



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA ALMEJA
ROÑOSA, *Chione californiensis* (BRODERIP, 1835)
EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO.

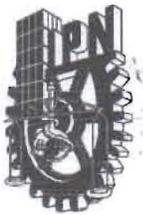
TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

ANTONINO FLORES PÉREZ

LA PAZ, B.C.S., ENERO DE 2017



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 29 del mes de Noviembre del 2017 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 ROÑOSA, *Chione californiensis* (BRODERIP, 1835)
EN BAHÍA MAGDALENA, B.C.S., MÉXICO"**

Presentada por el alumno:

FLORES
Apellido paterno

PÉREZ
materno

ANTONINO
nombre(s)

Con registro:

B	1	5	0	2	0	8
---	---	---	---	---	---	---

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

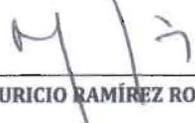
Directores de Tesis



DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ
Director de Tesis



M. en C. MARCIAL TRINIDAD VILLALAJO FUERTE
2º. Director de Tesis



DR. EDGARDO MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

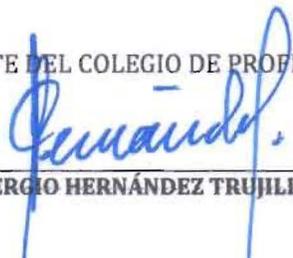


DR. RENÉ FUNES RODRÍGUEZ



DR. MARIO ALBERTO BURGOS ACEVES

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



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 07 del mes de Diciembre del año 2017

El (la) que suscribe ECOL. MAR. ANTONINO FLORES PÉREZ Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro B150208 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 M en C. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE

y cede los derechos del trabajo titulado:

"BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA ALMEJA ROÑOSA, *Chione californiensis*

(BRODERIP, 1735) EN BAHÍA MAGDALENA, 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: antonino_flores@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.

ECOL. MAR. ANTONINO FLORES PÉREZ

Nombre y firma del alumno

INDICE

GLOSARIO.....	I
LISTA DE TABLAS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. OBJETIVOS	10
4.1. GENERAL.....	10
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
5. MATERIAL Y MÉTODOS	11
6. RESULTADOS	17
6.1. ESTRUCTURA GONÁDICA.....	17
6.1.1. FASES DE DESARROLLO GONÁDICO.....	17
6.2. HEMBRAS	18
6.3. MACHOS	22
6.4. CICLO REPRODUCTIVO	27
6.5. PROPORCIÓN DE SEXOS	28
6.6. TALLA DE PRIMERA MADUREZ	29
6.6.1. TEMPERATURA.....	30
6.6.2. CLOROFILA	31
6.6.3. FOTOPERIODO	33
6.7. ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS.....	34
6.7.1. ÍNDICE DE LA MASA VISCERAL.....	34
6.7.2. ÍNDICE DE CONDICIÓN GENERAL	36

6.8. FRECUENCIAS DE DESOVE BAJO CONDICIONES EL NIÑO, LA NIÑA Y NORMALES	38
7. DISCUSIÓN	41
8. CONCLUSIONES	54
9. RECOMENDACIONES	55
10. LITERATURA CITADA	56
11. APÉNDICE I	73

GLOSARIO

Atresia: Célula en degeneración estructural y de reservas energéticas. Normalmente ocurren en gametos femeninos en etapas vitelogénesis avanzada, aunque pueden ocurrir durante la previtelogénesis (Dorange y Le Pennec, 1989).

Folículos: Estructuras en forma de sacos, rodeadas del tejido conjuntivo. Sus paredes están formadas por células germinales con núcleo central, que a medida que maduran forman los gametos masculinos y femeninos (Weisz, 1980).

El Niño: Fenómeno a gran escala oceánico-atmosférico que provoca entre otros efectos un aumento anómalo en la temperatura y en el nivel del mar, así como un cambio en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico (Camacho-Mondragón, 2009).

Fagocito: Célula sanguínea que adquiere la capacidad de reabsorber los gametos residuales durante el posdesove (Dorange y Le Pennec, 1989).

La Niña: Fenómeno a gran escala océano-atmosférico que provoca entre otros efectos, un descenso anómalo de la temperatura y en el nivel del mar, así como un cambio en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico (Camacho-Mondragón, 2009).

Lisis: Alteración o inhibición de la síntesis de proteínas de la pared celular, causando su destrucción (Motavkin y Varaksin, 1983).

Gametogénesis: Proceso de formación de gametos masculinos y femeninos a partir de células del epitelio germinal (Lender et al., 1982).

