°C (Reyes-Salinas *et al.* 2003). La temperatura superficial es uniforme en toda la bahía con temperaturas mínimas de 20°C y máximas de 30°C, a finales del invierno (febrero) y mediados del verano (agosto), respectivamente (De Silva-Dávila 1997).

Bahía de La Paz es considerada como uno de los cuerpos de agua más productivos de la costa oriental del Golfo de California (Reyes-Salinas *et al.* 2003). Las máximas concentraciones de clorofila *a* se presentan durante abril (10.9 mg m⁻³) y éstas concentraciones disminuyen de julio a noviembre (1 mg m³) (Martínez-López *et al.* 2001). El patrón general que se observa dentro de la bahía es de valores altos de clorofila *a* durante la temporada fría y la disminución de éstos durante la estación cálida (Lavaniegos & López-Cortés 1997, Reyes-Salinas 1999, Martínez-López *et al.* 2001).

Bahía Magdalena

El Complejo lagunar Bahía Magdalena (CLBM) se ubica entre los 24° 20' y 25° 44' N de latitud y los 111° 27' y 112° 15' W de longitud en la costa occidental de la península de Baja California (Figura 4) (Bizzarro 2008).

Presenta una superficie total de ~1409 km² (Bizzarro 2008) y está formado por tres regiones bien definidas: Zona de Canales (~299 km²) ubicada al noroeste, Bahía Magdalena (~696 km²) situada en la parte central del complejo y Bahía Almejas (~414 km²) situada al sureste (Álvarez-Borrego *et al.* 1975).

En la zona de Bahía Magdalena se extiende un canal de navegación con profundidades entre 15-30 m, la parte central de la bahía tiene una profundidad entre 15 y 20 m que disminuye hacia el oriente con una pendiente suave hacia la costa, quedando expuestos frecuentemente extensos bancos de arena durante periodos de bajamar hacia el Este y Noroeste de la bahía (Álvarez-Borrego *et al.* 1975, Bizzarro 2008). El régimen de mareas (24.8 h) del CLBM es mixto semi-diurno con periodos de pleamar y bajamar, condiciones que producen gran velocidad durante el flujo y reflujo (Lankford 1977, Obeso-Nieblas *et al.* 1999), lo que permite el intercambio de agua entre la región oceánica y el interior de la Bahía (Obeso-Nieblas *et al.* 1999, Zaytsev *et al.* 2003, Sánchez-Montante 2004). La temperatura superficial del mar dentro del CLBM es espacial y temporalmente variable (Bizzarro 2008). Las temperaturas mínimas mensuales fluctúan entre 19 y 20°C de enero a marzo y los valores máximos se presentan durante agosto y septiembre (26-28°C) (Lluch-Belda *et al.* 2000). El CLBM presenta condiciones hipersalinas durante todo el año como resultado de la baja precipitación pluvial y la alta tasa de evaporación que se presenta en la zona (Bizzarro 2008). En el área de Bahía Magdalena los regímenes de salinidad van de 34 a 36 ups.

Con respecto a la productividad primaria en el CLBM, se conoce que ésta se mantiene elevada durante todo el año, con densidades máximas reportadas de 1,500,000 cel/L de microfitoplancton y 791,760 cel/L de nanoplancton (Álvarez-Borrego *et al.* 1975, Nienhuis y Guerrero-Caballero 1985, Gárate-Lizárraga *et al.* 2001). Los patrones generales en la abundancia de fitoplancton,

presentan un periodo de densidades altas de noviembre a mayo (época fría), mientras que de junio a octubre se presentan relativamente bajas densidades (época tibia) (Nienhuis y Guerrero-Caballero 1985, Gárate-Lizárraga *et al.* 2001). Los niveles de concentración de clorofila *a* muestran variaciones a lo largo del año, con valores mínimos de noviembre a marzo ($<1.5 \text{ mg m}^{-3}$) y concentraciones mayores de abril a julio (hasta 9.0 mg m^{-3}) (Palomares-García *et al.* 2003, Rosales-Villa 2004, Rodríguez-Mata 2006).

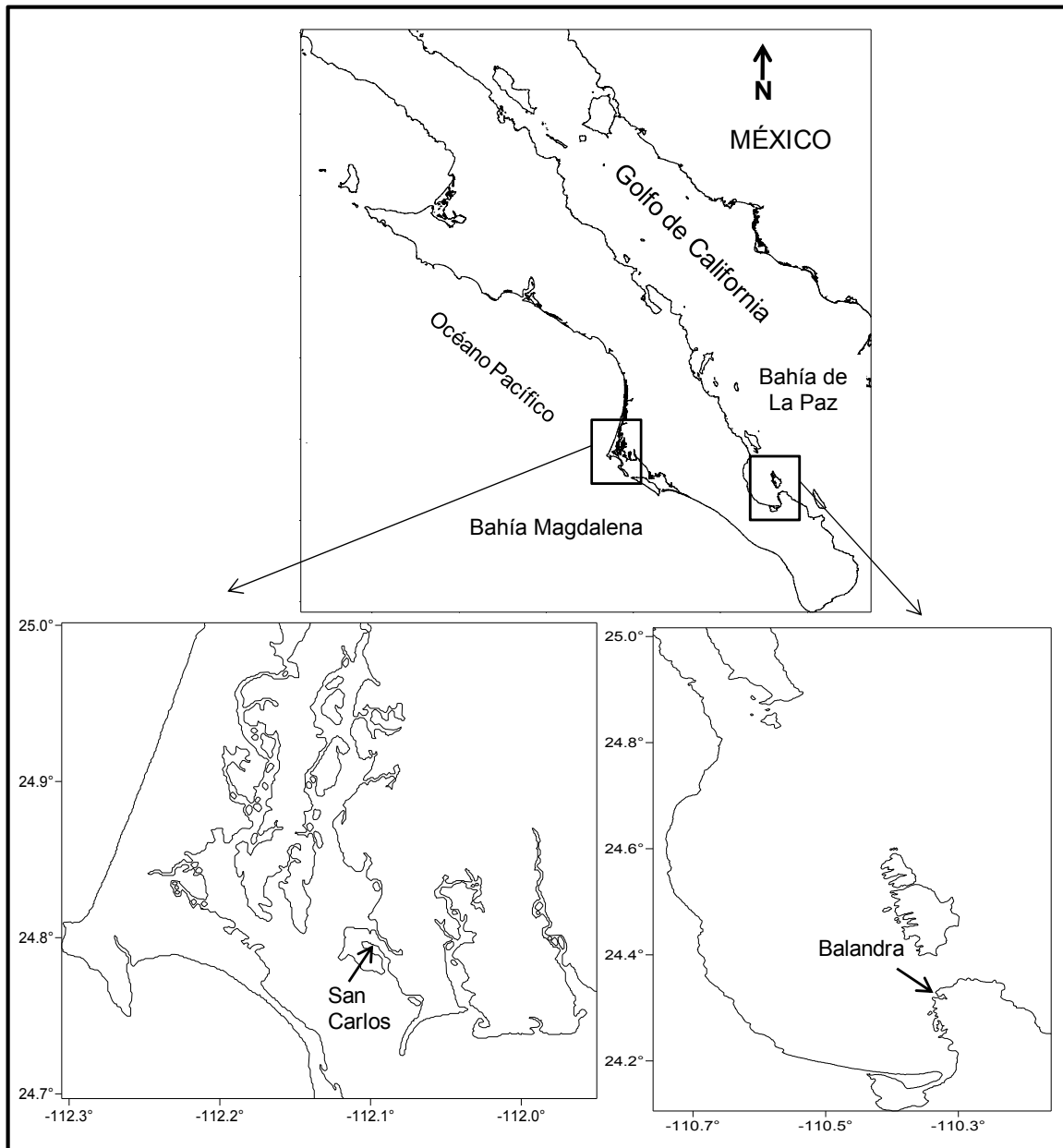


Figura 4. Localización de las áreas de estudio.

2. MUESTREO

2.1 Obtención de organismos

En cada zona de estudio se realizaron muestreos de febrero de 2007 a diciembre de 2008, mensualmente se recolectaron al azar un promedio de 30 organismos de diferentes tallas de *Megapitaria squalida*. Los organismos recolectados fueron transportados al laboratorio en un ambiente frío y húmedo para bajar su metabolismo.

En el laboratorio se registró la longitud y la altura de cada individuo (± 0.1 mm), así como los pesos total y sin concha (± 0.1 g). Se disecaron la masa visceral, el manto y el músculo aductor y se registraron sus pesos individuales. Se obtuvo una sección transversal de la masa visceral (que incluye la gónada) y fue fijada en formol al 10% para realizar el análisis histológico.

Adicionalmente, de febrero de 2007 a enero de 2008, los tejidos de 10 almejas (con un rango de tallas entre 65-99 mm) fueron almacenados a -80°C para realizar análisis bioquímicos.

2.2 Muestras de agua

Durante la captura de los organismos (febrero 2007 a enero de 2008), se tomaron en el mismo lugar muestras de agua (16.5 L), y fueron transportadas al laboratorio en un ambiente frío y sin luz. En el laboratorio, el agua fue filtrada a través de una malla de Nitex de 200 μm para eliminar el zooplancton y las partículas grandes.

Posteriormente, se filtró el agua a través de filtros Whatman GF/F de 4.7 cm de diámetro (precombustionados a 475°C por 1.5 horas), filtrando 1 L de agua por triplicado para determinar la concentración de lípidos, proteínas y carbohidratos, y 1.5 L para la determinación de seston total (ST), seston orgánico (SO) y seston inorgánico (SI).

2.3 Factores ambientales

Los datos de temperatura superficial del mar para el 2007 y 2008 fueron obtenidos por medio de imágenes del satélite MODIS Aqua, con una resolución

de 4x4 km². De manera adicional, se registró la salinidad con un refractómetro en el lugar donde se extrajeron las almejas durante el 2007.

3. ACTIVIDAD REPRODUCTIVA

El proceso reproductivo fue caracterizado de manera cualitativa a través de un análisis histológico y de manera cuantitativa por medio de un análisis del diámetro promedio de los ovocitos y del índice de la gónada. Adicionalmente, se obtuvo la relación hembra/macho y se estableció la talla de primera madurez.

3.1 Análisis histológico

El tejido de la masa visceral (incluida la gónada) extraído fue deshidratado en alcohol etílico a diferentes concentraciones ascendentes, transparentado con Hemo-De e incluido en parafina (Anexo 1). Una vez incluido el tejido, se realizaron cortes transversales de 7 µm de grosor que se tiñeron utilizando la técnica Hematoxilina-Eosina (Humason 1979) (Anexo 2).

Los cortes histológicos fueron examinados microscópicamente para analizar el proceso de maduración gonádica, asignando las fases de desarrollo propuestas por Villalejo-Fuerte *et al.* (2000) para la misma especie, que incluye: indiferenciado, desarrollo, madurez, desove y posdesove.

3.2 Proporción de sexos

Debido a que *M. squalida* no presenta dimorfismo sexual, el sexo de cada organismo se determinó mediante la observación microscópica del tejido gonadal. Para determinar la proporción de sexos (total y para cada mes) se dividió el número total de hembras entre el número total de machos. Para conocer si la proporción sexual mensual y total mantenía una relación de 1:1, se utilizó una prueba de χ^2 (Sokal & Rohlf 1979).

3.3 Diámetro promedio de los ovocitos

Para complementar la interpretación de la escala de madurez y evaluar el crecimiento de los gametos femeninos, se midió el diámetro de 200 ovocitos en

un promedio de cinco hembras para cada mes elegidas al azar en etapas de desarrollo, madurez y desove. El posdesove no se consideró ya que los ovocitos residuales se encuentran en proceso de fagocitosis. Solo fueron considerados los ovocitos seccionados a través del núcleo y en los que se pudiera ver claramente el nucleolo (Grant & Tyler 1983).

Con ayuda del programa Scan Pro (v. 5) a partir de imágenes digitalizadas de los cortes histológicos, se trazó manualmente el perímetro de cada ovocito y el programa midió automáticamente las longitudes del eje mayor y menor; el promedio de ambas medidas fue considerado como el diámetro estimado del ovocito.

3.4 Índice de la gónada

Los valores numéricos del índice de la gónada se obtuvieron asignando diferentes categorías al grado de desarrollo gonádico (Heffernan *et al.* 1989), asignando un valor de cero a los organismos indiferenciados y en posdesove, de uno a los organismos en desarrollo, de dos para organismos en desove y de tres para los individuos maduros (Arellano-Martínez *et al.* 2006).

El índice de la gónada mensual se obtuvo multiplicando el número de individuos asignados a cada categoría por el valor numérico de la misma, sumando sus productos y este resultado fue dividido entre el número total de almejas analizadas en ese mes.

$$IDG = \frac{n_2 + 3n_3 + 2n_4}{Nt}$$

donde: n = número de organismos en cada estado (2, 3, 4)

Nt = total de organismos analizados

3.5 Talla de primera madurez

La talla de primera madurez es aquella en la que el 50% de los organismos están activos sexualmente, es decir, en estadios de desarrollo, madurez, desove y posdesove. Para obtenerla se calculó la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada por intervalos de longitud (10 mm).

Adicionalmente, a partir de la frecuencia relativa acumulada se ajustó un modelo logístico para conocer la longitud puntual en la que se presentó el 50% de los organismos maduros, considerando a ésta como la talla de primera madurez.

4. ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES

La evaluación de los nutrientes de reserva en la reproducción se realizó de dos maneras. La primera mediante el uso de índices morfofisiológicos del manto, músculo aductor y de la masa visceral, los cuales pueden ser usados como indicadores parciales del proceso de almacenamiento, transferencia y utilización de nutrientes, y el índice de condición que permite predecir o estimar la condición fisiológica de las almejas. La segunda por medio del análisis de la composición bioquímica (proteínas, lípidos y carbohidratos) de los tejidos involucrados (manto, glándula digestiva, músculo aductor y gónada), para así tratar de identificar una posible movilización de nutrientes hacia la gónada.

4.1 Índices morfofisiológicos

Se calcularon los índices del manto (IMa) y del músculo aductor (IM) utilizados por Arellano-Martínez (2004), y el de la masa visceral (IMV).

$$\text{Índice morfofisiológico} = \frac{\text{Peso húmedo del tejido (g)}}{\text{Peso húmedo sin concha (g)}} * 100$$

También se calculó el índice de condición (IC) utilizado por Villalejo-Fuerte & Ceballos-Vázquez (1996). Este indica de forma general cual es la condición física del organismo, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{IC} = \frac{\text{Peso húmedo sin concha (g)}}{\text{Peso total (g)}} * 100$$

4.2 Análisis bioquímico de los tejidos

Para calcular las concentraciones de cada constituyente bioquímico se usaron curvas de calibración de los estándares correspondientes.

4.2.1 Preparación de las muestras

De los tejidos previamente almacenados a -80°C , se tomaron submuestras de 0.3 g, las cuales fueron homogenizadas con 1.5 mL de solución salina fría (NaCl 35 ppt), excepto el manto al que se le agregaron 2 mL, para obtener un extracto crudo que fue utilizado para realizar los análisis bioquímicos.

Las técnicas de bioquímica utilizadas, fueron previamente estandarizadas para cada tejido y las concentraciones de cada componente bioquímico se calcularon a partir de curvas de calibración de los estándares respectivos. Para las proteínas se utilizó suero de albumina (SigmaTM), solución de dextrosa para los carbohidratos y una mezcla de colesterol y triglicéridos para los lípidos. Los resultados se expresaron en mg/g de peso seco de cada tejido.

4.2.2 Proteínas

Para la determinación de proteínas se utilizó el método de Bradford (1976), usando un agente cromógeno comercial (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) y suero de albúmina bovina (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) como solución estándar. A 10 μL de la muestra homogenizada se le agregaron 200 μL de NaOH 0.1 N para digerir durante 2 horas. De la muestra ya homogenizada y digerida se tomaron 10 μL a los que se le adicionó 1 mL de solución reactiva de Bradford y se leyó la absorbancia a 595 nm de longitud de onda.

4.2.3 Lípidos

La determinación de los lípidos totales se realizó por el método de la sulfofosfovainillina (Barnes & Blackstock 1973). Se utilizó un reactivo comercial y solución estándar (MerckTM). A 25 μL de extracto crudo se le agregaron 250 μL de ácido sulfúrico concentrado, y se incubó la solución a 90°C durante 10 minutos e inmediatamente se detuvo la reacción en un baño frío a 4°C .

Posteriormente se mezclaron 20 μL de extracto crudo-ácido con 200 μL de solución de sulfofosfovainillina en una microplaca. Esta mezcla se incubó durante 40 minutos y con un lector de microplaca se leyó la absorbancia a 540 nm.

4.2.4 Carbohidratos

Los carbohidratos totales se determinaron por el método de la antrona (Roe 1955). Se tomaron 100 μL de extracto crudo al cual se le adicionaron 100 μL de ácido tricloroacético al 20% (para la remoción de proteínas en la muestra). Esta mezcla se centrifugó a 4000 rpm a 5°C durante 10 minutos. Del sobrenadante obtenido se tomaron 100 μL , a los cuales se les agregó 1 mL de solución de antrona (0.1% disuelta en ácido sulfúrico concentrado) y se incubó a 90°C durante 4 minutos y se detuvo la reacción en un baño frío a 4°C, posteriormente se leyó la absorbancia a 620 nm.

5. CANTIDAD Y CALIDAD DE ALIMENTO

Para conocer la cantidad y la calidad del alimento disponible para las almejas se obtuvieron las siguientes variables: la concentración de clorofila *a*, la razón de seston inorgánico/seston orgánico y el índice alimenticio.

5.1 Determinación de clorofila *a*

Los valores de clorofila *a* para el 2007 y 2008 fueron obtenidos por medio de imágenes del satélite MODIS Aqua, con una resolución de 4x4 km^2 .

5.2 Análisis de seston

Los filtros con las muestras fueron lavados con agua destilada para eliminar las sales. Después fueron puestos a secar a 80°C durante 24 h y enfriados en un desecador. El seston total (ST) se determinó como la diferencia entre el peso del filtro (antes del filtrado) y el peso del filtro seco.

Para obtener el seston inorgánico (SI) estos filtros fueron quemados en una mufla a 475°C durante 4 h y se volvieron a pesar, restando el peso del filtro

antes de filtrar. El seston orgánico (SO) se calculó restando el peso del SI al del ST.

Finalmente se obtuvo la razón de seston inorgánico y seston orgánico (SI/SO), lo que se considera como una medida de dilución del alimento (seston orgánico).

5.2.1 Análisis bioquímico del seston

Los filtros que contenían seston y que fueron guardados en refrigeración, se cortaron y trituraron en un homogenizador con 1 mL de agua destilada, para posteriormente hacer las determinaciones. Los lípidos se midieron con el mismo método utilizado para los tejidos, sin embargo, en el caso de los carbohidratos y proteínas fue necesario hacer las determinaciones por métodos diferentes.

Los carbohidratos se determinaron por el método de Dubois *et al.* (1956) modificado por Malara & Charra (1972a), que consiste en la formación de furfurales a partir de hexosas en presencia de un ácido mineral fuerte. Tanto los furfurales como sus derivados se combinan con fenol para dar un complejo coloreado cuya máxima absorbancia se obtiene a 490 nm. Las mediciones ópticas se transformaron a valores de masa con ayuda de una curva estándar de calibración de glucosa anhidra como estándar.

En el caso de las proteínas se utilizó el método de Lowry *et al.* (1951) modificado por Malara y Charra (1972b). Este método se basa en la reacción de una solución cúprica con las proteínas en un medio alcalino para formar enlaces cromogénicos en la proteína y la posterior reducción de reactivo de Folin por la proteína tratada con cobre. Se hicieron lecturas de densidad óptica a 750 nm, para la curva de calibración se tomó como estándar la albumina de bovino cristalizada.

5.2.2 Índice alimenticio

El índice alimenticio (IA) expresa la calidad del seston como alimento para los organismos filtradores (Widdows *et al.* 1979) y se calculó de la siguiente manera:

$$IA = \frac{\text{Material alimenticio } (\mu\text{g/L})}{\text{Seston total } (\mu\text{g/L})} * 100$$

El material alimenticio ($\mu\text{g/L}$) se calcula con la suma de los componentes bioquímicos mayores del seston total (carbohidratos, lípidos, proteínas) (Widdows *et al.* 1979).

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se aplicó un análisis discriminante (AD) para conocer la diferencia entre las características de los individuos (sexo, fase de desarrollo, longitud, altura, peso total y sin concha, peso del músculo, del manto y de la masa visceral) por localidad de estudio, con el objeto de probar si existían diferencias, producto de estas variables. También se realizó un análisis discriminante entre las localidades a partir de diferentes variables ambientales (temperatura, salinidad, Clorofila *a*, seston orgánico e inorgánico y concentración en el seston de carbohidratos, lípidos y proteínas) con el objeto de probar si existían diferencias entre las localidades, producto de estas variables. La significancia estadística del análisis discriminante se determinó con el estadístico Lambda de Wilks, cuyos valores cercanos o iguales a 0.0 son indicativos de un buen modelo de discriminación y los valores de 1.0 representan un modelo no predecible. Los grupos de individuos/zonas fueron separados en el espacio canónico por medio del cálculo de la distancia de Mahalanobis. La determinación de esta distancia permitió determinar la diferencia entre los promedios de las medias observadas (centroides) y representar de manera gráfica a cada uno de los grupos en el espacio multidimensional de las variables estudiadas. Debido a que solo se estudiaron dos grupos (BP-BM), se agregó un tercer grupo (“testigo”) para poder

representar gráficamente los grupos analizados en el espacio multidimensional (sin embargo este grupo no se ilustró en las gráficas).

Se realizaron análisis de varianza de una vía, a los índices morfofisiológicos, diámetro de los ovocitos y las concentraciones de los diferentes compuestos bioquímicos de cada tejido, utilizando como variable independiente los meses. Cuando los resultados mostraron diferencias significativas se utilizaron pruebas *a posteriori* (Duncan) para la comparación de las medias. Adicionalmente se aplicaron pruebas *t* para establecer si existían diferencias entre los valores del IDG entre machos y hembras.

Debido a que los valores de los índices morfofisiológicos son porcentajes, se les aplicó la transformación arcoseno para normalizar la distribución de los datos y reducir la dependencia de la variancia de las muestras sobre las medias.

Se emplearon correlaciones de Pearson entre el diámetro de los ovocitos y los índices morfofisiológicos, para establecer una posible relación de las diferentes variables biológicas con el proceso reproductivo. En este sentido, también se correlacionó el diámetro de los ovocitos con las diferentes variables bioquímicas. Se aplicaron análisis de correlación de rangos de Spearman para establecer la relación entre la actividad reproductiva (diámetro promedio de ovocitos) y las variables ambientales (temperatura, salinidad, Clorofila *a*, seston orgánico e inorgánico y concentración en el seston de carbohidratos, lípidos y proteínas).

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa STATISTICA para Windows (Versión 6.0, Stanford, Inc., Tulsa, OK, USA), con un nivel de significancia (α) establecido en 0.05.

VI. RESULTADOS

1. ACTIVIDAD REPRODUCTIVA

1.1 Estructura gonádica

La almeja chocolata *M. squalida* presenta una gónada difusa, embebida en la masa visceral, junto con la glándula digestiva (Figura 5).

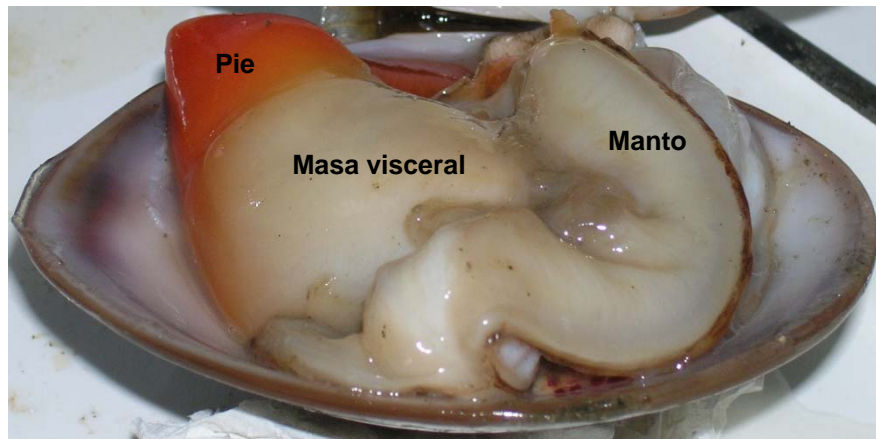


Figura 5. Localización anatómica de la masa visceral, donde se encuentra incluido el tejido gonádico de *Megapitaria squalida*.

En esta especie, no es posible diferenciar el sexo de cada individuo a través de la observación macroscópica, ni se puede obtener una escala morfocromática del desarrollo gonádico como en otras especies, ya que no se observan diferencias en el color de la gónada por sexo, ni por grado de desarrollo gonádico. Microscópicamente se observa que el tejido gonádico puede llegar a invadir parte del pie (Figura 6).

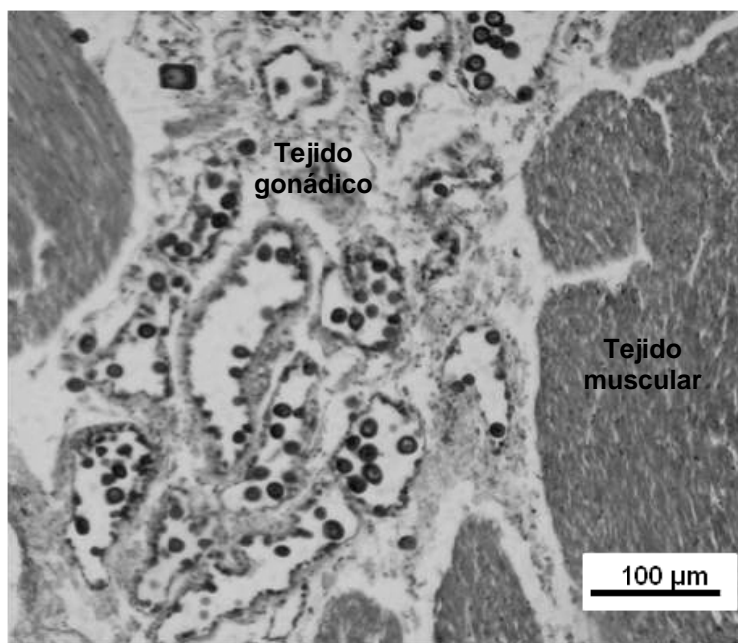


Figura 6. Microfotografía de tejido gonádico femenino de *Megapitaria squalida*, invadiendo parte del pie del organismo.

