



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA ALMEJA
BLANCA, *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838)
EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B. C. S., MÉXICO.**

TESIS

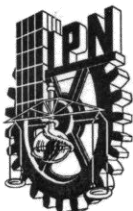
Que para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS
Con especialidad en
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA:

BIÓL. MARGARITA CORONA FERNÁNDEZ

LA PAZ, B. C. S., MÉXICO

DICIEMBRE DE 2016



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 11 del mes de Noviembre del 2016 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:

"BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA ALMEJA BLANCA, *Dosinia ponderosa* (GRAY, 1838)
EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

CORONA

Apellido paterno

FERNÁNDEZ

materno

MARGARITA

nombre(s)

Con registro:

A	1	5	0	1	1	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

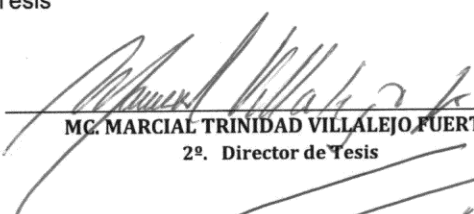
MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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.

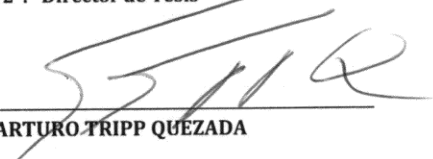
LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis


DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ
Director de Tesis

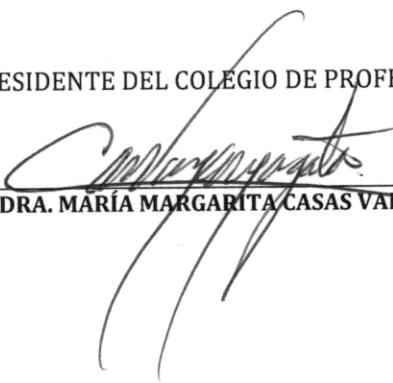

MC. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE
2º. Director de Tesis


DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ CARMONA


DR. ARTURO TRIPP QUEZADA


DR. RODOLFO RAMÍREZ SEVILLA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 22 del mes de Noviembre del año 2016

El (la) que suscribe BIÓL. MARGARITA CORONA FERNÁNDEZ alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A150119 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 MC. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE

y cede los derechos del trabajo titulado:

"BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA ALMEJA BLANCA, *Dosinia ponderosa* (GRAY, 1838)

EN LA BAHÍA DE LA PAZ, B.C.S., 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: biolcoronafer89@hotmail.com - fdoming@ipn.mx - mvillale@ipn.mx

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

BIÓL. MARGARITA CORONA FERNÁNDEZ

Nombre y firma del alumno

DEDICATORIA

A mis padres, José Corona y Lupita Fernández por apoyarme de muchas maneras en esta etapa. Están presentes todo el tiempo en mi mente y sobre todo en el corazón.

A mis hermanos Lupita Corona y Pepe Corona, los amo y me dio mucho gusto que pudieron conocer un poco de lo que hice en la maestría.

A mi tía Marisela Fernández por apoyarme económica y espiritualmente durante los momentos más difíciles, eres una gran inspiración para seguir adelante.

A Edgar Chávez Anaya porque has estado al pendiente de mi durante todo este tiempo, a pesar de la distancia, gracias por conocer en donde estudié.

A toda mi familia que han estado apoyándome de diversas maneras, los quiero mucho.

A mi alma máter, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, donde tuve excelentes profesores, en especial a la Dra. María de la Luz Arreguín Sánchez por creer en mí y apoyarme desde la Ciudad de México.

Al Instituto Politécnico Nacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por aceptarme como estudiante de posgrado, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI, proyecto: 20161106), por el apoyo económico brindado.

Al Dr. Federico García Domínguez por recibirme como su alumna, la paciencia que ha tenido para conmigo y apoyarme más allá de lo académico.

A Mónica Vélez y a su esposo Milton, quienes desde que comencé a estudiar el posgrado, me han ayudado de muchas maneras.

Al Laboratorio de Invertebrados Marinos, especialmente a Alma Rivera Camacho por ayudarme en el procesamiento de las muestras para que este trabajo fuera posible.

A mi comité de tesis, M. C. Marcial Villalejo Fuerte, Dr. Rodolfo Ramírez Sevilla, Dr. Gustavo Hernández Carmona y especialmente al Dr. Arturo Tripp Quezada, por invitarme a participar en las diferentes salidas al campo, sus consejos y asesorías.

Esta tesis deriva del proyecto: “Ecología reproductiva de la almeja blanca, *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) en la Bahía de La Paz, B.C.S.”. SIP: 20141323.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	II
LISTA DE TABLAS.....	III
GLOSARIO.....	IV
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Justificación.....	7
1.3. Hipótesis y Objetivos.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
2.1. Descripción del área de estudio.....	8
2.2. Metodología de campo.....	10
2.3. Metodología de laboratorio.....	10
3. RESULTADOS.....	13
3.1. Desarrollo histológico de las gónadas de <i>Dosinia ponderosa</i>	13
3.1.1. Indiferenciado.....	13
3.1.2. Hembras.....	13
3.1.3. Machos.....	17
3.1.4. Hermafroditas.....	20
3.2. Ciclo reproductivo.....	22
3.2.1. Variaciones intraespecíficas en el ciclo reproductivo.....	23
3.3. Influencia del fotoperiodo en el ciclo reproductivo.....	24
3.4. Influencia de la temperatura en el ciclo reproductivo.....	25
3.4.1. Efecto de la temperatura en el desove de <i>Dosinia ponderosa</i> en dos diferentes localidades de estudio.....	27
3.5. Influencia de la clorofila a en el ciclo reproductivo.....	28
3.6. Proporción de sexos.....	30
3.7. Longitud de reclutamiento para la reproducción (L50).....	30
3.8. Índice de condición general.....	31
3.9. Índice de masa visceral.....	32
3.10. Correlaciones entre variables.....	32
4. DISCUSIÓN.....	33
5. CONCLUSIONES.....	43
6. LITERATURA CITADA.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Concha de <i>Dosinia ponderosa</i> . Vista externa e interna.	5
2	Localización de la Bahía de La Paz, B.C.S., México.....	9
3	Técnica histológica.....	11
4	Fase de indiferenciado de <i>D. ponderosa</i>	13
5	a. Fase de desarrollo, b. Fase de madurez en <i>D. ponderosa</i> (hembras)...	15
5	c. Fase de desove, d. Fase de postdesove en <i>D. ponderosa</i> (hembras)....	16
6	a. Fase de desarrollo, b. Fase de madurez en <i>D. ponderosa</i> (machos).....	18
6	c. Fase de desove, d. Fase de postdesove en <i>D. ponderosa</i> (machos).....	19
7	a. Organismo hermafrodita de <i>D. ponderosa</i>	20
7	b. y c. Organismos hermafroditas de <i>D. ponderosa</i>	21
8	Ciclo reproductivo de <i>D. ponderosa</i> en la Bahía de La Paz, B.C.S.....	22
9	Comparación del desove de <i>D. ponderosa</i> en las localidades de Bahía de La Paz, Bahía Concepción, B.C.S. y Zihuatanejo, Guerrero.....	23
10	Desove de <i>D. ponderosa</i> en relación al fotoperiodo en la Bahía de La Paz, B.C.S.....	25
11	Desove de <i>D. ponderosa</i> en relación a la temperatura en la Bahía de La Paz, B.C.S.....	26
12	Postdesove de <i>D. ponderosa</i> en relación a la temperatura en la Bahía de La Paz, B.C.S.....	26
13	Desove de <i>D. ponderosa</i> en relación a la temperatura en la Bahía de La Paz y Bahía Concepción, B.C.S.....	28
14	Desove de <i>D. ponderosa</i> en relación a la concentración de clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S.....	29

15	Postdesove de <i>D. ponderosa</i> en relación a la concentración de clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S.....	29
16	Proporción sexual mensual de <i>D. ponderosa</i>	30
17	Longitud de reclutamiento para la reproducción (L50) de <i>D. ponderosa</i>	31
18	Desove en relación al índice de condición general de <i>D. ponderosa</i>	31
19	Desove en relación al índice de masa visceral de <i>D. ponderosa</i>	32

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Comparación de las fases del ciclo reproductivo de <i>D. ponderosa</i> en tres localidades de estudio.	24
2	Valores de correlación de Spearman entre los factores ambientales y las fases gonádicas de <i>Dosinia ponderosa</i> en Bahía de La Paz, B. C. S.	28
3	Correlación entre las fases de desarrollo gonádico de <i>D. ponderosa</i> , los factores ambientales y los índices morfofisiológicos en Bahía La Paz, B. C. S.	33

ANEXOS

I	Tiempos de inmersión para el procesamiento histológico.	54
II	Tiempos de inmersión para el proceso de tinción.	54
III	Frecuencia de hembras y machos, proporción sexual esperada y valores de χ^2 de <i>Dosinia ponderosa</i> por mes.	55
IV	Factores ambientales en Playa Balandra, Bahía de La Paz, B.C.S., México (2012-2013).	56
V	Frecuencias de desarrollo gonádico de <i>Dosinia ponderosa</i> en Playa Balandra, Bahía de La Paz, B.C.S., México (2012-2013).	57
VI	Valores mensuales del índice de masa visceral y del índice de condición de <i>Dosinia ponderosa</i> en Playa Balandra, Bahía de La Paz, B.C.S., México (2012-2013).	58

GLOSARIO

Anfidético: Las valvas están unidas dorsalmente por un ligamento, el cual puede extenderse entre los vértices a ambos lados (anterior y posteriormente) del umbo.

Biso: estructura filamentosa que permite la fijación al sustrato en algunos bivalvos.

Bivalvos: Clase de moluscos cuyo cuerpo carece de cabeza, tienen simetría bilateral, forma ovalada y están encerrados en una concha formada por dos valvas. Ejemplos: mejillón, almeja.

Ciclo gonádico o ciclo gametogénico: Eventos histofisiológicos repetitivos dentro de las gónadas que conducen a la producción y expulsión de gametos.

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

Dioico: Relativo a aquellos organismos en los cuales los órganos reproductores femeninos y masculinos se encuentran en diferentes individuos.

Escudo: Mitad posterior del ligamento que se suele formar en muchas familias de bivalvos, donde los umbos se encuentran muy cercanos entre sí. Representa capas sucesivas de crecimiento de estructuras de la charnela.

Espermatocito: Los primarios son células diploides ($2n$) derivadas del proceso de espermatogénesis formadas por el aumento en tamaño de las espermatogonias. Los secundarios son células haploides originadas tras la meiosis I; cada espermatocito secundario se diferencia en una espermatida.

Espermatogénesis: Proceso biológico mediante el cual se producen espermatozoides en las gónadas masculinas de los organismos.

Espermatogonia: Célula reproductora masculina primaria, diploide ($2n$), que se multiplica activamente por mitosis en la zona germinativa de los testículos.

Espermatozoide: Gameto masculino maduro, caracterizado por su movilidad, proporcionada por la presencia de uno o más flagelos; en el extremo anterior del espermatozoide, se encuentra el núcleo y el acrosoma.

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

Eulamelibranquia: tipo de branquias bien desarrolladas que actúan tanto en el intercambio de gases como en la alimentación.

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

Fecundación: La fusión de dos gametos (espermatozoides y óvulo) que produce un cigoto que desarrollará un nuevo individuo con una herencia genética derivada de sus dos progenitores. Estrictamente la fecundación puede dividirse en dos procesos, el primero corresponde a la unión de los citoplasmas de los gametos (plasmogamia) y el segundo a la fusión de sus núcleos (cariogamia).

Filibranquia: tipo de conexión en las branquias de Bivalvos, donde los filamentos están algo separados.

Folículos gonádicos: serie de conductos anastomosados. También llamado, acino.

Fotoperiodo: Periodo relativo de luz y obscuridad al que está sometido un organismo.

Gametogénesis: Proceso mediante el cual se forman los gametos en la reproducción sexual.

Gametos: Células pertenecientes a la estirpe germinal, que sufren una diferenciación en células masculinas o femeninas y son haploides (n), cuya finalidad es la fecundación (los núcleos se fusionan) para originar un individuo diploide ($2n$).

Gónada: Órgano donde se desarrollan los gametos de los animales pluricelulares, ovario o testículo.

Gonocorismo: Condición de una especie en la que los organismos presentan órganos sexuales de un solo sexo, macho o hembra; es decir posee sexos separados durante todo su ciclo vital.

Hermafrodita: Ser vivo en el que se han desarrollado, simultáneamente, los órganos sexuales femenino y masculino, pudiendo ser machos y hembras en distintas fases de su vida mediante un proceso de inversión sexual.

Hermafroditismo funcional simultáneo: Cuando el organismo puede funcionar como macho y hembra al mismo tiempo.

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

Índice de condición: Valor numérico utilizado para comparar la condición de los organismos, con base al peso húmedo de las partes blandas sobre el peso total del organismo.

Índice gonadosomático: Permite determinar el estado de desarrollo de la gónada, es la relación del peso húmedo de la masa visceral sobre el peso húmedo del organismo sin concha.

Longitud de madurez sexual (L₅₀): La talla, edad o peso en la que el 50% de la población es capaz de reproducirse (o producir gametos viables).

Meiosis: Del griego meio = menor; meiosis = reducción.- División celular en la cual la copia de los cromosomas es seguida por dos divisiones nucleares. Cada uno de los cuatro gametos resultantes recibe la mitad del número de cromosomas (número haploide) de la célula original.

Mitosis: Del griego mitos = hebra, filamento. La división del núcleo y del material nuclear de una célula; se la divide usualmente en cuatro etapas: profase, metafase, anafase, y telofase. La mitosis ocurre únicamente en eucariotas. El ADN de la célula se duplica en la interfase y se distribuye durante las fases de la mitosis en las dos células resultantes de la división.

Nucléolo: Cuerpo redondeado u oval que se observa en el núcleo de las células eucariotas; consiste en bucles de cromatina que sirven de molde para la producción de rARN (ácido ribonucleico ribosomal).

Opistodético: Las valvas están unidas dorsalmente por un ligamento, el cual puede estar sólo en la región del escudo.

Opistogiro: En *bivalvos*, los ápices de los umbos se orientan posteriormente.

Ortogiro: En *bivalvos*, los ápices de los umbos orientados uno frente al otro.

Patrón reproductivo: Es la frecuencia en que se presenta el desove en una población. La duración, intensidad y frecuencia del mismo caracterizan el patrón de un ciclo reproductivo.

Periostraco: Es una capa superficial orgánica de conquiolina presente en la mayoría de las conchas de los moluscos.

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

Protobranquia: tipo de branquias que intervienen en el intercambio gaseoso, pero no en la captura del alimento; se consideran las más primitivas de los Bivalvos.

Prosogiro: En bivalvos, los ápices de los umbos apuntan hacia la región anterior.

Reproducción: La acción y efecto de la perpetuación de los organismos en las generaciones.

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

Umbo: Vértice de las valvas, sinónimo de prodisoconcha.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de la temperatura superficial del mar, el fotoperiodo y la clorofila *a* en el ciclo reproductivo de *D. ponderosa*. De mayo de 2012 a septiembre de 2013 se capturaron mensualmente 30 ejemplares adultos, frente a la playa de Balandra, B. C. S., México. El desarrollo gonádico se dividió de acuerdo con sus características cualitativas en cinco fases (indiferenciado, desarrollo, madurez, desove y postdesove). Se calcularon las frecuencias relativas mensuales de las fases del proceso reproductivo. Adicionalmente, se calcularon la proporción sexual, la longitud de reclutamiento para la reproducción (L_{50}) y los índices de condición general y de masa visceral. Para conocer la posible relación de las diferentes fases del proceso reproductivo y los factores ambientales e índices se aplicó el análisis de correlación de Spearman. Se observaron todas las fases de desarrollo gonádico, con frecuencias de desove entre el 50 y el 100%, que se presentaron durante todo el período de estudio, con un aumento en los meses con las temperaturas más altas y una ligera disminución en los meses con las temperaturas más bajas ($r_s = 0.6$, $p < 0.05$). No se encontró correlación significativa ($p > 0.05$) entre el desove y los otros factores ambientales considerados. De un total de 441 individuos examinados el 53.2% fueron hembras, el 41.04% fueron machos, el 0.45% indiferenciados y el 5.2% hermafroditas, condición que no ha sido reportada para esta especie. La proporción total de sexos fue 1M:1H. Las almejas maduras se encontraron dentro del rango de longitud de 72 a 126 mm, encontrando el mayor número de organismos en tallas de 95 a 100 mm de longitud. La longitud de reclutamiento para la reproducción calculada fue de 96.9 mm. El índice de masa visceral presentó el valor más alto en abril de 2013 (7.7) y el menor en agosto de 2012 (1.01), mientras que el índice de condición general presentó el valor más alto en enero de 2013 (77.7) y el menor en agosto de 2012 (16.09). Ambos índices no se correlacionaron significativamente ($p > 0.05$) con el desove. Por lo tanto, se puede concluir que en la Bahía de La Paz, B. C. S. la población de *D. ponderosa* se reproduce de manera continua pero con mayor intensidad de junio a noviembre.

ABSTRACT

The objective of this study is analyze the influence of the superficial sea temperature, the photoperiod and the concentration of chlorophyll a in the reproductive cycle of *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838). From may 2012 to september 2013 thirty specimens were obtained monthly in front of Balandra beach, B. C. S., Mexico. The gonad development was divided according to its qualitative characteristics into five stages (undifferentiated, development, maturity, spawning, and spent). The relative monthly frequencies of the stages from the reproduction process were calculated. Additionally, the sex ratio, the first maturity size, and the indices of condition and visceral mass were calculated. In order to establish the possible relation between the stages from the reproductive process and the environmental factors a Spearman analysis of correlation was applied. All the gonad development stages were observed, with spawning frequencies between 50 and 100%, which occurred throughout the study period, with an increase in months with higher temperatures and a slight decrease in the months with the lowest temperatures ($r_s = 0.6$, $p < 0.05$). The spawning did not correlate significantly ($p > 0.05$) with the other environmental factors. Of a total of 441 individuals examined, the 53.2% were female, the 41.04% were male, the 0.45% undifferentiated and the 5.2% hermaphrodites, a condition which has not been reported for this specie. The total sex ratio was 1M:1H. The adult clams were found within a range of lengths, varying from 72 to 126 mm, the majority measured from 95 to 100 mm in length. The minimum size of maturity calculated was 96.9 mm. The visceral mass index had a maximum in april 2013 (7.7), and a minimum in august 2012 (1.01), while the general condition index showed the maximum value in january 2013 (77.7) and the minimum in august 2012 (16.09). Both index did not correlate significantly ($p > 0.05$) with the spawning. It can be conclude that it was found that *D. ponderosa* presents a continuous reproductive cycle, with a principal period of spawn from june to november.

1. INTRODUCCIÓN

Los bivalvos son la segunda clase en diversidad de los moluscos marinos, en este grupo se incluyen a las ostras, almejas, mejillones y gusanos *Teredo* (termitas de mar) (Coan y Valentich-Scott, 2012).