Gametos residuales: Ovocitos o espermatozoides maduros que no fueron expulsados durante el desove (Prado-Ancona, 1998).

Gonocórico: Organismo que posee estructuras reproductoras únicamente masculinas o femeninas (Lender et al., 1982).

Hermafrodita casual: Individuo de una especie que presenta gónadas en las que se observan gametos femeninos y masculinos al mismo tiempo, sin que esto sea una condición común dentro de la especie (Villalejo-Fuerte et al., 2000).

Ovocito atrésico: Ovocito en reabsorción (Camacho-Mondragón, 2009).

Proporción sexual: La relación de hembras y machos en un grupo de organismos (Villalejo-Fuerte et al., 2000).

Reabsorción: Proceso mediante el cual los gametos no desovados se reabsorben, dando lugar a atresias. Las células foliculares adquieren propiedades fagocitarias, reabsorbiendo el contenido del ovocito (Chung et al., 2008).

Tejido conjuntivo: Tejido que se encuentra dentro y fuera de los folículos, que sirve como soporte estructural del tejido gonádico y sostén de los órganos (Geneser, 2015).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Efectos del fenómeno de El niño y La Niña en la reproducción y mortalidad en especies de moluscos bivalvos.....	10
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar de <i>Chione californiensis</i> (Broderip, 1835).....	4
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Chione californiensis</i> de Santa Barbara, California, EE.UU. hasta Acapulco, Guerrero, México (Coan y Valentich-Scott, 2012).....	5
Figura 3. Área de estudio, Puerto San Carlos en Bahía Magdalena, B.C.S, México. El asterisco en rojo señala el sitio de muestreo.	12
Figura 4. Altura y longitud de <i>Chione californiensis</i>	13
Figura 5. Proceso del método histológico.	14
Figura 6. Morfología externa de la masa visceral en machos y hembras de <i>Chione californiensis</i>	17
Figura 7. Fase de indiferenciación de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 10X.	18
Figura 8. Fase de desarrollo en hembras de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20x.....	19
Figura 9. Fase de madurez en hembras de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	20
Figura 10. Fase de desove en hembras de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	21
Figura 11. Fase de posdesove en hembras de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	22
Figura 12. Fase de desarrollo en machos de <i>Chione californiensis</i> Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	23

Figura 13. Fase de madurez en machos de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	24
Figura 14. Fase de desove en machos de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	25
Figura 15. Fase de posdesove en machos de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	26
Figura 16. Ejemplar hermafrodita de <i>Chione californiensis</i> . Tinción hematoxilina-eosina. 20X.	26
Figura 17. Ciclo reproductivo de <i>Chione californiensis</i> en Bahía Magdalena, B.C.S..	28
Figura 18. Proporción mensual de sexos de <i>Chione californiensis</i> en en Bahía Magdalena, B.C.S.	29
Figura 19. Talla de primera madurez de <i>Chione californiensis</i> en Bahía Magdalena, B.C.S.....	30
Figura 20. Frecuencia mensual de organismos en desove de <i>Chione californiensis</i> en relación con la temperatura en Bahía Magdalena, B.C.S.	31
Figura 21. Frecuencia mensual de organismos en desove de <i>Chione californiensis</i> en relación con la clorofila <i>a</i> en Bahía Magdalena, B.C.S.	32
Figura 22. Frecuencia mensual de organismos en desarrollo de <i>Chione californiensis</i> en relación con la concentración de clorofila <i>a</i> en Bahía Magdalena, B.C.S.	33
Figura 23. Frecuencia de organismos en fase de desove de <i>Chione californiensis</i> y su relación con el fotoperiodo en Bahía Magdalena, B.C.S.....	34
Figura 24. Frecuencia de organismos en desove de <i>Chione californiensis</i> en relación con el Índice de la masa visceral (IMV) en Bahía Magdalena, B.C.S.	35
Figura 25. Relación del índice de la masa visceral (IMV) de <i>Chione californiensis</i> y la concentración de clorofila en Bahía Magdalena, B.C.S.	36

Figura 26. Frecuencia mensual de los organismos en desove de <i>Chione californiensis</i> en relación con el índice de condición general (ICG) en Bahía Magdalena, B.C.S.....	37
Figura 27. Relación entre el índice de condición general (ICG) de <i>Chione californiensis</i> y la concentración de clorofila <i>a</i> en Bahía Magdalena, B.C.S	38
Figura 28. Comparación de las frecuencias de desove de <i>Chione californiensis</i> en Bahía Magdalena, B.C.S.....	39
Figura 29. Gráfica del análisis de varianza de Kruskal Wallis de las frecuencias de desove de <i>Chione californiensis</i> en Bahía Magdalena, B.C.S	40