1.2 Proporción de sexos

En Bahía de La Paz se analizaron un total de 588 almejas. Se observaron un 46.93% de hembras, un 30.78% de machos, un 15.98% de hermafroditas y un 6.29 % de organismos no reclutados a la reproducción.

Considerando la muestra total de Bahía de La Paz, se presentaron significativamente más hembras que machos ($\chi^2 > 3.8$, $p < 0.05$) (Tabla 1). Respecto a la proporción sexual mensual, ésta mostró diferencias significativas ($\chi^2 > 3.8$, $P < 0.05$) de 1:1 en mayo, julio, agosto y septiembre de 2007 (Tabla 1). La proporción sexual por intervalos de talla se mantuvo 1:1, excepto en los intervalos de 61-70, 71-80 y 81-90 mm, en donde la proporción de hembras fue significativamente mayor ($\chi^2 > 3.8$, $p < 0.05$) (Tabla 2).

En Bahía Magdalena se analizaron un total de 667 almejas en las que se observó un 50.82% de hembras, un 28.63% de machos, un 19.64% de hermafroditas y un 0.89% de almejas no reclutadas a la reproducción.

Considerando la muestra total de Bahía Magdalena, se presentaron significativamente más hembras que machos ($\chi^2 > 3.8$, $p < 0.05$) (Tabla 1). En el

caso de la proporción sexual mensual se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) de 1:1 en febrero, marzo, diciembre de 2007 y enero, abril, julio y diciembre de 2008 (Tabla 1). La proporción sexual por intervalos de talla se mantuvo 1:1, excepto en los intervalos de 61-70, 71-80, 81-90, 91-100 y 101-110 mm, en donde la proporción de hembras fue significativamente mayor ($\chi^2 > 3.8$, $p < 0.05$) (Tabla 2).

Tabla 1. Porcentaje de hembras y machos, valores de χ^2 y proporción de sexos por mes y total de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México. Los valores en negrillas indican una diferencia significativa de 1:1 (χ^2 , $p < 0.05$).

Mes	Bahía de La Paz				Bahía Magdalena			
	% hembras	% machos	χ^2	Proporción	% hembras	% machos	χ^2	Proporción
Febrero 07	66.67	33.33	1.30	2:1	90.00	10.00	12.8	9:1
Marzo	52.38	47.62	0.04	1.1:1	90.00	10.00	12.8	9:1
Abril	68.42	31.58	2.57	2.1:1	66.67	33.33	2.33	2:1
Mayo	76.92	23.08	7.53	3.3:1	66.67	33.33	2.60	2:1
Junio	61.54	38.46	0.69	1.6:1	65.38	34.62	2.46	1.8:1
Julio	76.47	23.53	4.76	3.2:1	69.57	30.43	3.52	2.2:1
Agosto	82.14	17.86	11.57	4.6:1	65.22	34.78	2.13	1.8:1
Septiembre	80.95	19.05	8.04	4.2:1	59.26	40.74	0.92	1.4:1
Octubre	40.00	60.00	1.00	0.6:1	51.85	48.15	0.03	1.07:1
Noviembre	56.52	43.48	0.39	1.3:1	56.67	43.33	0.53	1.3:1
Diciembre	57.89	42.11	0.47	1.3:1	72.73	27.27	4.54	2.6:1
Enero 08	47.37	52.63	0.05	0.9:1	72.73	27.27	4.54	2.6:1
Febrero	58.33	41.66	0.66	1.4:1	61.11	38.88	0.88	1.5:1
Marzo	45.45	54.54	0.18	0.8:1	46.42	53.57	0.14	0.8:1
Abril	55.55	44.44	0.22	1.2:1	73.07	26.92	5.53	2.7:1
Mayo	50	50	0	1:1	44.44	55.55	0.11	0.8:1
Junio	58.33	41.66	0.66	1.4	51.85	48.14	0.03	1.07:1
Julio	72.22	27.77	3.5	2.6:1	70.83	29.16	4.16	2.4:1
Agosto	66.66	33.33	2.66	2:1	68.42	31.57	2.57	2.1:1
Septiembre	60	40	1	1.5:1	48.27	51.72	0.03	0.9:1
Octubre	37.5	62.5	1	0.6:1	54.16	45.83	0.16	1.1:1
Noviembre	63.63	36.36	0.81	1.7:1	55	45	0.2	1.2:1
Diciembre	40	60	0.4	0.6:1	80.95	19.04	8.04	4.2:1
TOTAL	56.07	43.92	19.74	1.5:1	63.96	36.03	41.32	1.7:1

Tabla 2. Porcentaje de hembras y machos, valores de χ^2 y proporción de sexos por intervalos de talla de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México. Los valores en negrillas indican una diferencia significativa de 1:1 ($\chi^2 p < 0.05$).

Talla (mm)	Bahía de La Paz				Bahía Magdalena			
	% hembras	% machos	χ^2	Proporción	% hembras	% machos	χ^2	Proporción
31-40	20.00	80.00	1.8	0.25:1	0	0	-	-
41-50	47.05	52.94	0.05	0.88:1	80.00	20.00	1.8	4:1
51-60	52.29	47.70	0.22	1.09:1	50.00	50.00	0	1:1
61-70	62.55	37.44	14.81	1.6:1	72.22	27.77	10.66	2.6:1
71-80	65.82	34.17	7.9	1.9:1	60.34	439.65	4.96	1.5:1
81-90	88.88	11.11	5.4	8:1	63.63	36.36	9	1.75:1
91-100	0	0	-	-	67.44	32.55	14.11	1.07:1
101-110	100	0	2	-	69.49	30.50	8.96	2.7:1
111-120	100	0	1	-	40.00	60.00	0.6	0.6:1
121-130	0	0	-	-	0	100	1	0:1

1.3 Fases de desarrollo gonádico

La observación microscópica de la gónada evidenció la presencia de células reproductoras en diferentes estadios de desarrollo dentro de un mismo organismo (Figura 7 y 8) y mostró que *M. squalida* presenta un desove de tipo parcial y un desarrollo gonádico sincrónico entre hembras y machos.

Se observaron cuatro fases gonádicas (desarrollo, madurez, desove, posdesove) de las cinco descritas por Villalejo-Fuerte *et al.* (1996) para esta misma especie. Cabe mencionar que los organismos indiferenciados (caracterizaron por presentar únicamente tejido conjuntivo y una ausencia total de gametos) fueron considerados como individuos no reclutados a la reproducción ya que se presentaron en tallas pequeñas (>40 mm), por lo que no fueron considerados dentro de las fases gonádicas utilizadas para describir el ciclo reproductivo.

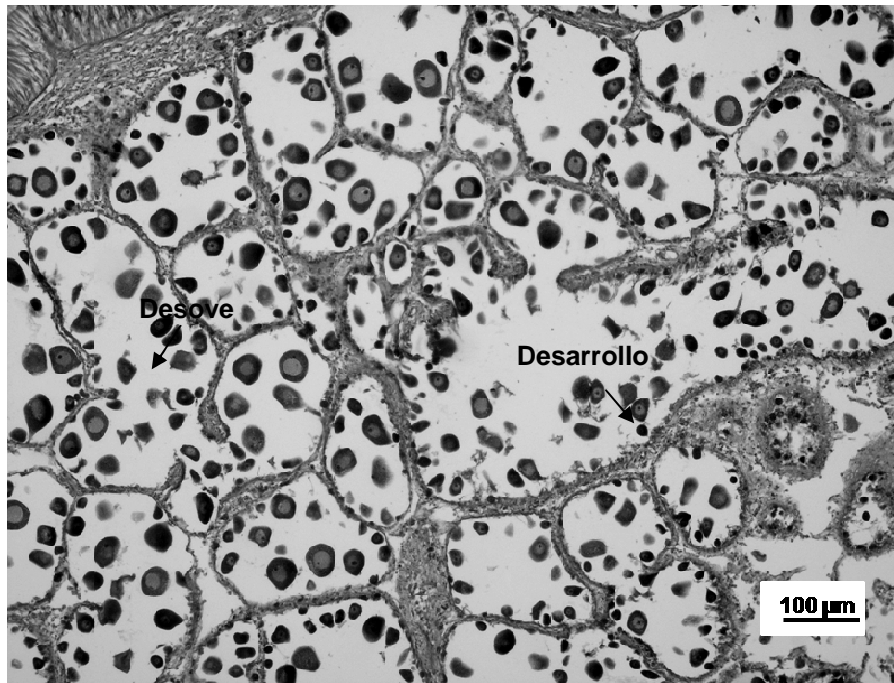


Figura 7. Microfotografía de una gónada femenina de *Megapitaria squalida* con ovocitos en diferentes grados de desarrollo dentro de los acinos.

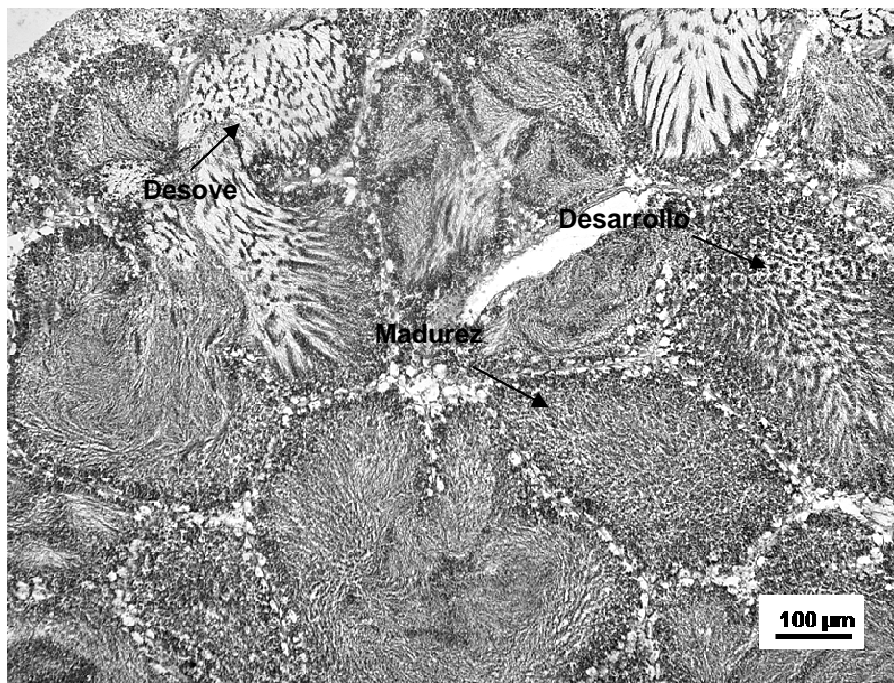


Figura 8. Microfotografía de una gónada masculina de *Megapitaria squalida* con acinos en diferentes grados de desarrollo.

Desarrollo: En esta fase se observó la presencia de tejido conjuntivo entre los acinos, dentro de los cuales se observaron células reproductoras en diferentes grados de desarrollo.

En las hembras, las ovogonias se presentaron adheridas a la pared de los acinos y se observaron también algunos ovocitos previtelogénicos. En los ovarios que presentaban un desarrollo más avanzado se observaron ovocitos maduros (Figura 9).

En los machos se observó una capa gruesa pegada a la pared del acino formada por espermatogonias y espermatocitos. Conforme avanza el desarrollo aumenta el número de espermatocitos y espermatozoides (Figura 10).

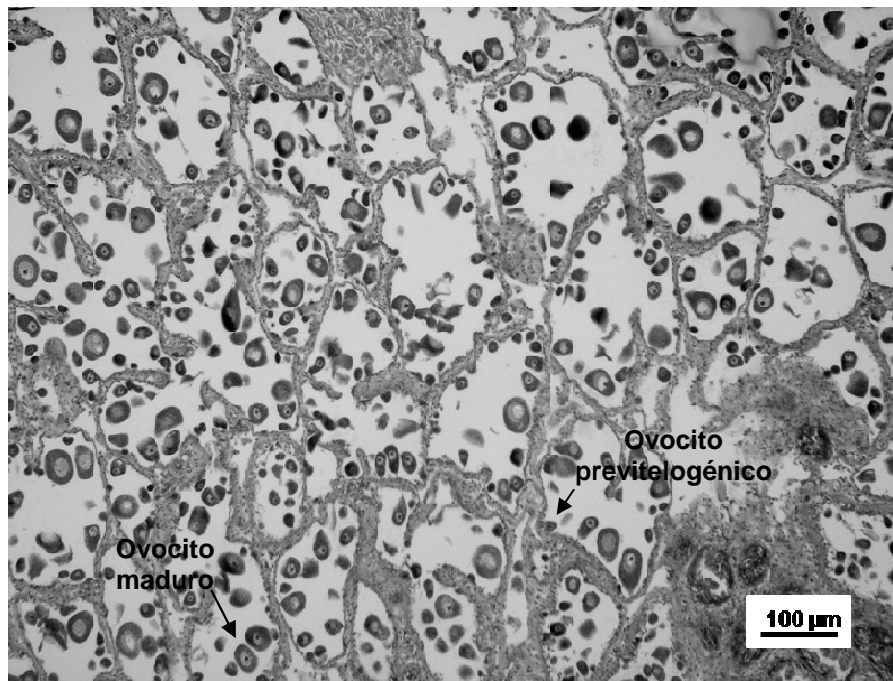


Figura 9. Microfotografía de la fase de desarrollo en una hembra de *Megapitaria squalida*.

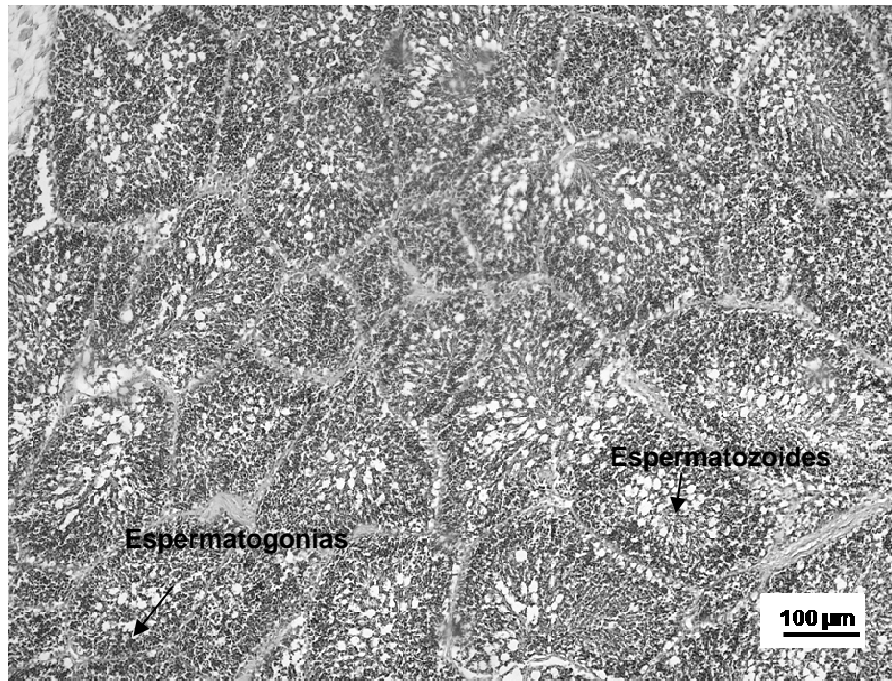


Figura 10. Microfotografía de la fase de desarrollo en un macho de *Megapitaria squalida*.

Madurez: Los ascinos se encuentran llenos de células sexuales y aumentan de tamaño, la cantidad de tejido conjuntivo disminuye.

En las hembras los ovocitos maduros presentan una forma irregular y están llenos de vitelo. También se observó que la gametogénesis es continua, evidenciada por la presencia de ovocitos previtelogénicos adheridos a la pared de los ascinos (Figura 11).

En los machos los espermatozoides se localizan hacia el centro de los acinos y las capas de espermatocitos y espermatogonias que están en la periferia del acino se han adelgazado (Figura 12).

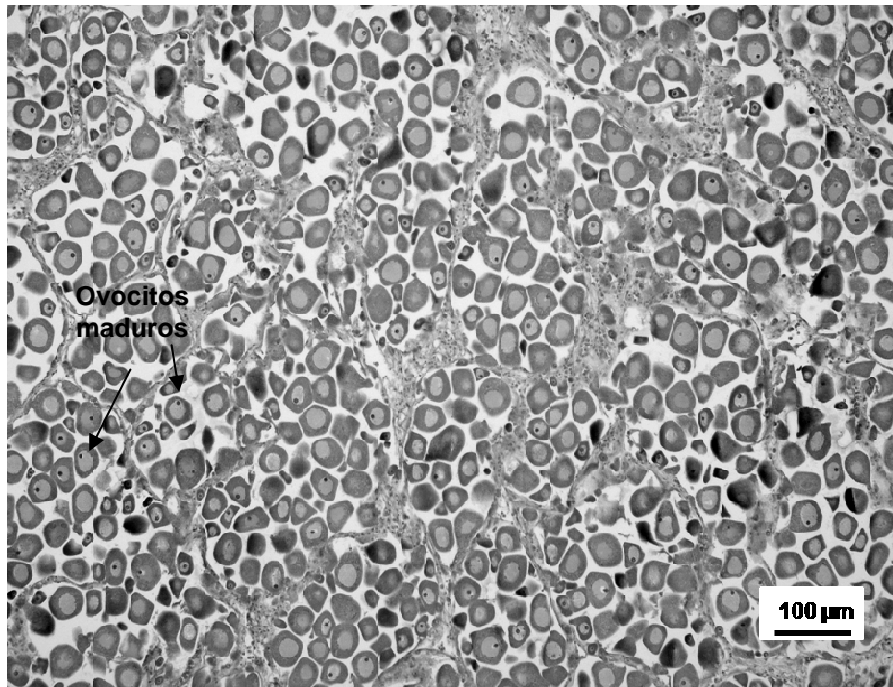


Figura 11. Microfotografía de la fase de madurez en una hembra de *Megapitaria squalida*.

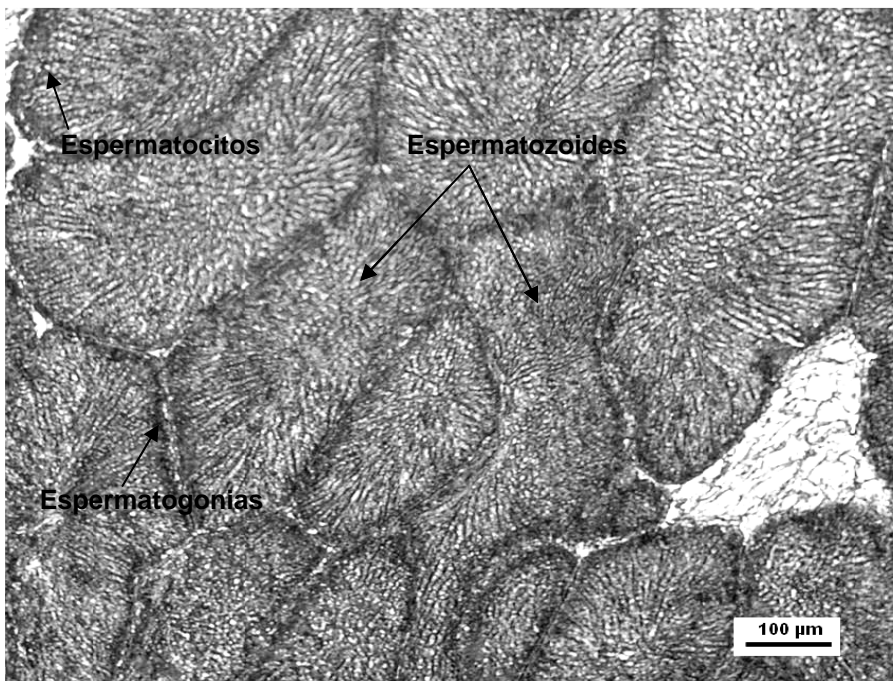


Figura 12. Microfotografía de la fase de madurez en un macho de *Megapitaria squalida*.

Desove: Se observó a los ascinos parcialmente vacíos. En algunos casos, dependiendo del avance del desove, se presentan las paredes de los acinos rotas debido a la expulsión de los gametos.

En la mayoría de las hembras se observaron ovogonias y ovocitos previtelogénicos pegados a las paredes de los acinos, lo que indica que los organismos mantienen una constante producción de gametos (Figura 13).

En los machos se observó la presencia de canales evacuadores debido a la liberación de los espermatozoides. Se observó una disminución del tamaño de los acinos (Figura 14).

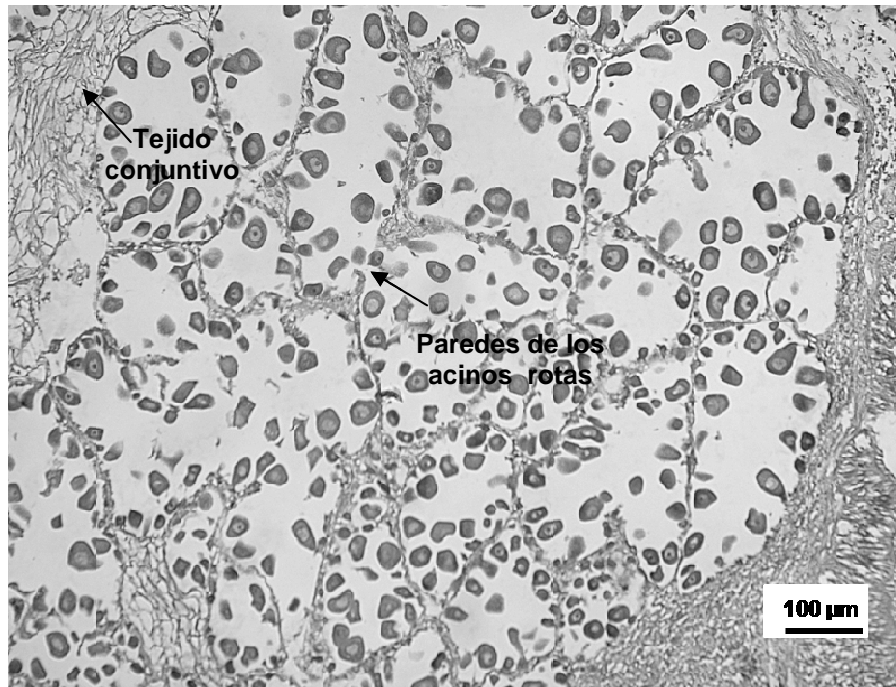


Figura 13. Microfotografía de la fase de desove en una hembra de *Megapitaria squalida*.

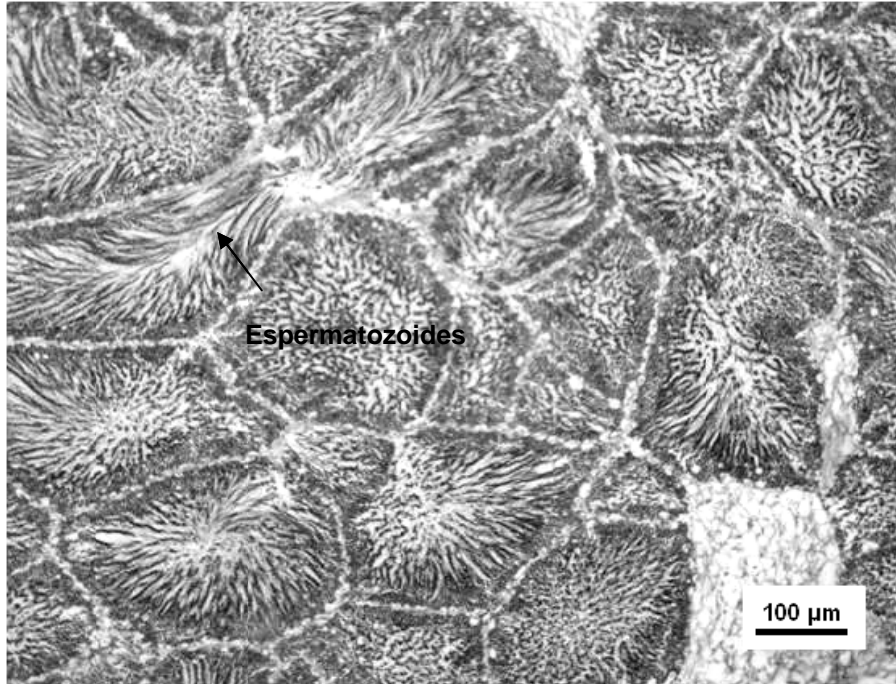


Figura 14. Microfotografía de la fase de desove en un macho de *Megapitaria squalida*.

Posdesove: Esta fase se caracterizó por la presencia de gametos residuales (ovocitos y espermatozoides en reabsorción) y fagocitos (Figura 15 y 16).

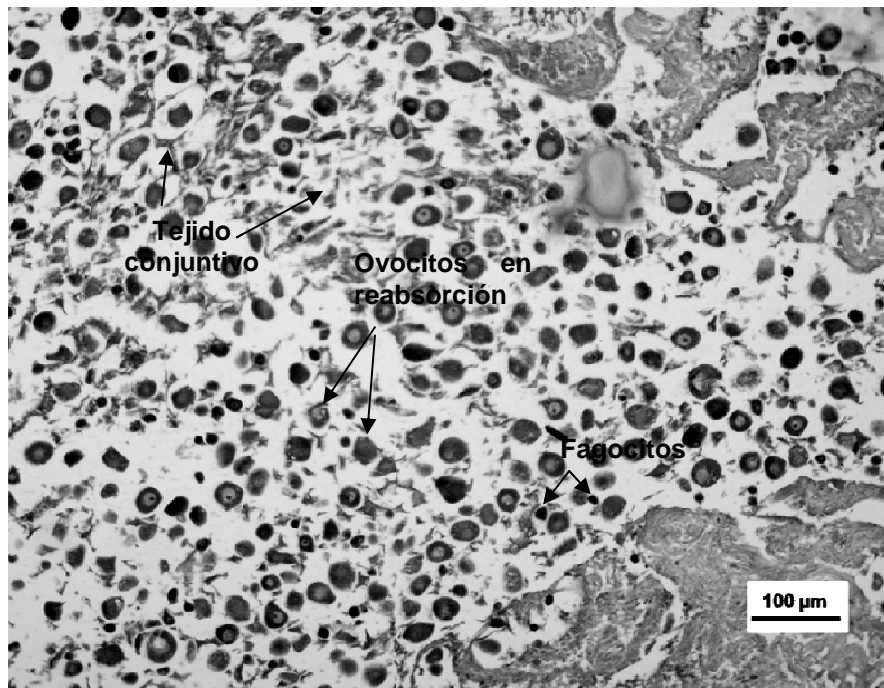


Figura 15. Microfotografía de la fase de posdesove en una hembra de *Megapitaria squalida*.