Son bilateralmente simétricos, presentan dos valvas articuladas por una charnela dentada y un ligamento opistodético o anfidético. El umbo o prodisoconcha, situado en extremo superior de la concha, de acuerdo a su posición puede ser ortogiro, prosogiro u opistogiro. No poseen cabeza, rádula, glándulas salivales y esofágicas. La cavidad paleal está formada por un amplio manto con diferentes grados de fusión, asociado con la formación de sifones inhalantes y exhalantes. Esta clase posee grandes branquias cuya organización básica separa a los grupos: Protobranquia, Filibranquia y Eulamelibranquia. El pie es extensible para proyectarse fuera de la concha y puede ser utilizado como medio de excavación o para efectuar movimientos reptantes y poder desplazarse. La concha puede ser cementante y fijarse al sustrato, como en las ostras; otras especies cuentan con un biso, como los mejillones, que usan para fijarse a un sustrato duro, sin deformación de la morfología de las valvas (Castillo-Rodríguez, 2014).

A partir de la relación de los bivalvos con el sustrato (duro o blando), se han establecido hasta siete grupos con significado ecológico (Martinell *et al.*, 2009):

- a) Bisados (sobre sustrato duro)
- b) Cementantes (sobre sustrato duro)
- c) Reclinados (sobre sustrato blando)
- d) Nadadores (en la columna de agua o sobre sustrato)
- e) Excavadores (sobre sustrato blando)
- f) Perforantes (sobre sustrato duro)
- g) Rupículas (sobre sustrato duro)

Generalmente la ranura bucal y el esófago son cortos y conducen a un estómago complejo, asociado a una digestión intra y extracelular, con saco del estilo e intestino generalmente largos. Por su condición alimentaria, los bivalvos, pueden ser

filtradores, detritívoros, carnívoros o succionadores. El corazón consta de un pericardio y dos aurículas, el sistema de circulación es de tipo abierto pues fluye a través de senos, el pigmento respiratorio es la hemocianina y en algunas especies es hemoglobina que les da un color rojizo. Presentan celoma pericárdico, con aberturas renopericárdicas y nefridioporos. El sistema sensorial se encuentra preferentemente en el borde del manto. Habitan una gama amplia de sustratos, desde la zona intermareal hasta sustratos de mar profundo. Muchos son dioicos y pocos son hermafroditas. Muestran un par de gónadas, y desarrollan larvas trocófora y veliger. Miden desde escasos milímetros hasta 150 cm. La clase Bivalvia posee más de 20 000 especies distribuidas en el mundo (Castillo-Rodríguez, 2014). En el Pacífico oriental, Keen (1971) reconoció 792 bivalvos para la provincia Panámica, Hendrickx y Brusca (2007) señalaron para el Golfo de California 566 especies de bivalvos y Coan y Valentine (2012) registraron 890 especies en la provincia Panámica.

El ciclo reproductivo de los bivalvos marinos está condicionado por factores endógenos, si se originan en los individuos a través de las características de la especie, por ejemplo el control endocrino y la información genética; además de los factores exógenos, si tienen su origen en las características físicas y químicas del ambiente que les rodea, por ejemplo la disponibilidad de alimento y los cambios de la temperatura, los cuales son considerados como los principales reguladores de la gametogénesis y del ciclo reproductivo de los bivalvos marinos (Sastry, 1979; Gabbott, 1983; Eversole, 2001; Gosling, 2004; Barber y Blake, 2006). Los efectos de la temperatura sobre los ciclos gonádicos y el desove en los bivalvos son complejos y dependen de la estrategia reproductiva en conjunto y del rango de temperatura ambiental en que éstos viven (Marsden, 1999); se considera a la temperatura como un disparador del desove y un controlador reproductivo (Thompson *et al.*, 1996).

Otros factores importantes en la regulación del ciclo reproductivo son la localización geográfica (o influencia latitudinal), la salinidad, la periodicidad lunar, las mareas, la profundidad, el fotoperiodo y los efectos denso-dependientes (Sastry, 1979; Mackie, 1984). Sin embargo, en una misma especie pueden existir diferencias en el ciclo reproductivo, dependiendo de la latitud y de las condiciones ambientales

particulares (Andrews, 1979; Sastry, 1979; Meneghetti *et al.*, 2004; Barber y Blake, 2006).

Los bivalvos presentan ciclos reproductivos que constan de tres períodos: período vegetativo, en el que no hay actividad reproductiva; período de maduración, en el que se presenta diferenciación celular, vitelogénesis, proliferación y expulsión de gametos, y una fase de reabsorción de gametos residuales (Giese y Pearse, 1974; Sastry, 1979; Román *et al.*, 2001; Barber y Blake, 2006; Saucedo y Southgate, 2008). En 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, por lo que el éxito de la fertilización puede depender del grado de sincronía de los individuos durante el desove (Himmelman, 1981). Una misma población puede presentar diferencias en su ciclo reproductor de un año a otro, con un solo período de desove sincrónico, un desove prolongado parcialmente asincrónico o más de un período de desove parcial (Bricelj y Malouf, 1980; Baqueiro, 1981; Jaramillo *et al.*, 1993). Las condiciones ambientales determinarán que tan prematuro o tardío se presente el ciclo de gametogénesis en el año (Syed-Shafe, 1980; Jones, 1981; Kennedy y Krantz, 1982; Brevber, 1990).

El potencial reproductivo de los moluscos bivalvos en lo que a la sexualidad y presencia de hermafroditismo se refiere, es fijado genéticamente con fuerte influencia del medio a través de la temperatura (Lucas, 1965), por lo que se han encontrado ocasionalmente individuos hermafroditas en especies consideradas estrictamente gonocóricas (Heller, 1993). Microscópicamente, las especies hermafroditas pueden presentar dos tipos de estructura folicular (Coe, 1945; Reddiah, 1962; Gaspar-Soria *et al.*, 2002). En el primer tipo, los gametos tanto del macho como de la hembra están presentes dentro del mismo folículo, estos organismos han sido denominados “hermafroditas verdaderos”. En el segundo tipo, denominado “sexos mezclados”, los folículos contienen gametos de un solo sexo y permanecen separados de los folículos que contienen los gametos del otro sexo (Reddiah, 1962). El hermafroditismo más común en bivalvos es del segundo tipo (Sastry, 1979).

La clasificación de la especie es la siguiente (Coan y Valentich-Scott, 2012 y www.marinespecies.org)

Phylum Mollusca (Cuvier, 1797)

Clase Bivalvia (Linnaeus, 1758)

Subclase Heterodonta (Neumayr, 1884)

Orden Venerida (H. y A. Adams, 1856)

Familia Veneridae (Rafinesque, 1815)

Género *Dosinia* (Scopoli, 1777)

Especie *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838)

El género *Dosinia* es considerado como de amplia distribución y de alta riqueza de especies, se conocen 118 especies (Tunberg, 1984). En el Pacífico oriental tropical se reconocen tres especies (Coan y Valentich-Scott, 2012), mientras en el Atlántico, se conocen ocho, cinco en su costa oriental y tres a lo largo de las costas de América (Tunberg, 1984).

Dosinia ponderosa (Gray, 1838) presenta valvas aplanadas y de forma circular o lenticular con ornamentación concéntrica bien marcada. La forma de la concha es comprimida, de color blanco por dentro y por fuera, con franjas concéntricas de tonos diferentes. Posee un periostraco muy delgado, brillante y de color amarillo (Baqueiro y Stuardo, 1977) (Fig. 1) El ligamento externo está situado sobre una plataforma incrustada en la región dorsal posterior de la charnela. La lúnula es cardiforme bien marcada. La charnela heterodonta es bastante gruesa, con tres dientes cardinales, más cortos y gruesos en la valva derecha, a cada diente corresponde un cóndilo en la valva opuesta, la valva izquierda presenta un diente lateral anterior muy reducido. La línea paleal es muy marcada, el seno paleal es triangular, inclinada diagonalmente que llega hasta el centro de la concha. Las cicatrices de los músculos aductores son ligeramente elípticas, junto a la posterior se encuentra la cicatriz del músculo retractor posterior. La cicatriz del músculo retractor anterior se observa en la

parte interna anterior de la charnela. Es una especie móvil facultativa, suspensívora e infaunal (Di Celma *et al.*, 2002).

En ecosistemas tropicales y subtropicales puede formar bancos a lo largo de la línea de costa. Uno de los aspectos que controlan la distribución de la especie es el tipo de sustrato, se distribuye preferencialmente en fondos de sustratos de arena fina, sustratos areno-limosos y limo grueso, de clasificación o nivel de energía moderada. Habita en un intervalo muy reducido en cuanto a la variación granulométrica y es posible encontrarla en bancos asociada a *Megapitaria squalida*. Se distribuye en el Pacífico Oriental, desde Estados Unidos de América hasta la costa norte de Chile. Debido a su distribución y características es un bivalvo de importancia económica en las pesquerías locales (Keen, 1971; Baqueiro, 1979; Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000; Sarkar *et al.*, 2006; Hernández-Sandoval *et al.*, 2009; Moreno-Báez *et al.*, 2012; García-Domínguez, 2014; Martínez-Porchas *et al.*, 2016).



Figura 1. Valvas de *Dosinia ponderosa*. Vista externa e interna (Foto original del Laboratorio de Invertebrados Marinos del CICIMAR tomada por Miguel Villa Arce)

1.1 Antecedentes

Algunos estudios han tratado aspectos ecológicos y reproductivos en ciertas especies de *Dosinia*, *D. elegans* en la zona sublitoral de Bahía Biscayne, Florida; presenta dos períodos de desove a lo largo del año (enero y octubre), se conoce el índice de mortalidad anual, la productividad, densidad, reproducción y madurez

sexual. No se encontró relación entre el ciclo reproductivo y los factores ambientales (Moore y López, 1970).

En Noruega *D. exoleta* presenta su desove durante la temporada cálida (julio) y no se correlacionó con algún factor ambiental (Tunberg, 1984). La tasa de crecimiento de esta especie presenta un gradiente latitudinal, en donde el agua cálida es la condición óptima para el crecimiento (Moura *et al.*, 2013).

En Nueva Zelanda se estudió en *D. anus* la proporción de sexos, la estructura de tallas, el crecimiento y la reproducción, que están relacionados con la temperatura y las variaciones estacionales, el desove ocurre al incrementarse la temperatura (Al jadani, 2013).

La biología reproductiva de *D. ponderosa* ha sido estudiada en la Bahía de Zihuatanejo y en la Isla Ixtapa, Guerrero, México; las características de los patrones reproductivos, han mostrado que la gametogénesis se presenta a lo largo del año, con tres períodos de máxima actividad gonádica (octubre, mayo y agosto). La fase de madurez fue limitada y constante, con porcentajes no mayores al 30%; mientras que la fase de desove fue constante y con mayor intensidad en junio (50%) y septiembre (60%). Posee gran capacidad de regeneración gonádica, ya que la fase de post desove se presentó en diciembre (60% de la población) con un período de reposo limitado durante primavera y verano (febrero a julio). Por otra parte, no se realizaron pruebas estadísticas para conocer la relación entre las variaciones de la temperatura y la actividad gonádica (Baqueiro y Stuardo, 1977; Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000).

En Punta Arena, Bahía Concepción, Baja California Sur, México, se observó que en *D. ponderosa* la proporción de sexos fue 1:1, la talla promedio fue de 9.2 cm, se describieron cuatro fases de desarrollo gonádico: desarrollo, madurez, desove y postdesove (tanto en hembras como en machos). En cuanto a los índices morfofisiológicos, el índice gonádico presentó valores entre 3.3 y 3.7 durante la fase de desove.

El índice gonadosomático no presentó una relación directa con el desove. La fase de desarrollo y desove fueron continuas durante todo el año; con el porcentaje más alto de desove durante los meses cálidos, se observó una relación directa entre la temperatura y el desove. Sin embargo, no se observó una relación con la duración del fotoperiodo, ni con la cantidad de clorofila; en el caso de este último factor la correlación se obtuvo con valores que no corresponden con los del periodo de estudio (Arreola-Hernández, 1997).

1.2. Justificación

La almeja blanca, *Dosinia ponderosa*, es una especie que se considera un recurso potencial en Baja California Sur, debido a que sus poblaciones permanecen relativamente sin explotar, habitan a profundidades mayores de 5 m y se pueden enterrar hasta 25 cm en el sedimento (García-Domínguez, 2014). Para un manejo adecuado del recurso es necesario realizar estudios sobre aspectos reproductivos de la especie en las zonas donde se extrae el producto.

En el presente trabajo se analiza la influencia de la temperatura superficial del mar, la disponibilidad de alimento (clorofila a) y el fotoperiodo en el ciclo reproductivo de *D. ponderosa*. El estudio se llevó a cabo en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, frente a Playa Balandra, en los años 2012 y 2013.

1.3. Hipótesis

La mayoría de los bivalvos de zonas subtropicales y tropicales se reproducen durante el verano, por lo que se espera que el desove de *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) coincida con la temperatura más alta y el fotoperiodo más largo, adicionalmente, se espera que exista una correlación entre el ciclo reproductivo y la concentración de clorofila a.

Objetivo general

Conocer el ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) con relación a la temperatura, la concentración de alimento y el fotoperiodo en la Bahía de La Paz, B. C. S., México.

Objetivos particulares

1. Describir el ciclo reproductivo y la temporada de desove de *Dosinia ponderosa* en la Bahía de La Paz, B. C. S., México.
2. Estimar la proporción de sexos durante el ciclo reproductivo.
3. Establecer si existe correlación entre el Índice de Condición General y el Índice de Masa Visceral.
4. Determinar la correlación del fotoperiodo, temperatura y concentración de clorofila *a* en el ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área de estudio

La Bahía de La Paz se ubica en la parte sureste de la Península de Baja California; tiene forma semi-elíptica con su eje mayor orientado en dirección nor-noroeste–sur-sureste; está limitada hacia el oeste y sur por tierra firme, hacia el norte y oriente por las aguas del Golfo de California y las islas Espíritu Santo y Partida. Tiene una longitud de 90 km y una anchura es de 60 km, con un área aproximada de 4,500 km². Se comunica con las aguas del Golfo de California a través de una boca principal ubicada entre Punta Cabeza Mechudo y el extremo norte de la Isla Partida. Al sureste también se comunica con el Golfo de California a través de una boca secundaria (canal San Lorenzo) ubicada entre el extremo sur de isla Espíritu Santo y Punta Las Pilitas (Álvarez-Arellano *et al.*, 1997).

Clima. El clima en la región es del tipo BW (h') Hw (e'), correspondiente al árido o desértico (García, 2004). La humedad relativa oscila entre el 66 y 72 % (González-Acosta, 1998), con una época de sequía prolongada, ya que la zona tiene escasa precipitación pluvial durante el año (219.7 mm al año), y una evaporación total anual de 2387.2 mm (Secretaría de Marina, 1979; Salinas-Zavala *et al.*, 1990; Álvarez-Arellano *et al.*, 1997).

Fisiografía. Presenta aguas someras que tienden a incrementar su profundidad hacia el centro de la boca principal, donde alcanza los 200 m, es un modelo con tres cuerpos de agua: uno del canal San Lorenzo caracterizado por una

variabilidad anual de los parámetros hidrológicos (salinidad, temperatura y oxígeno disuelto) y por una intensa mezcla producida por las corrientes de marea en dicho canal. Otro cuerpo de agua en el noroeste de la bahía con las condiciones más estables de los parámetros hidrológicos, lo que sugiere una gran influencia de las aguas del Golfo de California que se introducen por la amplia boca del norte de la bahía; y el tercero, un cuerpo de agua transicional que se genera en el contacto de los dos anteriores (Álvarez-Arellano *et al.*, 1997; Murillo-Jiménez, 1987).

Mareas. La marea es semi-diurna, al igual que en la mitad sur del Golfo de California, el reflujo que se encuentra entre la pleamar superior y la bajamar inferior es intenso ocasionando fuertes corrientes de marea (Mora-Pérez, 2005).

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 Cl/m³) y disminuyen de julio a noviembre (1 mg Cl/m³) (Martínez-López *et al.*, 2001).



Figura 2: Localización del área de estudio en la Bahía de La Paz, B. C. S., México.

★ Indica el sitio de muestreo. Tomado y modificado de:
investigacion.izt.uam.mx/ocl/BCS/BLaPaz.doc

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 y López-Cortés, 1997; Reyes-Salinas, 1999; Martínez-López *et al.*, 2001).

2.2. Metodología de campo

Los muestreos se realizaron de mayo de 2012 a diciembre de 2013 en la Bahía de La Paz, B.C.S., frente a Playa Balandra, en un banco de almejas situado aproximadamente a los 24°17'N y 110° 21'W (Fig. 2). Se recolectaron en promedio, 30 ejemplares mensuales a una profundidad de 3 a 6 m. Se trasladaron al laboratorio donde se efectuaron las disecciones correspondientes. Al momento de la recolecta se midió la temperatura superficial del mar (TSM) con un termómetro de mercurio.

2.3. Metodología de laboratorio

Se midieron la longitud, la altura y el grosor de cada individuo (± 0.1 mm). Se obtuvieron el peso húmedo, el peso húmedo sin concha y el peso de la masa visceral sin fijar (± 0.1 g). El proceso reproductivo fue caracterizado de manera cualitativa a través de un análisis histológico y de manera cuantitativa por medio de un análisis del índice de la masa visceral.

El análisis histológico de cada almeja se realizó a partir de una sección transversal de la masa visceral extraída que incluye la gónada, que por ser de tipo difuso, no es posible separarla del resto de los tejidos. La masa visceral se fijó en formol al 10% durante 48 h, posteriormente fue deshidratada en alcohol etílico en concentraciones crecientes (70-100%), transparentada con Hemo-De e incluida en parafina (Anexo I). Una vez incluido el tejido, se realizaron cortes transversales de 4 μ m de grosor y se tiñeron utilizando la técnica Hematoxilina-Eosina (Humason, 1979) (Fig. 3) (Anexo II). Los cortes histológicos fueron examinados microscópicamente, para analizar el proceso de maduración gonádica, se asignaron las fases de desarrollo considerando las escalas utilizadas por Baqueiro y Stuardo (1977) y Arreola-Hernández (1997) para la misma especie, las cuales son: indiferenciado, desarrollo, madurez, desove y postdesove.