RESUMEN

Para conocer la influencia de las variables ambientales en el ciclo reproductivo de la almeja roñosa *Chione californiensis* en la zona entre mareas de Puerto San Carlos, Bahía Magdalena, B.C.S. se utilizaron muestras recolectadas durante el período 2015-2016. Se designaron cada una de las fases de desarrollo gonádico de machos y hembras, mediante la aplicación de la técnica histológica. El ciclo reproductivo de *C. californiensis* no mostraron diferencias en cuanto a la temporalidad del desove, puesto que este se presentó todos los meses de ambos años de estudio. Las mayores frecuencias de desove ocurrieron entre julio y noviembre de 2015 (53 al 70%), en coincidencia con las temperaturas más altas (28 al 30.5 °C). Durante el 2016 las frecuencias del desove fueron del 53 al 58% con un intervalo de temperaturas entre 27 y 28 °C. Adicionalmente se compararon las frecuencias de desove obtenidas con los datos de otros estudios, uno realizado en 1988 bajo la influencia de La Niña, considerada como intensa y otro en 1993, año considerado como neutro ya que no se encontraron anomalías en la temperatura superficial del mar. Un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las frecuencias de desove de cada uno de los periodos correspondientes (EL Niño, La Niña y neutral), una prueba de comparaciones múltiples de Dunnet reveló que la influencia de La Niña de 1988 ocasionó afectos en la reproducción de *C. californiensis*. Se encontró una relación entre las frecuencias de desove y la temperatura ($r^s p < 0.05$) y, una inversa con la clorofila ($r^s p < 0.05$), mientras que el fotoperiodo no parece estar relacionado con el desove ($r^s p > 0.05$). La fase de desarrollo mostro una correlación con la clorofila ($p < 0.05$) registrando las mayores frecuencias de organismos en gametogénesis en coincidencia con las mayores concentraciones de clorofila. El índice de la masa visceral (IMV) y el índice de condición general (ICG) no se relacionan con la temporada de desove *C. californiensis* ($r^s p > 0.05$), por lo que no son considerados buenos estimadores de su reproducción. Se encontró una relación entre la clorofila y el IMV ($r^s p < 0.05$), mientras que con el ICG no se encontró una correlación significativa ($r^s p > 0.05$). La proporción de sexual se mantuvo en una relación de 1M: 1H, y se encontraron dos organismos hermafroditas. La talla de primera madurez de *C. californiensis* se estableció en 35 mm de longitud.

ABSTRACT

Samples collected during 2015-2016 were used to determine the influence of environmental variables on the reproductive cycle of the roñosa clam (*Chione californiensis*) in the intertidal zone of Puerto San Carlos, Magdalena Bahía, B.C.S. The phases of gonadal development of males and females were determined by applying the histological technique. The reproductive cycle of *C. californiensis* showed no differences in the timing of spawning, since it happened every month in both years of the study. The higher frequencies of spawning occurred between July and November 2015 (53-70%), concurring with the highest temperatures (28-30.5°C). During 2016 spawning frequencies were 53-58% with a temperature interval of 27-28°C. Additionally, frequencies of spawning obtained with data from other studies were compared, one conducted in 1988 under the influence of La Niña, considered as intense, and another one in 1993, considered a neutral year since no abnormalities were found in sea surface temperature. A non-parametric Kruskal Wallis analysis of variance showed significant differences ($p < 0.05$) between spawning frequencies of each of the periods (El Niño, La Niña and the neutral). A multiple comparison Dunnet test revealed that the influence of La Niña in 1988 affected the reproduction of *C. californiensis*. A relationship between spawning frequency and temperature was found ($r^s p < 0.05$) and a reverse relationship with chlorophyll ($r^s p < 0.05$), while the photoperiod does not seem to be related to spawning ($r^s p > 0.05$). The development phase showed a correlation with chlorophyll ($r^s p < 0.05$) recording the highest frequencies of organisms in gametogenesis in concurrence with the highest concentrations of chlorophyll. The visceral mass index (IMV) and the general condition index (ICG) do not relate to the spawning season of *C. californiensis* ($r^s p > 0.05$), therefore they are not considered good estimators of its reproduction. A relationship between chlorophyll and IMV ($r^s p < 0.05$) was found, while a significant correlation with ICG was not found ($r^s p < 0.05$). The sexual proportion remained in a ratio of 1M:1F, and two hermaphrodite organisms were found. The size at first maturity of *C. californiensis* was set at 35 mm long.