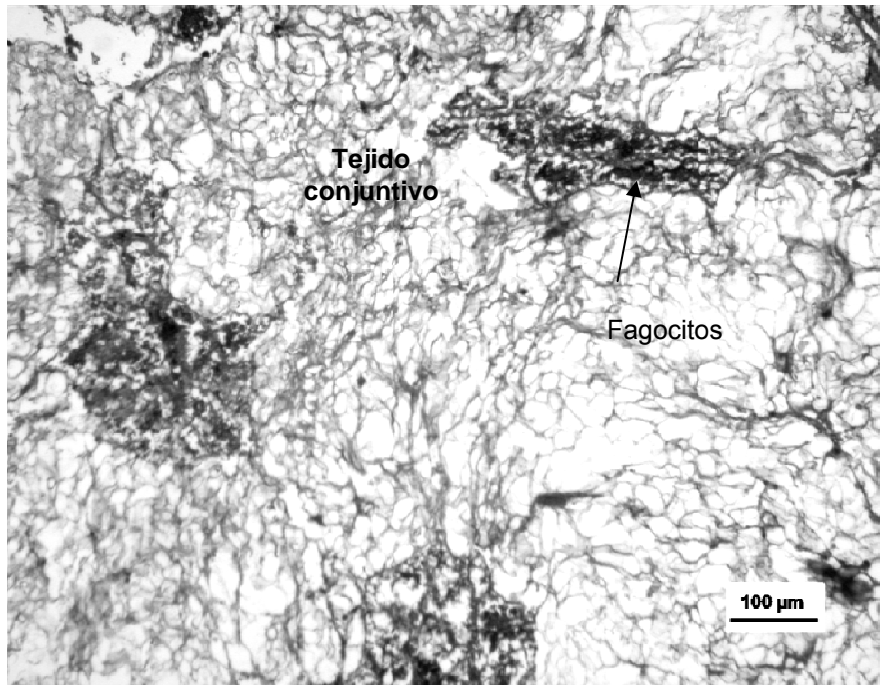


Figura 16. Microfotografía de la fase de posdesove en un macho de *Megapitaria squalida*.

1.4 Hermafroditismo

Del total de organismos analizados, el examen microscópico reveló la presencia de un 21.8% y 15.98% de organismos hermafroditas en Bahía de La Paz y un 23.5% y 19.64% en Bahía Magdalena durante 2007 y 2008, respectivamente. En el 89.8% del total de los ejemplares hermafroditas (ambas zonas de estudio), la mayor parte del tejido gonádico consistió de acinos masculinos, los ovocitos siempre se presentaron fuera de éstos y en la periferia del tejido gonádico masculino (Figura 17). En el 10.2% restante de hermafroditas se presentó una predominancia de acinos femeninos, el tejido espermatogénico se presentó siempre en acinos independientes de los femeninos (Figura 17). Se pudo apreciar que el tejido predominante (femenino o masculino) se encontraba en diferentes fases de desarrollo gonádico (desarrollo, madurez o desove).

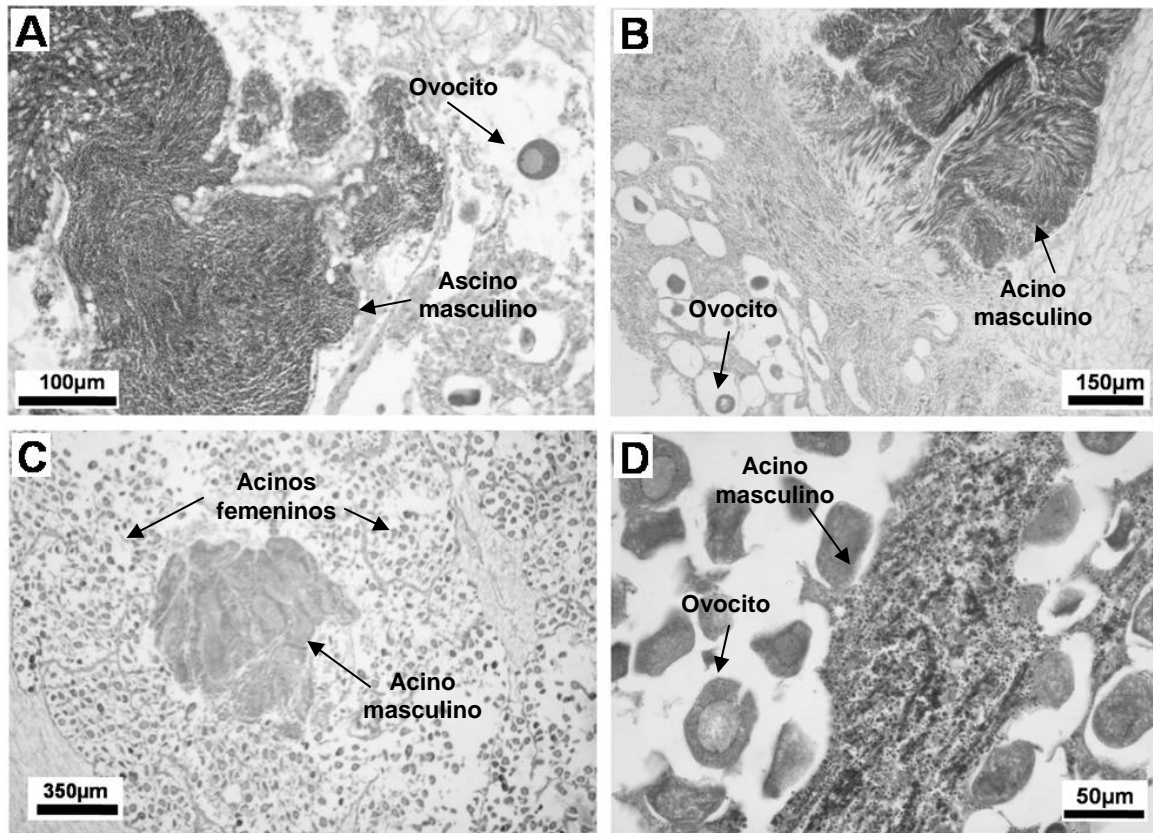


Figura 17. Microfotografía de organismos hermafroditas de *Megapitaria squalida*. A y B) Ejemplares predominantemente masculinos en fase de madurez con presencia de ovocitos. C y D) Ejemplares predominantemente femeninos en fase de desove, con ascinos masculinos en fase de madurez (C) y en desarrollo (D).

1.5 Ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo de *M. squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena no presentó la fase de indiferenciación o reposo durante los años analizados.

En la figura 18 se observa que las hembras de *M. squalida* en Bahía de La Paz presentaron la fase de desarrollo en casi todos los meses analizados durante los dos años de estudio, pero con un período de mayor frecuencia de agosto de 2007 a enero de 2008 (100% de las almejas). Este periodo de alta frecuencia (agosto-diciembre) no se repitió durante el 2008, por el contrario en esos meses se presentó una alta proporción de organismos en desove. La fase de madurez se presentó en proporciones bajas (5%-20%) a lo largo de los dos

años de estudio, y solo en mayo de 2007 la proporción fue alta (47%). El desove se registró de febrero a julio de 2007, con las mayores frecuencias durante marzo (91%) y junio (80%) y de febrero a diciembre de 2008, con un 90% o más de individuos en desove durante febrero (94%), abril (90%), mayo (90%) y agosto (100%). La fase de posdesove se observó únicamente en septiembre (6%) y diciembre (33%) de 2008.

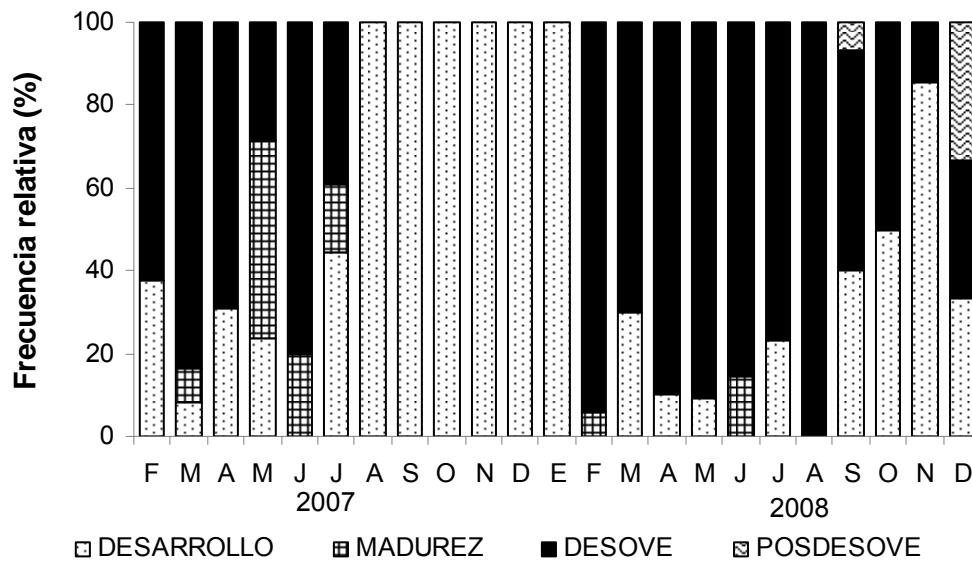


Figura 18. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz, B.C.S., México.

En los machos se observó un patrón similar al de las hembras. La figura 19 muestra que la fase de desarrollo se presentó durante casi todos los meses analizados (excepto abril y junio de 2007) en diferentes proporciones. En este caso también se observó el periodo de mayor frecuencia (100%) de organismos en fase de desarrollo de agosto de 2007 a enero de 2008 que se presentó en las hembras. Los machos maduros se registraron en diferentes frecuencias de marzo a julio de 2007 (38%-55%), y de marzo a septiembre (excepto julio) del 2008 (7%-30%). La fase de desove, al igual que en las hembras, se presentó de febrero a julio de 2007, con valores altos durante febrero, abril y julio (75%, 90% y 70%, respectivamente) y de febrero a diciembre (excepto marzo y noviembre)

de 2008, con más del 50% de organismos en desove durante febrero, abril, mayo, julio, agosto y diciembre. La fase de posdesove no se observó en machos.

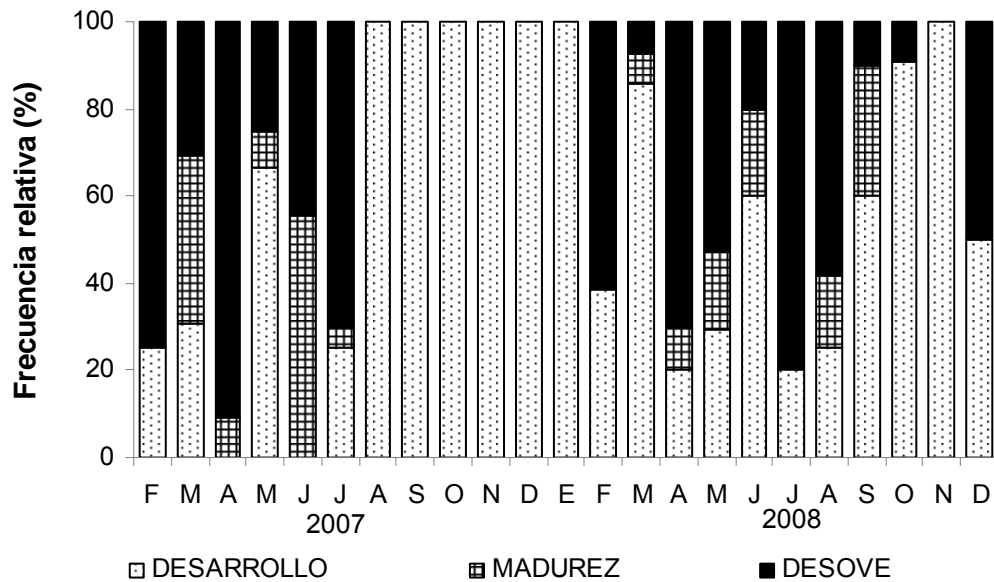


Figura 19. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de machos de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz, B.C.S., México.

En la figura 20 se observa que las hembras de *M. squalida* en Bahía Magdalena presentaron la fase de desarrollo durante todo el 2007, con una alta proporción de individuos en mayo y julio (50%). Sin embargo, durante el 2008 la fase de desarrollo se presentó en enero (56%) y de junio a octubre en menor porcentaje (entre 25% y 15%). En general, la fase de madurez se observó en porcentajes bajos de marzo a mayo y de julio a septiembre (entre 6% y 22%) de 2007 y únicamente en junio (14%) de 2008. Se pudo observar una alta frecuencia de organismos en desove a lo largo de todo el periodo de estudio, con frecuencias mayores al 40% (excepto mayo de 2007) y con una frecuencia del 100 % de febrero a mayo (2008) y durante noviembre y diciembre 2008. Se observaron individuos en posdesove durante agosto (13%), septiembre (6%) y octubre (6%) de 2008.

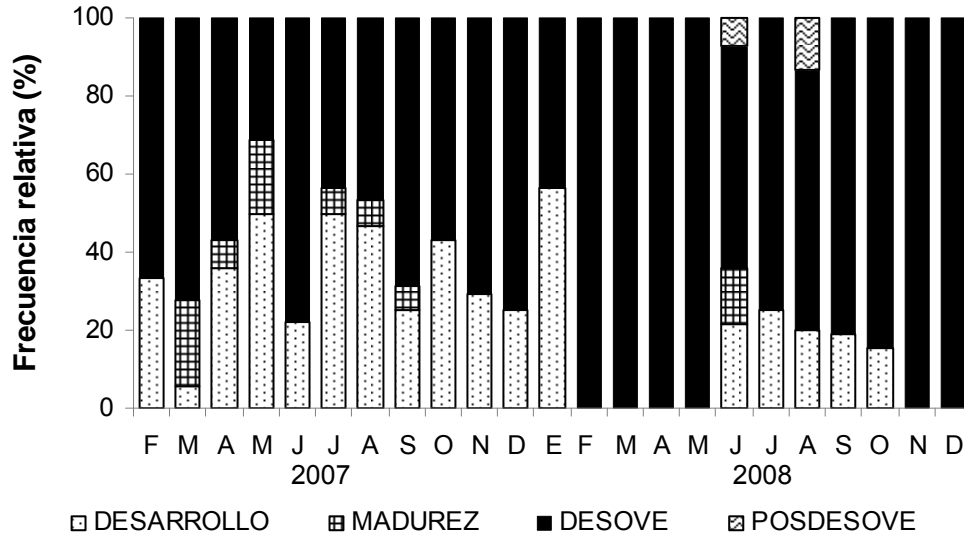


Figura 20. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

En el caso de los machos, la figura 21 muestra que el desarrollo se presentó durante febrero (20%) y marzo (10%) de 2007 y desde agosto 2007 hasta octubre de 2008 en porcentajes variables y con un 100% de individuos en desarrollo durante julio y agosto de 2008. Los machos maduros se observaron solo en algunos meses y con una frecuencia baja (5%-18%) durante los dos años de estudio. El desove se presentó en proporciones altas durante todo el periodo de estudio (excepto julio y agosto de 2008, cuando no se encontraron organismos en esta fase), con el 100% de organismos en desove durante abril de 2007 y noviembre y diciembre de 2008. Los organismos en posdesove se observaron solo en algunos meses (agosto y septiembre-octubre de 2007 y en septiembre de 2008) en muy baja proporción (9%-30%).

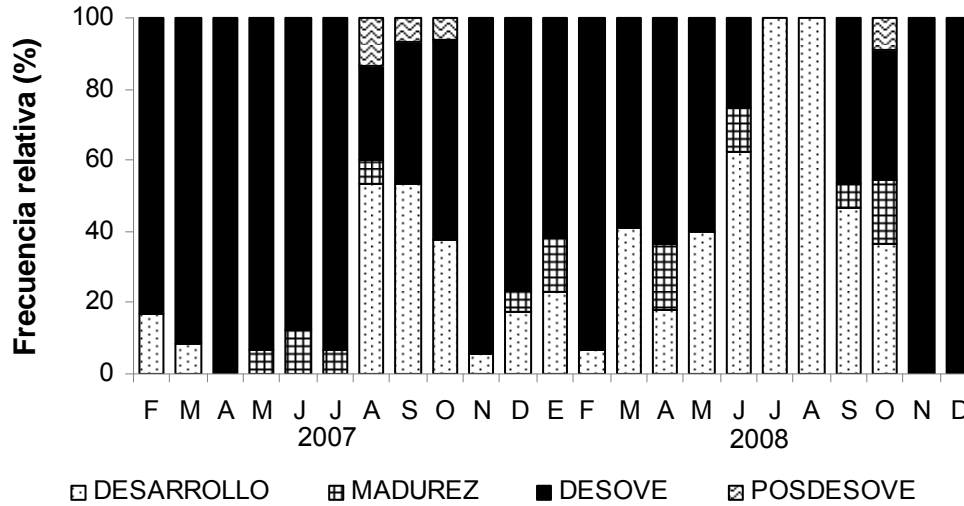


Figura 21. Frecuencia mensual de las diferentes fases de desarrollo gonádico de machos de *Megapitaria squalida* en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

1.5.1 Diámetro de los ovocitos

En Bahía de La Paz el diámetro promedio de los ovocitos de *M. squalida* fue de 27.7 μm . El diámetro máximo fue de 36 μm , mientras que el menor fue de 15.4 μm . El diámetro promedio de los ovocitos presentó diferencias significativas (ANDEVA, $p < 0.05$) entre los meses analizados, durante el 2007 se pudieron observar dos grupos (prueba *post hoc* de Duncan) representados por el periodo de actividad reproductiva (febrero-julio) y el periodo en donde se presentaron las frecuencias más altas (100%) de organismos en fase de desarrollo (agosto-enero), sin embargo durante el 2008 no se observó un patrón claro en su variación. (Figura 22).

En Bahía Magdalena se observó un diámetro promedio de los ovocitos de 34.3 μm , el diámetro mayor fue de 38.7 μm , mientras que el menor fue de 22.1 μm . Se observaron diferencias significativas (ANDEVA, $p < 0.05$) en el diámetro mensual de los ovocitos sin observarse un patrón claro en su variación a lo largo de los dos años (prueba *post hoc* Duncan) (Figura 22).

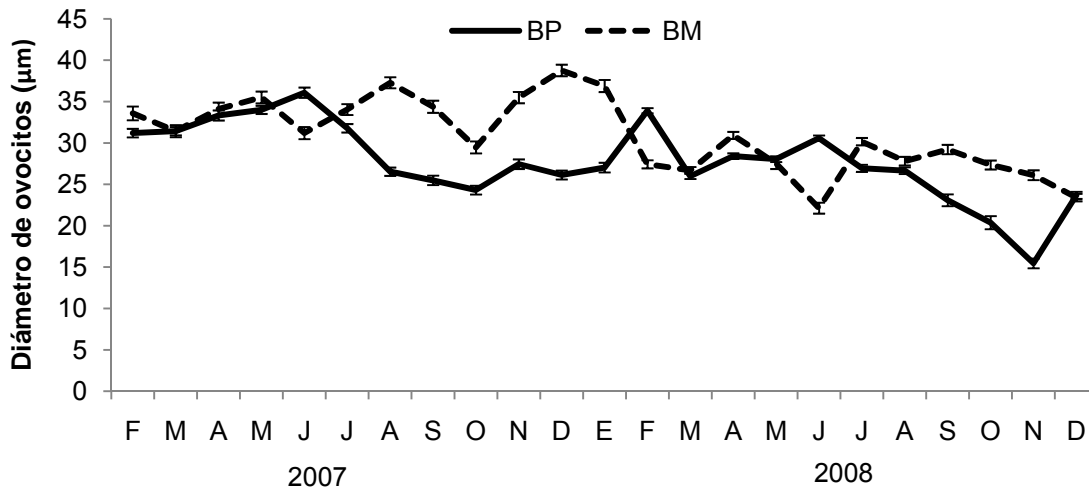


Figura 22. Variación mensual del diámetro promedio de los ovocitos de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México. Las barras corresponden a los errores estándar.

1.5.2 Índice de la Gónada

El IDG en Bahía de La Paz (Figura 23), presentó una relación con la frecuencia de aparición de las diferentes fases gonádicas. Durante el 2007, el valor más bajo (1.0) se presentó de agosto a diciembre con el total de los organismos (hembras y machos) en fase de desarrollo, y el mayor índice de la gónada se presentó en mayo (2.23) y junio (2.55) (en hembras y machos, respectivamente) lo que coincide con la mayor frecuencia de organismos maduros. Para el 2008 los valores más bajos (1.0) coinciden con un total de organismos en fase de desarrollo durante enero (hembras y machos) y noviembre (machos), mientras que los mayores valores se presentan durante junio (2.14) para las hembras y en agosto (1.91) para los machos, meses en lo que se observó una alta frecuencia de individuos maduros y en desove.

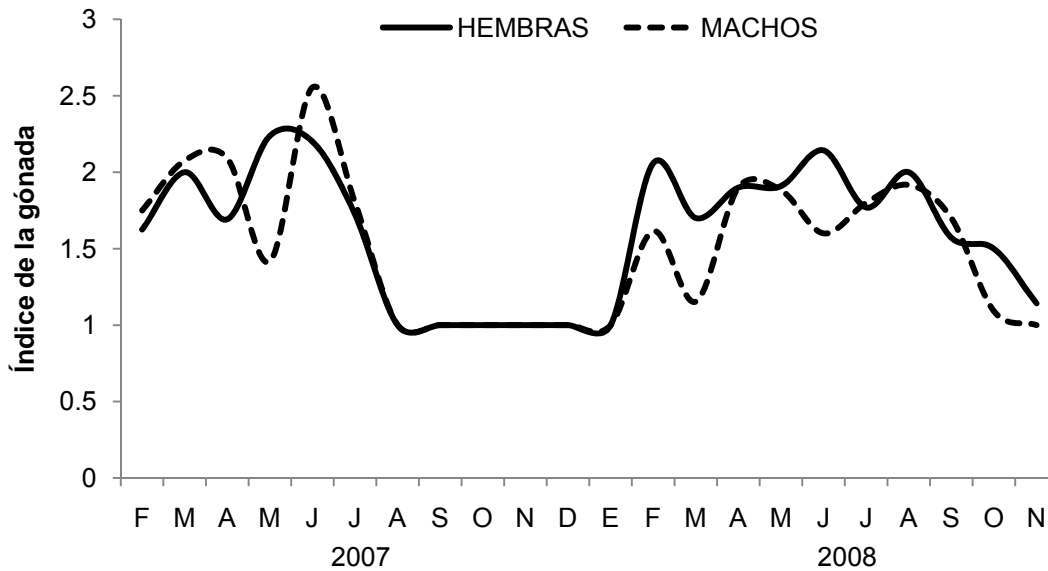


Figura 23. Variación mensual del índice de la gónada en hembras y machos de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz, B.C.S., México.

En Bahía Magdalena (Figura 24) durante el 2007 el menor valor en el IDG se presentó en julio (1.56) en las hembras y en septiembre (1.42) para los machos, cuando se observó la mayor frecuencia de almejas en desarrollo. El mayor valor se presentó durante marzo (2.16) en las hembras y en mayo y julio (2.06) en los machos, lo que coincide con la mayor frecuencia de madurez y desove. En el 2008 los valores más bajos se observaron en enero (1.43) para las hembras y durante julio y agosto (1.0) para los machos, lo que concuerda con la mayor frecuencia de desarrollos. El valor más elevado del índice de la gónada (2.0) en este año se presentó durante febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre en las hembras y durante abril, noviembre y diciembre en los machos, meses en los que se observó un 100% de organismos desovantes a excepción de abril (macho), donde se observa además una alta frecuencia de individuos maduros.

Al comparar los valores mensuales del IDG entre los sexos, se encontró que no existen diferencias significativas de estos valores entre machos y hembras en ninguna de las localidades (prueba *t*, $p > 0.05$). Al comparar los

valores mensuales del IDG entre localidades por sexo, se encontró que existen diferencias en los valores del IDG tanto en machos (prueba t , $p= 0.04$), como en hembras (prueba t , $p=0.03$) entre localidades.

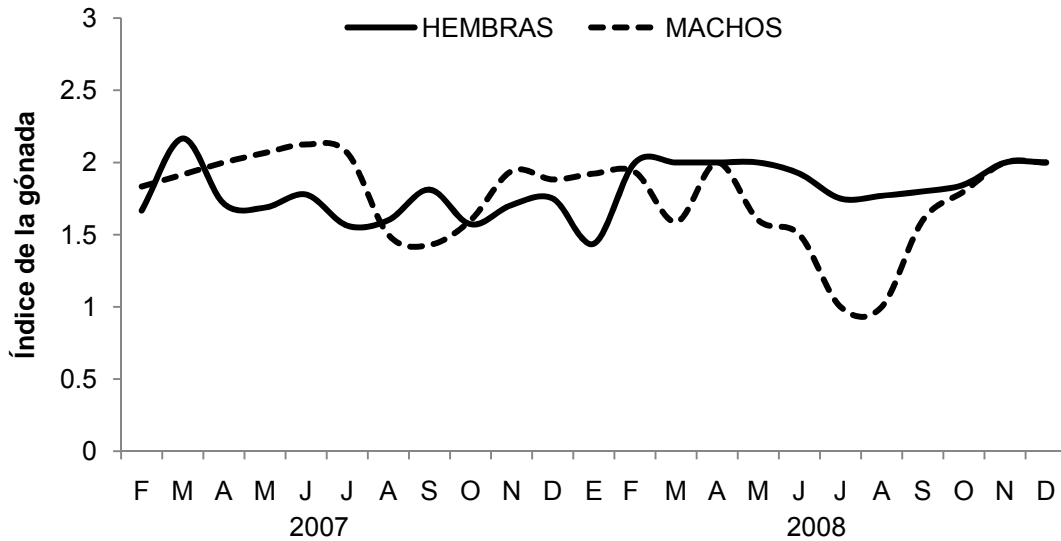


Figura 24. Variación mensual del índice de la gónada en hembras y machos de *Megapitaria squalida* en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

1.6 Talla de primera madurez

En Bahía de La Paz la longitud de concha de las almejas (machos y hembras) varió entre 35 y 111 mm (media = 64.3 mm, desviación estándar = 8.8 mm). Los datos de frecuencia relativa acumulada de las almejas con actividad reproductiva (madurez, desove y posdesove) en relación a la longitud se ajustaron a un modelo logístico ($r = 0.99$). De esta manera se estableció una talla de primera madurez de 64.5 mm para hembras y machos (Figura 25). Sin embargo, se observaron organismos con desarrollo gonádico desde los 35 mm.

En Bahía Magdalena la longitud de concha de los organismos varió entre 42 y 127 mm (media = 85.3, desviación estándar = 14.4 mm). En esta zona se estableció una talla de primera madurez de 85 mm para hembras y machos (Figuras 26). Sin embargo, se observaron almejas con desarrollo gonádico desde los 42 mm.