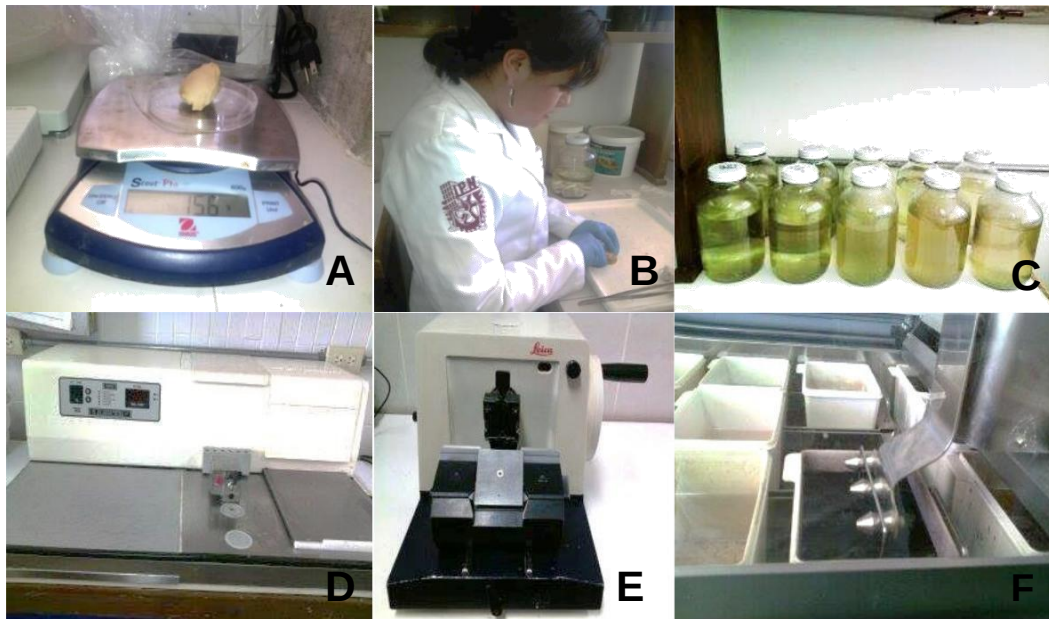


Figura 3. Técnica Histológica: A) Peso de la masa visceral (que incluye la gónada), B) Cortes transversales de la masa visceral, C) Deshidratación y transparentación de tejido, D) Inclusión en parafina, E) Cortes en micrótopo, F) Coloración (Tinción Hematoxilina-Eosina)

El fotoperiodo se obtuvo de la base de datos “Minutos de luz en un año” de U. S. Naval Observatory; mientras que la concentración de clorofila *a* (Cl-*a* en mg/m³) se obtuvo a partir de imágenes del satélite AquaModis, obtenidas del Coast Watch West Coast Regional Node, a una resolución de 4 Km². De las imágenes se extrajeron los valores de la Cl-*a* del sitio de muestreo, promediando el valor de los ocho pixeles más cercanos a las coordenadas de cada estación (búsqueda por octantes).

Frecuencia de sexos. Se calculó la frecuencia total de cada sexo, mediante el estadístico de prueba Chi cuadrada (χ^2), con la hipótesis nula de que los sexos no difieren significativamente de la proporción esperada de 1:1 con un 95% de confianza; para la estimación de la frecuencia de cada sexo fueron excluidos los organismos indiferenciados (Sokal y Rohlf, 1979).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde, **O** es la frecuencia de hembras o machos observados y **E** es la frecuencia de hembras o machos esperada.

El propósito del cálculo de índices gonadales es obtener un indicador del estadio de desarrollo gonadal que sea independiente del tamaño del animal (Grant y Tyler, 1983), estos métodos indican el grado de desarrollo del ciclo gametogénico en el que se encuentra la gónada en términos porcentuales o de peso, pero no representa el grado de madurez de los gametos. Cuando se emplean pesos gonadales o índices de condición se asume que el aumento del valor indica gametogénesis y una disminución se interpreta como desove (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez 1996; Román *et al.*, 1996; Avendaño y Le Pennec 1996, 1997). Como un indicador del estado de desarrollo de la gónada se calculó el Índice de Masa Visceral, modificando el método de Sastry (1970).

$$IMV = \left(\frac{\text{Peso húmedo de la masa visceral}}{\text{Peso húmedo del organismo sin concha}} \right) * 100$$

Para conocer la condición de los organismos se calculó el Índice de Condición General, el cual es la relación del peso húmedo de las partes blandas sobre el peso total del organismo, expresándolo en forma porcentual (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez, 1996).

$$ICG = \left(\frac{\text{Peso húmedo de las partes blandas}}{\text{Peso total del organismo}} \right) * 100$$

Longitud de reclutamiento reproductivo (L50): a partir del total de individuos en las fases de madurez y desove, se calculó la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada por intervalos de talla (4 mm) para establecer la talla de primera madurez como aquella en el que el 50% de los individuos se encuentran sexualmente maduros (Arellano-Martínez *et al.*, 2004).

Se obtuvo la correlación de Spearman entre cada fase del ciclo y las variables ambientales determinadas, así como entre los índices de condición, las fases del ciclo y las variables ambientales. El nivel de significancia se estableció con una probabilidad de 0.05.

En el caso de la temperatura, se comparó mediante un análisis de covarianza la regresión lineal obtenida entre la temperatura y la proporción en desove de los datos de Arreola-Hernández (1997) en Bahía Concepción, B. C. S. con los obtenidos en éste trabajo; para ello las proporciones fueron previamente transformadas usando la transformación de la raíz cuadrado del arco seno (Zar, 1999).

3. RESULTADOS

3.1. Desarrollo histológico de las gónadas de *Dosinia ponderosa*

3.1.1. Indiferenciado. Se caracteriza por la ausencia de gametos, por lo que no es posible diferenciar el sexo. El tejido conjuntivo ocupa todo el espacio observable entre la glándula digestiva y el tracto digestivo (Fig. 4).

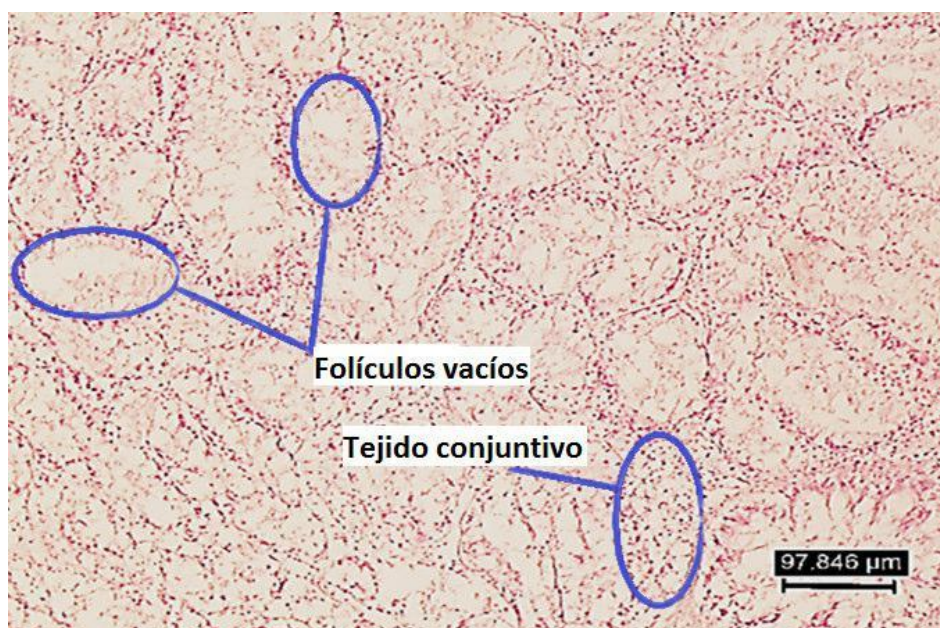


Figura 4. Fase de indiferenciado de *Dosinia ponderosa*. Vista 10X.

3.1.2. Hembras

Desarrollo. Los folículos son evidentes y se pliegan sobre sí mismos en algunas regiones, su pared está formada por una capa de epitelio plano simple. Los ovocitos en desarrollo son de forma redonda a ovalada y se encuentran adheridos a la pared interna de los folículos mediante un pedicelo. El núcleo de los ovocitos es muy oscuro y ocupa gran porcentaje de la célula, algunas veces se observa el nucléolo.

En algún momento de esta fase puede haber ovocitos maduros desprendidos de los folículos. El lumen de los folículos es ocupado gradualmente por numerosos ovocitos y el tejido conjuntivo es desplazado por los folículos en crecimiento (Fig. 5a).

Madurez. Los ovocitos adquieren una forma poligonal cuando aumentan de tamaño, se observa un nucléolo de forma esférica en el interior del núcleo; los gametos ocupan todo el espacio dentro del lumen de los folículos, desplazando al tejido conjuntivo (Fig. 5b).

Desove. Una gran cantidad de ovocitos han sido expulsados (liberados) al medio, los folículos presentan espacios vacíos entre los ovocitos maduros que se encuentran libres en el interior de éstos. Cuando el desove es avanzado, frecuentemente las paredes de los folículos aparecen rotas y plegadas, los fagocitos comienzan a ser más numerosos. Algunas veces se observan ovocitos en desarrollo, adheridos a las paredes foliculares, por lo que la gametogénesis continúa durante esta fase (Fig. 5c).

Postdesove. La expulsión de gametos ha terminado y se observan pocos ovocitos que no fueron liberados, alrededor de éstos se concentran los fagocitos para reabsorberlos y algunas veces hay autólisis. La mayoría de las paredes foliculares están rotas y se han plegado sobre sí mismas (Fig. 5d). Ocasionalmente se observan nuevos ovocitos funcionales adheridos a las paredes foliculares, los cuales crecen e iniciarán un nuevo ciclo gametogénico.

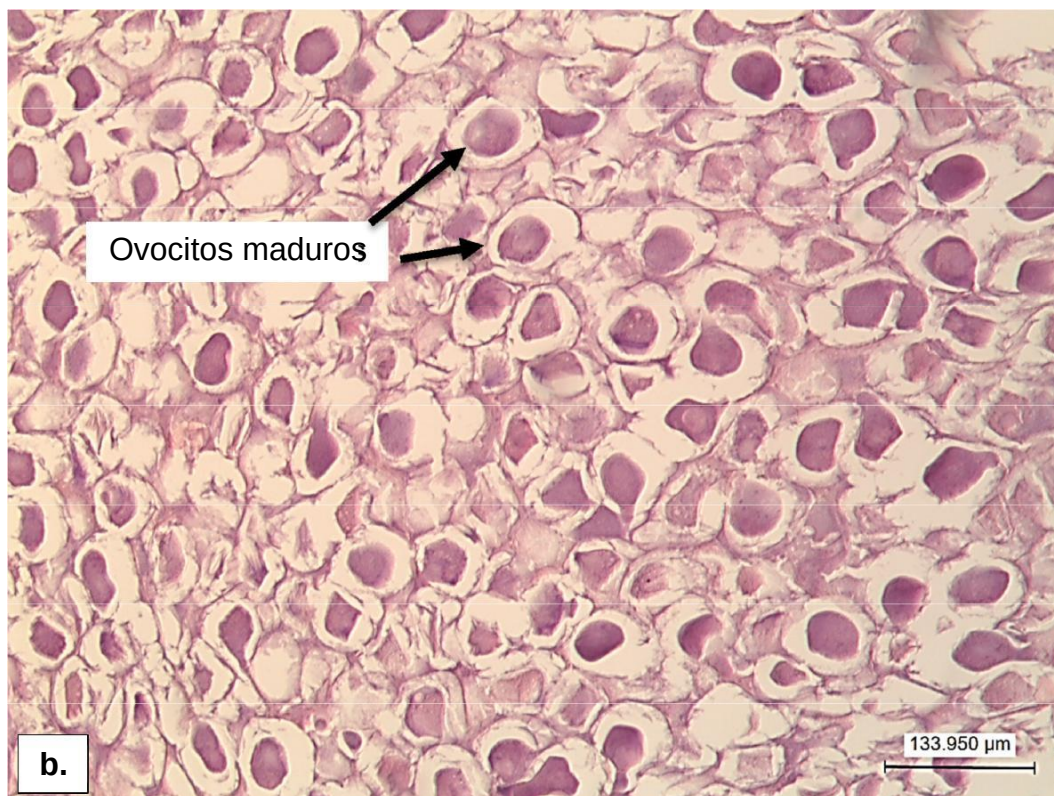
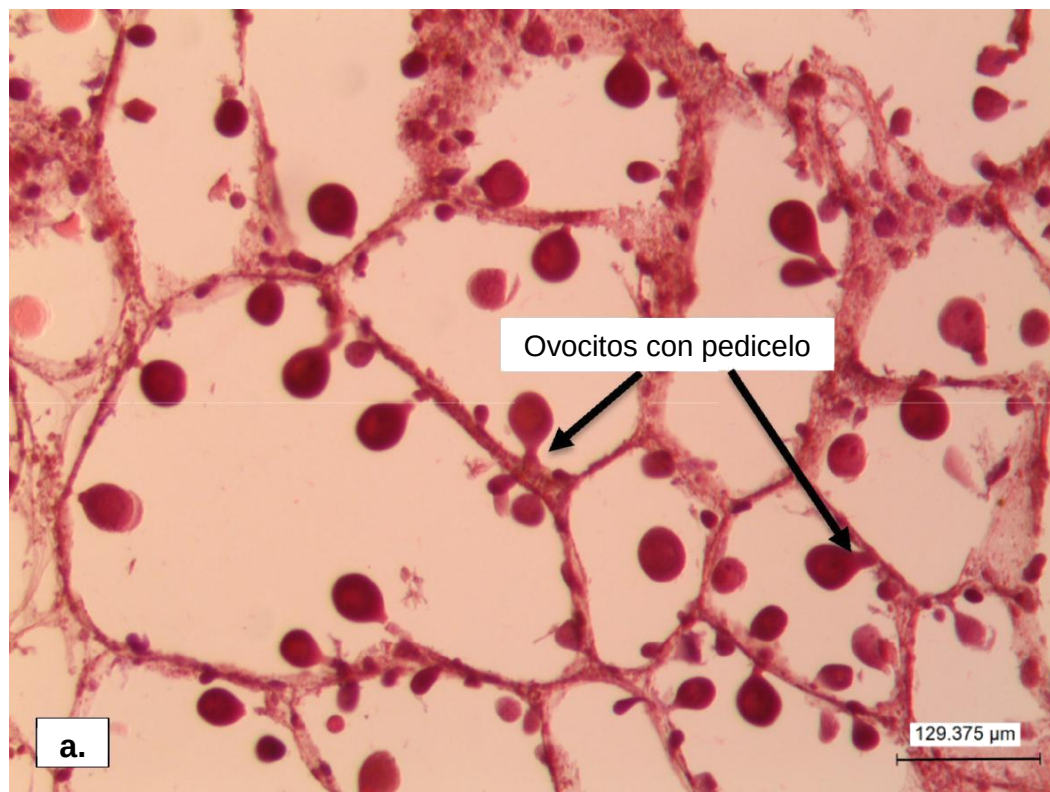


Figura 5. a. Fase de desarrollo, b. Fase de madurez en *Dosinia ponderosa* (hembras). Vista 10X.

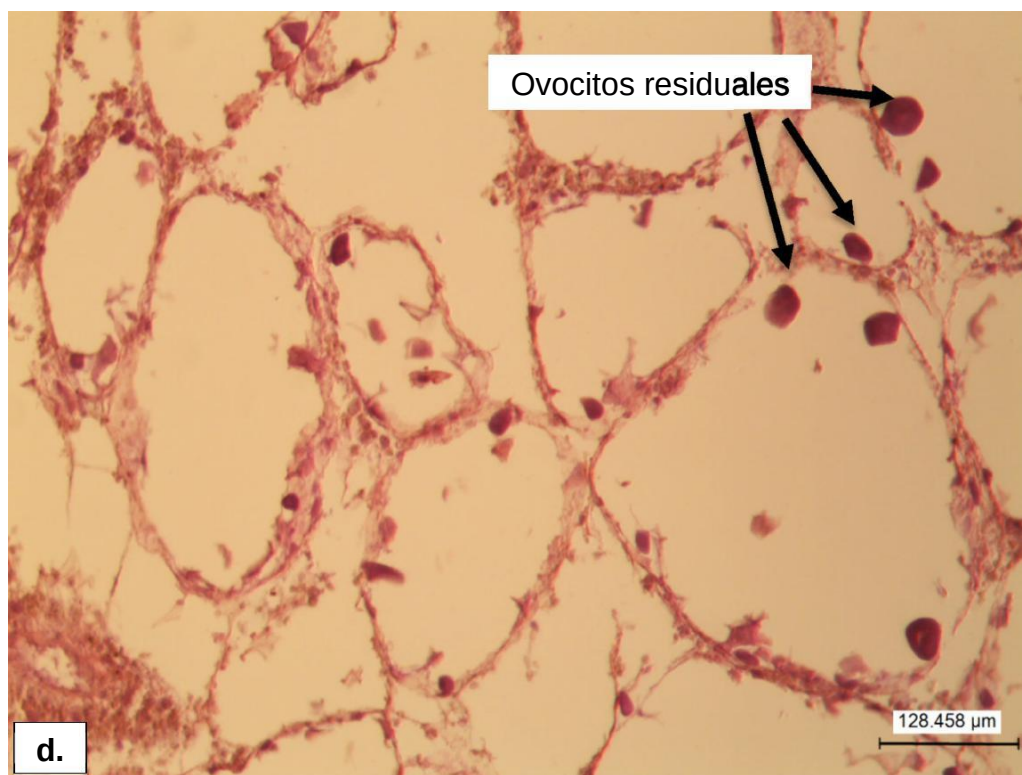
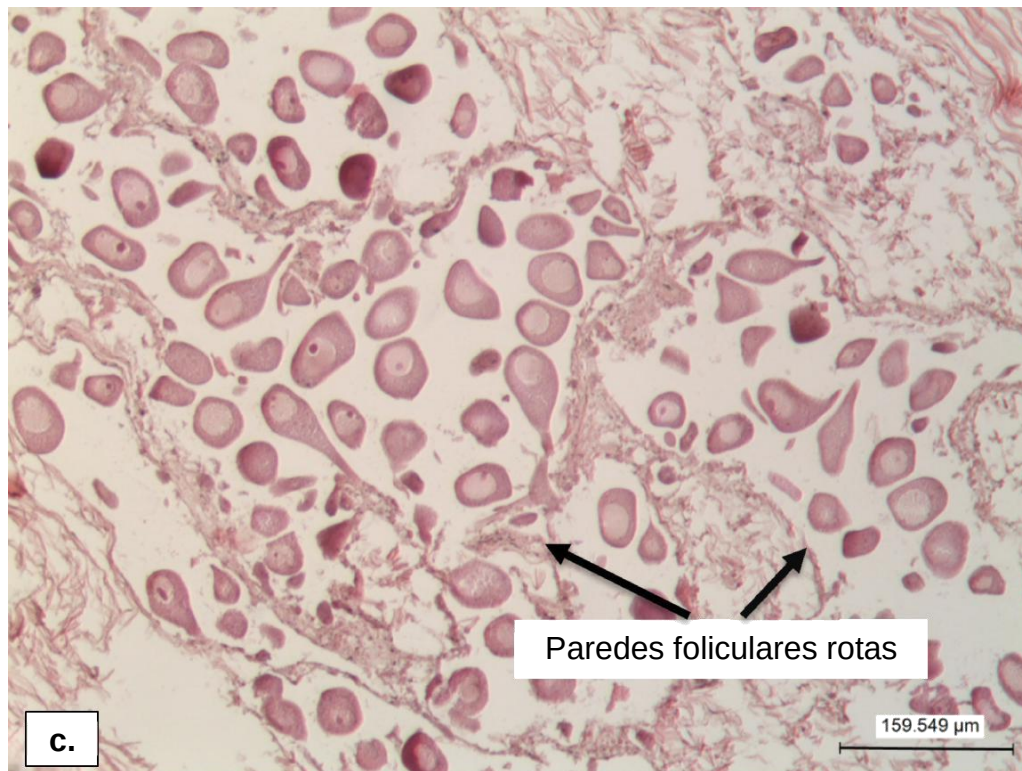


Figura 5. c. Fase de desove, d. Fase de postdesove en *Dosinia ponderosa* (hembras). Vista 10X.