1. INTRODUCCIÓN

El género *Chione* se distribuye en aguas templadas y subtropicales de ambas costas de América, en el Atlántico, desde el este de Carolina del Norte, Golfo de México, Campeche, hasta Brasil y en las costas del Pacífico desde San Pedro, California, incluyendo el Golfo de California hasta Perú (Abbott, 1974). Aunque el número de especies no está bien definido, algunos autores mencionan que hay entre 21 y 24 especies, distribuidas en seis subgéneros (Abbott, 1974; Keen, 1971): *Illiochione* (Olsson, 1961), *Chionista*, (Keen, 1958), *Chionopsis* (Olsson, 1932), *Lirophora* (Conrad, 1863), *Timoclea* (Brown, 1827) y *Chione* (Mühlfeld, 1811).

La almeja roñosa, *Chione californiensis* es una especie de importancia comercial con un alto potencial de cultivo y está considerada como un componente importante en la captura de almejas en Baja California Sur (Holguín-Quiñones, 1976; Baqueiro, 1989). Para un manejo o explotación adecuada de éste recurso natural, es necesario el conocimiento de su Biología y Ecología (Seijo y Defeo, 1997). Una parte muy importante de la Biología es la reproducción, ya que, si tiene éxito, asegura la continuidad del recurso y su disponibilidad para explotarlo de una manera sustentable (Camacho-Mondragón, 2009).

La reproducción en los organismos marinos, por lo general, está sincronizada entre los individuos de una población, especialmente en especies sésiles (Lawrence y Soame, 2004). La disposición del aparato reproductivo de los bivalvos gonocóricos es muy similar en machos y hembras. La gónada se localiza en la parte dorsal, muy cerca de la glándula digestiva. En la familia Veneridae, cuando la gónada se está desarrollando, se extiende por el tejido conjuntivo, los folículos y túbulos terminan ocupando casi todo el espacio disponible en la cavidad visceral, rodeando el aparato digestivo. Los folículos de las hembras y los túbulos de los machos, gradualmente convergen para formar un gonoducto, que pasa por debajo de la cavidad pericárdica, y conduce los gametos al exterior a través del gonoporo (Jones, 1979).

En bivalvos marinos, los cambios en el desarrollo de la gónada, hasta la madurez de los gametos e incluso la liberación de estos, están regulados por una serie de factores exógenos, que tienen su origen en las características del ambiente que los rodea, siendo la temperatura y la disponibilidad de alimento las principales variables que influyen de manera directa en su reproducción (Sastry, 1979). Además, influyen factores como el ciclo de mareas, profundidad, fotoperiodo, salinidad, pH, el almacenamiento de nutrientes y factores genéticos o niveles hormonales (Galtsoff, 1964; Mackie, 1984; Thompson et al., 1996). La actividad neurosecretora del sistema endócrino también juega un papel muy importante, ya que cuando un organismo está fisiológicamente apto para reproducirse, produce neurosecreciones que son el resultado de una respuesta relacionada con los cambios en el ambiente (Sastry, 1975).

Se ha documentado ampliamente que la disponibilidad del alimento y la temperatura son las principales variables que afectan las variaciones estacionales de la actividad reproductiva de bivalvos marinos (Morriconi et al., 2007), dichas variables pueden ser alteradas por fenómenos como El Niño, ya que modifican los procesos de surgencias, afectando la disponibilidad de nutrientes y elevando las temperaturas, ocurriendo lo inverso durante La Niña (Arntz y Fahrbach, 1996), lo que a su vez se relaciona con el éxito reproductivo de los organismos, o todo lo contrario, afectando el proceso reproductivo, dependiendo de la historia térmica de la especie (Arntz et al., 1987).

El estudio de la biología reproductiva en moluscos bivalvos, utilizando métodos histológicos con muestras recolectadas en un período regular de tiempo, que por lo general es mensual durante al menos un año, es un método confiable para observar los cambios en el desarrollo de la gónada y establecer una temporalidad e intensidad de las fases de maduración de la gónada y especialmente los períodos de desove en una población natural, estos estudios se utilizan para implementar temporadas de veda, predicciones sobre el reclutamiento de larvas y obtención de semilla del medio natural (Villalejo-Fuerte et al., 2000).

2. ANTECEDENTES

La almeja roñosa, *Chione californiensis* (Fig. 1), pertenece a la familia Veneridae, subfamilia Chioninae y su distribución comprende desde Santa Bárbara, California, EE.UU., a través del Golfo de California, hasta Acapulco, Guerrero, México (Fig. 2). Se encuentra desde la zona intermareal hasta los 90 m de profundidad en fondos arenosos (Coan y Valentich-Scott, 2012).