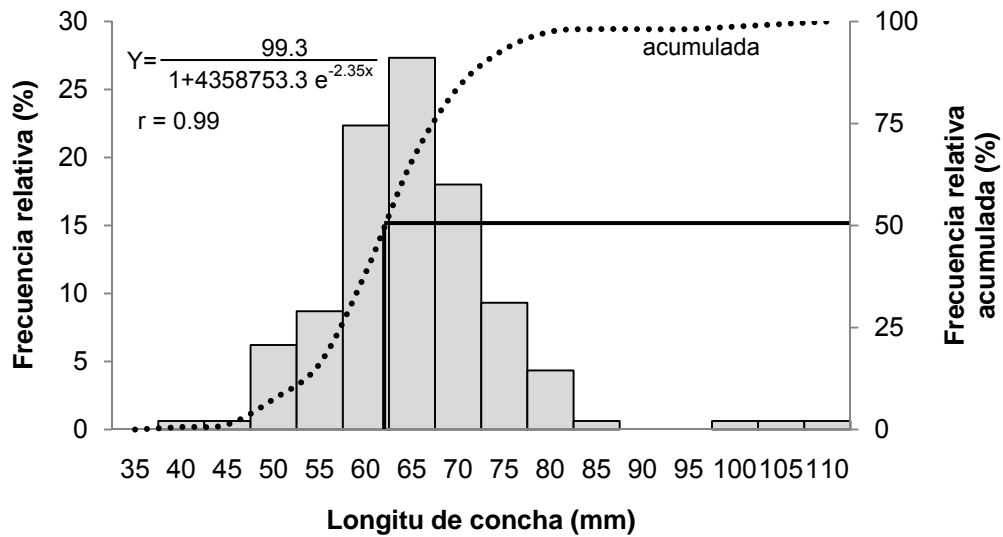


Figura 25. Talla de primera madurez en hembras y machos de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz, B.C.S., México.

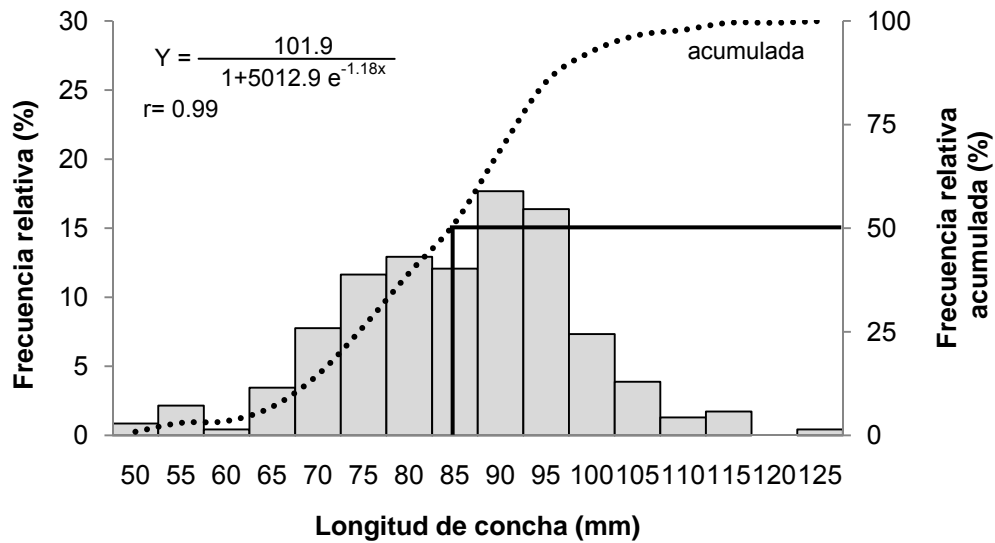


Figura 26. Talla de primera madurez en hembras y machos de *Megapitaria squalida* en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

2. CICLO DE ALMACENAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES

Para este análisis solo se consideraron a las hembras debido a que los machos no almacenan ni movilizan gran cantidad de nutrientes. Asimismo, durante el muestreo la selección de organismos para el análisis bioquímico se realizó de manera azarosa, ya que *M. squalida* no presenta dimorfismo sexual. Por esta razón en algunos meses se obtuvieron pocas hembras para el análisis bioquímico, debido a lo cual el análisis se realizó agrupando a las hembras por fase de desarrollo.

2.1 Índices morfofisiológicos

Los valores de los índices morfofisiológicos corresponden a los de las hembras utilizadas para el análisis de la composición bioquímica de los tejidos. En la tabla 3 se presenta la variación de los diferentes índices de *M. squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena.

Tanto en Bahía de La Paz como en Bahía Magdalena, los valores del índice de condición (IC) no presentaron diferencias significativas entre las diferentes fases de desarrollo gonádico (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

La variación de los índices tisulares del músculo (IM) y de la masa visceral (IMV) no presentaron diferencias significativas entre fases de desarrollo gonádico (ANDEVA de una vía $p > 0.05$). Sólo el índice del manto (IMa) resultó significativamente menor en la fase de madurez tanto en Bahía de La Paz (11.64 % - 9.05 %), como en Bahía Magdalena (11.6 % -9.72 %) (ANDEVA de una vía $p < 0.05$).

Tabla 3. Variación por fases de desarrollo de los diferentes índices (media \pm error estándar) de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México. Las medias que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.01$).

Zona	Índice	Fase de desarrollo gonádico			ANDEVA
		Desarrollo	Madurez	Desove	
Bahía de La Paz					
	Condición (%)	24.6 \pm 0.4	24.7 \pm 1.2	27.3 \pm 1.0	NS
	Masa visceral (%)	38.9 \pm 0.5	45.1 \pm 1.3	43.5 \pm 1.1	NS
	Músculo (%)	8.3 \pm 0.2	8.7 \pm 0.6	9.5 \pm 0.6	NS
	Manto (%)	11.6 \pm 0.4b	9.0 \pm 2.4a	9.0 \pm 2.1a	$p < 0.01$
Bahía Magdalena					
	Condición (%)	32.1 \pm 0.6	34.1 \pm 1.6	32.8 \pm 0.5	NS
	Masa visceral (%)	46.7 \pm 0.3	54.3 \pm 1.0	50.0 \pm 0.3	NS
	Músculo (%)	8.1 \pm 0.3	6.7 \pm 0.7	8.0 \pm 0.2	NS
	Manto (%)	11.1 \pm 0.9b	9.7 \pm 2.7a	11.1 \pm 0.9b	$p < 0.01$

2.2 Composición bioquímica de los tejidos

2.2.1 Bahía de La Paz

En la tabla 4 se presenta la variación en la concentración de los diferentes sustratos analizados en cada uno de los tejidos de *M. squalida* en Bahía de La Paz.

2.2.1.1 Proteínas

En la gónada, las proteínas presentaron la menor concentración durante la fase de desarrollo (127 mg/g), con un incremento significativo (ANDEVA de una vía $p < 0.05$) en la fase de madurez (221.3 mg/g) y una disminución en la fase de desove (155.1 mg/g).

La glándula digestiva no presentó variaciones significativas en la concentración de proteínas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) durante las diferentes fases de desarrollo gonádico. Sin embargo, si se observó una disminución en su concentración durante la fase de madurez.

Las proteínas fueron el principal componente del músculo. Sin embargo, en este tejido no se observó una variación significativa (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) de sus concentraciones en las diferentes fases de desarrollo gonádico.

En el manto se registraron las concentraciones más bajas de proteínas. La variación de éstas en las diferentes fases de desarrollo gonádico no presentó diferencias significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

2.2.1.2 Lípidos

En la gónada, los lípidos presentaron variaciones significativas (ANDEVA de una vía $p < 0.05$), durante la fase de desarrollo se presentó la menor concentración (10.7 mg/g) y ésta se incrementó en la madurez (24.1 mg/g) y de nuevo disminuyó en el desove.

En la glándula digestiva se presentó la mayor concentración de lípidos, encontrando una concentración significativamente mayor (ANDEVA de una vía $p < 0.05$) de éste sustrato durante la madurez (64.1 mg/g), en comparación con el desarrollo (44.8 mg/g).

Tanto en el músculo como en el manto se encontraron concentraciones muy bajas de lípidos y no se observaron diferencias significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) en las concentraciones de ninguno de estos tejidos.

2.2.1.3 Carbohidratos

La concentración de carbohidratos en la gónada no presentó variaciones significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) entre las diferentes fases de desarrollo gonádico, sin embargo, se pudo observar un incremento de este sustrato en la fase de desarrollo.

En la glándula digestiva se observó una mayor concentración de carbohidratos durante el desarrollo (71.2 mg/g) y el desove (77.5 mg/g), con un decremento durante la fase de madurez (62.3 mg/g), sin embargo, estas diferencias no fueron significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

Los carbohidratos fueron el principal componente del músculo y del manto. Sin embargo, en estos tejidos no se observó una variación significativa

(ANDEVA de una vía $p > 0.05$) de sus concentraciones entre las diferentes fases de desarrollo gonádico.

Tabla 4. Variación de la composición bioquímica por fases de desarrollo de los diferentes tejidos (media \pm error estándar) de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz, B.C.S., México. Las medias que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.01$).

Sustrato (mg/g)	Tejido	Fase de desarrollo gonádico			ANDEVA
Proteínas					
		<i>Desarrollo</i>	<i>Madurez</i>	<i>Desove</i>	
	Gónada	127.0 \pm 10.6a	221.3 \pm 27.2b	155.1 \pm 23.6ab	$p < 0.01$
	Glándula digestiva	176.1 \pm 4.3	153.7 \pm 11.2	183.5 \pm 9.7	NS
	Músculo	394.5 \pm 17.0	469.1 \pm 43.5	461.9 \pm 37.7	NS
	Manto	68.4 \pm 4.3	70.2 \pm 11.1	57.6 \pm 9.6	NS
Lípidos					
		<i>Desarrollo</i>	<i>Madurez</i>	<i>Desove</i>	
	Gónada	10.7 \pm 2.1a	24.1 \pm 5.3b	23.9 \pm 4.6b	$p < 0.01$
	Glándula digestiva	44.8 \pm 2.2a	64.1 \pm 5.8b	62.6 \pm 5.0b	$p < 0.01$
	Músculo	9.7 \pm 0.6	10.0 \pm 1.7	13.5 \pm 1.5	NS
	Manto	6.6 \pm 0.3	6.6 \pm 0.7	7.6 \pm 0.6	NS
Carbohidratos					
		<i>Desarrollo</i>	<i>Madurez</i>	<i>Desove</i>	
	Gónada	35.0 \pm 4.2	34.6 \pm 10.9	54.7 \pm 9.4	NS
	Glándula digestiva	71.2 \pm 5.7	62.3 \pm 14.6	77.5 \pm 12.7	NS
	Músculo	106.0 \pm 10.7	124.1 \pm 27.3	117.9 \pm 23.6	NS
	Manto	106.0 \pm 10.0	148.7 \pm 25.5	146.2 \pm 22.1	NS

2.2.2 Bahía Magdalena

En la tabla 5 se presenta la variación de la concentración de los diferentes sustratos analizados en cada uno de los tejidos de *M. squalida* en Bahía Magdalena.

2.2.2.1 Proteínas

Las proteínas en la gónada presentaron significativamente mayor (ANDEVA de una vía $p < 0.05$) concentración en el desove (211.1 mg/g).

En la glándula digestiva se observó una mayor concentración de proteínas en la fase de madurez (189.5 mg/g), sin embargo, esta variación no fue significativa (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

En el músculo se observó la mayor concentración de proteínas y se encontraron diferencias significativas (ANDEVA de una vía $p < 0.05$) entre las fases de desarrollo (277.6 mg/g) y desove (307.2 mg/g).

En el manto se encontraron concentraciones muy bajas de proteínas y se observó una menor concentración de éstas en la fase de madurez, pero esta disminución no fue significativa (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

2.2.2.2 Lípidos

La concentración de lípidos en la gónada no presentó diferencias significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) entre las fases de desarrollo gonádico.

En la glándula digestiva se observó la mayor concentración de lípidos. En este tejido los lípidos presentaron una mayor concentración (ANDEVA de una vía $p < 0.05$) en la fase de madurez.

Tanto en el músculo como en el manto se encontraron concentraciones muy bajas de lípidos y no se observaron diferencias significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) entre las fases de desarrollo gonádico.

2.2.2.3 Carbohidratos

En la gónada los carbohidratos se presentaron en concentraciones bajas, y no se observaron variaciones significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$) de su concentración entre las diferentes fases de desarrollo gonádico.

En la glándula digestiva se observó una mayor concentración de carbohidratos en la fase de madurez (85.8 mg/g), esta concentración disminuyó significativamente (ANDEVA de una vía $p < 0.05$), en el desove (76.9 mg/g).

En el músculo se observó un aumento en la concentración de carbohidratos durante la fase de madurez (126.8 mg/g) y ésta disminuyó en el

desove (80 mg/g), aunque esta variación no fue significativa (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

El manto estuvo constituido principalmente por carbohidratos; se observó un decremento de éstos en la fase de madurez (88.9 mg/g) y un incremento en la fase de desove (129.6 mg/g), sin embargo estas variaciones no fueron significativas (ANDEVA de una vía $p > 0.05$).

Tabla 5. Variación de la composición bioquímica por fases de desarrollo de los diferentes tejidos (media \pm error estándar) de hembras de *Megapitaria squalida* en Bahía Magdalena, B.C.S., México. Las medias que no presentan la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.01$).

Sustrato (mg/g)	Tejido	Fase de desarrollo gonádico			ANDEVA
Proteínas		<i>Desarrollo</i>	<i>Madurez</i>	<i>Desove</i>	
	Gónada	166.9 \pm 20.3a	174.8 \pm 51.9a	211.1 \pm 17.8b	$p < 0.01$
	Glándula digestiva	170.7 \pm 5.5	189.5 \pm 14.1	176.8 \pm 4.8	NS
	Músculo	277.6 \pm 20.6a	268.2 \pm 52.7ab	307.2 \pm 18.2b	$p < 0.01$
	Manto	58.2 \pm 3.7	56.1 \pm 9.5	62.7 \pm 3.2	NS
Lípidos		<i>Desarrollo</i>	<i>Madurez</i>	<i>Desove</i>	
	Gónada	17.2 \pm 2.8	18.3 \pm 7.3	22.3 \pm 2.5	NS
	Glándula digestiva	44.3 \pm 2.9a	55.0 \pm 7.6b	48.7 \pm 2.6ab	$p < 0.01$
	Músculo	7.6 \pm 0.7	9.4 \pm 1.8	8.3 \pm 0.6	NS
	Manto	7.1 \pm 0.4	6.6 \pm 1.1	7.3 \pm 0.3	NS
Carbohidratos		<i>Desarrollo</i>	<i>Madurez</i>	<i>Desove</i>	
	Gónada	35.6 \pm 5.0	25.0 \pm 12.9	43.4 \pm 4.4	NS
	Glándula digestiva	56.2 \pm 5.4a	85.8 \pm 13.8c	76.9 \pm 4.7b	$p < 0.01$
	Músculo	108.7 \pm 11.7	126.8 \pm 30.0	80.0 \pm 10.3	NS
	Manto	149.8 \pm 10.6	88.9 \pm 27.1	129.6 \pm 9.3	NS

3. FACTORES AMBIENTALES

3.1 Temperatura del agua

Los valores de la temperatura superficial del mar en Bahía de La Paz presentaron una variación estacional a lo largo del periodo de estudio. La temperatura más baja se presentó durante febrero de ambos años (20.3 °C y 18.8 °C) (Figura 27). La temperatura fue aumentando gradualmente y alcanzó su

máximo valor (29.3 °C y 30.3 °C) en septiembre de ambos años (Figura 27). La temperatura promedio que se registró en ésta zona a lo largo del periodo de estudio fue de 25 °C. No se encontró una correlación significativa entre estos valores y el IDG ($r = -0.18, p > 0.05$).

En Bahía Magdalena la temperatura también presentó una variación estacional. Se registraron valores bajos (17.8 °C-19.7 °C) a inicios de cada año y hasta abril (Figura 27). Posteriormente la temperatura fue aumentando gradualmente y alcanzó su valor máximo durante septiembre de 2007 (25.2 °C) y octubre de 2008 (28.1 °C) (Figura 27). En esta área se presentó un valor promedio de temperatura de 22 °C. No se encontró una correlación significativa entre estos valores y el IDG ($r = -0.19, p > 0.05$).

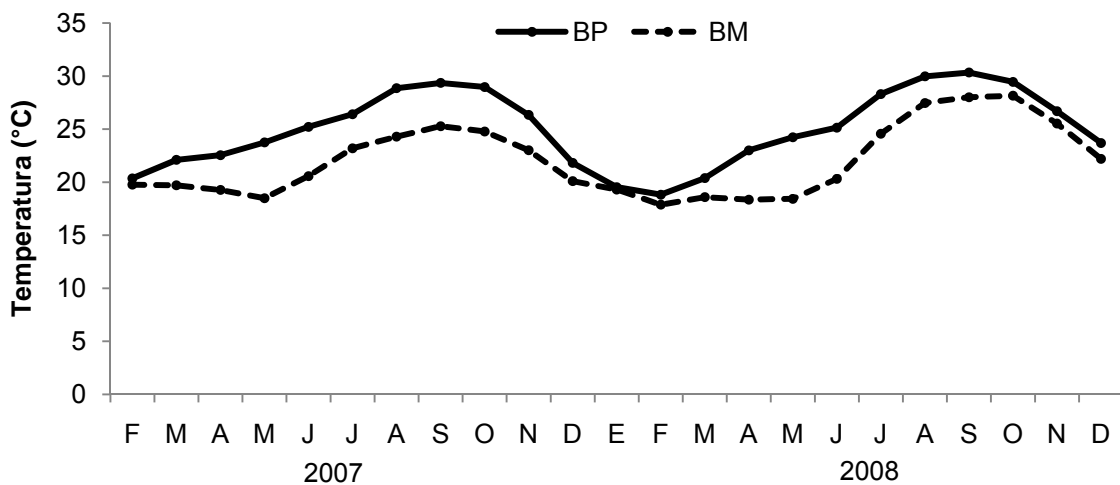


Figura 27. Valor promedio mensual de la temperatura en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.

Se registraron variaciones interanuales de temperatura en ambas zonas de estudio (Tabla 6). El periodo de julio-diciembre fue más cálido en el 2008 que en el 2007 en las dos zonas. El periodo febrero-mayo registró temperaturas más frías en el 2008 que en el 2007 en Bahía Magdalena.

Tabla 6. Variación interanual de la temperatura del agua durante el periodo de estudio.

MES	Bahía de La Paz			Bahía Magdalena		
	2007	2008	Diferencia	2007	2008	Diferencia
Enero		19.5			19.3	
Febrero	20.3	18.8	1.5	19.7	17.8	1.9
Marzo	22.1	20.3	1.7	19.7	18.5	1.2
Abril	22.5	23	-0.5	19.2	18.3	0.9
Mayo	23.7	24.2	-0.5	18.4	18.4	-
Junio	25.2	25.1	0.01	20.5	20.3	0.2
Julio	26.4	28.3	-1.9	23.2	24.5	-1.3
Agosto	28.8	29.9	-1.1	24.2	27.4	-3.1
Septiembre	29.3	30.3	-0.9	25.2	28	-2.7
Octubre	28.9	29.4	-0.4	24.7	28.1	-3.3
Noviembre	26.3	26.6	-0.3	23	25.5	-2.5
Diciembre	21.8	23.6	-1.8	20	22.2	-2.1

3.2 Salinidad

La salinidad en Bahía de La Paz presentó valores mínimos de 37 ups de junio a agosto, mientras que el máximo se presentó durante febrero (41 ups), el valor promedio de salinidad para la zona fue de 38.6 ups (Figura 28). No se encontró una correlación significativa ($r= 0.00$, $p>0.05$) entre éstas concentraciones y el IDG.

En Bahía Magdalena el valor promedio en la salinidad fue de 39.3 ups, el mínimo de salinidad se presentó en junio y julio (38 ups) y el máximo (41 ups) durante febrero (Figura 28). No se encontró una correlación significativa ($r= 0.00$, $p>0.05$) entre éstas concentraciones y el IDG.

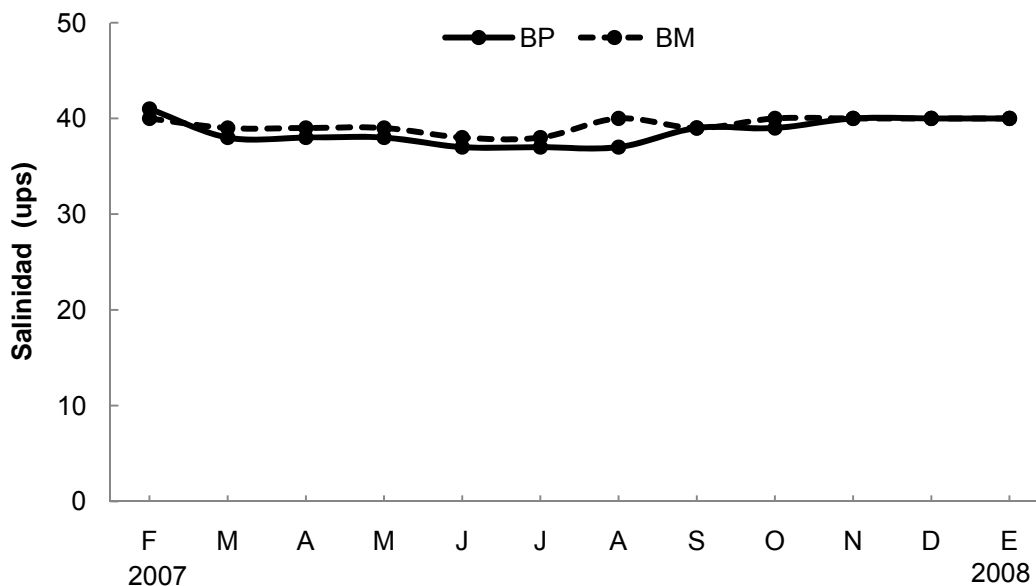


Figura 28. Valor mensual de salinidad en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.

4. INDICADORES DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL ALIMENTO

4.1 Clorofila *a*

Los valores más elevados en la concentración de clorofila *a* en Bahía de La Paz se presentaron durante febrero de 2007 (2.4 mg/m^3) y enero de 2008 (5.5 mg/m^3), las menores concentraciones se presentaron en octubre (0.3 mg/m^3) 2007 y septiembre 2008 (0.2 mg/m^3) (Figura 29). En esta área se presentó un valor promedio de clorofila *a* de 1.2 mg/m^3 . No se encontró una correlación significativa ($r= 0.14$, $p> 0.05$) entre la clorofila *a* y el IDG.

En Bahía Magdalena la concentración de clorofila *a* presentó el valor más elevado en julio de 2007 (14.7 mg/m^3) y uno menor durante octubre de 2008 (7.05 mg/m^3). Los valores más bajos en la concentración de clorofila *a* se observaron durante diciembre de 2007 y enero de 2008 (2.1 mg/m^3 y 2.6 mg/m^3) (Figura 29). En esta área se presentó un valor promedio de clorofila *a* de 5.2 mg/m^3 . No se encontró una correlación significativa ($r= 0.00$, $p> 0.05$) entre la clorofila *a* y el IDG.

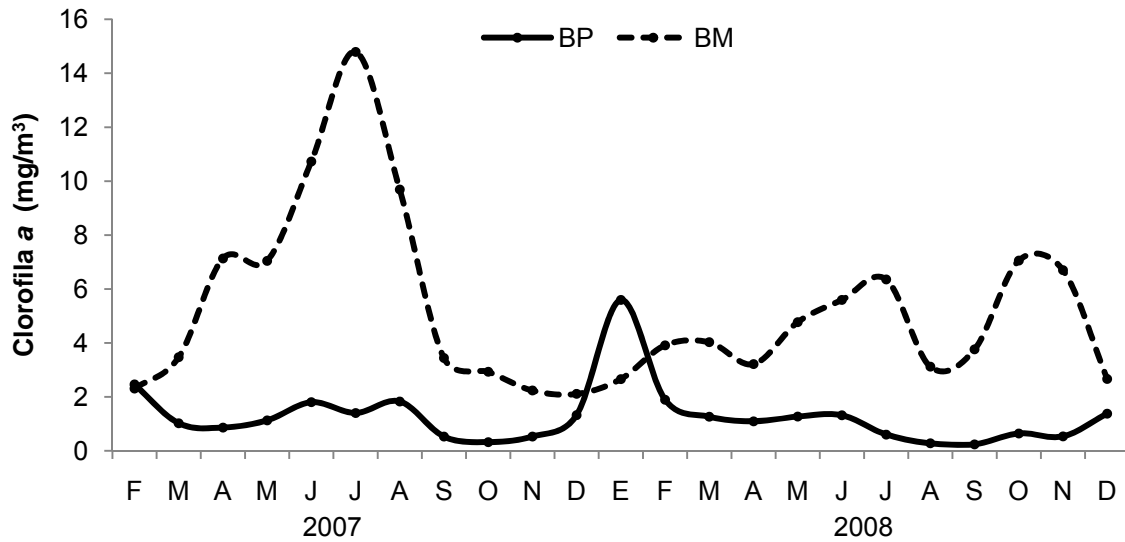


Figura 29. Valor promedio mensual de la concentración de clorofila *a* en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.

4.2 Seston

Para este estudio se tomaron muestras únicamente del primer año de muestreo.

4.2.1 Análisis de la concentración de seston

La concentración de ST, SI y SO en Bahía de La Paz presentó los valores más bajos en febrero, y los más elevados durante noviembre en el caso del ST y SI, y durante julio en el SO (Figura 30).

En la zona de Bahía Magdalena la concentración mínima de ST, SI y SO se presentó en marzo, y la máxima en octubre para el ST y SO y en julio para el caso del SI (Figura 31).