3.1.3. Machos

Desarrollo. En esta fase se observa gran cantidad de tejido conjuntivo que rodea a los túbulos seminíferos, el cual posteriormente es desplazado por el aumento en número y tamaño de éstos últimos. Las células espermatogénicas se localizan en la periferia de los túbulos, formando una banda concéntrica que se localiza por debajo de la membrana de los mismos. Los espermatocitos son células esféricas que dan origen a un gran número de espermatozoides, los cuales son alargados y de forma cónica, que se acumulan en el lumen del túbulo seminífero (Fig. 6a). Cuando el número de espermatozoides aumenta, el número de células de estados previos a la espermiogénesis decrece, de modo que los folículos incrementan su tamaño gradualmente

Madurez. Los espermatozoides presentan el flagelo dirigido hacia el lumen del túbulo y casi no se distinguen individualmente. Los túbulos se comprimen unos con otros conforme crecen y en su interior no se observa espacio vacío, la gónada se encuentra en el espacio que antes ocupaba el tejido conjuntivo (Fig. 6b).

Desove. El diámetro de los túbulos seminíferos aumenta gradualmente y en el interior aparecen espacios, primariamente son liberados los espermatozoides que se encuentran en el centro de los túbulos, de modo que las células que se encuentran en la periferia de los túbulos continúan en esa posición. Las paredes de los túbulos ocasionalmente se rompen, conforme la liberación de los gametos prosigue, aumenta el número de células fagocíticas. Las espermatidas y espermatocitos se siguen produciendo, por lo que continúa la espermatogénesis (Fig. 6c).

Postdesove. La mayoría de las paredes de los túbulos seminíferos se han roto, los espermatozoides han sido liberados casi en su totalidad y los restantes son fagocitados. El tejido conjuntivo aumenta progresivamente, sin embargo, no ocupa totalmente el espacio entre los túbulos seminíferos, por lo que no se presenta ausencia total de células reproductoras (Fig. 6d).

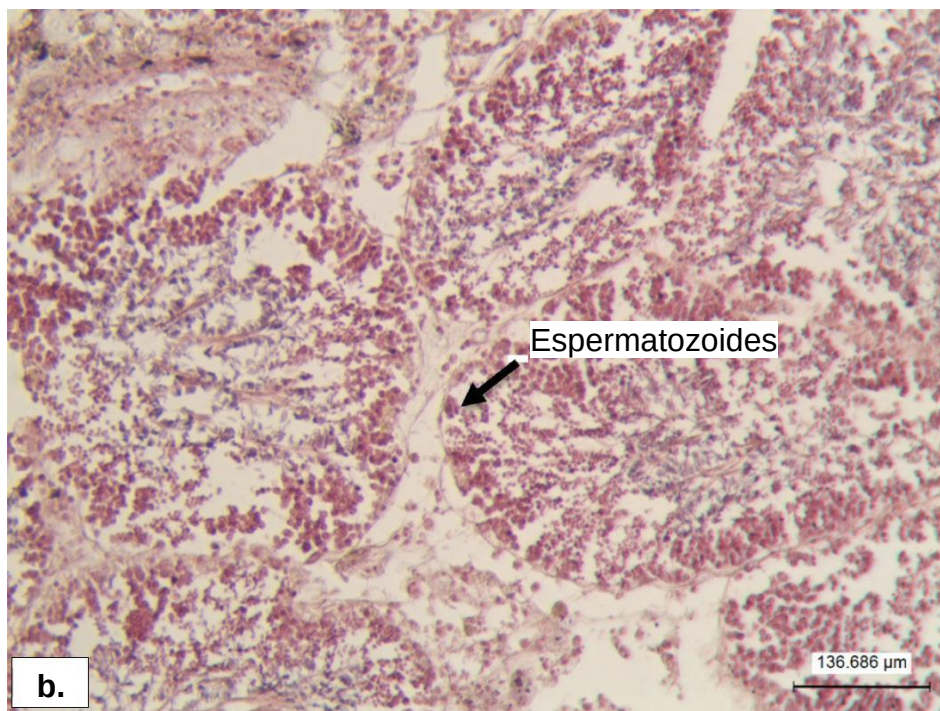
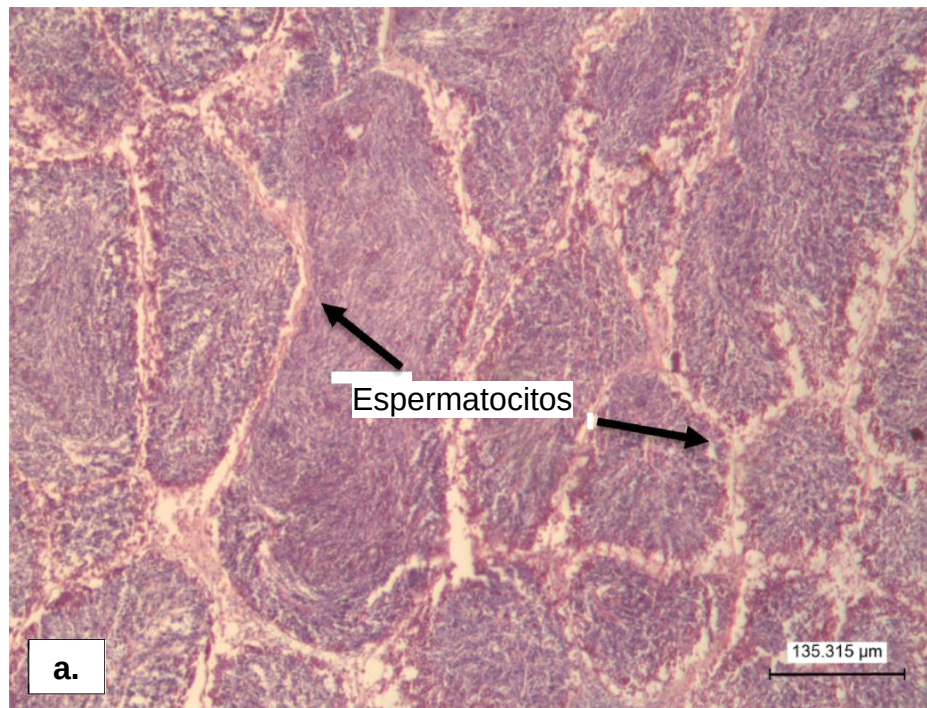


Figura 6. a. Fase de desarrollo, b. Fase de madurez en *Dosinia ponderosa* (machos).
Vista 10x.

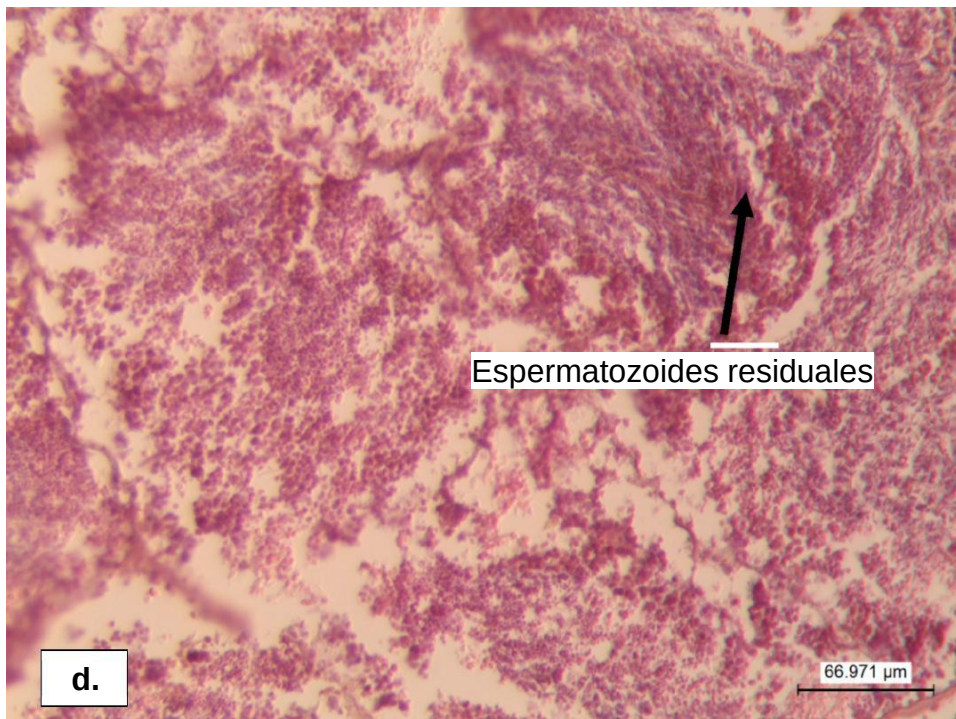


Figura 6. c. Fase de desove. Vista 10x, d. Fase de postdesove en *Dosinia ponderosa* (machos). Vista 20x.

3.1.4. Hermafroditas

Se observó que el 5.2% del total de los organismos analizados fueron hermafroditas. En dichos ejemplares (23 individuos), la mayor parte del tejido gonádico consistió de folículos masculinos en la fase de desove, los ovocitos se encontraron en la periferia del tejido gonádico masculino (Figs. 7a, b y c). Estos se observaron en agosto de 2012 y en enero, marzo, abril, junio, julio, agosto y septiembre de 2013.

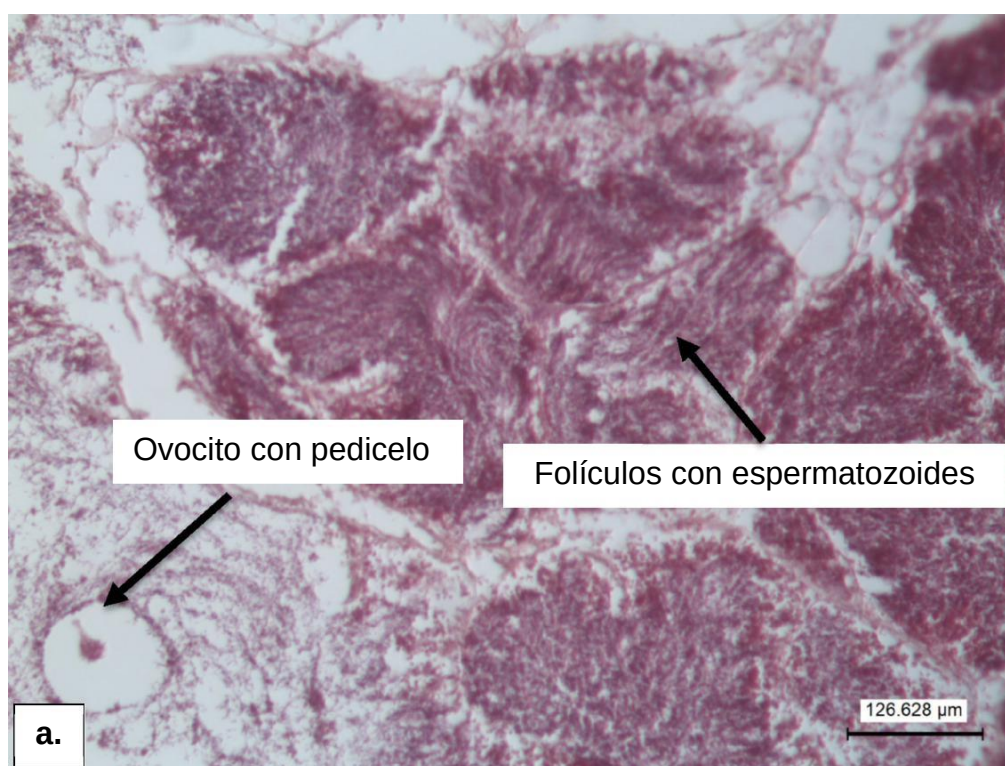
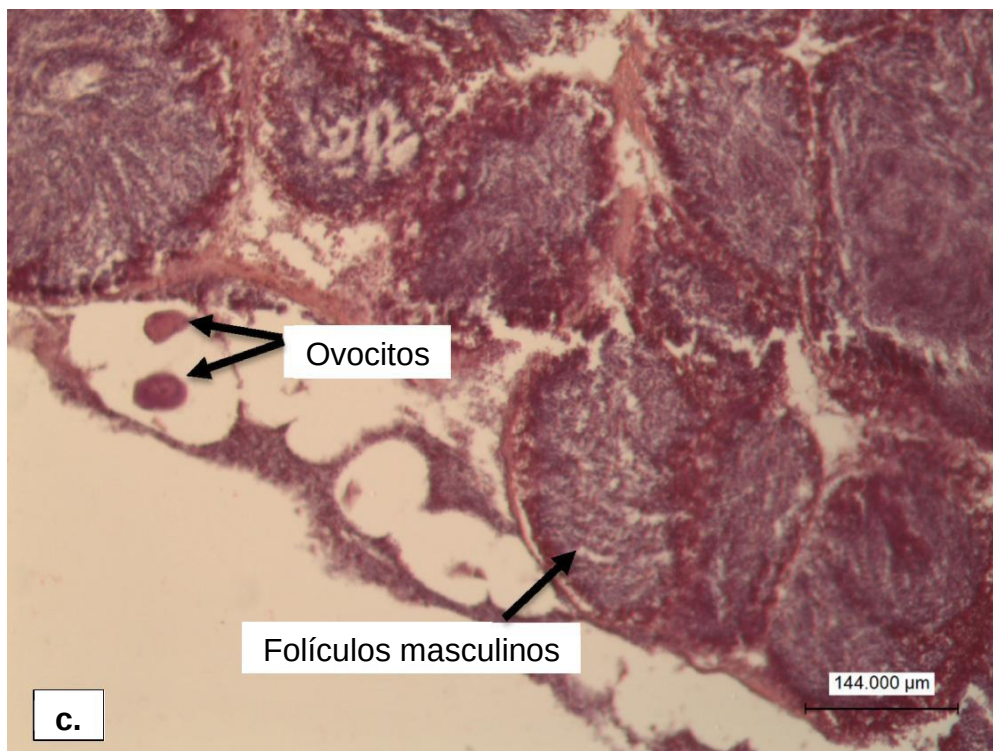
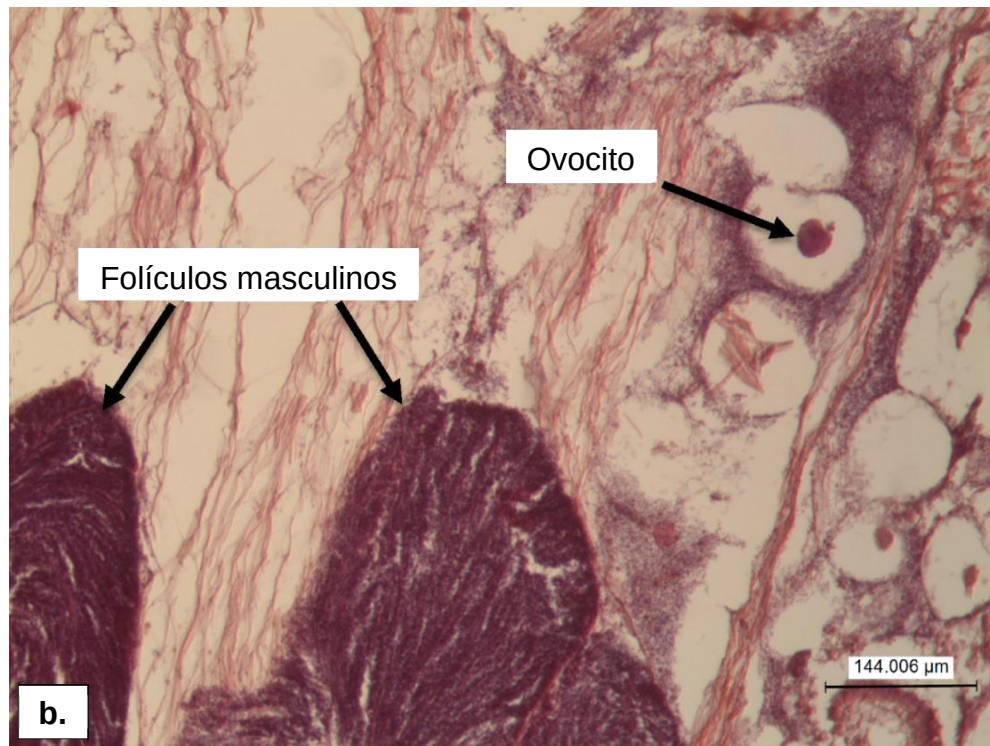


Figura 7a. Organismo hermafrodita de *Dosinia ponderosa*. Ejemplar predominantemente masculino en fase de desove con presencia de ovocitos. Vista 10X.



Figuras 7b y 7c. Organismos hermafroditas de *Dosinia ponderosa*. Ejemplares predominantemente masculinos en fase de desove con presencia de ovocitos. Vista 10X.

3.2. Ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa* en Bahía de La Paz presentó todas las fases de desarrollo gonádico durante el período de estudio (Fig. 8). La fase de indiferenciado se observó solamente en septiembre de 2012 en frecuencia de 6.0%. La fase de desarrollo se presentó en casi todos los meses analizados en frecuencias de 3.3% a 25%, excepto en abril y septiembre de 2013.

La fase de madurez se observó durante los primeros meses del estudio, mayo a diciembre de 2012, excepto en noviembre, con frecuencias de 3.3% a 18.5%. Mientras que la fase de desove se observó durante todos los meses, con frecuencias mayores al 50%, agosto de 2013 registró el 96.6% de los individuos en esta fase y mayo de 2013 presentó el valor más bajo con la frecuencia del 53.3%. La fase de postdesove se presentó en casi todos los meses analizados en frecuencias del 3.8% al 36.6%, excepto en junio y octubre de 2012, y en agosto de 2013.

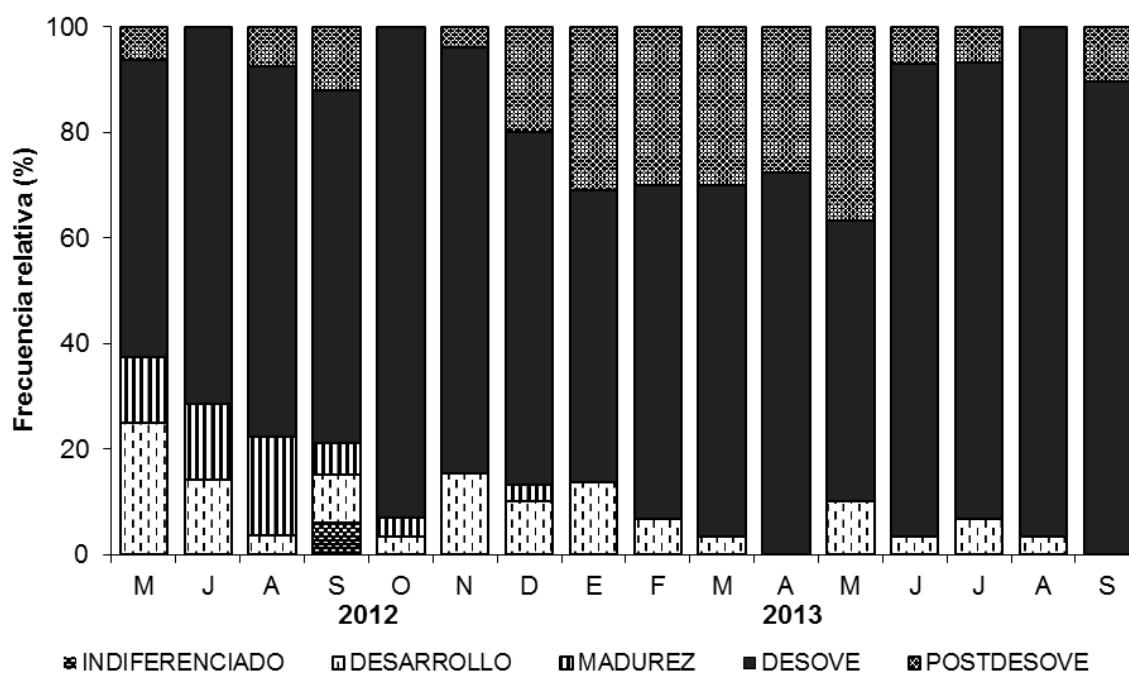


Figura 8. Ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa* en la Bahía de La Paz, B.C.S.