Filo **Mollusca** Cuvier, 1797

Subtipo **Conchifera**

Clase **Bivalvia** Linnaeus, 1758

Subclase **Heterodonta**

Orden **Veneroida**

Superfamilia **Veneracea**

Familia **Veneridae** Rafinesque, 1815

Subfamilia **Chioninae**

Género **Chione** Megerle Von Muhlfeld, 1811

Subgénero **Chione, s.s.**

Especie **Chione californiensis** Broderip, 1835

La almeja roñosa tiene una altura que oscila entre 4 y 7 cm, una longitud de 4 a 6 cm en adultos, una concha subtrigonal, y moderadamente comprimida, de color cremoso, con costillas concéntricas cuyos márgenes se prolongan hacia la parte ventral, cuenta con costillas radiales semi-gruesas y espaciadas, lúnula estriada en forma de corazón y un escudete en forma de "V". La región dorsal posterior no es lisa y esta sobrepuesta con la valva izquierda, los umbos son englobados y poco pronunciados, el ligamento externo es abultado y la parte interna de la concha es de un color cremoso. La parte interior de las valvas es lisa de color blanco opaco, con una mancha color púrpura o marrón cerca del margen posterior, pueden presentar una coloración naranja en el área paleal, la cicatriz anteroposterior es más profunda, la

línea paleal es redondeada y unida a la cicatriz anterior posterior, la charnela es de tipo heterodonta con un par de dientes grandes, margen interno amplio y dentado (Keen, 1971).

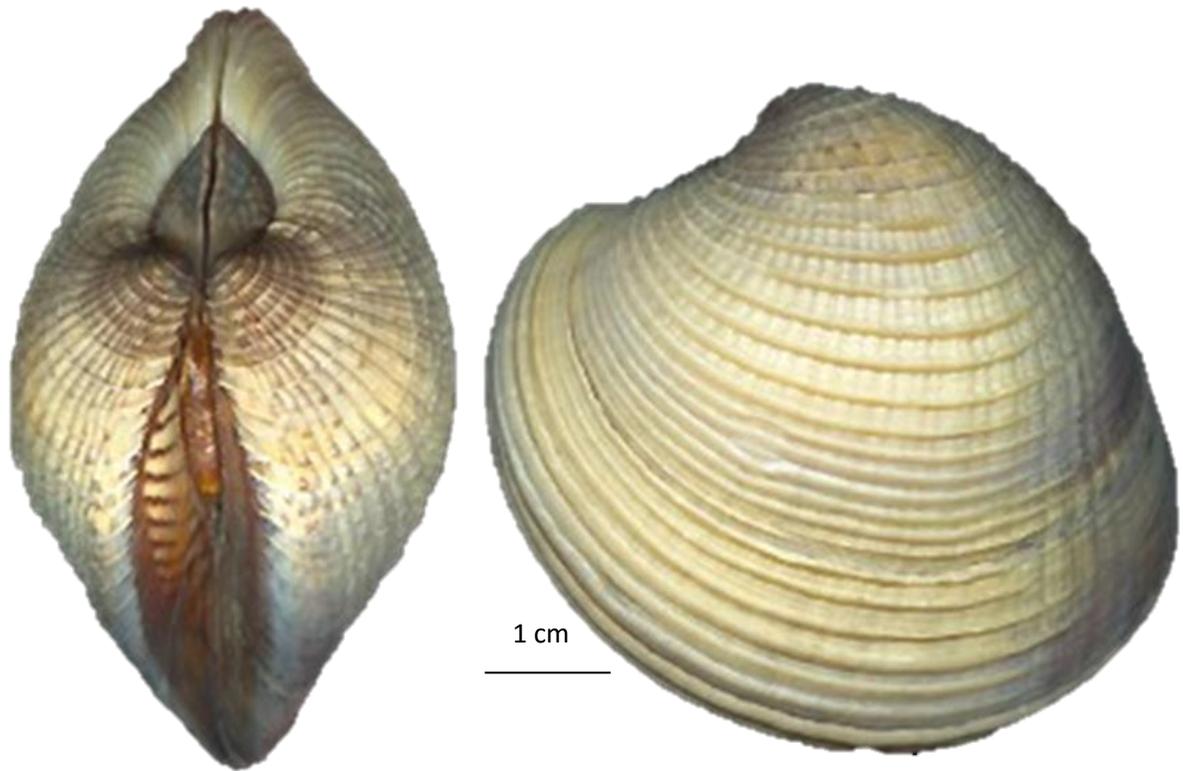


Figura 1. Ejemplar de *Chione californiensis* (Broderip, 1835)



Figura 2. La línea roja muestra la distribución geográfica de *Chione californiensis* de Santa Barbara, California, EE.UU. hasta Acapulco, Guerrero, México (Coan y Valentich-Scott, 2012).