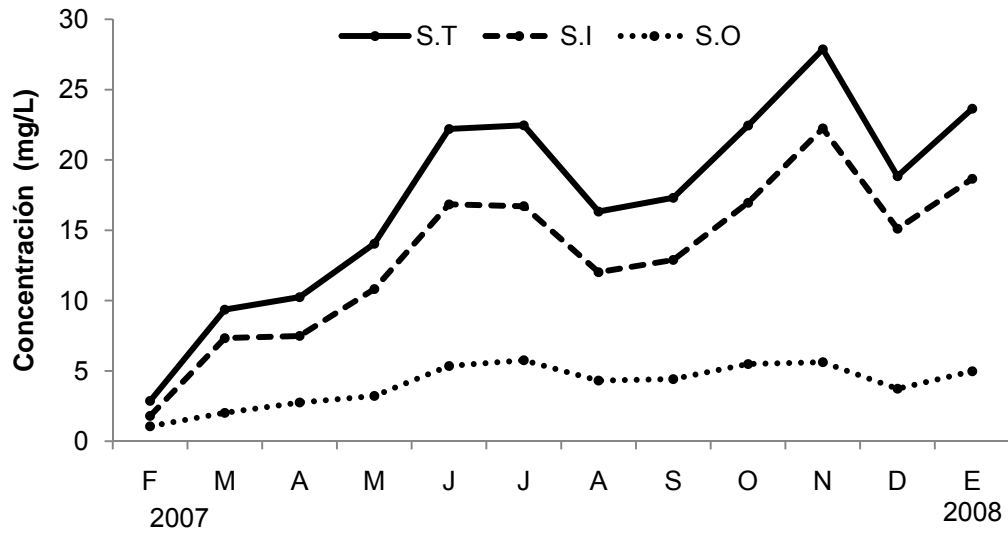


Figura 30. Variación mensual del seston total (ST), orgánico (SO) e inorgánico (SI) en Bahía de La Paz, B.C.S., México.

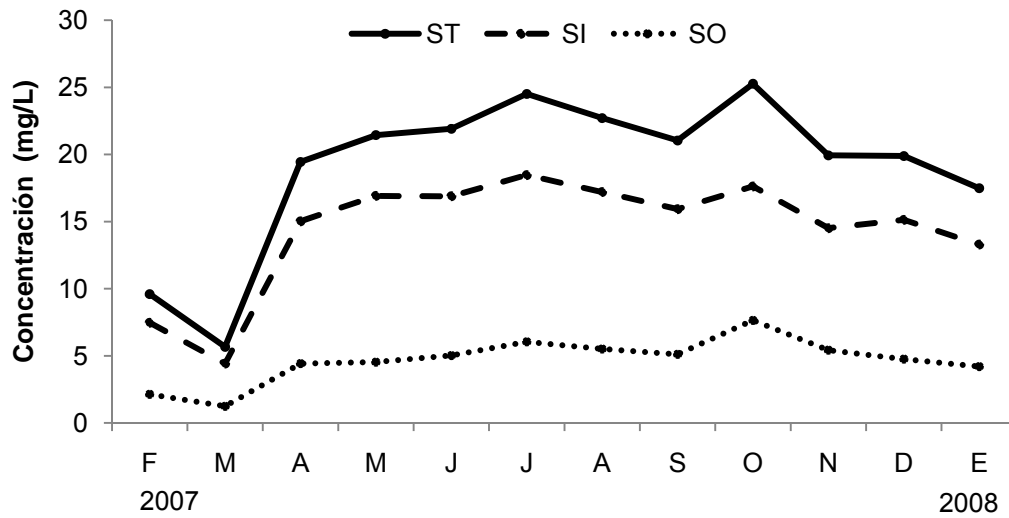


Figura 31. Variación mensual del seston total (ST), orgánico (SO) e inorgánico (SI) en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

4.2.2 Razón SI/SO

Con respecto a la razón SI/SO, se encontró que en Bahía de La Paz el valor más bajo se presentó durante febrero (1.1) mientras que el más elevado se observó en diciembre (2.7). En Bahía Magdalena el valor más bajo fue de 1.5 en octubre y el máximo se encontró en mayo (2.5) (Figura 32).

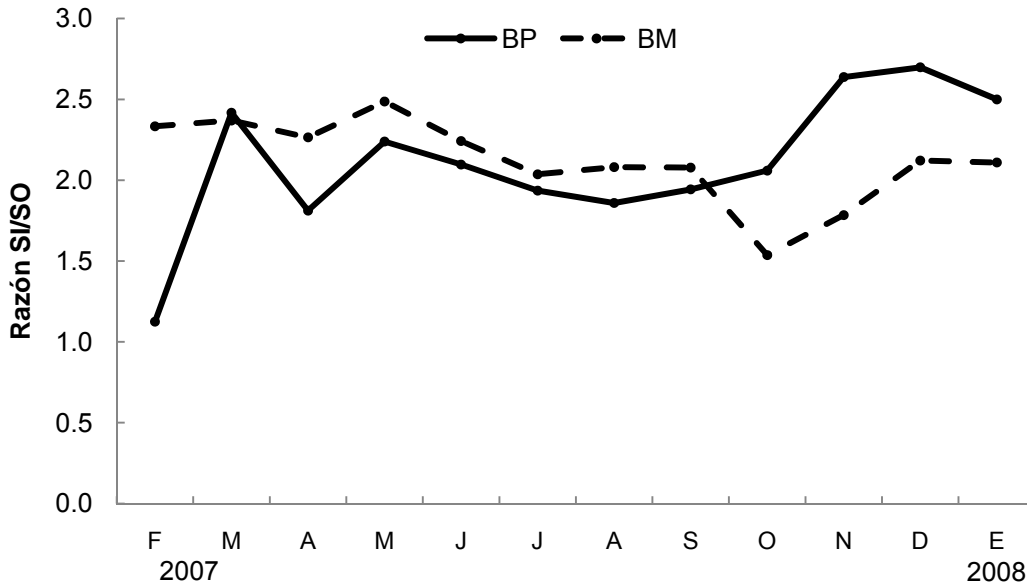


Figura 32. Variación mensual de la razón de SI/SO en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.

4.2.3 Análisis bioquímico del seston

Bahía de La Paz

La concentración de carbohidratos varió entre 44.63 $\mu\text{g/L}$ y 279.7 $\mu\text{g/L}$, (diciembre y enero, respectivamente) durante los meses de mayo a diciembre la variación de estas concentraciones fue mínima. Los lípidos presentaron la mayor concentración durante noviembre (1237.5 $\mu\text{g/L}$) y la menor en julio (365.5 $\mu\text{g/L}$). Las proteínas constituyeron la mayor parte del seston y sus concentraciones se mantuvieron con variaciones relativamente mínimas a excepción del mes de noviembre, donde se presentó la mayor concentración (1073.1 $\mu\text{g/L}$) (Figura 33).

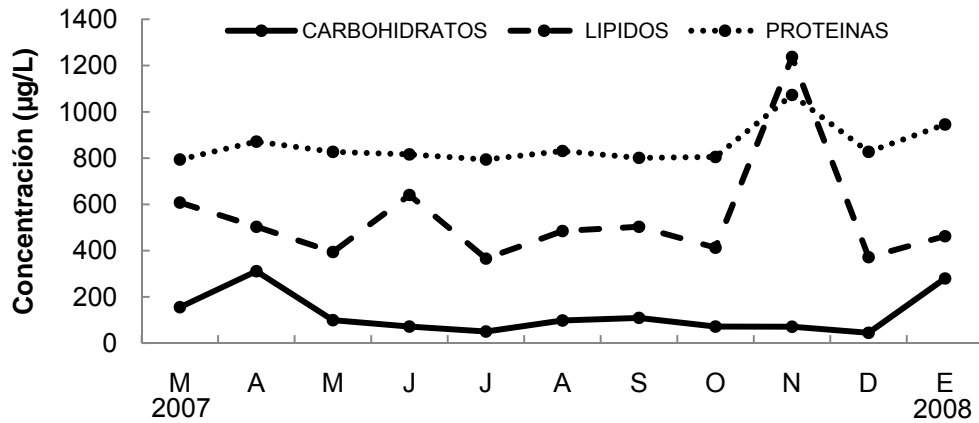


Figura 33. Variación mensual de la concentración de carbohidratos, lípidos y proteínas en Bahía de La Paz, B.C.S., México.

Bahía Magdalena

Los carbohidratos presentaron la menor concentración durante marzo (28 µg/L) y la mayor en noviembre (298 µg/L). Los lípidos se presentaron en menores concentraciones de marzo a septiembre (promedio = 478.4 µg/L) y se vio un incremento de éstos de octubre a enero (promedio = 950.6 µg/L). La concentración de las proteínas se mantuvo relativamente constante de marzo a septiembre con valores entre 778.9 µg/L y 834.5 µg/L y durante octubre se presentó la mayor concentración (1713.5 µg/L) (Figura 34).

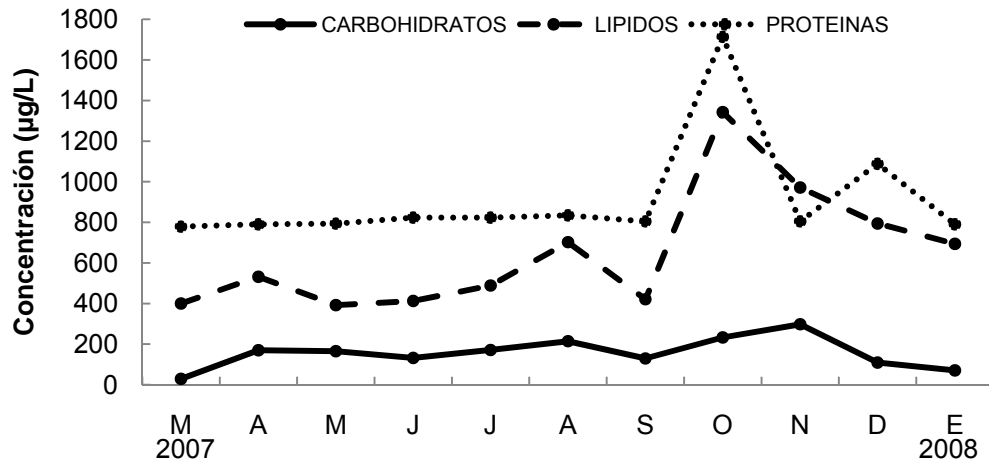


Figura 34. Variación mensual de la concentración de carbohidratos, lípidos y proteínas en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

4.2.4 Índice Alimenticio

El IA presentó el valor más elevado durante marzo tanto en Bahía de La Paz (16.6%) como en Bahía Magdalena (21.3%), mientras que el más bajo se observó en julio con valores de 5.38% para Bahía de La Paz y de 6.05% para Bahía Magdalena (Figura 35).

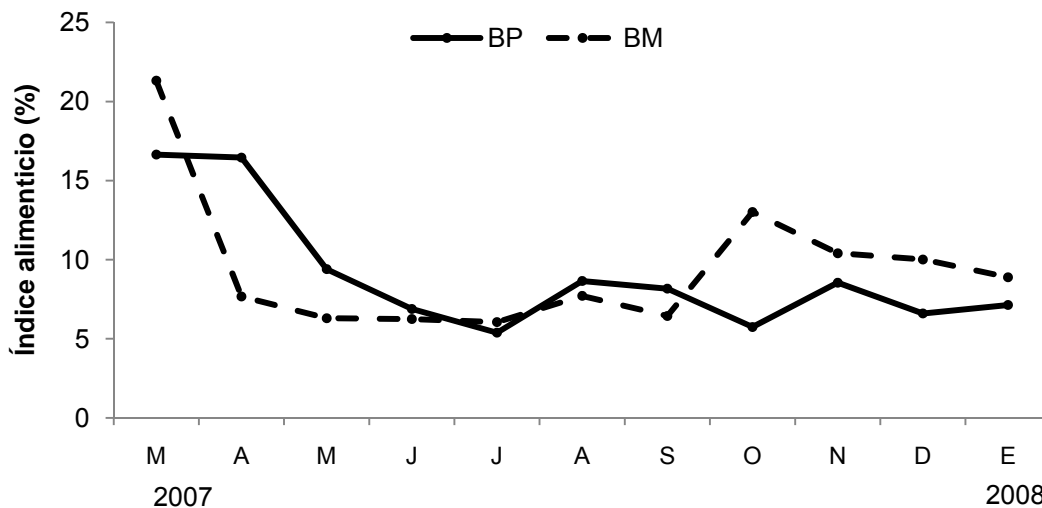


Figura 35. Variación mensual del índice alimenticio en Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM), B.C.S., México.

5. ANÁLISIS DISCRIMINANTE

Considerando las variables ambientales de las zonas de estudio, se observó que Bahía de La Paz y Bahía Magdalena forman dos grupos, con una variabilidad explicada de 0.11 (lambda de Wilks) ($p < 0.0001$). El 69% de ésta variabilidad fue explicada por el seston orgánico (27%), el seston inorgánico (26%) y la concentración de proteínas en el seston (16%).

Las zonas se clasificaron con un 95% promedio de confiabilidad estadística (Tabla 7). El 100% de las asignaciones realizadas *a priori* para Bahía de La Paz fueron bien clasificadas, mientras que la asignación correcta realizada *a priori* para Bahía Magdalena fue del 91%. La distancia cuadrática de Mahalanobis (obtenida de la distancia entre los centroides) fue de 27.0 ($p < 0.0001$). En la figura 36 se observa la separación en el espacio multifactorial de ambas zonas.

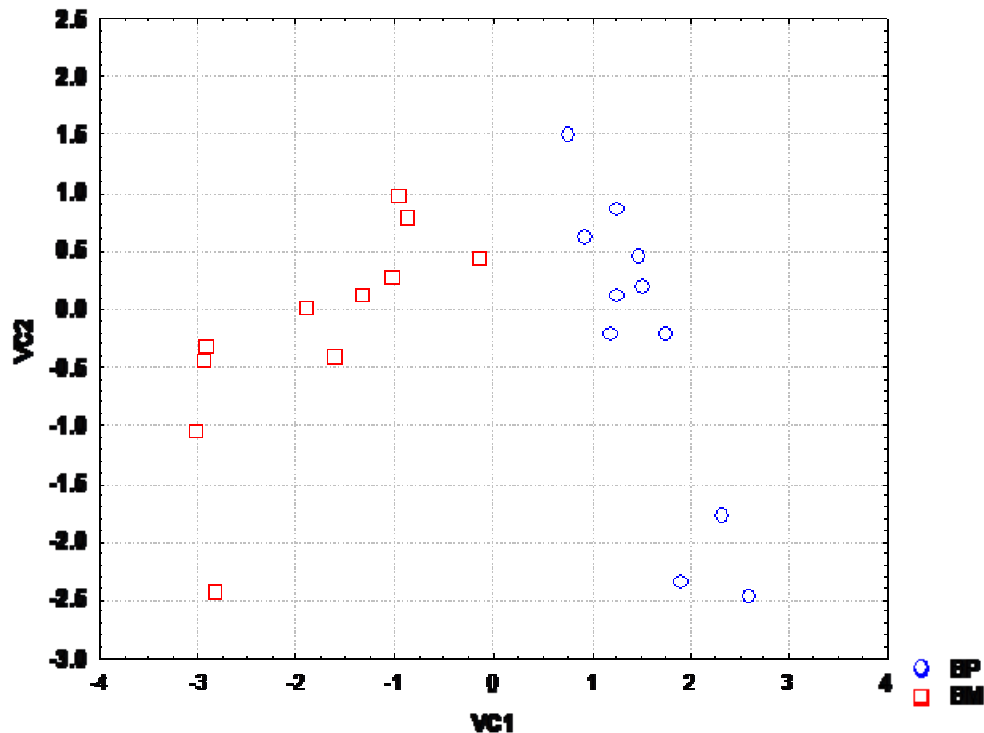


Figura 36. Proyección en el plano de las funciones canónicas, de las zonas analizadas: Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM). Varianza acumulada por las dos primeras VC=48%.

Por otro lado, al considerar las variables biológicas, de acuerdo con el análisis discriminante, los organismos de Bahía de La Paz y Bahía Magdalena formaron dos diferentes grupos, con una variabilidad explicada de 0.49 (lambda de Wilks) ($p < 0.0000$). El 59% de ésta variabilidad fue explicada por el peso total (24%), el peso del manto (20%) y el peso sin concha (15%).

Los organismos se clasificaron con un 88% promedio de confiabilidad estadística (Tabla 7). El 97% de los individuos asignados *a priori* a Bahía de La Paz fueron bien clasificados, mientras que la asignación correcta realizada *a priori* para los organismos de Bahía Magdalena fue del 81%. La distancia cuadrática de Mahalanobis (obtenida de la distancia entre los centroides) fue de 4.24 ($p < 0.0001$). En la figura 37 se observa la separación en el espacio multifactorial de los organismos en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena.

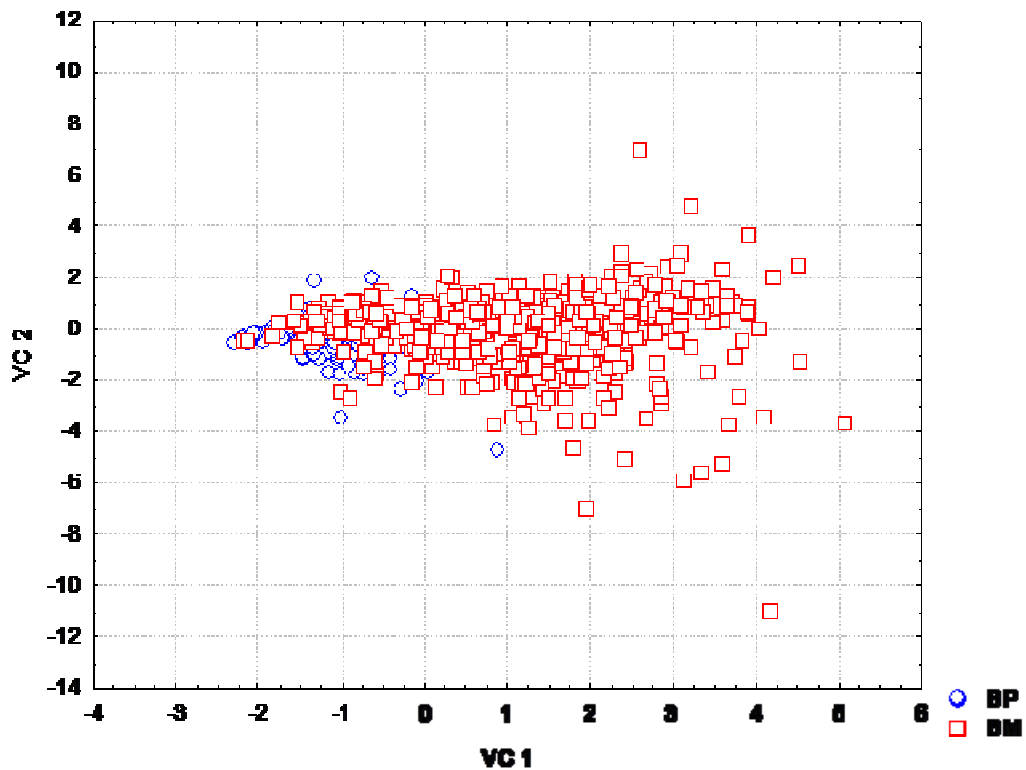


Figura 37. Proyección en el plano de las funciones canónicas, de los organismos analizados en ambas zonas: Bahía de La Paz (BP) y Bahía Magdalena (BM). Varianza acumulada por las dos primeras VC=53%.

Tabla 7. Matriz de clasificación de Bahía de La Paz (BP)-Bahía Magdalena (BM). Columnas (clasificación observada), renglones (clasificación dada por el análisis discriminante).

	Grupo	Porcentaje de corrección	Bahía de la Paz	Bahía Magdalena
Zonas	Bahía de la Paz	100%	11	0
	Bahía Magdalena	90.9%	1	10
	Total	95.4%	12	10
Organismos	Bahía de la Paz	96.7%	572	19
	Bahía Magdalena	80.6%	129	536
	Total	88.2%	701	555

VII. DISCUSIÓN

Reproducción

La almeja chocolata *M. squalida* presenta una gónada difusa, compuesta de alveolos gonadales que rodean la glándula digestiva y el estómago. Se observó también, que la gónada puede llegar a invadir parte del pie al ir aumentando de tamaño, por efecto del desarrollo gametogénico. Esta posición y morfología en la gónada de *M. squalida* es muy semejante a la que se ha descrito para *Tawera gayi* (Morriconi *et al.* 2007), *M. lusoria* (Chung 2007), *Marcia opima* (Suja & Muthiah 2007) y *Cyclina sinensis* (Chung *et al.* 2007); sin embargo en otros venéridos como *R. philippinarum* (Drummond *et al.* 2006) la gónada se localiza en el pie y conforme aumenta de tamaño se va expandiendo hacia la masa visceral.

El análisis microscópico reveló también la presencia de organismos hermafroditas de *M. squalida*, tanto en Bahía de La Paz como en Bahía Magdalena, y mostró que el desarrollo de las células sexuales de machos y hembras siempre se lleva a cabo en acinos separados, desarrollo que se denomina de sexos mezclados (Reddiah 1962) o de tipo 1 (Soria *et al.* 2002). Este arreglo de las células sexuales de *M. squalida* es considerado el más común en bivalvos (Sastry 1979) y se ha observado en otras especies gonocóricas con incidencia de hermafroditismo como *R. philippinarum* (Ponurovsky & Yakovlev 1992, Drummond *et al.* 2006, Delgado & Pérez-Camacho 2007), *Limnoperna fortunei* (Darrigran 1998), *Perna viridis* (Lee 1988) y *Atrina seminuda* (Soria *et al.* 2002). Por otra parte, las gónadas de todos los individuos hermafroditas que se observaron en el presente estudio, presentan tejido gonádico principalmente de un sexo, con pocas células del otro sexo. Por lo tanto, de acuerdo a la clasificación de Coe (1943) *M. squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena presenta hermafroditismo casual, siendo este tipo de sexualidad el más común en los pelecípodos. Sin embargo, la frecuencia de ocurrencia de este tipo de hermafroditismo (casual) entre las especies de bivalvos gonocóricos es baja, y varía entre 0.1 y 7% (Morton 1991). No obstante, en este estudio se encontró una inusual alta frecuencia de individuos

hermafroditas (21.8 y 15.98% en Bahía de La Paz y 23.5 y 19.6% en Bahía Magdalena, durante 2007 y 2008).

Se ha reportado que la inusual alta frecuencia de hermafroditismo casual puede ser atribuida al estrés (Eversole 1989). Sin embargo, una mejor explicación para este caso en *M. squalida* podría ser el clásico “modelo de baja densidad” (Ghiselin 1969, Charnov *et al.* 1976), el cual explica que cuando en una población por alguna razón la densidad se ve disminuida, la selección natural puede favorecer el hermafroditismo, y por el contrario si la densidad se incrementa, la presencia de hermafroditismo disminuirá. Para corroborar esta aseveración y debido a que no existen estudios sobre la variación de la abundancia y densidad de *M. squalida*, se analizaron las tendencias espacio-temporales de la captura, el esfuerzo y de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en el periodo de 1996 a 2006, utilizando datos de los registros de avisos de arribo de *M. squalida* en Baja California Sur, a través de la Oficina de Pesca de la SAGARPA. Lo anterior fue con el objetivo de obtener una perspectiva general de su estado y evidencias de una posible disminución de las capturas, como resultado de una sobreexplotación que a su vez, podría indicar una disminución en la densidad poblacional de la especie. Los resultados indican que hay indicios de que las poblaciones de *M. Squalida* en ambas zonas de estudio han disminuido notablemente (Anexo 3).

Apoyados en estos resultados, es factible suponer que la alta incidencia de hermafroditismo de *M. squalida* ocurrida en Bahía de la Paz y Bahía Magdalena, se debe a la baja densidad y abundancia ocasionada por la sobreexplotación, baja o nula movilidad de los animales y posible despoblamiento asociado con un ambiente inestable.

Esta idea también es apoyada por el hecho de que no se había reportado la incidencia de hermafroditismo en *M. squalida* en estudios histológicos publicados hace más de 9 años en diferentes localidades de las costas del Pacífico mexicano (Bahía Zihuatanejo: Baqueiro & Stuardo 1977, Bahía de La Paz: Singh *et al.* 1991, Bahía Concepción: Villalejo-Fuerte *et al.* 1996, Bahía Juncalito: Villalejo-Fuerte *et al.* 2000), y solo en un estudio más reciente se

reportó la incidencia de hermafroditas en bajas frecuencias (0.25% en Laguna Ojo de Liebre y 2.6% en Bahía Juncalito: Quiñones-Arreola 2003). A pesar de que la frecuencia de hermafroditismo reportada para ambas zonas está muy por encima del máximo reportado para especies gonocóricas, consideramos que *M. squalida* presenta hemafrroditismo incidental ya que este tipo de hermafroditismo no sigue un patrón filogenético, y podría ser considerado más bien una mutación (Herrero-Pérezrul *et al.* 1998) o el resultado de desviaciones en el proceso de desarrollo debido a una falla en los mecanismos de diferenciación sexual (Coe 1943), ocasionada como una forma de adaptarse a determinado microambiente. En este caso, como una adaptación a la baja densidad de sus poblaciones.

Adicionalmente, en todos los casos anteriores se reportó una proporción sexual 1:1. No obstante, en este estudio el análisis de la proporción de sexos mostró que existen significativamente más hembras que machos en ambos sitios estudiados. También se ha reportado una mayor proporción de hembras para *T. philippinarum* (= *R. philippinarum*) tanto en Bahía Vostok, Japón (1.5:1 y 1.2:1) (Ponurovsky & Yakovlev 1992) como en Bahía Dungloe, Irlanda (1.5:1) (Drummond *et al.* 2006). Existen varias hipótesis para explicar una desigualdad en la proporción de sexos en las poblaciones. Por un lado, se ha observado que una baja disponibilidad de alimento puede llegar a suprimir la ovogénesis en *Argopecten irradians* (Sastry 1979) y a aumentar la proporción de machos en *Crassostrea virginica* (Thompson *et al.* 1996), lo que sugiere que cuando el alimento es escaso se presenta un cambio en la proporción de sexos, resultando en una mayor cantidad de machos. Sin embargo, tanto Bahía de La Paz como Bahía Magdalena son consideradas áreas productivas (Bahía de La Paz: Reyes-Salinas *et al.* 2003, Bahía Magdalena: Bizzarro 2008).

Otra explicación de esta desigualdad en la proporción de sexos es que en los bivalvos sésiles, como en la mayoría de los animales, los individuos pueden regular sus esfuerzos reproductivos y recursos disponibles, determinados por el ambiente, para maximizar su potencial reproductivo, esto como resultado de la plasticidad fenotípica en la estrategia reproductiva (Morton 1991). Por lo tanto, el aumento de hembras en la población puede ser una estrategia para asegurar el

éxito reproductivo en poblaciones sésiles y de baja densidad, ya que claramente, una proporción sexual sesgada hacia las hembras maximiza el aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles para las hembras reproductivas (Cole 1954), resultando en un mayor grupo de productividad (Harvey 1985).

Por otra parte, el análisis histológico mostró que el ciclo reproductivo de hembras y machos de *M. squalida* presenta un patrón muy similar. De acuerdo con lo anterior, el análisis del ciclo reproductivo se realizó únicamente con las hembras, considerando que son éstas quienes mayor costo energético invierten para llevar a cabo el proceso reproductivo, debido a la formación y acumulación de vitelo (Brokordt & Guderley 2004). Por lo que los cambios en los patrones reproductivos debido a la variabilidad ambiental, pudieran ser más evidentes en las hembras.