3.2.1. Variaciones en el ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa*

Se comparó el ciclo reproductivo de la especie reportado en distintos años y en distintos sitios de recolecta: Arreola-Hernández (1997) en Bahía Concepción, Baja California Sur, de noviembre de 1993 a diciembre de 1994, concluye que la reproducción fue continua durante todo el año, con un período máximo de desove durante los meses de julio a octubre. Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda (2000) en una población en Zihuatanejo, Guerrero, de septiembre de 1974 a septiembre de 1975 concluyen que la fase de desove es constante, del 30 a 40%, con las mayores intensidades en junio (50%) y septiembre (60%). En el presente trabajo, la fase de desove se observó durante todos los meses, con frecuencias mayores al 50%, donde en agosto de 2013 se registró la mayor intensidad con el 96.6% (Fig. 9).

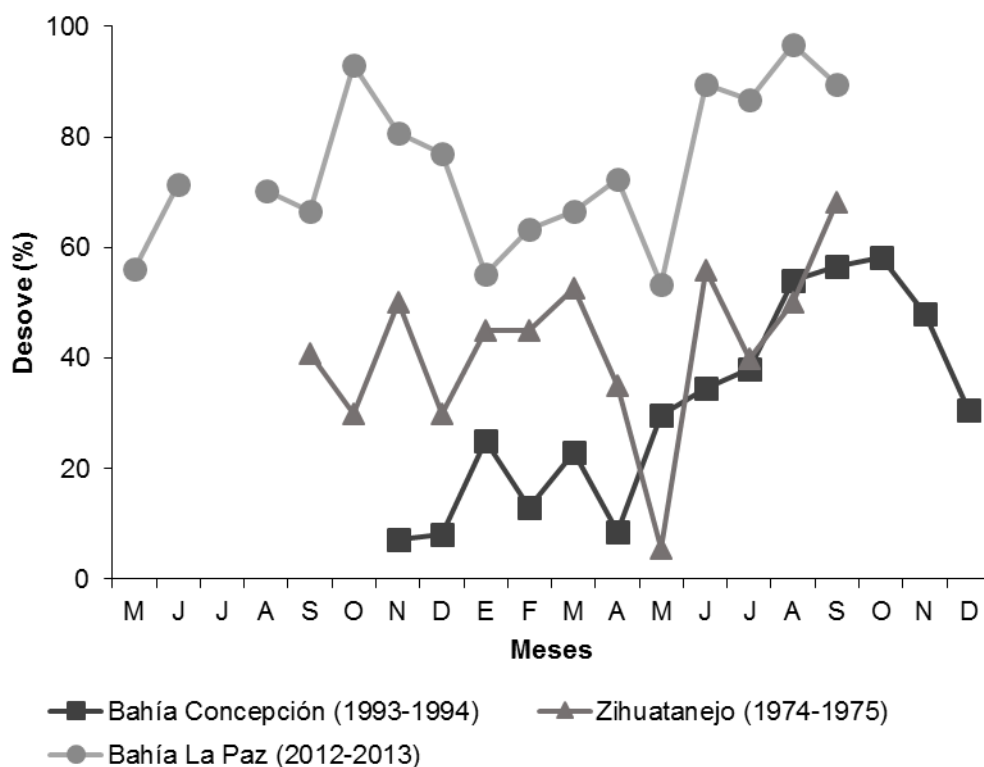


Figura 9. Comparación del desove de *Dosinia ponderosa* en las localidades de Bahía de La Paz, B. C. S. (este estudio), Bahía Concepción, B. C. S. (Arreola-Hernández, 1997) y Zihuatanejo, Guerrero (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000).

Tabla 1. Cuadro en que se comparan las frecuencias de los valores registrados en tres localidades de estudio de las fases del ciclo reproductivo de *D. ponderosa*. Se aplicó la prueba de Mann-Whitney para comparar las medianas de los valores de las fases de desarrollo gonádico, con los obtenidos en la Bahía de La Paz (BP). En los casos en que el estudio tuvo una duración mayor a un año, se registran los valores correspondientes a los primeros 12 meses consecutivos (Datos de Arreola-Hernández, 1997; Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000 y de este trabajo).

	Intervalo			Mediana			Comparación	
	Zihuatanejo (Z)	Bahía. Concepción (BC)	Bahía de La Paz (BP)	Zihuatanejo	BC	Bahía de La Paz	Z-BP	BC-BP
Indiferenciado	0 – 10.5		0 – 6.1	0		0	ns	---
Desarrollo	0 – 66.7	11.5 - 92	0 – 15.4	27.5	42.8	6.7	< 0.005	<0.001
Madurez	5 – 27.8	0 – 65.3	0 – 18.5	10	8.9	0	< 0.005	< 0.05
Desove	30 – 52.6	7.1 – 58.3	53.3 – 93.1	42.9	27.3	71.4	< 0.001	< 0.001
Postdesove	0 - 10.5	0 – 21.7	0 – 36.7	7.85	0	17.6	ns	< 0.02

Los resultados indican que en Bahía de La Paz las fases de desarrollo y madurez tienen una frecuencia significativamente inferior a la de las otras localidades, mientras el desove es significativamente superior. La frecuencia del postdesove es superior a lo encontrado en Bahía Concepción por Arreola-Hernández (1997), pero sin diferencia con respecto a lo reportado en Zihuatanejo por Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda (2000).

3.3. Influencia del fotoperiodo en el ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa*

El mes en el que el fotoperiodo registró la mayor cantidad de iluminación (min/luz) fue junio (816 min/luz), de ambos años de estudio. Los días más cortos se presentaron en diciembre de 2012, (639 minutos/luz) (Fig. 10). No se encontró relación entre este factor y la fase de desove ($r_s = 0.06$, $p > 0.05$).

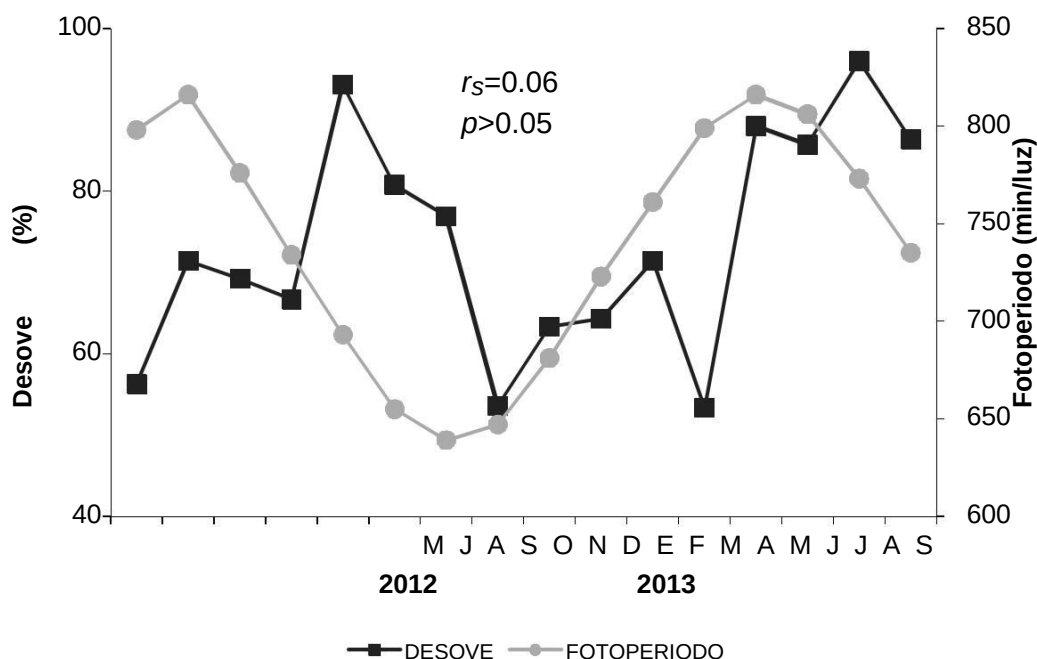


Figura 10. Relación del desove de *Dosinia ponderosa* y el fotoperiodo en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.4 Influencia de la temperatura en el ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa*

La temperatura superficial del mar más alta fue en septiembre de 2013, con 29.1°C, mientras que la más baja fue en febrero de 2013, con 20°C. En septiembre y octubre de 2012 se registraron las temperaturas más altas (28.3°C y 28.8°C), mientras que en el año 2013, los meses con las temperaturas más altas fueron agosto y septiembre (28.4°C y 29.1°C), respectivamente; lo que coincide con los porcentajes más altos de individuos en fase de desove. El coeficiente de correlación de Spearman muestra una relación directa entre la temperatura y la mayor proporción de individuos en fase de desove ($r_s = 0.6$, $p < 0.05$) (Fig. 11).

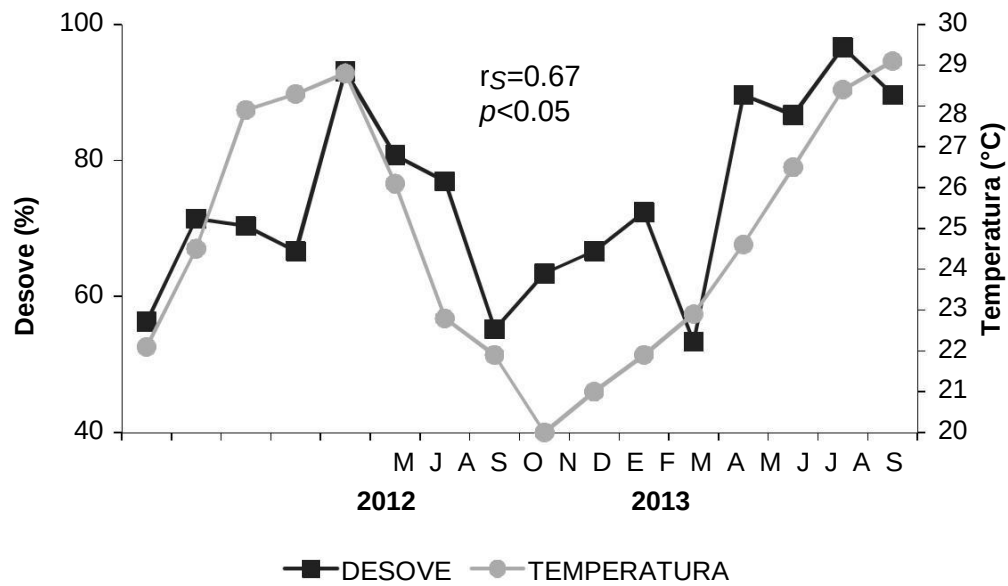


Figura 11. Relación del desove de *Dosinia ponderosa* y la temperatura en la Bahía de La Paz, B. C. S.

En el caso de la fase de postdesove se presentó una correlación inversa y significativa ($r_s = -0.7$, $p < 0.05$) (Fig. 12).

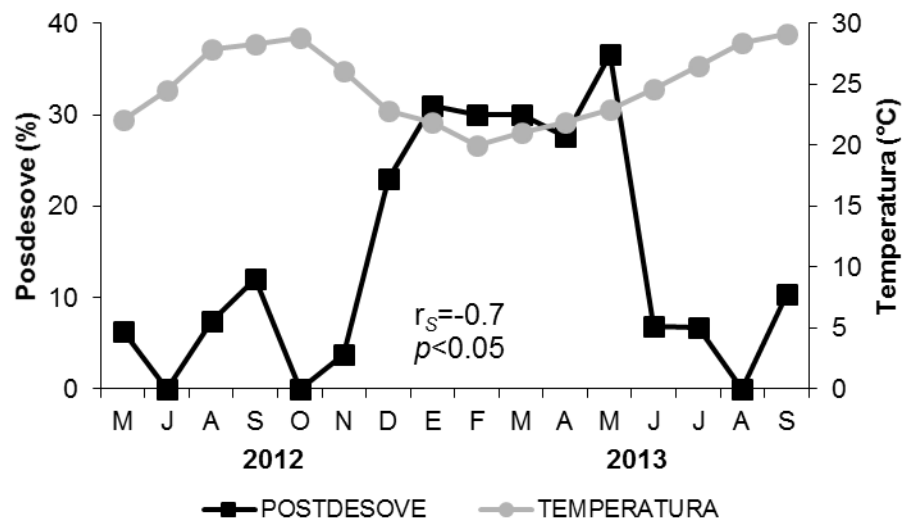


Figura 12. Relación del postdesove de *Dosinia ponderosa* y la temperatura en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.4.1. Efecto de la temperatura en el desove de *Dosinia ponderosa* en dos diferentes localidades de estudio

Arreola-Hernández (1997) reporta que entre noviembre de 1993 y mayo de 1994 se presentaron pocos individuos en desove, lo que corresponde al período de temperatura más baja, mientras que entre junio y noviembre de 1994 se presentaron los más altos porcentajes de individuos en fase de desove, lo que coincide con el registro de las temperaturas más altas en Bahía Concepción, B.C.S. En esa localidad, el coeficiente de correlación de Spearman mostró una relación clara entre la proporción de individuos en fase de desove y la temperatura ($r_s=0.7$, $p<0.05$).

En el presente trabajo, los meses donde se presentaron los porcentajes más bajos de individuos en fase de desove fueron en enero de 2013 (55.1%) y mayo de 2012 y 2013 (53.3 y 56.2%, respectivamente) coincidiendo con temperaturas bajas; en cuanto a los meses con los porcentajes más altos de individuos en fase de desove fueron octubre de 2012 (93.1%) y agosto de 2013 (96.6%), en donde se presentaron las temperaturas más altas. En la Bahía de La Paz, B. C. S., se obtuvo una relación significativa entre la proporción de individuos en fase de desove y la temperatura ($r_s=0.6$, $p<0.05$).

Al ajustar cada grupo de datos a una regresión lineal, y comparar esos modelos mediante un análisis de covarianza se encuentra que la pendiente de ambas localidades es similar, pero hay una diferencia significativa en la ordenada al origen ($p<0.001$). Es decir, el intervalo en que las temperaturas observadas se sobreponen, la población de la Bahía de La Paz tiene un 44% más de organismos en la fase de desove (Fig. 13).

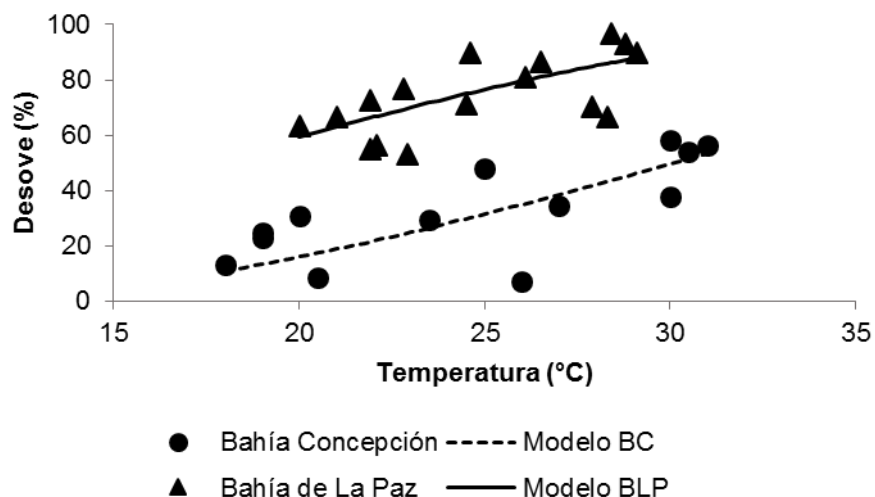


Figura 13. Relación del desove de *Dosinia ponderosa* y la temperatura en la Bahía de La Paz (BLP) y Bahía Concepción (BC), B. C. S. (Arreola-Hernández, 1997). Diferencia Media=44.1%

Tabla 2. Constantes de los modelos de regresión lineal para la relación entre la temperatura y el valor transformado de la proporción de desove ($\arcsin \sqrt{D} = a + bT$; donde D es la proporción de la población en desove y T la temperatura en grados Celsius). El valor de “r” corresponde al coeficiente de correlación de Pearson. Ambas regresiones son significativas con $p < 0.01$.

	a	b	r
Bahía Concepción	-10.2	1.765	0.6981
Bahía de La Paz	5.88	2.21	0.6797
Diferencia entre constantes	$p < 0.01$	ns	
Valor común		2.11	

3.5. Influencia de la clorofila a en el ciclo reproductivo de *Dosinia ponderosa*

La mayor concentración de clorofila a se presentó en febrero y marzo de 2013 (1.50 y 1.22 mg Cl/m³), respectivamente (Fig. 14). El coeficiente de correlación de Spearman entre la fase de desove y la concentración de clorofila a es inversamente proporcional, sin ser significativo ($r_s = -0.4$, $p > 0.05$); mientras que la fase de

postdesove y la concentración de clorofila a tienen una correlación significativa ($r_s=0.6$, $p<0.05$) (Fig. 15).

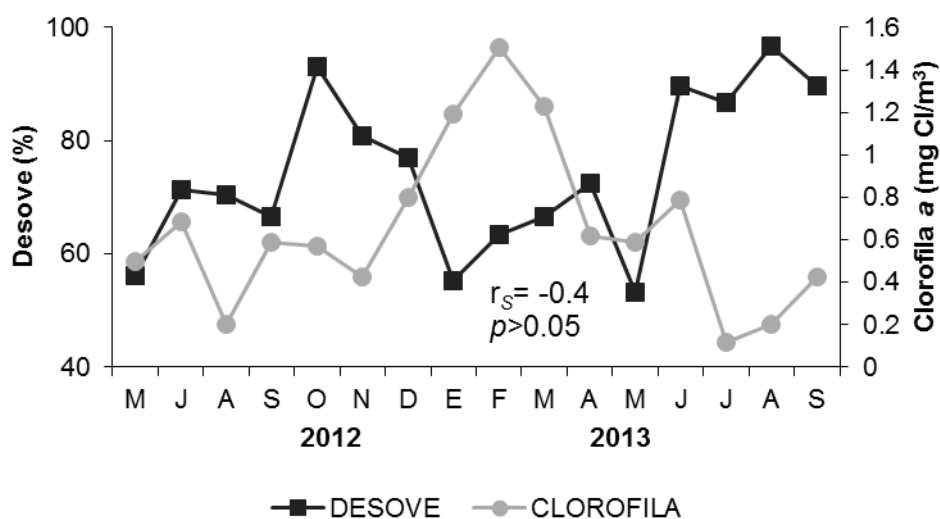


Figura 14. Relación del desove de *Dosinia ponderosa* y la concentración de clorofila a en la Bahía de La Paz, B. C. S.