La almeja roñosa se alimenta principalmente de especies del fitoplancton bentónico como diatomeas, silicoflagelados y dinoflagelados de los géneros *Nitzschia*, *Navicula*, *Amphora* y *Ceratium* y posiblemente de materia orgánica, cuando la disponibilidad de fitoplancton es escasa (García-Domínguez, 1991).

En la Ensenada de La Paz, Castro-Ortiz y García-Domínguez (1993) reportaron que *C. californiensis* presenta un crecimiento estacional que se interrumpe en invierno en relación directa con la temperatura. En las costas de Sinaloa, la tasa de crecimiento varía entre 0.89 y 2.23 mm/mes (Camacho-Evans, 2011). Se ha establecido que es una especie de vida corta, de cuatro años aproximadamente (Wright-López et al., 2001), aunque se han encontrado organismos de hasta siete años (Castro-Ortiz y García-Domínguez., 1993).

Por otra parte, Camacho-Evans (2011), en organismos del sistema lagunar Altata, Sinaloa, determinó la talla de primera madurez en 32.7 mm de longitud. Sin embargo, Moreno-Leyva (2015) estimó la talla de primera madurez en 20.2 mm en la laguna Santa María La Reforma, Sinaloa.

La mayoría de los estudios realizados en *C. californiensis* tratan sobre su reproducción, siendo pionero el trabajo de García-Domínguez et al. (1993) en Bahía Magdalena. Estos autores estudiaron el ciclo reproductivo durante 1988 y 1989. Establecieron cinco fases de desarrollo gonádico (indiferenciación, desarrollo, madurez, desove y posdesove) y encontraron una temporada de reproducción de cuatro meses en 1988 (junio-septiembre) y de seis meses en 1989 (abril a septiembre). En ambos años el mes con mayor frecuencia de desove fue agosto. Por otra parte, García-Domínguez (1991) reportó en 1993 que en la Bahía de La Paz el período reproductivo coincidió con los meses cálidos del año: al ir aumentando la temperatura, aumentó la frecuencia de organismos en fase de desove y por el contrario, disminuyó al bajar la temperatura en invierno.

Prado-Ancona (1998) analizó el ciclo reproductivo en tres zonas distintas de Baja California Sur, encontró diferencias en tres localidades, en Bahía Concepción el desove fue constante durante nueve meses (enero-septiembre) con un máximo del

100% en septiembre a una temperatura de 30 °C, en Bahía Magdalena los individuos en desove se presentaron todo el año excepto en enero, con los porcentajes mayores (50%) de mayo a octubre y en la Laguna de La Paz el desove fue relativamente corto (agosto-octubre), siendo septiembre el mes con mayor frecuencia de desove (80%).

El fenómeno de El Niño Oscilación Sur (ENSO) es un fenómeno de fluctuaciones climáticas que presenta dos eventos, uno cálido conocido como El Niño, que consiste principalmente en un aumento anómalo en la temperatura superficial del mar, lo que provoca un hundimiento de la termoclina y afecta directamente la productividad primaria en gran parte del Pacífico Central Oriental y uno frío conocida como La Niña, caracterizado por un enfriamiento anómalo en las aguas superficiales y un incremento de la productividad primaria del Océano Pacífico (Urban y Tarazona, 1996).

El ENSO puede afectar de distinta manera la reproducción de los invertebrados marinos y su dinámica poblacional. Los efectos pueden ser un crecimiento acelerado de la gónada y, desoves masivos durante la mayor parte del año, o causar mortalidades en las poblaciones (Wolff, 1987). Por ejemplo, Tarazona et al. (2007), reportaron que el crecimiento y producción somática de *Argopecten purpuratus* en Bahía Independencia en Perú, fueron mayores durante El Niño de 1997-1998 que durante La Niña de 1999-2000. Por su parte García-Cuellar et al. (2004), encontraron diferencias en la intensidad en el desove de la madreperla *Pinctada mazatlanica* durante los eventos de El Niño y La Niña de 1997 a 1999 en la Isla Espíritu Santo, B.C.S. Algo similar reportaron García-Domínguez et al. (2011b) con la ostra de roca *Hyotissa hyotis* en la misma zona, donde la especie presentó desoves más intensos durante El Niño.