Con respecto a la actividad reproductiva se observó que ésta se presentó de manera continua en ambas localidades. Adicionalmente, se observó un desarrollo gonádico asincrónico al interior de las gónadas, con la presencia de células sexuales en diferentes fases de desarrollo gonádico dentro de un mismo acino. Lo anterior puede indicar que *M. squalida* está desovando más de una vez durante su ciclo reproductivo, como se sugiere para *C. chione* (Tirado & Salas. 2002), especie en la que se reportó un comportamiento similar.

Se encontró que las fases de desarrollo gonádico descritas anteriormente para *M. squalida* (Villalejo-Fuerte *et al.* 1996), son adecuadas para describir el crecimiento gonádico observado en este trabajo. Cabe mencionar que en el presente estudio no se encontraron organismos indiferenciados en ninguna de las localidades analizadas. Sin embargo, en estudios realizados anteriormente para esta misma especie se han reportado organismos indiferenciados aunque en bajas proporciones en Bahía de La Paz (Singh *et al.* 1991), Bahía Concepción (localidad El Remate) (Villalejo-Fuerte *et al.* 1996) y Bahía Juncalito (Villalejo-Fuerte *et al.* 2000), y en proporciones mayores en Bahía Concepción (localidad Punta Arenas) (Villalejo-Fuerte *et al.* 1996) y Bahía Zihuatanejo (Baqueiro & Stuardo 1977). Al respecto, Baqueiro-Cárdenas & Aldana-Aranda (2000) mencionan que el periodo de reposo (o indiferenciado) no es un

requerimiento especie-específico, sino una respuesta a las condiciones ambientales que se presentan en cada localidad, ya que la disponibilidad de alimento puede afectar la producción de gametos (MacDonald & Thompson 1985, Campodónico *et al.* 2008). En este sentido, la única localidad en la que se ha reportado que *M. squalida* presenta un periodo de reposo bien definido (septiembre a diciembre) es la Laguna Ojo de Liebre (Arellano-Martínez *et al.* 2006), localidad considerada de baja productividad (Millán *et al.* 1987) y baja calidad alimenticia para los organismos filtradores (Arellano-Martínez *et al.* 2004).

Lo anterior sugiere que la ausencia de una fase de indiferenciación de *M. squalida* observada en el presente estudio puede deberse a la productividad primaria que se presenta en Bahía de La Paz (Reyes-Salinas *et al.* 2003) y Bahía Magdalena (Gárate-Lizárraga *et al.* 2001), lo que le permite a la especie alimentarse bien durante todo el año, lo cual le permite a su vez mantener un desarrollo continuo de gametos en ambas localidades. Esta ausencia de una fase de reposo debido a una alta concentración de clorofila *a*, también ha sido reportada para otros venéridos como *V. verrucosa* en el sur de España (Tirado *et al.* 2003) y *R. philippinarum* en el noroeste de España (Ojea *et al.* 2005), así como en otras especies del noroeste de México como *Atrina maura* (Camacho-Mondragón 2009) y *Nodipecten subnodosus* (Yee-Duarte 2009).

Cabe mencionar que la ausencia de ésta fase de reposo, también puede ser un indicador de la rápida recuperación gonádica que presenta la especie en ambas localidades estudiadas. Una observación que apoya lo anterior es la baja proporción de organismos maduros que se presentaron a lo largo del periodo de estudio en ambas localidades. En este sentido, Baqueiro-Cárdenas & Aldana-Arana (2000) mencionan que la fase de madurez puede presentarse en porcentajes bajos, debido a que los gametos son liberados rápidamente al medio una vez que están maduros, por lo que no se presenta una acumulación de los mismos. Lo anterior sugiere que en *M. squalida* la fase de madurez es prácticamente imperceptible debido al desarrollo continuo de gametos y a la expulsión gradual que presentan los mismos.

Morriconi *et al.* (2002, 2007) mencionan que la expulsión continua de ovocitos en *Eurhomalea exalbida* y *T. gayi*, es evidenciada por la presencia de gónadas maduras en las que los ovocitos más grandes nunca ocupan el total del folículo. Así, en *M. squalida* la observación de ovocitos en crecimiento dentro de las gónadas maduras sugiere un comportamiento similar, lo cual está ligado a la continua actividad gonádica que se observó en ambas localidades.

Por otro lado, con respecto a la fase de desarrollo se encontró que en ambas localidades *M. squalida* presentó proporciones variables de organismos en desarrollo a lo largo del periodo de estudio, con porcentajes más elevados en Bahía de La Paz en contraste con Bahía Magdalena. Lo anterior sugiere que *M. squalida* presenta un proceso de gametogénesis constante en ambas localidades, lo que es reforzado por la ausencia de una fase de indiferenciación.

En otro contexto, debido a la situación geográfica que presenta la península de Baja California se pueden encontrar diferentes condiciones ambientales. Un ambiente subtropical a templado en la parte del Pacífico y uno tropical a subtropical en el Golfo de California (Hernández-Olalde *et al.* 2007).

Como resultado del análisis discriminante, se comprobó que Bahía de La Paz y Bahía Magdalena presentan diferencias significativas que permiten afirmar que son ambientes diferentes y que los organismos de Bahía de La Paz presentan diferencias con los de Bahía Magdalena (éstos últimos presentan un mayor tamaño y una mejor condición física). En este sentido, diversos autores han reportado que en una misma especie, e incluso en una misma población, pueden existir diferencias en el ciclo reproductivo que se relacionan con la latitud y las condiciones ambientales particulares de cada localidad (Sastry 1979, Andrews 1979, Barber & Blake 2006), lo que permite la sincronización de los periodos reproductivos con condiciones ambientales favorables para asegurar el desarrollo y crecimiento de la progenie (Sastry 1979).

En el presente estudio se observó que *M. squalida* presenta una reproducción continua en ambas localidades. Sin embargo, se observaron diferencias interanuales en cada localidad, lo cual puede atribuirse a los cambios que se registraron en la temperatura superficial del mar.

En Bahía de La Paz se observó que de agosto de 2007 a enero de 2008 el 100% de los individuos se encontraron en desarrollo, lo cual contrasta con lo observado en el periodo agosto-diciembre de 2008, donde se observó una alta frecuencia de organismos en desove. Al respecto, en el presente estudio se registró un decremento en la temperatura superficial del mar de agosto 2007 a enero 2008, en comparación con el periodo del 2008 (agosto-diciembre), lo que coincidió con un evento de “La Niña” (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>).

En contraste, en Bahía Magdalena se observó que el decremento en la temperatura (debido a “La Niña”) causó un aumento en la frecuencia de organismos en desove (comparado con el 2007), lo que provocó un largo periodo de desove de febrero a mayo de 2008. Este efecto de la temperatura sobre el ciclo reproductivo de *M. squalida* se pudo constatar posteriormente, cuando un incremento en la temperatura en Bahía Magdalena, disminuyó la frecuencia de organismos en desove (junio-octubre), mientras que un nuevo decremento provocó un nuevo periodo de desove durante noviembre y diciembre.

Diversos autores consideran que la temperatura es uno de los factores más importantes en la regulación de la reproducción en los bivalvos marinos (Giese & Pearse 1974, Sastry 1979, Avellanal *et al.* 2002). En el presente estudio se pudo observar que la temperatura causó diferencias importantes en la duración de la gametogénesis (Bahía de La Paz) y el desove (Bahía Magdalena), de manera interanual y entre las poblaciones. La disminución de la temperatura provocó efectos negativos en Bahía de La Paz, ya que interrumpió la continuidad del desove, incrementando la frecuencia de organismos en desarrollo. Mientras que en Bahía Magdalena el decremento de la temperatura fue positivo ya que provocó un aumento en la frecuencia de organismos en desove. Al respecto Marsden (1999) menciona que los efectos de la temperatura sobre los ciclos reproductivos son complejos y dependen de las tácticas reproductivas que pueda presentar la especie.

M. squalida responde de manera diferente a las variaciones en la temperatura. En el Pacífico mexicano, en Laguna Ojo de Liebre, zona geográfica

templada (Briggs 1974) *M. squalida* presenta una actividad gonádica de enero a agosto, lo que coincide con el incremento de la temperatura, mientras que se observa un periodo de reposo de septiembre a diciembre, lo que coincide con un decremento en la temperatura. En Bahía Magdalena, zona considerada de transición templado-tropical (Bizzarro 2008), *M. squalida* presenta una actividad gonádica y reproductiva continua y se observó que la disminución de la temperatura tiene efectos positivos en su reproducción. En el Golfo de California, zona geográfica considerada tropical-subtropical (Hendrickx *et al.* 2005), *M. squalida* presenta organismos maduros y en desove en frecuencias variables a lo largo de todo el año (Bahía de La Paz, Bahía Juncalito y Bahía Concepción) y se observó que la disminución de la temperatura tiene efectos negativos en su reproducción. En Bahía Zihuatanejo zona geográfica tropical (Briggs 1974) *M. squalida* presenta también un ciclo reproductivo continuo, sin embargo, no se ha reportado ninguna influencia de la temperatura sobre la reproducción.

Lo anterior sugiere que *M. squalida* presenta diferentes tácticas reproductivas como respuesta a las variaciones interanuales anómalas en la temperatura superficial del mar. En otras especies de bivalvos como *Placopecten magellanicus* y *Arca noae* se ha reportado que la reproducción puede variar, no solo entre poblaciones de diferentes sitios (MacDonald & Thompson 1985), sino también entre años consecutivos en una misma población (MacDonald & Thompson 1985, Peharda *et al.* 2005) lo que puede deberse a la variabilidad temporal en las condiciones ambientales.

Respecto al efecto de las variaciones en las concentraciones de alimento (concentración de Cl *a*), en este estudio no se encontró una clara influencia en el ciclo reproductivo de *M. squalida*. Sin embargo, en Bahía de La Paz se observó que el desove de *M. squalida* inicia después de un pico de clorofila *a* registrado en ésta área (febrero 2008), lo que indicaría que las altas variaciones de clorofila *a* actúan como un disparador del desove de esta especie en dicha localidad, tal como ha sido sugerido por algunos autores para otras especies de bivalvos (Villalaz 1994, Jaramillo *et al.* 1993, Arsenault & Himmelman 1998). Adicionalmente, Davies & Payne (1984) mencionan que las explosiones

fitoplanctónicas pueden tener un efecto estimulante sobre el crecimiento y la reproducción de los animales bentónicos, ya que traen consigo un incremento sustancial de carbono y nitrógeno orgánico fresco. En Bahía Magdalena, sin embargo, no se observó ninguna influencia o efecto claro entre el ciclo reproductivo y la variación de la disponibilidad de alimento. En este sentido, se ha reportado que la materia orgánica disuelta y las bacterias funcionan también como alimento disponible para los bivalvos, además del fitoplancton (Sastry 1979). En otras especies de bivalvos como *Semele solida* (Stead *et al.* 2002) y *Aulacomya ater* (Jaramillo & Navarro 1995) se ha reportado la presencia de ciclos reproductivos continuos a pesar de existir periodos de baja concentración de fitoplancton. Stead *et al.* (2002) sugieren que en *S. solida* los desoves de otoño-invierno son soportados por la materia orgánica depositada sobre la superficie de los sedimentos como un recurso energético durante el otoño e invierno.

Se ha considerado que la salinidad puede interactuar con los factores endógenos (actividad neuroendocrina), como una manera compleja de controlar el inicio de la gametogénesis (Giese & Pearse 1974, Sastry 1979, Barber & Blake 2006). Sastry (1979) sugiere que los cambios en la salinidad afectan la actividad del ganglio cerebral de *Mytilus edulis* y menciona que las bajas salinidades y choques eléctricos estimulan el vaciado de neurosecreciones en el ganglio visceral de *C. virginica* y su efecto es la inhibición del desove. En *Geukensia demissa*, la salinidad regula el patrón de maduración y desove, de tal manera que modula el incremento en el número de hembras desovantes (Báez *et al.* 2005). En *R. decussatus* se ha observado que la variación en la proliferación de la gónada se debe a las variaciones interanuales de la salinidad (Shafee & Daoudi 1991), mientras que en *A. ventricosus* el desove coincide con los valores máximos y mínimos de salinidad, por lo que se sugiere funciona como un disparador de esta fase (Luna-González *et al.* 2000). En *C. virginica* la gametogénesis se inhibe en los organismos expuestos a aguas salobres por largos periodos y se reinicia una vez que se coloca a los organismos en condiciones normales (Butler 1949).

Sin embargo, el ciclo reproductivo de *M. squalida* no se vio afectado por las pequeñas variaciones en la salinidad, la cual permaneció relativamente constante en ambas zonas de estudio. Un comportamiento similar se ha reportado para la misma especie en localidades diferentes (Baqueiro & Stuardo 1977, Singh *et al.* 1991, Arellano-Martínez *et al.* 2006). Este comportamiento puede deberse a que en las zonas de estudio las variaciones en la salinidad no son lo suficientemente fuertes como para provocar algún tipo de variación en el desarrollo gonádico de *M. squalida*.

Con relación a las diferencias en la talla de primera madurez entre poblaciones de la misma especie se ha sugerido que se debe a la distribución geográfica en la que se encuentran las poblaciones (Chung *et al.* 2005), como ocurre en el venerido *T. philippinarum* (= *R. philippinarum*) en el noroeste de Japón (Ponurovsky & Yakovlev 1992) y en la costa oeste de Corea (Chung *et al.* 2005). Por el contrario, Cruz *et al.* (2000) sugieren que las diferencias en la talla de primera madurez de *A. ventricosus* se deben a un disparador genético que puede existir para dar inicio a la madurez sexual.

En el presente estudio se estableció que *M. squalida* en Bahía de La Paz alcanza su primera madurez a una talla menor (64.5 mm de longitud de concha) que la encontrada en Bahía Magdalena (85 mm longitud de concha). Éstas diferencias en la talla de primera madurez pueden deberse a las bajas densidades que presenta *M. squalida* en Bahía de La Paz. De manera similar, diversos autores sugieren que el efecto de la pesca sobre las poblaciones de peces puede causar una disminución en el crecimiento, el tamaño o la edad de primera madurez de los individuos (Ricker 1981, Olsen *et al.* 2004, Jørgensen *et al.* 2007, Swain *et al.* 2007), lo que también parece ocurrir en bivalvos (Dalgiç 2009).

Adicionalmente, Rochet (1998) menciona que la pesca tiene tres tipos de efectos sobre la dinámica en las poblaciones de peces: un efecto directo sobre la densidad poblacional y el tamaño medio de los individuos; un efecto del ambiente a corto plazo sobre el crecimiento y la reproducción, mediada por la plasticidad fenotípica y dependiente de los mecanismos de densidad; y un efecto

a largo plazo debido a la presión selectiva impuesta por la pesca. Como ya se mencionó anteriormente, *M. squalida* presenta bajas densidades ocasionadas posiblemente por una sobreexplotación del recurso, lo que es más notorio en Bahía de La Paz, lugar donde se presentó un menor tamaño en los organismos (longitud de concha) y menor condición física (índice de condición). Lo anterior sugiere que *M. squalida* disminuyó su talla de primera madurez en Bahía de La Paz, como una táctica para lograr mantener su potencial reproductivo. En este sentido, Armstrong *et al.* (1989) consideran que la disminución en la talla de primera madurez de la población de sardina en el sur de Benguela, puede ser una táctica de la población para cambiar la edad de primera madurez, debido a ausencia de organismos grandes y de esta manera mantener la capacidad reproductiva en la población.

En Laguna Ojo de Liebre, Arellano-Martínez *et al.* (2006) reportaron para *M. squalida* una talla de primera madurez de 92 mm, mayor a la encontrada en Bahía Magdalena, sin embargo, esta talla puede estar sobreestimada debido a que no se incluyeron organismos pequeños en el estudio y no se sabe si se encontraron individuos no reclutados a la reproducción. Estas diferencias en la talla de primera madurez aunado a la alta frecuencia de hermafroditas reportados también en este trabajo, estaría apoyando la teoría de que las diferencias en las tácticas reproductivas que presentan en la especie son una respuesta a la sobreexplotación que se está haciendo del recurso.

Otra diferencia que se observó entre las poblaciones analizadas fue que *M. squalida* en Bahía Magdalena presentó ovocitos de mayor tamaño (29.4-38.7 μm) que los de Bahía de La Paz (24.3-36 μm). Se sabe que el crecimiento de los ovocitos depende de un adecuado suministro energético disponible para llevar a cabo la gametogénesis (Barber & Blake 1983) y se ha observado que la talla promedio de los ovocitos puede corresponder a una respuesta intraespecífica a la disponibilidad de alimento (Le Pennec & Beninger 2000). En este sentido, la concentración de clorofila *a* en Bahía Magdalena fue mayor a la registrada en Bahía de La Paz.

Otro aspecto importante que puede provocar una diferencia en el diámetro de los ovocitos entre poblaciones, es la recuperación gonádica que presente la especie en cada localidad (Arellano-Martínez *et al.* 2006). Haciendo una comparación entre los diferentes diámetros observados en el presente estudio y los reportados por Arellano-Martínez *et al.* (2006) en Laguna Ojo de Liebre (30.6-45.2 μm) y Quiñones-Arreola (2003) en Bahía Juncalito (25-40 μm), se sugiere que las diferencias en el diámetro de los ovocitos pueden explicarse a partir de tres supuestos: (1) disponibilidad de alimento, (2) intensidad reproductiva y (3) recuperación gonádica. El diámetro más pequeño se presentó en Bahía de La Paz debido a que en esta zona la especie se mantiene en actividad reproductiva durante todo el año, sin presentar una fase de reposo, lo que provoca una recuperación gonádica inmediata y en consecuencia ovocitos más pequeños. En Bahía Juncalito la disponibilidad de alimento es alta durante todo el año, sin embargo, en comparación con Bahía de La Paz la intensidad del desove es menor, lo que le permite una mayor recuperación y por ende ovocitos más grandes. En Bahía Magdalena, la actividad reproductiva es mayor que en Bahía Juncalito y muy similar a la de Bahía de La Paz, sin embargo la disponibilidad de alimento es mayor en Bahía Magdalena, por lo que se observan ovocitos con un mayor diámetro. En la Laguna Ojo de Liebre el diámetro de los ovocitos fue mayor al encontrado en el resto de las localidades, sin embargo como ya se mencionó anteriormente, Laguna Ojo de Liebre es considerada una zona de baja productividad. Por ello, el aumento en el tamaño de los ovocitos puede estar relacionado con la baja actividad reproductiva que presenta la población en comparación con Bahía Magdalena, lo que le permite tener una recuperación gonádica relativamente más lenta y posiblemente también una mayor acumulación de reservas, lo que origina un mayor tamaño en el diámetro de los ovocitos.

Lo anterior sugiere que la táctica de *M. squalida* es regular el tamaño de los ovocitos, produciendo ovocitos más pequeños, para asegurar un mayor número de huevos y por lo tanto un mayor número de larvas. En este sentido, el tamaño de los ovocitos es mayor en Laguna Ojo de Liebre para asegurar una

mayor calidad en los huevos, ya que la disponibilidad del alimento en esta zona es menor, comparado con las demás localidades. Lo que está relacionado con el hecho de que en los ovocitos se almacenan suficientes reservas energéticas (vitelo) que sirven como combustible para proporcionar los requerimientos energéticos de los estadios embrionario y larvario (Mackie 1984).

Contrario a lo que se observó en *M. squalida*, en *P. magellanicus* se ha reportado que bajo condiciones menos favorables (menos alimento) asociadas con un incremento en la profundidad, la especie produce ovocitos del mismo tamaño, pero en menor cantidad, para asegurar la supervivencia de las larvas (Barber *et al.* 1988).

No se observó un patrón claro entre la variación del diámetro de los ovocitos y el ciclo reproductivo de *M. squalida*, lo que puede estar relacionado al continuo crecimiento de ovocitos dentro de gónadas maduras y en desove. En este sentido Meneghetti *et al.* (2004) mencionan que la variación en el tamaño de los ovocitos de *T. philippinarum* puede deberse al continuo proceso gonádico que presenta la especie, lo cual es confirmado por Xie y Burnell (1994) para esta misma especie.

Se ha observado que la tendencia en los valores promedio del índice de condición puede reflejar la actividad reproductiva (Ojea *et al.* 2004) y en muchos bivalvos marinos se considera un buen indicador de la condición fisiológica derivada de la acumulación de nutrientes (Nishida *et al.* 2006). En *A. circularis* los valores más bajos en la condición general coinciden con la fase de desarrollo, mientras que los valores más altos coinciden con la madurez y el desove (Villalejo-Fuerte & Ceballos-Vázquez 1996). Este mismo patrón es reportado para *M. squalida* en Bahía Concepción y Bahía Juncalito (Villalejo-Fuerte *et al.* 1996, 2000). Sin embargo, en el presente estudio la tendencia que presentó el índice de condición de *M. squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena no reflejó su actividad reproductiva. Al respecto se sabe que el índice de condición puede variar estacionalmente y de un sitio a otro, siendo influenciado por la disponibilidad de alimento, las condiciones ambientales locales y el parasitismo (Barber *et al.* 1988). En este sentido, el índice de

condición mostró que la condición física de las almejas de Bahía Magdalena es mejor que la de Bahía de La Paz, lo cual puede estar relacionado con una mejor calidad del alimento en Bahía Magdalena. Esto concuerda con el análisis discriminante, el cual indicó que la variable que más explica la diferencia entre las zonas y los organismos fue el seston orgánico y el peso total del organismo.

Ciclo de almacenamiento y utilización de nutrientes

En la mayoría de los bivalvos se ha observado que los cambios en los componentes bioquímicos de sus tejidos están muy ligados al estado de madurez sexual y al suministro energético, que puede ser obtenido directamente del alimento ingerido o de reservas almacenadas previamente en forma de carbohidratos, lípidos y proteínas dentro de los tejidos somáticos (Sastry 1979, Navarro *et al.* 1989, Barber & Blake 2006). De esta manera, la estacionalidad de las actividades metabólicas es el resultado de una compleja interacción entre el alimento disponible, las condiciones ambientales, el crecimiento y la reproducción (Gabbot 1983).

Se ha observado que el desarrollo gonádico de una especie puede llevarse a cabo a partir de las reservas almacenadas en los tejidos o bien del alimento recién ingerido, lo que depende de la disponibilidad de alimento que exista en la localidad donde el organismo habita. En este sentido, en las especies que habitan en localidades con una alta disponibilidad de alimento, la acumulación de componentes bioquímicos en los diferentes tejidos así como su transferencia hacia la gónada puede ser mínima o nula (Racotta *et al.* 2003), o bien se puede presentar una acumulación de reservas en los diferentes tejidos somáticos sin observarse una transferencia de estas reservas hacia la gónada (Allen & Downing 1986).

En el presente estudio se observó que tanto en Bahía de La Paz como en Bahía Magdalena, las proteínas fueron el principal componente en el músculo aductor y se observó un incremento de este compuesto en la gónada de *M. squalida* durante la madurez. La acumulación de proteínas en la gónada durante la madurez se ha reportado para otras especies de bivalvos como *Pinctada*

mazatlanica (Saucedo *et al.* 2002a), *R. decussatus* (Delgado y Pérez-Camacho 2002a), *N. subnodosus* (Racotta *et al.* 2003) y *Ensis arcuatus* (Darriba *et al.* 2005). Se sugiere que esta acumulación se realiza para llevar a cabo la formación de estructuras en los, así como en la formación de vitelo durante el proceso de ovogénesis (Mackie 1984). Otros autores sugieren también que las proteínas pueden ser el componente principal de los ovocitos en bivalvos, junto con los lípidos (Gabbott 1983).

Se sabe que los lípidos son una reserva nutricional importante en los ovocitos (Darriba *et al.* 2005), ya que se encuentran en su citoplasma en forma de gotas lipídicas formando parte del vitelo, el cual es utilizado posteriormente como alimento para las larvas antes de la alimentación exógena (Martínez 1991, Racotta *et al.* 2003). Por lo anterior, se considera a los lípidos buenos indicadores de la calidad de los ovocitos y de la viabilidad larval (Massapina *et al.* 1999). Los lípidos fueron el componente bioquímico minoritario en todos los tejidos de *M. squalida*, como se observa en el venerido *R. philippinarum* (Ojea *et al.* 2005).

Diversos autores sugieren que los carbohidratos son el principal recurso energético en muchos bivalvos, además de ser importantes para la formación de los gametos, para mantener la condición de los adultos durante periodos de estrés nutricional (De Zwaan & Zandee 1984, Gabbott 1975) y también para la producción de lípidos a través de la lipogénesis (Gabbott 1975). En este sentido, Gabbott (1983) reportó una pérdida de carbohidratos de manera sincrónica con una acumulación de lípidos, y diversos autores han sugerido un almacenamiento de carbohidratos en diferentes tejidos para posteriormente ser transferidos hacia la gónada durante la maduración gonádica (Robert *et al.* 1993, Emmett *et al.* 1987, Arellano-Martínez *et al.* 2004). En contraste, en el presente estudio no se observó ninguna pérdida significativa de carbohidratos en ningún tejido, que sugirieran una transferencia de este sustrato hacia la gónada.

De Zwaan & Mathieu (1992) mencionan que dos tipos de células participan en el almacenamiento de nutrientes: las células adipogranulares (ADG) que almacenan proteínas, grasa y glucógeno y las células vesiculares del

tejido conectivo (VCT) que almacenan grandes cantidades de glucógeno. En *E. arcuatus* se observó que debido a la ausencia de células de reserva en la gónada, se presenta una movilización de nutrientes de otros tejidos para proveer la energía necesaria para la gametogénesis (Darriba *et al.* 2005). Por el contrario, Saucedo *et al.* (2002b) reportan la presencia de células VCT en la glándula digestiva y el tejido gonádico de *P. mazatlanica*, y sugieren que puede existir un transporte de carbohidratos entre ellos (Saucedo *et al.* 2002a). En este sentido, una hipótesis podría sugerir que en *M. squalida* no se presentan células especializadas en el almacenamiento de nutrientes en los diferentes tejidos, si no únicamente en la gónada, por lo que no se presenta un ciclo de almacenamiento y transferencia de nutrientes en ninguna de las localidades estudiadas. No obstante, es necesario realizar trabajos de microscopía electrónica e histoquímica para poder afirmar esta hipótesis.