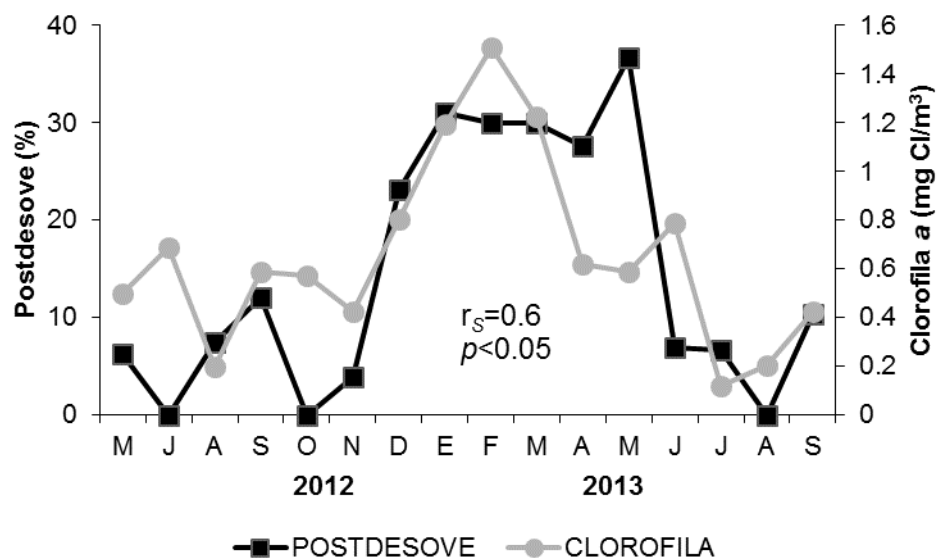


Figura 15. Relación del postdesove de *Dosinia ponderosa* y la concentración de clorofila a en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.6. Proporción de sexos

Se analizaron un total de 441 almejas, el 53.2% fueron hembras, el 41.04% fueron machos, 5.2% de hermafroditas y 0.45% de organismos en fase de indiferenciado (Fig. 16).

La proporción sexual mensual mostró únicamente diferencia significativa ($p < 0.05$) en junio de 2013. Mientras que la proporción sexual total fue de 1M:1H ($p > 0.05$).

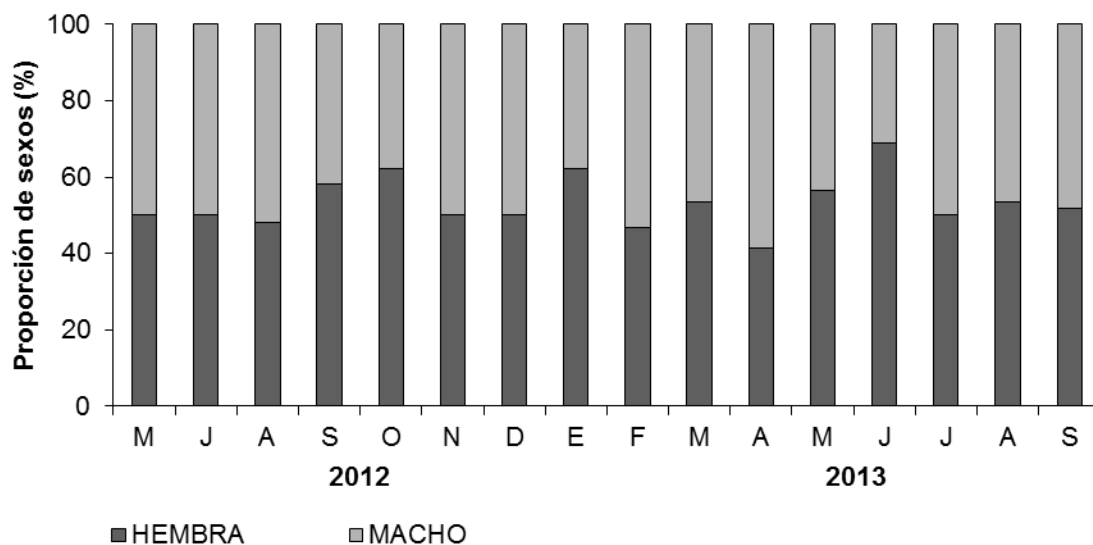


Figura 16. Proporción sexual mensual de *Dosinia ponderosa* en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.7. Longitud de reclutamiento para la reproducción (L50)

Los organismos recolectados tuvieron tallas de 58 a 130 mm de longitud anteroposterior; los organismos indiferenciados presentaron tallas de 62 y 72 mm que se observaron en septiembre de 2012.

Las almejas maduras se encontraron dentro del rango de longitud que va de 72 a 126 mm. El intervalo de talla en el cual el 50% de las almejas están maduras es 95-100 mm; y de acuerdo con el ajuste del modelo logístico la talla mínima de madurez es 96.9 mm (Fig. 17).

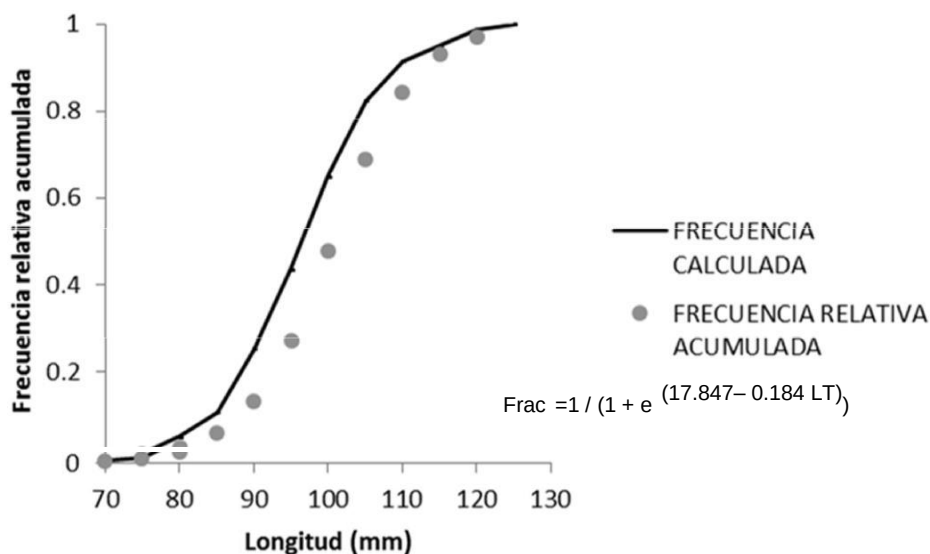


Figura 17. Modelo logístico para estimar la longitud a la que el 50% de los ejemplares de *Dosinia ponderosa* se encontraron sexualmente maduros en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.8. Índice de condición general

El índice de Condición General presentó el valor más alto en enero de 2013 (77.7) y el menor en octubre de 2012 (19.2) (Fig. 18). No se encontró una correlación estadística significativa con el desove ($r_s = -0.3$, $p > 0.05$).

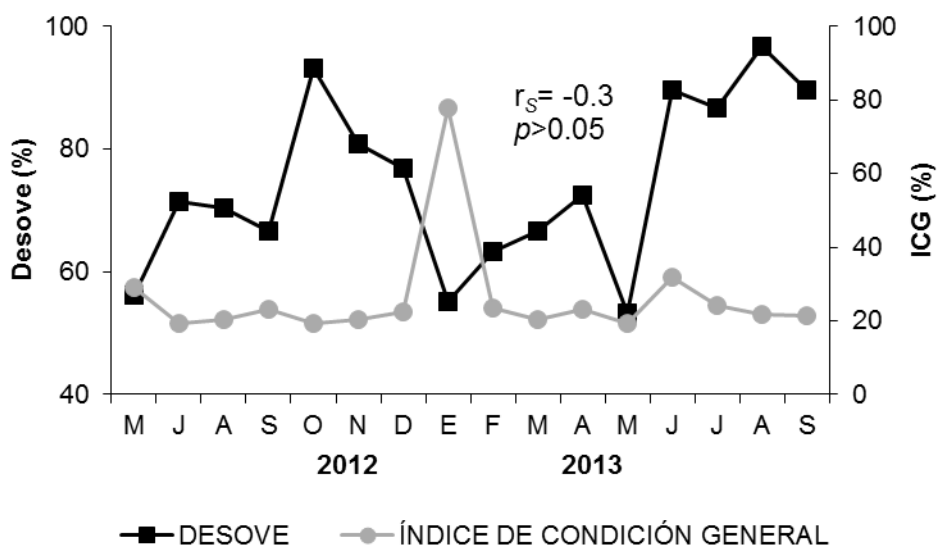


Figura 18. Relación de la fase de desove y del Índice de Condición General de *Dosinia ponderosa* en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.9. Índice de masa visceral

El Índice de masa visceral presentó el valor más alto en abril de 2013 (7.7), en el que se observó una alta frecuencia de individuos en desove (71.4%); mientras que el valor menor fue en junio de 2012 (3.3) (Fig. 19). No se encontró una correlación estadística significativa con el desove ($r_s=0.1$, $p>0.05$).

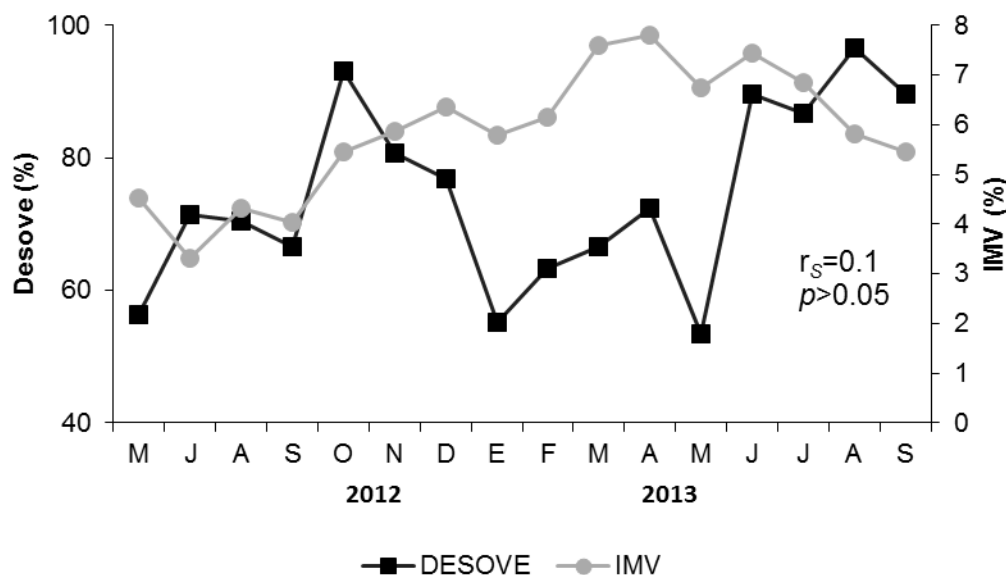


Figura 19. Relación de la fase de desove y del Índice de masa visceral de *Dosinia ponderosa* en la Bahía de La Paz, B. C. S.

3.10. Correlaciones entre variables

La tabla 3 muestra los resultados de los análisis de correlación de Spearman efectuados entre las fases de desarrollo gonádico de *D. ponderosa*, los índices morfofisiológicos y factores ambientales.

Tabla 3. Correlación entre las fases de desarrollo gonádico de *D. ponderosa*, los factores ambientales y los índices morfofisiológicos en Bahía La Paz, B. C. S.

(*) Indica valor significativo, $p < 0.05$.

	IMV	ICG	TEMPERATURA	CLOROFILA	FOTOPERIODO
INDIFERENCIADO	-0.36	- 0.05	0.30	-0.04	-0.02
DESARROLLO	-0.44	0.26	-0.31	0.05	-0.07
MADUREZ	-0.76*	- 0.16	0.16	-0.28	0.32
DESOVE	0.13	- 0.35	0.67*	-0.47	0.06
POSTDESOVE	0.51*	0.30	-0.72*	0.65*	-0.31
ICG	0.23	-	-0.29	0.38	-0.31
IMV	-	-	-0.41	0.25	-0.08

4. DISCUSIÓN

La almeja blanca, *Dosinia ponderosa* presenta una gónada difusa, semejante a la que se ha descrito para otros venéridos como *Ruditapes philippinarum* (Drummond *et al.*, 2006) y *Megapitaria squalida* (Romo-Piñera, 2010). Se considera que utilizar muestras recolectadas a intervalos regulares (generalmente un mes), durante un año o más para determinar los cambios gonádicos estacionales, la frecuencia y duración del desove en una población natural de bivalvos es un método muy confiable para el estudio de la reproducción (Brousseau, 1987).

El análisis histológico mostró que el ciclo reproductivo en hembras y machos de *D. ponderosa* presenta un patrón muy similar. Se encontró que las fases de desarrollo gonádico empleadas anteriormente para la especie (Baqueiro y Stuardo, 1977, Arreola-Hernández, 1997), son adecuadas para describir el crecimiento gonádico observado en este trabajo. En el presente estudio se encontraron organismos indiferenciados únicamente en septiembre de 2012 (6.0%).

Anteriormente para esta misma especie se habían reportado la presencia de organismos indiferenciados en Zihuatanejo, Guerrero, también en bajas proporciones (5-10.5%) de febrero a julio de 1975, excepto en mayo. Al respecto, 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 (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000). La ausencia de un periodo de inactividad reproductiva puede deberse a que el alimento es abundante durante todo el año, por lo que la población produce gametos en forma continua (Villalejo-Fuerte *et al.*, 2000). Esta continúa disponibilidad de alimento en la Bahía de La Paz, B. C. S. podría explicar la baja frecuencia de observación de la fase de indiferenciación, que se caracteriza por la presencia de tejido conjuntivo, el cual en los bivalvos es un tejido especializado en el almacenamiento de sustancias de reserva y se considera una adaptación que permite contrarrestar la incertidumbre en el suministro de alimento (Mathieu y Lubet, 1993).

En cuanto a la fase de desarrollo, esta depende también de la disponibilidad de alimento y de la temperatura, por lo que las variaciones en dichos factores en el crecimiento y acumulación de gametos será o no eficiente (García-Domínguez, 2002). *D. ponderosa* presentó bajas proporciones de la fase de desarrollo a lo largo del periodo de estudio (3.3-25%), a diferencia de Bahía Concepción, B. C. S. (11.5-92%) (Arreola-Hernández, 1997) y Zihuatanejo, Guerrero (5-66.6%) (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000).

Se ha descrito que por lo general, no es posible diferenciar la fase de madurez en el ciclo gametogénico de *D. ponderosa*, ya que el desove se inicia antes de que termine esta fase o se continúa durante el desove (Baqueiro y Stuardo, 1977); aparentemente los organismos conservan gametos maduros y continúan realizando la gametogénesis durante la expulsión parcial de productos sexuales durante todo el año (Arreola-Hernández, 1997). Se considera que este tipo de desarrollo gonádico es asincrónico, con la presencia de células sexuales en diferentes fases de desarrollo dentro de un mismo folículo, lo que sugiere que está desovando más de una vez durante su ciclo reproductivo, como ocurre en *Megapitaria squalida*, especie de venérido en la que se ha descrito un comportamiento similar (Romo-Piñera, 2010).

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 (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000).

En este trabajo, la fase de madurez en *D. ponderosa* se observó durante los primeros cinco meses del periodo de estudio, en frecuencias del 3.4 al 18.5%, esta proporción es baja, comparada con la proporción de organismos maduros que se reportaron en las localidades de Bahía Concepción, B. C. S. (4.1-65.3%) (Arreola-Hernández, 1997) y Zihuatanejo, Guerrero (5-27.7%) (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000).

La fase de desove continuó durante todo el período de estudio en Bahía de La Paz, B. C. S., con los valores más altos en sus frecuencias mensuales (53.3-96.6%); mientras que en las localidades de Bahía Concepción, B. C. S. fueron de 7.1-58.3% (Arreola-Hernández, 1997) y en Zihuatanejo, Guerrero de 5.5-68.1% (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000). Aunque el desove es constante, esta diferencia en los valores de las frecuencias entre localidades puede ser un indicador de la rápida recuperación gonádica que presenta la especie.

La temporalidad en la actividad reproductiva determina el ciclo reproductivo de una población (Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez, 1993), por lo que la reproducción se puede presentar de manera continua, o de manera discreta, lo que caracteriza a un ciclo reproductivo anual, bianual o semestral (Sastry, 1975; Mackie, 1984). Sin embargo, en una población es difícil que el patrón reproductivo continuo sea el resultado de que los individuos tengan una producción continua de gametos a través de un ciclo anual, más bien es el resultado de que en cualquier momento del ciclo anual se pueden encontrar organismos en distintas fases de desarrollo gametogénico (Giese y Pearse, 1974).

En el caso de *D. ponderosa*, se presenta un ciclo reproductivo continuo en la Bahía de La Paz, B. C. S., debido a que el desove estuvo presente durante todo el

periodo de estudio, pero en proporciones mayores a lo reportado por Arreola-Hernández (1997) y Baqueiro y Stuardo (1977) autores que también encontraron el desove en todos los meses de los periodos que se estudiaron. Un ciclo reproductivo continuo ya ha sido reportado en otros bivalvos como *Megapitaria aurantiaca* (García-Domínguez *et al.*, 1994) y *Anadara tuberculosa* (Pérez-Medina, 2005).

D. ponderosa es una especie gonocórica; sin embargo, en este estudio el 5.2% de los individuos presentó hermafroditismo, por lo que se puede inferir que la especie presenta hermafroditismo casual. El cambio de sexo es una característica común en los moluscos (Coe, 1945), esto se debe a la influencia del medio ambiente como uno de los más importantes factores que controlan la diferenciación sexual de las células germinales (Saucedo *et al.*, 2002).

La clase Bivalvia presenta una gran variación en la expresión de su sexualidad y ésta va desde especies estrictamente gonocóricas, hasta las que son invariablemente hermafroditas funcionales (Sastry, 1979; Delgado y Pérez-Camacho, 2002). La frecuencia de ocurrencia de hermafroditismo (casual) entre las especies de bivalvos gonocóricos es baja, y varía entre 0.1 y 7% (Morton 1991). Sevilla (1969) considera que el hermafroditismo casual puede ser por diversas razones, y en su caso menciona que puede tratarse de ejemplares que estaban funcionando como machos los cuales presentaron conductos cargados de espermatozoides, mientras que en los folículos de la periferia de la gónada y debido tal vez a un cambio brusco en las condiciones ambientales, como salinidad o temperatura, se indujo a la formación de óvulos.

El hermafroditismo casual ha sido reportado en otras especies de bivalvos gonocóricos como *Mytilus edulis* (Sugiura, 1962), *Atrina seminuda* (Giese y Pearse, 1974), *Mya arenaria* (Brousseau, 1987), *Ruditapes decussatus* (Delgado y Pérez-Camacho, 2002) y *Megapitaria squalida* (Villalejo-Fuerte *et al.*, 2000; Quiñonez-Arreola, 2003; Romo-Piñera, 2010). Las gónadas de todos los individuos hermafroditas que se observaron en el presente estudio, presentaron tejido gonádico principalmente del sexo masculino, con pocas células del otro sexo.

La frecuencia de proporción sexual total fue 1M:1H, resultado que concuerda con los obtenidos para la especie en Bahía Concepción, B. C. S. (Arreola-Hernández, 1997) y en Zihuatanejo, Guerrero (Baqueiro-Cárdenas y Aldana Aranda, 2000). También son similares a las frecuencias de proporción sexual en otras especies del género *Dosinia* (Norton, 1947; Moore y López, 1970).