En la gran mayoría de las especies la presencia de El Niño conlleva a resultados positivos en el aspecto reproductivo, sin embargo, existen otras que se ven beneficiadas al presentarse la fase fría del ENSO (La Niña). En el caso del hacha china, *Atrina maura* en la Ensenada de La Paz, Camacho-Mondragón (2009) reportó efectos negativos durante El Niño, ya que encontró organismos con atresias

y bajas frecuencias de desove, pero durante La Niña los desoves aumentaron en relación al incremento de la disponibilidad de alimento y al descenso de la temperatura. En la tabla 1, se enlistan los efectos negativos o positivos, que se han reportado en varias especies de moluscos bivalvos.

Tabla 1. Efectos del fenómeno de El Niño y La Niña en la reproducción en especies de moluscos bivalvos.

Especie	El Niño	La Niña	Autor
<i>Hyotissa hyotis</i>	+	-	García-Domínguez et al., 2011b
<i>Chione fluctifraga</i>	+	-	García-Domínguez et al., 2008
<i>Megapitaria squalida</i>	-	+	Romo-Piñera, 2010
<i>Argopecten purpuratus</i>	+	-	Cantillanez et al., 2005
<i>Atrina maura</i>	-	+	Camacho-Mondragón, 2009
<i>Pinctada mazatlanica</i>	+	-	García-Cuellar, 2004
<i>Chione subrugosa</i>	-	+	Cruz, 1986

3. JUSTIFICACIÓN

Los moluscos bivalvos son organismos susceptibles a los cambios en el ambiente esto puede afectar directamente su reproducción y generar modificaciones en la temporada de desove y en el reclutamiento larvario.

La presencia recurrente del fenómeno de El Niño, afecta las condiciones ambientales principalmente con cambios en la temperatura superficial del mar y en los procesos de surgencias, que pueden provocar una disminución en la disponibilidad del alimento, (García-Cuellar, 2001), que como resultado tienen repercusiones sobre la reproducción de los organismos (Urban y Tarazona, 1996).

Al considerar la importancia que tiene los efectos del ENSO en la reproducción de invertebrados marinos, ya que modifican las dos variables más importantes que influyen en la actividad reproductiva, es de primordial importancia el tener conocimientos de los cambios que puede haber en sus ciclos reproductivos con fines de manejo para las poblaciones silvestres. Por este motivo, en el presente trabajo se pretende investigar el ciclo reproductivo de la almeja roñosa en Bahía Magdalena, B.C.S. y su posible relación con El Niño y La Niña.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Conocer el ciclo reproductivo de *Chione californiensis* y su relación con la temperatura, la disponibilidad de alimento, y el fotoperiodo en Bahía Magdalena B.C.S., México.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación del ciclo reproductivo con la variación de temperatura, la disponibilidad de alimento y el fotoperiodo

- Estimar el índice de la masa visceral y el índice de condición general.

- Calcular la talla de primera madurez y estimar la proporción de sexos

- Relacionar el ciclo reproductivo con los fenómenos de El Niño y La Niña.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Bahía Magdalena se ubica en la costa oeste de la península de Baja California, entre los 24° 15' y 25°20' N y los 111°30 y 112°15' W (Fig. 3). Está separada del océano adyacente por barreras arenosas y montañosas. La costa está formada por roca sedimentaria, manglares y playas locales con dunas bien desarrolladas (Murillo-Jiménez, 1997).

La zona noroeste de Bahía Magdalena está compuesta por esteros, lagunas y canales cuya profundidad promedio es de 3.9 m (Álvarez-Borrego et al., 1975). En el resto de la bahía las profundidades oscilan entre 6 y 12 m cerca de la costa y entre 12 y 30 m en la parte central de la costa oeste. Se comunica con el océano a través de una boca ancha que mide aproximadamente 5.8 km y en la parte sureste con Bahía Almejas a través de una boca de 2.8 km de ancho (Zaytsev et al., 2003).