Otra hipótesis que puede apoyar esta ausencia de almacenamiento y transferencia de nutrientes durante la reproducción, es el hecho de que las localidades estudiadas son consideradas como zonas con una gran disponibilidad de alimento. En este sentido, los resultados del presente trabajo muestran que Bahía de La Paz presenta una alta disponibilidad de fitoplancton (máximo 5.5 mg m⁻³ clorofila *a*), la cual es aún mayor en Bahía Magdalena (máximo 14.7 mg m⁻³ clorofila *a*). Con respecto al índice alimenticio, en ambas localidades se obtuvieron valores que corresponden a un ambiente nutricionalmente diluido, pues de acuerdo con Navarro & Thompson (1995) un ambiente nutricionalmente rico presenta valores del índice alimenticio de hasta 55%, mientras que ambientes con valores de entre 8% y 11% se consideran como ambientes nutricionalmente diluidos. Por otra parte, los valores registrados de la razón SI/SO de 2.2 para La Bahía de la Paz y de 2.1 para Bahía Magdalena, sugieren que no presentan un ambiente diluido, es decir que el seston total contiene menos del 40% de seston inorgánico. De acuerdo con Vahl (1980), un ambiente diluido posee valores de la razón de SI/SO iguales o mayores a 4.0, es decir cuando el seston total contiene más del 80% de seston inorgánico.

Se ha reportado para otras especies que se distribuyen en las mismas áreas, como es el caso de *N. subnodosus* en Bahía Magdalena, que no requiere utilizar energía almacenada para llevar a cabo la gametogénesis (Racotta *et al.* 2003), sin embargo esta misma especie en Ojo de Liebre presenta un claro ciclo de almacenamiento y transferencia de nutrientes (Arellano-Martínez *et al.* 2004), lo que está relacionado con la baja disponibilidad de alimento que se presenta en la zona (Arellano-Martínez *et al.* 2004). En Bahía de La Paz, la gametogénesis de *Pteria sterna* se lleva a cabo por una combinación del alimento disponible y reservas almacenadas (Vite-García & Saucedo 2008), mientras que en *P. mazatlanica* se observan dos periodos de desarrollo gonádico, uno que es soportado por las reservas almacenadas y otro por el alimento disponible (Saucedo *et al.* 2002a, Vite-García 2005). En la Rada de Pichilingue (localidad ubicada a poca distancia de Bahía de La Paz) *A. venticosus* utiliza la energía del alimento disponible en el ambiente para llevar a cabo la madurez gonádica cuando éste es abundante, mientras que cuando el alimento es escaso, usa las reservas energéticas transferidas del músculo aductor hacia la gónada (Luna-González *et al.* 2000). Al respecto, Sastry (1979) menciona que los ciclos de almacenamiento de reservas energéticas pueden variar entre especies e incluso entre poblaciones de la misma especie.

Adicionalmente, se sabe que los bivalvos son capaces de generar flujos de agua, ya sea expulsando agua por los sifones o por medio de cilios (Shumway *et al.* 1987), por lo que son llamados filtradores activos (LaBarbera 1984). Dentro de este grupo de organismos existen los que son capaces de alimentarse de manera continua o los que tienen periodos de alimentación muy bien diferenciados (LaBarbera 1984). En venéridos, se ha reportado que *R. decussatus* se alimenta de detritus cuando las concentraciones de fitoplancton son bajas (Ojea *et al.* 2004) y se considera a la especie como un “intensivo consumidor de materia orgánica depositada en el fondo” (Bodoy & Plante-Cuny 1984). Mientras que *C. chione* se alimenta de una gran variedad de partículas suspendidas como microalgas, bacterias y detritus (Hawkins & Bayne 1992) y su tasa de ingesta es 5 a 6 veces mayor que la de las bacterias (Charles *et al.*

1999). En otras especies como *Mytilus chilensis* también se ha observado que la tasa de ingestión se incrementa ligeramente si la concentración del alimento se incrementa (Navarro & Winter 1982). En este sentido, podríamos considerar que además de presentarse una alta disponibilidad de alimento en las localidades estudiadas, *M. squalida* podría ser considerada como una especie con una alta tasa de ingestión y con una gran capacidad de asimilación, lo que le permite obtener del alimento recién ingerido toda la energía necesaria para llevar a cabo la reproducción. Sin embargo, estudios sobre alimentación son necesarios para poder asegurar esto.

De acuerdo con lo anterior, se ha observado que las estrategias oportunista y conservadora no son discretas, ya que muchas especies adoptan una combinación de ambas para asegurar la reproducción. Y se ha encontrado que esta mezcla de estrategias ocurre principalmente en respuesta a los cambios en la disponibilidad de alimento específico de cada localidad, lo cual depende también de otras variables ambientales que influyen en el desarrollo gonádico. Sin embargo en *M. squalida* la variación en la concentración de los distintos sustratos en los diferentes tejidos, no presenta un patrón que pueda ser definido como un ciclo de almacenamiento y transferencia de nutrientes para que se lleve a cabo el proceso reproductivo. Lo que indica que esta especie presenta un comportamiento oportunista (Bayne 1976) en ambas localidades estudiadas, debido principalmente a la alta disponibilidad de alimento. Esto aunado al ciclo reproductivo continuo que presenta en la mayoría de las localidades estudiadas, nos habla de que *M. squalida* presenta una gran plasticidad reproductiva lo que le ha permitido mantener sus poblaciones a pesar de la pesca desmedida que se realiza del recurso desde hace años y en todos los bancos conocidos.

VIII. CONCLUSIONES

- Las gónadas de *M. squalida* presentan un desarrollo gonádico asincrónico.
- En ambas localidades se encontraron significativamente más hembras que machos y se presentó un inusual alto porcentaje de individuos hermafroditas (>15%), posiblemente como una táctica para asegurar el éxito reproductivo en condiciones de baja densidad poblacional.
- En ambas localidades, el ciclo reproductivo presenta una reproducción continua, sin una fase de indiferenciación o reposo reproductivo.
- En Bahía de La Paz, la continuidad en el desove de *M. squalida* se vió interrumpida por un decremento en la temperatura (fenómeno de “La Niña”) que provocó un largo periodo de desarrollo (agosto 2007 a enero 2008), mientras que en Bahía de Magdalena este decremento en la temperatura favoreció la presencia de un largo período de desove.
- El diámetro de los ovocitos de *M. squalida* en Bahía Magdalena es mayor al observado en Bahía de La Paz, lo que puede estar relacionado con la disponibilidad de alimento, la intensidad reproductiva y la recuperación gonádica que presenta la especie en cada localidad.
- El Índice de condición reflejó que la condición física de las almejas de Bahía Magdalena es mejor que el de las almejas de Bahía de La Paz.
- Los índices morfofisiológicos y los cambios estacionales en la composición bioquímica de los diferentes tejidos de *M. squalida* en la localidad de Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, no evidencian un ciclo de almacenamiento y utilización de nutrientes relacionados con la actividad reproductiva. Por lo que se sugiere que *M. squalida* se comporta como una especie oportunista.
- *M. squalida* madura a una talla menor en Bahía de La Paz (64.5 mm) que en Bahía Magdalena (85 mm), posiblemente como una táctica para contrarrestar el efecto de la pesca.

IX. RECOMENDACIONES

Realizar estudios sobre la estructura poblacional de *M. squalida* en todas las zonas donde es explotada la especie, con el fin de determinar su densidad poblacional, estructura de tallas y patrones de dispersión.

Realizar estudios detallados bajo condiciones de laboratorio, con el fin de establecer de manera precisa el efecto de la temperatura y la cantidad de alimento sobre el desove de *M. squalida*.

Realizar estudios sobre la alimentación de esta especie, con el fin de establecer sus hábitos alimenticios y el origen de su principal fuente de energía (fitoplanctónico o no fitoplanctónico).

Realizar estudios de histoquímica para conocer el tipo de células de reserva que presenta la especie y en que tejidos se presentan.

Realizar estudios similares a este trabajo en otras áreas donde las condiciones ambientales son diferentes, y de esta manera poder conocer más acerca de sus tácticas reproductivas. Lo anterior permitirá seleccionar áreas para cultivo o sentar bases para un manejo adecuado de su pesquería.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Bahena, F. 2007. *Cambios temporales en los componentes y los flujos de la materia en hundimiento en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, durante el periodo 2002-2005*. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. 103 p.
- Allen Jr S.K. & S.L. Downing. 1986. Performance of triploid Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). I. Survival, growth, glycogen content and sexual maturation in yearlings. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 102:197-208.
- Álvarez-Borrego, B.S., A. Galindo-Bect & A. Chee-Barragán. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S. *Cien. Mar.*, 2:94-110.
- Andrews, J.D. 1979. Pelecypoda: Ostreidae, 293-341. En: Giese, A. & J. Pearse (Eds.) *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press, Nueva York.
- Arellano-Martínez, I.S. Racotta B.P. Ceballos-Vázquez & J.F. Elorduy-Garay. 2004. Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.*, 23:15-23.
- Arellano-Martínez, M., M.F. Quiñones-Arreola, B.P. Ceballos-Vázquez & M. Villalejo-Fuerte. 2006. Reproductive Pattern of the squalid callista *Megapitaria squalida* from Northwestern Mexico. *J. Shellfish Res.*, 25:849-855.
- Armstrong M.J., B.A. Roel & R.M. Prosch. 1989. Long-term trends in patterns of maturity in the southern Benguela pilchard population: evidence for density-dependence?. *S. Afr. J. Marine S.*, 8:91-101.
- Arsenault, D.J. & J.H. Himmelman. 1998. Spawning of the Iceland Scallop (*Chlamys islandica* Müller, 1776) in the Northern Gulf of St. Lawrence and its relationship to temperature and phytoplankton abundance. *The Veliger*, 41:180-185.

- Avellanal, M.H., E. Jaramillo, E. Clasing, P. Quijón y H. Contreras. 2002. Reproductive cycle of the bivalves *Ensis macha* (Molina, 1728) (Solenidae), *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818) (Solecurtidae), and *Mulinia edulis* (King, 1831) (Mactridae) in Southern Chile. *The Veliger*, 45: 33-44.
- Báez, M., Y. García & H. Severeyn. 2005. Ciclo reproductivo de *Geukensia demissa* (Bivalvia:Mytilidae) en la playa de Nazaret, el Moján, Estado Zulia, Venezuela. *Ciencias Marinas*, 31:111-118.
- Baqueiro-Cárdenas, E. 1979. Sobre la distribución de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby), *M. squalida* (Sowerby) y *Dosinia ponderosa* (Gray) en relación a la granulometría del sedimento (Bivalvia:Veneridae): Nota científica. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nac. Autón. México*, 6:25-32.
- Baqueiro-Cárdenas, E. & D. Aldana-Arana. 2000. A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from México. *Bull. Mar. Sci.*, 66:13-27.
- Baqueiro, C.E., J.A. Masso & H.B. Guajardo. 1982. *Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur*. Secretaría de Pesca. México, 31 p.
- Baqueiro, C.E & J. Stuardo. 1977. Observaciones sobre la biología, ecología y explotación de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831), *M. squalida* (Sowerby, 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) (Bivalvia; Veneridae) de la Bahía de Zihuatanejo e Isla de Ixtapa, Guerrero, México. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nac. Autón. México*, 4:161-208.
- Barber, B.J. & N.J. Blake. 1983. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 66:247-256.
- Barber, B.J. & N.J. Blake. 2006. Reproductive physiology, 357-416. En: Shumway, S.E. (Eds.) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, Amsterdam.
- Barber, B.J., R. Gretchell, S. Shumway & D. Schick. 1998. Reduced fecundity in a deep-water population of the giant scallop *Placopecten magellanicus* in the Gulf of Maine, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 42:207-212.

- Barnes, H. & J. Blackstock. 1973. Estimation of lipids in marine animals and tissues: detailed investigation of the sulphophosphovanillin method for 'total' lipids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 12:103-118.
- Bayne, R.D. 1976. Aspects of reproduction in bivalve molluscs, 432-448. En: Wiley, M. (Ed.) *Estuarine Processes*. Academic Press, Nueva York.
- Bizzarro, J.J. 2008. A review of the Physical and Biological Characteristics of the Bahía Magdalena Lagoon Complex (Baja California Sur, Mexico). *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 107:1-24.
- Bodoy, A. & M.R. Plante-Cuny. 1984. Relations entre l'évolution saisonniere des populations de palourdes (*Ruditapes decussatus*) et celle des microphytes benthiques et planctoniques (Golfe de Fos, France). *Halictis*, 14:71-78.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72:248-253.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill, London, 474 p.
- Brokordt, K.B. & H. Guderley. 2004. Energetic requirements during gonad maturation and spawning in scallops: sex differences in *Chlamis islandica* (Müller 1776). *J. Shellfish Res.*, 23:25-32.
- Butler, P.A. 1949. Gametogenesis in the oyster under conditions of depressed salinity. *Biol. Bull.*, 96:263-269.
- Camacho-Mondragón, M. 2009. *Efecto de los fenómenos de "El Niño" y "La Niña" en la reproducción del hacha china Atrina maura (Sowerby, 1835) (Bivalvia:Pinnidae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 76 p.
- Campodónico, S., G. Macchi, B. Lomovasky & M. Lasta. 2008. Reproductive cycle of the Patagonian scallop *Zygochlamys patagonica* in the south-western Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 88:603-611.
- Castro-Ortiz, J.L., A. Tripp-Quezada & B. Anguas-Vélez. 1992. Crecimiento de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Baja California Sur México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 7:1-7.

- Castro-Ortiz, J.L. & A. Tripp-Quezada. 1994. Crecimiento de la almeja Chocolate roja *Megapitaria aurantiaca* (Bivalvia: Veneridae). *Inv. Mar. CICIMAR*, 9: 79-84.
- Cervantes-Duarte, R., J.E. Valdez-Holguín & A. Reyes-Salinas. 2004. Comparación de reflectancia in situ 443/555 y 490/555 con clorofila a y materia suspendida total en Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Hidrobiológica*, 14:11-17.
- Charles, F., J.M. Amouroux & A. Grémare. 1999. Comparative study of the utilization of bacteria and microalgae by the suspension-feeding bivalve: *Callista chione*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 79:577-584.
- Charnov, E.L., J. Maynard-Smith & J. Bull. 1976. Why be a hermaphrodite?. *Nature*, 263:125-126.
- Chung, E.Y. 2007. Oogenesis and sexual maturation in *Meretrix lusoria* (Röding, 1798) (Bivalvia:Veneridae) in western Korea. *J. Shellfish Res.*, 26:1-10.
- Chung, E.Y., Y.B. Hur, M.S. Shin & Y.M. Kim. 2005. Reproductive biology of the female manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia:Veneridae) on the west coast of Korea. *Korean J. Malacology*, 21:1-11.
- Chung, E.Y., C.H. Koh & G.M. Park. 2007. Oogenesis, oocyte degeneration and sexual maturation in female *Cyclina sinensis* (Gmelin, 1971) (Bivalvia:Veneridae) in Korea. *Integrative Biosciences*, 11:191-198.
- Coe, W.R. 1943. Sexual differentiation in molluscs. I. Pelecypods. *Q. Rev. Biol.*, 18:154-164.
- Cole, L.C. 1954. The population consequences of life history phenomena. *Q. Rev. Biol.*, 29:103-137.
- CONAPESCA. 2010. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2008. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. 212 p.
- Cruz-Orozco, R., C. Martínez-Noriega & A. Mendoza-Maravillas. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B.C.S. *Oceánides*, 11:21-27.

- Cruz, P., C. Rodríguez-Jaramillo & A.M. Ibarra. 2000. Environment and population origin effects on first sexual maturity of catarina scallop, *Argopecten ventricosus*, (Sowerby II, 1842). *J. Shellfish Res.*, 19:89-93.
- Dalgıç, G., İ. Okumuş & S. Karayücel. 2009. The effect of fishing on growth of the clam *Chamelea gallina* (Bivalvia:Veneridae) from the Turkish Black Sea coast. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 90:261-265.
- Darriba, S., F. San Juan & A. Guerra. 2005. Energy storage and utilization in relation to the reproductive cycle in the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865). *ICES J. Mar. Sci.*, 62:886-896.
- Darrigran, G.A., M.C. Damborenea & P.E. Penchaszadeh. 1998. A case of hermaphroditism in the freshwater invading bivalve *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from Río de la Plata, Argentina. *Iberus*, 16:99-104.
- Davies, J.M. & R. Payne. 1984. Supply of organic matter to the sediment in the northern North Sea during a spring phytoplankton bloom. *Mar. Biol.*, 78:315-324.
- De Silva-Dávila, R. 1997. *Abundancia y distribución de los eufáucidos y producción larvaria de Nyctiphanes simplex (Hasne), en la Bahía de La Paz, B.C.S.* Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. 112 p.
- De Zwaan, A. & M. Mathieu. 1992. Cellular biochemistry and endocrinology, 223-307. En: Gosling, E. (Ed.) *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science.* Elsevier, Nueva York.
- De Zwaan, A. & D.I. Zandee. 1984. Body distribution and seasonal changes in glycogen content of the common sea mussel *Mytilus edulis*. *Comp. Biochem. Physiol. A.*, 43:53-58.
- Delgado, M. & A. Pérez-Camacho. 2000. The role of lipids in the gonadal development of the clam *Ruditapes decussatus* (L.). *Aquaculture*, 241:395-411.

- Delgado, M. & A. Pérez-Camacho. 2002a. Efectos de la ración de alimento en el desarrollo gonadal de la almeja *Ruditapes decussatus* (L., 1758). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 18:293-300.
- Delgado, M. & A. Pérez-Camacho. 2002b. Hermaphroditism in *Ruditapes decussatus* (L.) (Bivalvia) for the Galicia coast (Spain). *Sci. Mar.*, 66:183-185.
- Delgado, M. & A. Pérez-Camacho. 2007. Comparative study of gonadal development of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve) and *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca:Bivalvia): Influence of temperature. *Sci. Mar.*, 71:471-484.
- Drummond, L., M. Mulcahy & S. Culloty. 2006. The reproductive biology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* from the North-West of Ireland. *Aquaculture*, 254:326-340.
- Dubois, M.K, A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers & F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 28:350-356.
- Emmett, B., K. Thompson & J.D. Popham. 1987. The reproductive and energy storage cycles of two populations of *Mytilus edulis* (Linné) from British Columbia. *J. Shellfish Res.*, 6:29-36.
- Eversole, A.G. 1989. Gametogenesis and spawning in North American clam populations: implications for culture, 75-109p. En: J.J. Manzi, J. J. & M. Castagna (Eds.) *Clam mariculture in North America*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Eversole, A.G. 2001. Reproduction in *Mercenaria mercenaria*, 221-260. En: Kraeuter, J. & M. Castagna (Eds.) *Biology of the Hard Clam*. Elsevier Science Publishers, Netherlands.
- FAO. 2001. Estadísticas Mundiales de Pesca. Roma FAO.
- Gabbott, P.A. 1975. Storage cycles in marine bivalve molluscs: a hypothesis concerning the relationship between glycogen metabolism and gametogenesis, 191-211. En: Barnes, H. (Ed.) *Ninth European Marine Biology Symposium*. University Press, Aberdeen.

- Gabbott, P.A. 1983. Development and seasonal metabolic activities in marine molluscs, 165-217. En: Hochachka, P.W. (Ed.) *The Mollusca. Environmental Biochemistry and Physiology*. Academic Press, Londres.
- Gárate-Lizárraga, I., G. Verdugo-Díaz & D.A. Siqueiros-Beltrones. 2001. Variations in phytoplankton assemblages during 1988-1989 in a subtropical lagoon system on the west coast of México. *Océanides*, 16(1):1-16.
- García-Gasca, S.A. & F.A. García-Domínguez. 1995. Histología del manto marginal y paleal de las almejas *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) y *M. squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia:Veneridae). *An. Esc. nac. Cienc. biol., Mex.*, 40:173-181.
- García-Domínguez, F., G. García-Melgar & P. González-Ramírez. 1993. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Cien. Mar.*, 9:15-28.
- García-Domínguez, F.A. & A. Levy-Pérez. 1994. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835) (Veneridae) en la ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. U.A.B.C.S.*, 5:37-42.
- Ghiselin, M.T. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. *Q. Rev. Biol.*, 44:189-208.
- Giese, A. & J. Pearse. 1974. Introduction: General Principles, 1-49. En: Giese, A. & J. Pearse (Eds.) *Reproduction of marine invertebrates*. Academic Press, Nueva York.
- Gosling, E. 2004. Reproduction, settlement and recruitment, 131-168. En: Gosling, E. (Ed.) *Bivalves Mollusks. Biology, Ecology and Culture*. Elsevier, Oxford.
- Grant, A. & P. Tyler. 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. II. The analysis of oocytes size/frequency data, and comparison of different types of data. *Int. J. Invert. Reprod.* 6:259-269.
- Gutiérrez-Barrera, J.A., M. Maldonado-Díaz, M. Villalejo-Fuerte, M. Mandujano-Herrera & B. Bermúdez-Almada. 1999. Evaluación de la almeja chocolata

- Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en el Parque Nacional Bahía de Loreto, Golfo de California, 41. En: *Libro de resúmenes del VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A.C. y I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés*. UNISON, Hermosillo.
- Harvey, P. H. 1985. Intrademic group selection and the sex ratio, 59-73. En: R.M. Sibley & R.H. Smith (Eds.). *Behavioural ecology: ecological consequences of adaptive behaviour*. Blackwell Scientific Publns, Oxford.
- Hawkins, A.J.S. & B.L. Bayne. 1992. Physiological interrelations and the regulation of production, 171-212. En: Gosling, E. (Ed.) *The Mussel Mytilus, Ecology, Physiology, Genetics and Culture*. Elsevier, Amsterdam.
- Heffernan, P., L. Walker & J. Carr. 1989. Gametogenesis cycles of three bivalves in Wasaw Sound Georgia: I. *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758). *J. Shellfish Res.*, 8:51-60.
- Hendricks, E.M.R., C. Brusca & L.T. Findley. 2005. *A Distributional checklist of the macrofauna of the Gulf of California, México*. Arizona-Sonora, Desert Museum, 429 p.
- Hernández-Olalde, L., F. García-Domínguez, M. Arellano-Martínez & B.P. Ceballos-Vázquez. 2007. Reproductive cycle of the pearl oyster *Pteria sterna* (Pteriidae) in the Ojo de Liebre lagoon, B.C.S., México. *J. Shellfish Res.*, 26:543-548.
- Herrero-Pérezrul, M.D., H. Reyes-Bonilla & F. García-Domínguez. 1998. Casual hermaphroditism in gonochoric *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) of the southern Gulf of California, Mexico. *B. Mar. Sci.*, 63:611-615.
- Hesselman, P., L. Walker & J. Carr. 1989. Gametogenic cycles of three bivalves in Wasaw Sound Georgia: I. *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758). *J. Shellfish Res.*, 8:51-60.
- Himmelman, J.H. 1981. Synchronization of spawning in marine invertebrates by phytoplankton, 3-19. En: Clarke, H. T. & T. Adams (Eds.) *Advances in Invertebrate Reproduction*. Elsevier, New York.

- Humason, G.L. 1979. *Animal tissue techniques*. 4ta ed. W.H. Freeman, San Francisco. 661 p.
- Jaramillo, R. y J. Navarro. 1995. Reproductive cycle of the Chilean ribbed mussel *Aulacomya ater* (Molina, 1982). *J. Shellfish Res.*, 14:165-171.
- Jaramillo, R., J. Winter, J. Valencia & A. Rivera. 1993. Gametogenic cycle of the Chiloé Scallop (*Chlamys amandi*). *J. Shellfish Res.* 12:59-64.
- Jørgensen C., K. Enberg, E.S. Dunlop, R. Arlinghaus, D.S. Boukal, K. Brander, B. Ernande, A. Gårdmark, F. Johnson, S. Matsumura, H. Pardoe, K. Raab, A. Silva, A. Vainikka, U. Dieckmann, M. Heino & A.D. Rijnsdorp. 2007. Ecology: managing evolving fish stock. *Science*, 318:1247-1248.
- Kang, C.K., M.S. Park, P.Y. Lee, W.J. Choi & W.C. Lee. 2000. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and biochemical composition of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of korea. *J. Shellfish Res.*, 19:771-778.
- Keen, A.M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press, Stanford, 1025 p.
- LaBarbera, M. 1984. Feeding currents and particle capture mechanism in suspension feeding animals. *Am. Zool.*, 24:71-84.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification, 182-216. En: Wiley, M.L. (Ed.) *Volume II: circulation, sediments, and transfer of material in the estuary*. Academic Press, Nueva York.
- Lavaniegos, E.B. & D. López-Cortés. 1997. Fatty acid composition and community structure of plankton from the San Lorenzo Channel, Gulf of California. *Estuar. Coast. Shelf. S.*, 45:845-854.
- Lee, S. Y. 1988. The reproductive cycle and sexuality of the green mussel *Perna viridis* (L.) (Bivalvia: Mytilacea) in Victoria Harbour, Hong Kong. *J. mollus. Stud.*, 54:327-325.
- Le Pennec, M. & P.G. Beninger. 2000. Reproductive characteristics and strategies of reducing-system bivalves. *Comp. Biochem. Phys. A.* 126:1-16.

- Lluch-Belda, D., M.E. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez & R. Guerrero-Caballero. 2000. Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, B.C.S. *Oceánides*, 15:1-23.
- López-Rocha, J., A. Romo-Piñera, F. García-Domínguez & M. Arellano-Martínez. 2009. La pesquería de la almeja chocolate *Megapitaria squalida* en Baja California Sur. En: Libro de resúmenes de la XI Reunión Nacional de Malacología y Conquiología. UJAT, Villahermosa.
- Lovatelli, A., S. Vannuccini & D. McLeod. 2008. Current status of world bivalve aquaculture and trade, 45-59. En: Lovatelli, A., A. Farías & I. Uriarte (Eds.) *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. FAO Actas de Pesca y Acuicultura No 12. Roma. 359 p.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr & R.J. Raldall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193:265-275.
- Luna-González, A., C. Cáceres-Martínez, C. Zúñiga-Pacheco, S. López-López & B.P. Ceballos-Vázquez. 2000. Reproductive cycle of *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842) (Bivalvia: Pectinidae) in the Rada of Puerto de Pichilingue, B.C.S., Mexico and its relation to temperature, salinity, and quality of food. *J. Shellfish Res.*, 19:107-112.
- MacDonald, B. & R.J. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissues. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25:279-294.
- Mackie, G.L. 1984. Bivalves, 351-402. En: Tompa, A., N. Verdonk & J. Van Den Biggelaar (Eds.) *The Mollusca. Vol: 7: Reproduction*. Academic Press, Nueva York.
- Malara, G. & R. Charra. 1972a. *Dosage de glucides particuliers du phytoplancton selon la méthode de Dubois*. Nota interna de trabajo No. 6. Station Zoologique de Villefranche sur Mer, 7 p.