Al comparar el ciclo gametogénico de una misma especie en distintos años, o en distintos sitios pueden registrarse diferencias que posiblemente sean debidas a las diferencias ambientales que se registran entre años o entre sitios; las diferencias más notorias se observan en periodo de desove y en la fecundidad, o bien pueden tener una base genética (Sastry 1970; 1979; Barber y Blake, 2006; García-Domínguez, 2002).

En Bahía de La Paz, B. C. S., la intensidad de desove es mayor al 50% en *Dosinia ponderosa*, a diferencia de Bahía Concepción, B. C. S. (Arreola-Hernández, 1997) y Zihuatanejo, Guerrero (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000). Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda (2000) consideran que las diferencias en los patrones de desove en el ciclo reproductivo de una misma especie, pero en diferentes localidades están asociadas a las condiciones de micro-ambiente de su hábitat (inestabilidad ambiental o a la variación de parámetros críticos). En este caso la reproducción presenta una tendencia hacia la optimización por medio de las siguientes alternativas: una gametogénesis constante con una limitada o ninguna acumulación de gametos maduros y un desove constante asincrónico. Por lo que se puede concluir que, en las tres localidades, las poblaciones de la especie se reproducen en forma continua.

En cuanto a las diferencias latitudinales, las especies con una distribución latitudinal amplia suelen mostrar diferencias en su ciclo reproductivo. Se ha descrito una tendencia general según la cual la fecha de desove es más tardía y se realiza a temperaturas más altas cuando menor sea la latitud, mientras que el desove es más sincrónico cuanto mayor sea la latitud (Sastry, 1970; Barber y Blake, 1983; MacDonald y Thompson, 1985).

Se ha observado que las especies de bivalvos que tienen una distribución muy amplia, presentan un intervalo mayor de temperatura adecuada para el desove que las especies con distribución más limitada (Satry, 1979). Los cambios que ocurren en el patrón reproductivo de una especie dentro de un rango latitudinal son debidos a que las temperaturas críticas (frías o cálidas) se presentan en diferentes meses o se mantienen durante el año propiciando que la reproducción se lleve a cabo de manera constante (Hesselman *et al.*, 1989), como sucede en *D. ponderosa*, el desove es continuo en las distintas localidades donde se ha estudiado, Bahía Concepción (Arreola-Hernández, 1997) y Bahía de La Paz en B. C. S. y Zihuatanejo, Guerrero (Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda, 2000). Este comportamiento reproductivo se ha observado también en otros bivalvos como *Periglypta multicostata* (García-Domínguez *et al.*, 1998) y *Megapitaria squalida* (Baqueiro y Stuardo, 1977; Villalejo-Fuerte *et al.*, 1996 y Quiñones-Arreola, 2003).

Los factores exógenos tienen influencia sobre el patrón reproductivo de una especie originando variaciones en diferentes zonas (Pérez-Medina, 2005). En el caso de los bivalvos marinos y estuarinos, la temperatura, disponibilidad de alimento y salinidad, han sido señalados como algunos de los factores más importantes en la producción de gametos y la regulación del ciclo reproductivo (Cruz y Villalobos, 1993; Rodríguez *et al.*, 1993). Sin embargo, algunos de ellos, son más importantes, ya que si no son los adecuados, la gónada no se desarrolla a la siguiente fase; las fases de desarrollo gonádico que dependen en menor medida de los factores ambientales son la indiferenciación y el desarrollo, mientras que la madurez, desove y postdesove dependen principalmente de la temperatura y disponibilidad de alimento, lo que genera variaciones en cuanto a su intensidad y duración e incluso pueden o no presentarse. Si se conocen la temperatura y el alimento disponible (medido por algún indicador de disponibilidad de alimento como la densidad de fitoplancton, concentración de clorofila o cantidad de materia orgánica), es posible predecir cuándo una población de bivalvos puede iniciar y terminar de desovar (García-Domínguez, 2002).

Otro factor exógeno que ha sido señalado como influyente en el desove de los invertebrados es el fotoperiodo (Giese y Pearse, 1974). Sin embargo el ciclo reproductivo de *D. ponderosa* no se vio afectado por el fotoperiodo, el cual permaneció relativamente constante en la zona de estudio; similar a lo reportado para la especie en localidad de Bahía Concepción, B. C. S. (Arreola-Hernández, 1997). Este comportamiento indica que en las zonas de estudio el fotoperiodo no provoca algún tipo de efecto en el desarrollo gonádico de *D. ponderosa*.

Como se describió anteriormente, la temperatura es considerada como uno de los factores exógenos más importantes en la regulación de la reproducción en los bivalvos marinos (Villalejo-Fuerte *et al.*, 2000; Kasyanov, 2001; Walker y Power, 2004). El patrón reproductivo de una especie en un área geográfica determinada, puede variar con relación a las diferencias en la temperatura ambiental que se presentan año con año (García-Domínguez, 2002). De manera general, se ha observado, que en climas fríos (latitudes altas) el periodo reproductivo es corto y se presenta un solo desove sincronizado al año (durante el verano); mientras que en climas templados pueden existir dos o más picos de desove, debido a que las condiciones ambientales son adecuadas durante un periodo más amplio, hay aportes de energía frecuentes y discontinuos, lo que se traduce en poca sincronización y en desoves semianuales o continuos, con recuperaciones gonadales continuas por lo que la periodicidad reproductiva está menos confinada a una estación climática específica; finalmente en los climas tropicales se presentan desoves continuos durante todo el año (Giese y Pearse, 1974; Sastry, 1979; Mackie, 1984; Román *et al.*, 2000; Avellanal *et al.*, 2002; García-Domínguez, 2002).

Dosinia ponderosa muestra un proceso reproductivo constante con desoves sucesivos durante todo el año en las distintas localidades donde se ha estudiado. Arreola-Hernández (1997) reporta que en Bahía Concepción, B. C. S. la temperatura tiene una relación directa con el desove, con un máximo de desove durante los meses de julio a octubre. Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda (2000) concluyen que el desove es constante en el año, con las mayores intensidades en junio (50%) y septiembre (60%).

En Bahía de La Paz, B. C. S., también se presentó relación directa entre la temperatura y el desove ($r_s = 0.67$, $p > 0.05$), el cual ocurre durante con mayor intensidad en los meses donde las temperaturas son más elevadas (junio a septiembre). El ajuste de la información entre la temperatura y la fase de desove en las localidades de Bahía Concepción y Bahía de La Paz, B. C. S., a un modelo lineal, se interpreta a la pendiente como la tasa de cambio en función de la temperatura.

En ambas poblaciones el intervalo de temperatura es similar (20 a 29.1°C). Lo anterior indica que el patrón reproductivo de la especie es muy parecido en diferentes sitios, presenta adaptaciones muy específicas a cada localidad y puede ser indicio de una gran versatilidad y adaptabilidad por parte de la especie.

El alimento también es considerado como uno de los factores exógenos más importantes que tienen influencia sobre la reproducción, es un factor clave para el desove, ya que puede actuar como un estímulo directo (Bayne, 1976; MacDonald y Thompson, 1985; Jaramillo *et al.*, 1993; Kasyanov, 2001). Cuando hay una inadecuada cantidad de alimento o está ausente, la fecundidad disminuye abruptamente, se detiene la gametogénesis y los gametos son reabsorbidos (Bayne, 1976; Sastry, 1979). La materia orgánica disuelta y las bacterias también funcionan como alimento disponible para los bivalvos, además del fitoplancton (Sastry, 1979).

En relación al efecto de las variaciones de las concentraciones de alimento (concentración de Cl a) y su influencia en el ciclo reproductivo en bivalvos marinos, Acosta y Román (1994) reportan que en *Pecten maximus* la época de desove comienza antes y que es más amplia que en poblaciones situadas a latitudes superiores. Esto lo atribuyen a que el suministro de alimento no es un factor limitante durante la mayor parte del año como para limitar la gametogénesis y el desove. Lo anterior sugiere que la ausencia de una relación directa entre la variación de la disponibilidad de alimento y el desove en *D. ponderosa* puede deberse a que los niveles de productividad primaria que se presentan en Bahía de La Paz, son los

óptimos que requiere la especie para reproducirse, además que la bahía se encuentra en el Golfo de California, donde las características oceánicas y atmosféricas mantienen un aporte constante de nutrientes (Reyes-Salinas *et al.*, 2003).

El alimento disponible le permite a la especie tener la cantidad suficiente durante todo el año para poder mantener un desarrollo continuo de gametos. Sin embargo la relación calculada entre la concentración de clorofila *a* y el desove resultó estadísticamente no significativa, lo que podría sugerir que utilizar solamente la cantidad de clorofila como indicador de la disponibilidad de alimento no es lo más adecuado para el caso de *D. ponderosa*, debido a que no se conocen sus hábitos alimenticios y a que posiblemente obtiene parte de su alimento de otros recursos adicionales, tales como el bacterioplancton y la materia orgánica depositada en el fondo.

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). En las poblaciones de moluscos bentónicos, el reclutamiento es afectado por los procesos de dispersión de las larvas y por procesos de mortalidad pre y post asentamiento, los cuales son determinados por factores físicos, químicos y bióticos (Baqueiro-Cárdenas, 1998). Villalejo-Fuerte *et al.* (2000) infieren que en el venérido *Megapitaria squalida* no hay dimorfismo sexual en cuanto a talla, además de que posiblemente la tasa de crecimiento es igual para machos y hembras, esto podría ocurrir de la misma manera en *D. ponderosa*.

En Zihuatanejo, Guerrero, Baqueiro y Stuardo (1977), recomiendan como talla mínima de captura de *D. ponderosa*, individuos mayores a 60 mm; en Bahía Concepción, B. C. S., Arreola-Hernández (1997) reporta una longitud promedio de 92 mm; mientras que en el presente estudio se obtuvo que *D. ponderosa* en la Bahía de La Paz, B. C. S. alcanza su talla de madurez y desove a los 96.9 mm de longitud de concha.

El organismo más pequeño en este trabajo presentó 58 mm de altura y se encontraba en la fase de postdesove, mientras que los organismos indiferenciados presentaron tallas de 62 a 72 mm. En todos los casos se presentaron durante septiembre de 2012. Esta diferencia en los valores propuestos para la talla mínima de captura puede deberse a que Baqueiro y Stuardo (1977) reportaron organismos juveniles de 18.5 mm como talla mínima observada, mientras que en Bahía Concepción (Arreola-Hernández, 1997) y en Bahía de La Paz (este estudio), no se trabajó con organismos juveniles.

Al correlacionar el ritmo de crecimiento de los ejemplares con el desarrollo gonádico observaron que al periodo de incremento máximo (junio de 1975) le corresponde un periodo de actividad gonádica mínima. La presencia de juveniles entre los meses de mayo y septiembre la atribuyen a los intensos desoves ocurridos en meses anteriores, con lo que determinan que existen al menos tres clases de edad durante el año. Arreola-Hernández (1997) no reportó organismos en fase de indiferenciación, mientras que la longitud de los organismos se presentó entre 60 mm y 119 mm y señala la ausencia de cohortes bien definidas. Debido a que no se incluyeron organismos juveniles, al igual que en el presente trabajo, la talla mínima de captura calculada puede estar sobreestimada.

Se ha observado que los valores promedio del índice de condición pueden reflejar la actividad reproductiva (Ojea *et al.*, 2004) y que en muchos bivalvos marinos es un buen indicador de la condición fisiológica derivada de la acumulación de nutrientes (Nishida *et al.*, 2006). Las fluctuaciones del índice de condición se han asociado con el nivel nutricional de los moluscos (Searcy-Bernal, 1984), y con el contenido de agua en las vísceras o cambios en el volumen del tejido nutritivo (Giese y Pearse, 1974; Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez, 1996). En el presente estudio la tendencia que presentó el índice de condición de *D. ponderosa* en Bahía de La Paz, B. C. S. no reflejó su actividad reproductiva. Las variaciones del índice de masa visceral no parecen estar influenciadas por el desarrollo gametogénico, puesto que no presentaron una correlación significativa con el desove, por lo que se concluye

que el índice de masa visceral no es un buen indicador indirecto de la época de reproducción de *D. ponderosa*.

5. CONCLUSIONES

- En la Bahía de La Paz, B. C. S., *Dosinia ponderosa* desovó durante todo el año, con un periodo de mayor intensidad durante los meses cálidos (junio-noviembre). Este resultado coincide con lo reportado por Arreola-Hernández (1997) en Bahía Concepción, B. C. S. y Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda (2000) en Zihuatanejo, Guerrero; probablemente porque en este intervalo latitudinal se presentan las características idóneas para que el ciclo reproductivo y el desove sean continuos.
- Los organismos presentan desove de tipo parcial, sin interrumpir la gametogénesis; se encontraron pocos individuos en las fases de indiferenciación, madurez y postdesove. Posiblemente porque en este trabajo se analizaron únicamente organismos adultos.
- En la Bahía de La Paz, *Dosinia ponderosa* presentó un desarrollo gonádico asincrónico.
- El desove presentó relación directa con la temperatura, similar a lo reportado por Arreola-Hernández (1997), esto se debe a la amplia distribución de la especie, tiene un intervalo similar de temperatura adecuada para el desove.
- El desove no presentó correlación significativa con el fotoperiodo.
- La concentración de clorofila *a* no se correlacionó de manera significativa con el desove. Posiblemente obtiene parte de su alimento de otros recursos adicionales, tales como el bacterioplancton y la materia orgánica depositada en el fondo.
- Los índices morfofisiológicos no presentaron correlación significativa con el desove, por lo que no son buenos indicadores de la época reproductiva.
- La proporción sexual de la población de *Dosinia ponderosa* en Bahía de La Paz, B. C. S., es de 1:1.
- Se reporta por primera vez en la almeja blanca, *Dosinia ponderosa* la presencia de hermafroditismo casual.

6. LITERATURA CITADA

- Acosta, C.P. & G. Román. 1994. Growth and reproduction in a southern population of scallop *Pecten maximus*. pp. 119-126. En: N.F. Bourne, B.L. Bunting & L.D. Townsend (Eds.). *Proc. of the 9th Int. Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C., Canada*. 22-27 April 1993, Vol. 1. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.
- Al jadani, N. 2013. The reproductive biology of the surf clams Triangle Shell (*Spisula aequilatera*), Ringed dosinia (*Dosinia anus*) and Deep water Tuatua (*Paphies donacina*) from the North-East of South Island, New Zealand. Tesis de Maestría. Auckland University of Technology, Nueva Zelanda, 148 p.
- Álvarez-Arellano, A. D., Rojas-Soriano, H. & J. J. Prieto-Mendoza. 1997. Oceanografía física de la Bahía de La Paz, B.C.S. En: La Bahía de La Paz: Investigación y Conservación. Ramírez, J. U. & Ramírez-Rodríguez, M. (Eds.). Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, SCRIPPS Institution of Oceanography. 345 p.
- Andrews, J. D. 1979. Pelecypoda: Ostreidae, 293-341. En: Giese, A. C. & J. S. Pearse (Eds.) *Reproduction in Marine Invertebrates. Volume V. Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes*. Academic Press, Nueva York.
- Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B. P., Villalejo-Fuerte, M., García-Domínguez, F., Elorduy-Garay, J. F., Esliman-Salgado, A. & I. S. Racotta. 2004. Reproduction of the Lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* Sowerby, 1835 (Bivalvia: Pectinidae) from Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. *J. Shellfish Res.* 23:15-23.
- Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B. P., Lodeiros, C., Freitas, L., Palacios, E., Racotta, I., Valdez-Ramírez, M. E. & F. García-Domínguez. 2011. Reproducción, capítulo 4. En: Maeda-Martínez, A. N. & Lodeiros-Seijo, C. (Eds.). *Biología y Cultivo de los Moluscos Pectínidos del Género Nodipecten*. Limusa Noriega 59-93 p.
- Arreola-Hernández, J. F. 1997. Aspectos reproductivos de *Dosinia ponderosa*, Gray 1838 (Bivalvia: Veneridae) en Punta Arena, Bahía Concepción, B.C.S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 85 p.
- Avellanal, M.H., E. Jaramillo, E. Clasing, P. Quijón & 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.
- Avendaño, M. & M. Le Pennec. 1996. Contribución al conocimiento de la biología reproductiva de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en Chile. *Estud. Oceanol.* 15:1-10.

- Avendaño, M. & M. Le Pennec. 1997. Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean molluscan bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). *Aquaculture Research* 28:175-182.
- Barber, B. J. & N. J. Blake. 1983. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* at its southern distributional limit. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 66:247-256.
- Barber, B. J. & N. J. Blake. 2006. Reproductive physiology. En: Shumway, S. E. & G. J., Parsons (Eds.) *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Amsterdam, The Netherlands. Elsevier, 2° Edition, 357-416 p.
- Baqueiro, C. E. & C. J. Stuardo. 1977. Observaciones sobre la biología, ecología y explotación de *Megapitaria aurantiaca* (Sow., 1831), *M. squalida* (Sow., 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) (Bivalvia; Veneridae) de la Bahía de Zihuatanejo e Isla de Ixtapa, Gro., México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. Méx.* 4(1):161-208.
- Baqueiro, 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. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. Méx.* 6 (1):25-32.
- Baqueiro, C. E. 1981. Reproductive cycle of six species of bivalve molluscs with aquaculture potential, from the Panamic province. *World Mar. Soc.* (Resumen). 367 p.
- Baqueiro-Cárdenas, E. R. 1998. Patrones en la Dinámica Poblacional y Ciclo Reproductor de Moluscos Bivalvos y Gasterópodos de Importancia Comercial en México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Mérida, Yucatán, México. 273 p.
- Baqueiro-Cárdenas, E. & D. Aldana-Aranda. 2000. A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 66:13-27.
- Bayne B. L. 1976. Aspects of reproduction in Bivalve mollusks. En: Estuarine processes, vol. 1, Acad. Press, N.Y. p. 432-448.
- Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1956. The theory of fishing. En: Graham, M. (Ed.). *Sea Fisheries: their investigation in the United Kingdom*. Arnold, London: 372-441.
- Brevber, P. 1990. Annual gonadal cycle in the carpet shell clam *Venerupis decussata* in Venice lagoon, Italy. *Proc. Nat. Shellf. Ass.* 70: 39-85.
- Bricelj, M. V. & R. E. Malouf. 1980. Aspects of reproduction of hard clams (*Mercenaria mercenaria*) in Great South Bay, New York. *Proc. Nat. Shellf. Ass.* 70: 216 - 229.
- Brousseau, D. J. 1987. A comparative study cycle of the soft-shell clam, *Mya arenaria* in Long Island sound *J. Shellfish Res.* 6(1): 7-15.

- Castillo-Rodríguez, Z. G. 2014. Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:419-430.
- 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.
- Coan, E. V. & P. Valentich-Scott. 2006. Marine Bivalves, capítulo 27. En: Sturm, C. F., Pearce T. A. y A. Valdés (Eds.) *The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation*. American Malacological Society. 460 p.
- Coan, E. V. & P. Valentich-Scott. 2012. Bivalve seashells of tropical West America: marine bivalve mollusks from Baja California to Northern Peru. Santa Barbara Museum of Natural History Monographs 6, Studies in Biodiversity. Santa Barbara, California. 1258 p.
- Coast Watch West Coast Regional Node. Disponible en: <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html>
- Coe, W. R. 1945. Development of the reproductive system and variations in sexuality in *Pecten* and other pelecypod mollusks. *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.* 36:673-700.
- CONAPESCA. 2016. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2013. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. 295 p.
- Cruz, A. R. & C. R. Villalobos. 1993. Shell length at sexual maturity and spawning cycle of mussel *Mytella guyanesis* (Bivalvia: Mytilidae) from Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 41(1): 89-92.
- Delgado, M. & A. Pérez-Camacho. 2002. Hermaphroditism in *Ruditapes decussatus* (L.) (Bivalvia) from the Galician coast (Spain). *Sci. Mar.* 66(2):183-185.
- Di Celma, C., Ragaini, L., Cantalamessa, G. & P. Curzio. 2002. Shell concentrations as tools in characterizing sedimentary dynamics at sequence-bounding unconformities: examples from the lower unit of the Canoa Formation (Late Pliocene, Ecuador). *Geobios* 35:72-85.
- 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.
- Espinosa -Sáez, J.; Ortea-Rato, J.; Sánchez-Noda, R. & J. Gutiérrez. 2012. Moluscos marinos Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes. Cuba. Capítulo 4: Bivalvos. Disponible en: http://www.ecosis.cu/biocuba/documentos_biocuba/moluscos_marinos_guanahacabibes/05_LIBRO_MOLUSCOS_GUANAHACABIBES_2012_%20capitulo%204.htm

- 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. 772 p.
- Gabbott, P. A. 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. En: Hochachka, P. W. (Ed.) *The Mollusca: environmental biochemistry and physiology*, Vol. 2. Academic Press, New York, 165-217 p.
- García-Domínguez, F., García-Gasca, S. A. & J. L. Castro-Ortiz. 1994. Spawning cycle of the red clam *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espíritu Santo, B.C.S., México. *J. Shellfish Res.* 13 (2): 417-423.
- García-Domínguez, F., Ceballos-Vázquez, B. P., Villalejo-Fuerte, M. & M. Arellano-Martínez. 1998. Reproductive cycle of the giant reef clam *Periglypta multicostata* (Sowerby, 1835) (Pelecypoda: Veneridae) at Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.* 17(4): 1009-1013.
- García-Domínguez, F. A. 2002. Estrategias reproductivas de bivalvos marinos en el noroeste mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad de Colima. Colima, México, 119 p.
- García-Domínguez, F. A. 2014. Ecología reproductiva de la almeja blanca, *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) en la Bahía de La Paz, B.C.S. Informe Técnico. Secretaría de Investigación y Posgrado, Instituto Politécnico Nacional. 10 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 5 ° Ed., 91 p.
- Gaspar-Soria, R., Pascual, M. S. & V. H. Fernández-Cartes. 2002. Reproductive cycle of the cholga paleta, *Atrina seminuda* Lamark, 1819 (Bivalvia: Pinnidae) from northern Patagonia, Argentina. *J. Shellfish Res.* 21:479-488.
- Giese, A. C. & J. S. Pearse. 1974. Introduction: General Principles, 1-43. En: Giese, A. & J. Pearse (Eds.) *Reproduction of marine invertebrates. Vol. 1: Acoelomate and pseudocoelomate metazoans*. Academic Press, New York, 545p.
- Glosario, disponible en:
<http://www.pescabase.org/pescabase.php?view=com.pescabase.client.view.secciones.GlosarioView>
- Glosario Moluscos, disponible en: http://www.macrofauna.cl/glosario_moluscos.html
- González-Acosta, A. F. 1998. Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del estero El Conchalito, Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 126 p.

- Gosling, E. 2004. Reproduction, settlement and recruitment, 131-168. En: Gosling, E. (Ed.) *Bivalves Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. Elsevier, Oxford, 443 p.
- Grant, A. & P. A. Tyler. 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. *Int. J. Invert. Rep.* (Amsterdam). 6:259-269.
- Heller, J. 1993. Hermaphroditism in molluscs. *Biol. J. Linn. Soc.* 48:19-42.
- Hendrickx, M. E. & R. C. Brusca. 2007. Distribución de invertebrados marinos endémicos en el Golfo de California, México. Memorias del XII Congreso Latino-Americano de Ciências do Mar XII COLACMAR, 15-19 abril, Florianópolis. p. 1-4.
- Hernández-Sandoval, F. E., López-Cortés, D. J., Band-Schmidt, C. J., Gárate-Lizárraga, I., Núñez-Vázquez, E. J. & J. J. Bustillos-Guzmán. 2009. Paralytic toxins in bivalve mollusks during a proliferation of *Gymnodinium catenatum* Graham in Bahía de La Paz, México. *Hidrobiológica* 19:245–256.
- Hesselman, D. M., Barber, B. J. & N. J. Blake. 1989. The reproductive cycle adult hard clams, *Mercenaria spp.* in the Indian River Lagoon, Florida. *J. Shellfish Res.* 8(1): 43-49.
- Himmelman, J. H. 1981. Synchronization of spawning in marine invertebrates by phytoplankton, 3-19. En: W. H. Clark, Jr. & T. S. Adams (Eds.) *Advances in Invertebrate Reproduction*. Vol. 2. Elsevier North Holland Inc, New York.
- Humason, G. L. 1979. Animal Tissue Techniques. 4^o Ed. W.H. Freeman & Co. Ltd, San Francisco. 661 p.
- Jaramillo, R., Winter, J., Valencia, J. & A. Rivera, 1993. Gametogenic cycle of the Chiloe scallop (*Chlamys amandi*). *J. Shellfish Res.* 12:59-70.
- Jones, S. D., 1981. Reproductive cycle of the Atlantic surf clam *Spisula solidissima*, and the ocean quahog *Artica islandica* of New Jersey. *J. Shellfish Res.* 1: 23-32.
- Kasyanov, V. L. 2001. *Reproductive strategy of marine bivalves and echinoderms*. Institute of Marine Biology. Science Publishers, Inc. Enfield. 229 p.
- Keen, A. M. 1971. Sea shells of tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru. 2^o Ed. Stanford University Press, Stanford. 1064 p.
- Kennedy, V. S. & L. B. Krantz. 1982. Comparative gametogenic and spawning patterns of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) in central Chesapeake bay. *J. Shellfish Res.* 2: 133-140.

- Lavaniegos, E. B. & D. López-Cortés. 1997. Fatty acid composition and community structure of plankton from the San Lorenzo Channel, Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 45:845-854.
- Lucas, A. 1965. Recherche sur la sexualité des mollusques bivalves. Tesis de Doctorado. Fac. Sci. Univ. Rennes, Francia, 136 p.
- 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 tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25: 279-294.
- Mackie, G. L. 1984. Bivalves, 351- 417. En: Wilbur, K. M., A. S. Tompa, N.H. Verdonk & J. A. M. Van den Biggelaar (Eds.) *The Mollusca, Vol. 7: Reproduction*.
- Marsden, I. D. 1999. Reproductive cycles of the surf beach clam *Paphies donacina* (Spengler, 1793) from New Zealand. *J. Shellfish Res.* 18:539-546.
- Martinell, J., Checa, A., Domènech, R. Gili, C., Olóriz, F. & F. J. Rodríguez-Tovar. 2009. Moluscos, capítulo 4. En: Martínez Chacón, M. L. & P. Rivas (Eds.). *Paleontología de invertebrados*. Sociedad Española de Paleontología, Instituto Geológico y Minero de España, Universidad de Oviedo y Universidad de Granada. 524 p.
- 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.
- Martínez-Porchas, M., Scheuren-Acevedo, S. M., Martínez-Córdova, L. R., Gollas-Galvan, T., Barraza-Guardado, R. H, Enríquez-Ocaña, F., Cortés-Jacinto, E. & M. A. Porchas-Cornejo. 2016. Physiological and sanitary condition of the white clam *Dosinia ponderosa* collected from a coastal area impacted by shrimp farm effluent. *Aquacult. Int.* 24:243–256.
- Mathieu, M. & P., Lubet. 1993. Storage tissue metabolism and reproduction in marine bivalves- a brief review. *Inv. Reprod. Dev.* 23:123-129.
- 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.
- Moore, H. B. & N. N. López. 1970. A contribution to the ecology of the lamellibranch *Dosinia elegans*. *Bull. Mar. Sci.* 20(4):980-986.
- Mora-Pérez, M. G. 2005. Biología Reproductiva del coral *Porites panamensis* Verrill 1866 (Anthozoa: Scleractinia), en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 82 p.

- Moreno-Báez, M., Cudney-Bueno, R., Orr, B. J., Shaw, W. W., Pfister, T., Torre-Cosio, J., Loaiza, R. & M. Rojo 2012. Integrating the spatial and temporal dimensions of fishing activities for management in the Northern Gulf of California, Mexico. *Ocean Coast Manage.* 55:111–127.
- Morton, B. 1991. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. *J. Zool. Lond.* 223:131-142.
- Moura, P., Vasconcelos, P. & M. B. Gaspar. 2013. Age and growth in three populations of *Dosinia exoleta* (Bivalvia: Veneridae) from the Portuguese coast. *Helgol. Mar. Res.* 67:639–652.
- Murillo-Jiménez, J. M. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir del registro paleontológico (Radiolaria), en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 70 p.
- Nielsen, C. 2001. Animal Evolution: Interrelationships of the Living Phyla. 2° Ed., Oxford University Press, Oxford. 563 p.
- 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.
- 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.
- Pérez-Medina, D. R. 2005. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el estero Santo Domingo, B. C. S., México. Tesis Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México. 70 p.
- Quiñones-Arreola, M. 2003. Comparación del patrón reproductivo de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en la Laguna Ojo de Liebre, Océano Pacífico y en Bahía Juncalito, Golfo de California, B.C.S., México. Tesis Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México. 63 p.
- Reddiah, K. 1962. The sexuality and spawning of Manx Pectinids. *J. Mar. Biol. Assoc. 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. La Paz, B. C. S., México, 122 p.

- Reyes-Salinas, A., Cervantes-Duarte, R., Morales-Pérez, R. A. & 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. *Hidrobiológica* 13(2): 103-110.
- Ricker, W. E. 1954. Stock and recruitment. *J. Fish. Res. Board Can.* 11: 559-623.
- Rodríguez, S., Quintana, R., Lamas, L., Ayensa, G., Velasco, F. J. & C. Pascual. 1993. *Etude comparative du cycle gamétogénique et composition biochimique de Tapes decussatus et Ruditapes philippinarium dans la Ría de Muros y Noya*. In: G. Barnab y P. Kestemont (Eds.). *Production, Environment and Quality Bordeaux Aquaculture 92'*. European Aquaculture Society. Special Publication. No. 18. Ghent, Belgium: 503-511.
- Román, G., Campos, M. J. & C. P. Acosta, 1996. Relationships among environment, spawning and settlement of Queen scallop in the Ría de Arosa (Galicia, NW Spain). *Aquaculture International* 4:225-236.
- Román, G., M. J. Campos & J. Cano. 2000. Viabilidad del cultivo de la vieira (*Pecten maximus*) en mar abierto en la costa de Málaga. Informe final.
- Román, G. G. Martínez, G. García & L. Freitas. 2001. Reproducción, capítulo. 2. En: Maeda-Martínez, A. N. (Ed.) *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. Limusa Noriega, México. 27-59 p.
- Romo-Piñera, A. K. 2010. Estrategia reproductiva de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) en dos zonas de Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S., México, 107 p.
- Salinas Zavala, C. A., Leyva Contreras, A., Lluch Belda, D. & E. Díaz Rivera. 1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera* 3:217-237.
- Sarkar, A., Ray, D., Shrivastava, A. N. & S. Sarker. 2006. Molecular biomarkers: Their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicology* 15:333-340.
- Sastry, A. N. 1970. Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop *Aequipecten irradians* Lamarck. *Biol. Bull.* 138:56-65.
- Sastry, A. N. 1975. *Physiology and ecology of reproduction in marine invertebrates*. 279-299 p. En: F. J. Veruberg (Ed.). *Physiological Ecology of estuarine Organisms*. University of South Carolina Press., Columbia. 420 p.
- Sastry, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). En: Giese, A. C. & J. S. Pearse (Eds.) *Reproduction of marine invertebrates*. Academic Press, New York. 113-292 p.

- Saucedo, P., Rodríguez-Jaramillo, C. & M. Monteforte. 2002. Microscopic anatomy of gonadal tissue and specialized storage cells associated with oogenesis and spermatogenesis in the calafia mother of pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Bivalvia: Pteriidae). *J. Shellfish Res.* 21(1): 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, 544 p.
- Searcy-Bernal, R. 1984. Un estudio sobre la condición de la almeja Pismo *Tivela stultorum* con datos de longitud y peso de la carne de capturas comerciales. *Cienc. Mar.* 9 (2): 19-30.
- Secretaría de Marina (SEMAR). 1979. Estudio geográfico de la región de La Paz, B.C.S. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía. 228 p.
- Sevilla, M. L. 1969. Contribución al conocimiento de la madre perla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1945). *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.* 30: 223-262.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Blume ediciones. Madrid. 832 p.
- Sugiura, Y. 1962. Electrical induction of spawning in two marine invertebrates (*Urechis unicinctus* and hermaphroditic *Mytilus edulis*). *Biol. Bull.* 123: 203-206.
- Syed-Shafe, M. 1980. Quantitative studies on the reproduction of black scallop, *Chlamys varia* (L.) from Lanveoc area (Bay of Brest). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 42: 171-186.
- Thompson, R. J., Newell, R. I. E., Kennedy, V. S. & R. Mann. 1996. Reproductive processes and early development, 335-370. En: Kennedy, V. S., R. I. E. Newell & A. F. Eble (Eds.) *The Eastern Oyster: Crassostrea virginica*. University of Maryland Sea Grant Press, College Park, MD. 734 p.
- Tunberg, B. 1984. Population ecology of *Dosinia exoleta* (L.) (Bivalvia) in Raunefjorden, Western Norway. *Sarsia* 69:159-168.
- U. S. Naval Observatory. "Duración de Luz de día/Oscuridad para un año". Disponible en: http://aa.usno.navy.mil/data/docs/Dur_OneYear.php
- Villalejo-Fuerte, M, & R. I. Ochoa-Báez. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con la temperatura y fotoperiodo, en Bahía Concepción, B. C. S. México. *Cienc. Mar.* 19(2): 181-202.
- 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.* 44:591-594.

- Villalejo-Fuerte, M., Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B. P. & F. García-Domínguez. 2000. Ciclo reproductivo de la almeja chocolate *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Juncalito, Golfo de California, México. *Hidrobiológica* 10:165-168 p.
- Walker, R. L. & A. J. Power. 2004. Growth and gametogenic cycle of transverse ark, *Anadara transversa* (Say, 1982) in coastal Georgia. *Amer. Malacological Bull.* 21 (1): 157-162.
- World Register of Marine Species. Disponible en: <http://www.marinespecies.org/>
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 4° Ed. 663 p.

ANEXOS

Tabla I. Tiempos de inmersión para el procesamiento histológico

TIEMPO DE INMERSIÓN										
Deshidratación							Aclarado		Inclusión	
70	96	96	96	100	100	100	100-HeDe	HeDe	Paraplast	Paraplast
I	I	II	III	I	II	III		I		
1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	15´	15´	1.5h	2h

Abreviaciones: 70, 96 y 100, concentraciones de alcohol, h, horas; ´ minutos; He-De, Hemo-De; mezcla 1:1 de alcohol absoluto Hemo-De; paraplast.

Tabla II. Tiempos de inmersión para el proceso de tinción.

DESPARAFINADO					HIDRATACIÓN							
He De		He De		He De	OH96 I	OH96 II	OH70 I	OH70 II	Ag			
3´		3´		3´	3´	3´	3´	3´	1´			
TIEMPO DE INMERSION												
Tinción					Deshidratación							
He	Ag	OHac	Ag	AgAmo	Ag	Eo	OH96	OH100	OH100	HeDe	HeDe	HeDe
12´	1´	1"	5"	2´	1´	12"	4"	3´	4´	3´	3´	3´

Abreviaciones: He-De, Hemo-De; 70,96 y 100, concentraciones de alcohol (%); Ag, agua; AgAmo, agua amoniacal; Eo, Eosina; ´, minutos; OHac, alcohol ácido; ", segundos.

Tabla. III. Frecuencia de hembras y machos, proporción sexual esperada y valores de χ^2 de *Dosinia ponderosa* por mes en Balandra, Bahía de La Paz, B. C. S., México (2012-2013).

MES	HEMBRA	MACHO	PROP. SEXUAL ESPERADA	χ^2
M	8	8	8	0
J	7	7	7	0
A	13	14	13.5	0.03
S	18	13	15.5	0.80
O	18	11	14.5	1.68
N	13	13	13	0
D	15	15	15	0
E	18	11	14.5	1.68
F	14	16	15	0.13
M	16	14	15	0.13
A	12	17	14.5	0.86
M	17	13	15	0.53
J	20	9	14.5	4.17
J	15	15	15	0
A	16	14	15	0.13
S	15	14	14.5	0.03

Tabla. IV. Factores ambientales en Balandra, Bahía de La Paz, B. C. S., México (2012-2013).

MES	FOTOPERIODO (min/luz)	TEMPERATURA (°C)	CLOROFILA (mg Cl/m³)
Mayo	798	22.1	0.4987
Junio	816	24.5	0.6872
Agosto	776	27.9	0.1997
Septiembre	734	28.3	0.5881
Octubre	693	28.8	0.5694
Noviembre	655	26.1	0.4258
Diciembre	639	22.8	0.8019
Enero	647	21.9	1.1921
Febrero	681	20	1.5085
Marzo	723	21	1.2264
Abril	761	21.9	0.6183
Mayo	799	22.9	0.5881
Junio	816	24.6	0.788
Julio	806	26.5	0.1196
Agosto	773	28.4	0.2023
Septiembre	735	29.1	0.425

Tabla. V. Frecuencias de desarrollo gonádico de *Dosinia ponderosa* en Balandra, Bahía de La Paz, B. C. S., México (2012-2013).

MES	INDIFERENCIADO	DESARROLLO	MADUREZ	DESOVE	POSTDESOVE
Mayo	0	25	12.5	56.25	6.25
Junio	0	14.28	14.28	71.42	0
Agosto	0	3.70	18.51	70.37	7.40
Septiembre	6.06	9.09	6.06	66.66	12.12
Octubre	0	3.44	3.44	93.10	0
Noviembre	0	15.38	0	80.76	3.84
Diciembre	0	11.53	3.84	76.92	23.07
Enero	0	13.79	0	55.17	31.03
Febrero	0	6.66	0	63.33	30
Marzo	0	3.33	0	66.66	30
Abril	0	0	0	72.41	27.58
Mayo	0	10	0	53.33	36.66
Junio	0	3.44	0	89.65	6.89
Julio	0	6.66	0	86.66	6.66
Agosto	0	3.33	0	96.66	0
Septiembre	0	0	0	89.65	10.34

Tabla. VI. Valores mensuales del índice de masa visceral e índice de condición de *Dosinia ponderosa* en Balandra, Bahía de La Paz, B. C. S., México (2012-2013).

MES	IMV	ICG
Mayo	4.53	29.13
Junio	3.30	19.45
Agosto	4.32	20.21
Septiembre	4.04	23.20
Octubre	5.45	19.25
Noviembre	5.87	20.22
Diciembre	6.35	22.42
Enero	5.77	77.71
Febrero	6.14	23.57
Marzo	7.60	20.38
Abril	7.79	23.11
Mayo	6.75	19.41
Junio	7.44	31.70
Julio	6.84	24.23
Agosto	5.82	21.81
Septiembre	5.45	21.27