- Malara, G. & R. Charra. 1972b. *Dosage de protéines particulières selon la méthode de Lowry*. Nota interna de trabajo No. 5. Station Zoologique de Villefranche sur Mer, 7 p.
- Marsden, I. D. 1999. Reproductive cycles of the surf beach clam *Paphies donacina* (Spengler, 1793) from New Zealand. *J. Shellfish Res.*, 18:539-546.
- Martínez, G. 1991. Seasonal variations in biochemical composition of three size classes of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819. *The Veliger*, 34:335-343.
- Martínez, G., L. Mettifogo, R. Lenoir & A. Olivares. 2000. Prostaglandins and reproduction of the scallop *Argopecten purpuratus*. II. relationship with gamete release. *J. Exp. Zool.*, 287:86-91.
- Martínez, G., F. Saleh, L. Mettifogo, E. Campos & N. Inestrosa. 1996. Monoamines and the release of gametes by the scallop *Argopecten purpuratus*. *J. Exp. Zool.*, 274:365-372.
- Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas & J.E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Hidrobiológica*, 11:45-52.
- Massapina, C., S. Joaquim, D. Matias & N. Devauchelle. 1999. Oocyte and embryo quality in *Crassostrea gigas* (Portuguese strain) during a spawning period in Algarve, South Portugal. *Aquat. Living Resour.*, 12:327-333.
- Meneghetti, F., V. Moschino & L. Da Ros. 2004. Gametogenic cycle and variations in oocyte size of *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Aquaculture*, 240:473-488.
- Millán, N. R., E. Ripa & L. Aguirre. 1987. Preliminary study of the composition and abundance of the phytoplankton and chlorophytes in Laguna Ojo de Liebre, B.C.S. *Ciencias Marinas.*, 13:30-38.
- Metaxatos, A. 2004. Population dynamic of the venerid bivalve *Callista chione* (L.) in a coastal area of the eastern Mediterranean. *J. Sea Res.*, 52:293-305.

- Morriconi, E., B.J. Lomovasky & J. Calvo. 2007. Reproductive cycle and energy content of *Tawera gayi* (Hupé 1854) (Bivalvia:Veneridae) at the southernmost limit of their distribution range. *J. Shellfish Res.*, 26:81-88.
- Morriconi, E., B.J. Lomovasky, J. Calvo & T. Brey. 2002. Reproductive cycle of *Eurhomalea exalbida* (Bivalvia:Veneridae) from Ushuaia Bay (54°50'S), Beagle Channel (Argentina). *Invert. Reprod. Develop.*, 46:61-68.
- Morton, B. 1991. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. *J. Zool. Lond.*, 223:131-142.
- Navarro, J. M. y R. J. Thompson. 1995. Seasonal fluctuations in the size spectra, biochemical composition and nutritive value of the seston available to a suspension-feeding bivalve in a subarctic environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 125:95-106.
- Navarro, J.M. & J.E. Winter. 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. *Mar. Biol.*, 67:255–266.
- Neveeskaja, L.A. 2009. Principles of Systematics and the System of Bivalves. *Paleontol. J.*, 43:1-11.
- Newell, R.I., T.J. Hilbish, R.K. Koehn & C.J. Newell. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. *Bioll. Bull.*, 162:299-310.
- Nienhuis, H. & R. Guerrero-Caballero. 1985. A quantitative analysis of the annual phytoplankton cycle of the Magdalena lagoon complex (Mexico). *J. Plankton Res.*, 7:427-444.
- Nishida, A.K., N. Nordi & R.R.N. Alves. 2006. Molluscs production associated to lunar-tide cycle: a case study in Paraíba State under ethnoecology viewpoint. *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, 2:1-6.
- Obeso-Nieblas, M., J.H. Gaviño-Rodríguez & A.R. Jiménez-Illescas. 1999. Modelación de la marea en el sistema lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Oceánides*, 14:79-88.
- Ojea, J., A.J. Pazos, D. Martínez, S. Novoa, J.L. Sánchez & M. Abad. 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of

- Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. *Aquaculture*, 238:451-468.
- Ojea, J., D. Martínez, S. Novoa & A. Cerviño-Otero. 2005. Ciclo gametogénico de una población de la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) en la ría de Camariñas (noroeste de España) y su relación con la composición bioquímica mayoritaria. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 21:337-342.
- Olsen, E.M., M. Heino, G.R. Lilly, M.J. Morgan, J. Bratley, B. Ernande & U. Dieckmann. 2004. Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*, 428:932-935.
- Palmer, M., G.X. Pons, & M. Linde. 2004. Discriminating between geographical groups of a Mediterranean commercial clam (*Chamelea gallina* (L.): Veneridae) by shape analysis. *Aquaculture*, 67:93-98.
- Pazos, A.J., A. Silva, V. Vázquez, M.L. Pérez-Parallé, J.L. Sánchez & M. Abad. 2005. Differences in sterol composition of clams (*Ruditapes decussatus*) from three rías in Galicia (NW Spain). *Mar. Biol.*, 147:663-670.
- Palomares-García, R., A. Martínez-López, R. De Silva-Dávila, R. Funes-Rodríguez, M.A. Carballido-Carranza, R. Avendaño-Ibarra, A. Hinojosa-Medina & G.A. López-Ibarra. 2003. Biological effects of El Niño 1997-1998 on a shallow subtropical ecosystem: Bahía Magdalena, Mexico. *Geofísica Internacional*, 42:455-466.
- Peharda, M., I. Mladineo, J. Bolotin, L. Kekez & B. Skaramuca. 2006. The reproductive cycle and potential protandric development of the Noah's Ark shell, *Arca noae* L.: Implications for aquaculture. *Aquaculture*, 252:317-327.
- Ponurovsky, S.K. & Y.M. Yakovlev. 1992. The reproductive biology of the japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A. Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia:Veneridae). *J. Shellfish Res.*, 11:265-277.
- Poutiers, J.M. 1995. Bivalvos, 1:100-222. En: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem (Eds.) *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico*

- centrooriental*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 646 p.
- Quiñones-Arreola, M. F. 2003. *Comparación del patrón reproductivo de Megapitaria squalida (Sowerby, 1835) en la Laguna Ojo de Liebre, Océano Pacífico y Bahía Juncalito, Golfo de California, B.C.S. México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 63 p.
- Racotta, I. S., J. L. Ramírez, A. M. Ibarra, M. C. Rodríguez-Jaramillo, D. Carreño y E. Palacios. 2003. Growth and gametogenesis in the lion's paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture*, 217:335-349.
- Reddiah, K. 1962. The sexuality and spawning of manx pectinids. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 42:683-703.
- Reyes-Salinas, A. 1999. *Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S.* Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 122 p.
- Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R.A. Morales-Pérez & J.E. Valdez-Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B.C.S. *Hidrobiología*, 13:103-110.
- Ricker, W.E. 1981. Changes in the average size and average age of Pacific salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38:1636-1656.
- Robert, R., G. Trut, J.L. Laborde. 1993. Growth, reproduction and gross biochemical composition of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in the Bay of Arcachon, France. *Mar. Biol.*, 116:291-299.
- Rochet M. 1998. Short-term effects of fishing in life history traits of fishes. *ICES J. Mar. Sci.*, 55:371-391.
- Rodríguez-Mata, L.M. 2006. *Estudio a microescala de los nutrientes y variables hidrológicas en Bahía Magdalena, B.C.S., México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 89 p.

- Roe, J. H. 1955. The determination of sugar in blood and spinal fluid with antrone reagent. *J. Biol. Chem.*, 212:335-343.
- Román, G. G. Martínez, G. García & L. Freites. 2001. Reproducción, 27-59. En: Maeda-Martínez, A. N. (Ed.) *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Desarrollo*. Limusa Noriega, México.
- Rosales-Villa, A.R. 2004. *Dinámica de nutrimentos en Bahía Magdalena, B.C.S., México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 104 p.
- Rose, R.A., R.E. Dybdahl & S. Harders. 1990. Reproductive cycle of the western Australian silverlip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteriidae). *J. Shellfish Res.*, 9:261-272.
- SAGARPA. 2004. *Actualización de la Carta Nacional Pesquera y su anexo*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial. México), 1-112 p.
- SAGARPA. 2006. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México, 1-219 p.
- Sánchez-Montante, O. 2004. *Hidrodinámica y transporte de masa en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur, México: Modelación y experimentación*. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 228 p.
- Sartori, A.F. 2008. Siphonal structure in the Veneridae (Bivalvia:Heterodonta) with an assessment of its phylogenetic application and review of venerids of the Gulf of Thailand. *Raffles. B. Zool.*, 18:103-125.
- Sastry, A. 1979. Pelecypoda (Excluding Ostreidae), 113-292. En: Giese, A. & J. Pearse (Eds.) *Reproduction of marine invertebrates*. Academic Press, Nueva York.
- Saucedo, P.E., I.S. Racotta, H. Villarreal & M. Monteforte. 2002a. Seasonal changes in the histological and biochemical profile of the gonad, digestive

- gland, and muscle of the Calafia mother-of-pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). *J. Shellfish Res.*, 21:127–135.
- Saucedo, P.E., C. Rodríguez-Jaramillo & M. Monteforte. 2002b. Microscopic anatomy of gonad tissue and specialized storage cells associated with oogenesis and spermatogenesis in the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856). *J. Shellfish Res.*, 21:145–155.
- Saucedo, P.E. & P.C. Southgate. 2008. Reproduction, Development and Growth, 129-184. En: Southgate, P.C. & J.S. Lucas (Eds.) *The Pearl Oyster: Biology and Culture*. Elsevier, Holanda.
- Schweers, T., M. Wolff, V. Koch & F. Sinsel-Duarte. 2006. Population dynamics of *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) at Magdalena Bay, Baja California Sur, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 54:1003-1017.
- SEPESCA, 1994. Atlas Pesquero. Pesquerías relevantes de México. Instituto Nacional de la Pesca.
- Shafee, M.S. & M. Daoudi. 1991. Gametogenesis and spawning in the carpet-shell clam, *Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca: Bivalvia), from the Atlantic coast of Morocco. *Aquacult. Fisher. Manag.*, 22:203-216.
- Shumway, S.E. 1996. Natural environmental factors, 467-513. En: Kennedy, V.S., R.I. Newell & A.F. Able, (Eds.) *The Eastern Oyster Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant Book, Maryland.
- Shumway, S.E., R. Selvin & D.F. Schick. 1987. Food resources related to habitat in the scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791): a qualitative study. *J. Shellfish Res.*, 6:89-95.
- Singh, C.J., J.A. Vélez & M.C. Fajardo. 1991. Estudio poblacional de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby 1835) en Punta Coyote, Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera, Instituto Nacional de la Pesca*. México, 8:7-22.
- Siniscalchi, A., S. Cavallini, D. Sonetti, G. Sbrenna, S. Capuano, L. Barbin, E. Turolla & R. Rossi. 2004. Serotonergic neurotransmission in the bivalve *Venus verrucosa* (Veneridae): a neurochemical and immunohistochemical study of the visceral ganglion and gonads. *Mar. Biol.*, 144:1205-1212.

- Sokal, R. & F. Rohlf. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume Ediciones, Madrid, 832 p.
- Soria, R. G., M.S. Pascual & V. H. Fernández-Cartes. 2002. Reproductive cycle of the cholga paleta, *Atrina seminuda* Lamarck, 1819 (Bivalvia:Pinnidae) from northern Patagonia, Argentina. *J. Shellfish Res.*, 21:479-488.
- Stead, R.A., E. Clasing, M.A. Lardies, L.P. Arratia, G. Urrutia & O. Garrido. 2002. The significance of contrasting feeding strategies on the reproductive cycle in two coexisting tellinacean bivalves. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 82:443-453.
- Suja, N. & P. Muthiah. 2007. The reproductive biology of the baby clam, *Marcia opima*, from two geographically separated areas of India. *Aquaculture*, 273:700-710.
- Swain, D.P., A.F. Sinclair & J.M. Hanson. 2007. Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. *P. Roy. Soc. Lond. B. Bio.*, 274:1015-1022.
- Thompson, R.J., R. Newell, V.S. Kennedy & R. Mann. 1996. Reproductive processes and early development, 335-370. En: Kennedy, V.S., R.I. Newell & A.F. Able (Eds.) *The Eastern Oyster Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant Book, Maryland.
- Tirado, C. & C. Salas. 2002. Reproduction of *Callista chione* (L., 1758) (Bivalvia:Veneridae) in the littoral of Málaga (southern Spain). *J. Shellfish Res.*, 21: 643-648.
- Tirado, C., C. Salas & I. Márquez. 2003. Reproduction of *Venus verrucosa* L., 1758 (Bivalvia:Veneridae) in the littoral of Málaga (southern Spain). *Fish. Res.*, 63:437-445.
- Tripp-Quezada, A. 2008. *Comunidades de moluscos asociados a ambientes de carbonatos modernos en el Golfo de California*. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 149 p.

- Vahl, O. 1980. Seasonal variation in seston and in the growth rate of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O. F. Müller) from Balsjord, 70° N. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 48:195-204.
- Villalaz, G.J.R. 1994. Laboratory study of food concentration and temperature effect on the reproductive cycle of *Argopecten ventricosus*. *J. Shellfish Res.*, 13:513-519.
- Villalejo-Fuerte, M., M. Arellano-Martínez, B.P. Ceballos-Vázquez & F. García-Domínguez. 2000. Ciclo reproductivo de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Juncalito, Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 10:165-168.
- Villalejo-Fuerte, M. & B.P. Ceballos-Vázquez. 1996. Variación de los índices de condición general, gonádico y de rendimiento muscular en *Argopecten circularis* (Bivalvia: Pectinidae). *Rev. Biol. Trop.*, 44:571-575.
- Villalejo-Fuerte, M., G. García-Melgar, R. Ochoa-Báez & A. García-Gasca. 1996. Ciclo reproductivo de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *INPA Boletín Científico, Bogotá*, 4:29-39.
- Vite-García, M.N. 2005. *Variaciones estacionales en el uso de reservas energéticas entre los tejidos relacionados con la gametogénesis en las ostras perleras Pteria sterna (Gould, 1851) y Pinctada mazatlanica (Hanley, 1856)*. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México, 107 p.
- Vite-García, M.N. & P.E. Saucedo. 2008. Energy storage and allocation during reproduction of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) at Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Mar. Biol. J. Shellfish Res.*, 29:1-9.
- Widdows, J., P. Fieth & C.M. Worrall. 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 50:195-207.
- Xie, Q. & G.M. Burnell. 1994. A comparative study of the gametogenic cycles of the *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) and *Tapes decussatus* (Linnaeus) on the south coast of Ireland. *J. Shellfish Res.*, 13:467-472.

- Yee-Duarte, J.A. 2009. *Reproducción de la almeja mano de león Nodipecten subnodosus, Sowerby, 1835 en Bahía de los Ángeles, B.C. México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 73 p.
- Zaytsev, O. R. Cervantes-Duarte, O. Montante & A. Gallegos-Garcia. 2003. Coastal Upwelling activity on the Pacific Shelf of the Baja California Peninsula. *J. Oceanogr.*, 59:489-502.

ANEXO 1. TIEMPOS DE INMERSIÓN PARA EL PROCESO HISTOLÓGICO

Deshidratación

1. Alcohol 80° (1 hora)
2. Alcohol 96° (1 hora)
3. Alcohol 96° (1 hora)
4. Alcohol 96° (1 hora)
5. Alcohol 100° (1 hora)
6. Alcohol 100° (1 hora)
7. Alcohol 100° (1 hora)

Aclarado

8. Mezcla de alcohol-hemo De 1:1 (15 minutos)
9. Hemo De (15 minutos)

Inclusión

10. Paraplast (1 hora)
11. Paraplast (2 horas)

ANEXO 2. TIEMPOS DE INMERSIÓN PARA EL PROCESO DE TINCIÓN

Desparafinado

1. Hemo De (3 minutos)
2. Hemo De (3 minutos)
3. Hemo De (3 minutos)

Hidratación

4. Alcohol 96° (3 minutos)
5. Alcohol 96° (3 minutos)
6. Alcohol 70° (3 minutos)
7. Alcohol 70° (3 minutos)
8. Agua (1 minuto)

Tinción

9. Hematoxilina (8 minutos)
10. Agua corriente (1 minuto)
11. Alcohol ácido (1 segundos)
12. Agua corriente (5 segundos)
13. Agua amoniacal (2 minutos)
14. Agua corriente (1 minuto)
15. Eosina Y (30 segundos)

Deshidratación

16. Alcohol 96° (4 minutos)
17. Alcohol 100° (3 minutos)
18. Hemo De (3 minutos)
19. Hemo De (3 minutos)
20. Hemo De (3 minutos)
21. Hemo De (3 minutos)

ANEXO 3. ANÁLISIS DE LA PESQUERÍA DE *Megapitaria squalida*

Para obtener una perspectiva general del estado actual de la pesquería de *M. squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, se analizaron las tendencias espacio-temporales de la captura, el esfuerzo y de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en el periodo de 1996 a 2006.

Para obtener esta información se analizaron los registros de avisos de arribo de *M. squalida* en Baja California Sur, a través de la Oficina de Pesca de la SAGARPA. La información consistió en capturas en peso vivo y peso desembarcado (kg) y el esfuerzo de pesca en número de embarcaciones participantes en las actividades de pesca (excepto 2001 y 2003). Este último corresponde al número de embarcaciones reportadas en cada aviso de arribo y no representa el número total de embarcaciones existentes en la pesquería. La información fue clasificada por año, mes y zona de pesca.

El estudio consistió en el análisis de las variaciones espacio-temporales de la captura (toneladas, t), el esfuerzo (número de embarcaciones) y la CPUE (calculada como índice de abundancia relativa en $\text{kg} \cdot \text{embarcación}^{-1}$) con el fin de detectar posibles patrones o tendencias que puedan revelar el desarrollo y el estado actual de la pesquería. Se aplicaron análisis de correlación entre la captura, la CPUE y el ingreso por embarcación con el esfuerzo de pesca.

Se encontró que la pesca de *M. squalida* en Baja California Sur se realiza en ambos litorales de la península. El 61% de la captura total se extrae en Bahía de La Paz (36 %) y Bahía Magdalena (25 %) (Tabla 1).

Tabla 1. Captura y esfuerzo (1996-2000) en la pesquería de almeja chocolatea *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México.

Región	Captura (t)	% captura total	CPUE (kg/embarcación)
Bahía de La Paz	2,884	36	721
Bahía Magdalena	2,003	25	628

La captura de *M. squalida* en Bahía de La Paz presentó una tendencia hacia el incremento de 1999 hasta un máximo en 2004 y una disminución en los siguientes años (figura 41a). En Bahía Magdalena se presentó una tendencia opuesta, las capturas máximas se presentaron de 1999 a 2001, y a partir de ahí se apreció una clara disminución hasta un mínimo en 2005 (figura 1a).

Tanto en Bahía de La Paz como en Bahía Magdalena la variación del esfuerzo de pesca presentó una tendencia a la disminución dentro del periodo de estudio (Figura 1c). En cuanto a la CPUE (Figura 1b), se observaron los valores más altos en Bahía de La Paz. En Bahía Magdalena la CPUE disminuyó de 1 270 kg • embarcación⁻¹ en 1999 hasta 345 kg • embarcación⁻¹ en 2006. Es conveniente hacer notar que la CPUE en Bahía Magdalena fue la más alta en 1999 mientras que en 2006 fue la más baja.

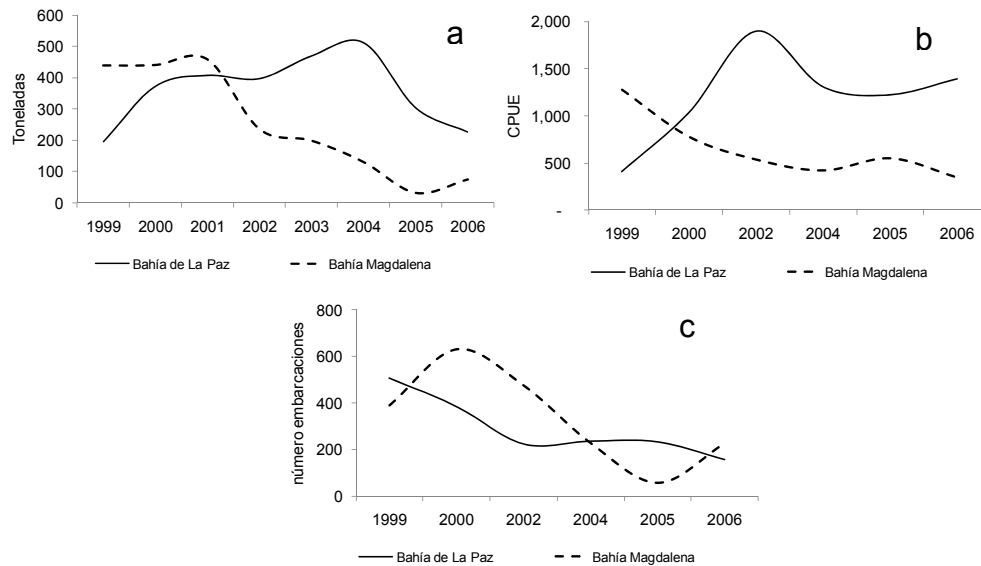


Figura 1. Variación de indicadores de la pesquería de almeja chocolata *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena. Capturas por región. Esfuerzo de pesca en número de embarcaciones. Captura por unidad de esfuerzo en kg • embarcación⁻¹.

En la figura 2 y tabla 2 se presentan las correlaciones entre las diferentes variables con el esfuerzo de pesca (por semestre) en las distintas regiones de captura. En Bahía de La Paz, la correlación de la captura con el esfuerzo de pesca mostró que después de cierto valor de esfuerzo la captura declina a niveles de esfuerzo superiores a 150 embarcaciones por semestre. Mientras que en Bahía Magdalena la captura aumentó conforme se incrementó el esfuerzo de pesca sin llegar a declinar. En Bahía de La Paz la CPUE disminuyó conforme aumentó el esfuerzo, mientras que en Bahía Magdalena la CPUE aumentó hasta cierto nivel de esfuerzo para después disminuir. Finalmente, el nivel óptimo del esfuerzo de pesca, con el que se obtuvieron los mayores rendimientos en captura y CPUE fue de 150 embarcaciones en Bahía de La Paz y 200 en Bahía Magdalena.

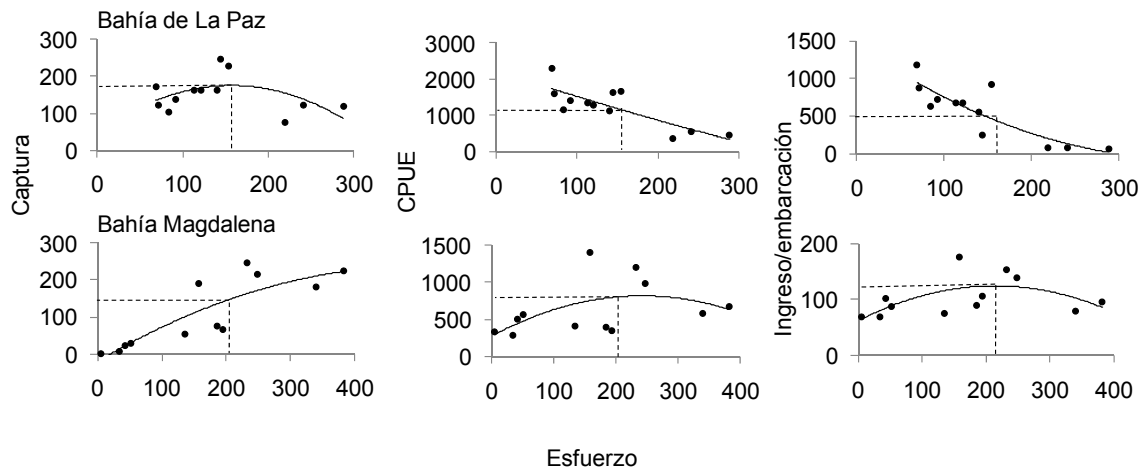


Figura 2. Correlación entre la captura (toneladas) y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) ($\text{kg} \cdot \text{embarcación}^{-1}$) con el esfuerzo de pesca (número de embarcaciones por semestre), en las regiones de pesca de almeja chocolata *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena. Las líneas punteadas indican el nivel óptimo de esfuerzo sugerido.

Tabla 2. Resumen de los modelos utilizados en las correlaciones entre la captura (toneladas) y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) ($\text{kg} \cdot \text{embarcación}^{-1}$) con el esfuerzo de pesca (número de embarcaciones por semestre), en las regiones de pesca de almeja chocolata *Megapitaria squalida* en Bahía de La Paz y Bahía Magdalena, B.C.S., México.

Región	Modelo	r	P	Nivel óptimo de esfuerzo sugerido
Captura				
Bahía de La Paz	$y = -0.005x^2 + 1.643x + 46.58$	0.516	0.248	150
Bahía Magdalena	$y = -0.001x^2 + 1.031x - 20.53$	0.850	0.003	200
CPUE				
Bahía de La Paz	$y = 0.002x^2 - 7.403x + 2237$	0.808	0.009	
Bahía Magdalena	$y = -0.009x^2 + 4.504x + 274.1$	0.503	0.269	

En Bahía de La Paz las capturas mostraron un comportamiento ascendente hasta el 2004, después de este año se registró una notable disminución en las capturas, no así en la CPUE que se mantuvo estable. En Bahía Magdalena se observó una disminución continua de las capturas y de la CPUE desde el 2001. Sin embargo, el esfuerzo de pesca en Bahía Magdalena ha disminuido de manera constante y a pesar de esto, la CPUE ha descendido, lo cual también es un indicador de sobreexplotación del recurso.

Aunque en este análisis no se detectaron indicadores de sobreexplotación del recurso en Bahía de La Paz, si se asume que está a su máxima capacidad y el análisis indica un descenso más acelerado de la CPUE conforme se aumenta el esfuerzo (Figura 2).

Otro hecho importante a favor de la idea de la sobreexplotación es que debido a la baja densidad y abundancia ocasionada por la excesiva captura del recurso, se dificulta cada vez más su captura, y en muchas ocasiones se tiene que llevar a cabo a mayores profundidades (Obs. Per. y Com. Per, Pescadores de la región).

Por otro lado, en este estudio encontramos que la principal zona de pesca de *M. squalida* fue Bahía Magdalena hasta el 2001. En Bahía de La Paz se

observó una tendencia hacia el aumento de las capturas hasta 2002. La participación de Bahía Magdalena disminuyó de 61% en 1999 a 12% en 2006.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la pesquería de *M. squalida* en Bahía de La Paz se encuentra en su máxima capacidad, mientras que en Bahía Magdalena hay indicios de sobreexplotación. Sin embargo, para complementar el estado actual de la pesquería se requiere realizar estudios de evaluación de las poblaciones, especialmente sobre la abundancia en los diferentes bancos de pesca.