La mayor parte de los fondos del área de Bahía Magdalena-Almejas están constituidos por sedimentos arenosos y limosos. Los estudios hidrológicos en ésta Bahía, han mostrado que la temperatura superficial presenta un pronunciado cambio estacional (Chávez y Schmitter, 1991). Bahía Magdalena está ubicada en una zona de transición de las regiones templada y tropical, por lo cual recibe aportes constantes de la corriente de California que son impulsadas por los patrones estacionales del viento. La productividad primaria de origen fitoplanctónico e primavera es producida por la influencia de surgencias causada por los vientos provenientes del norte, mientras que, en verano y principios de otoño, los procesos internos fertilizan el medio (Cervantes-Duarte et al., 2012). Otro aporte de nutrientes es el material orgánico proveniente de la vegetación ya sea marginal o sumergida, este aporte ocurre generalmente en verano, provocado por las lluvias torrenciales causada por los huracanes, esto contribuye a incrementar la productividad y la pérdida de hojarasca en los arboles e mangle (Chávez-Rosales, 2010) mientras que el incremento de la temperatura que ocurre a finales de la primavera propicia la mortalidad de algas (Hernández-Carmona et al., 2007)

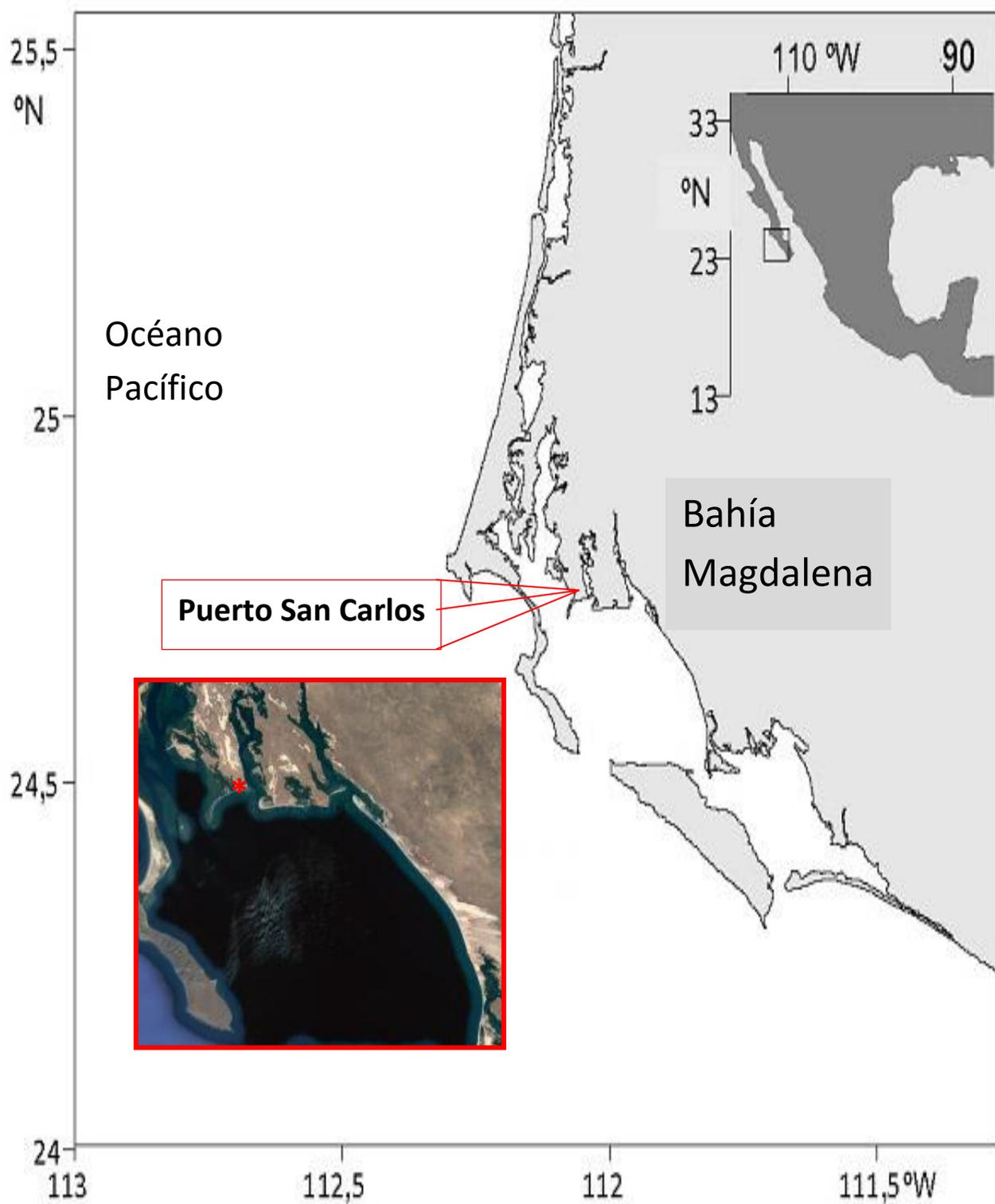


Figura 3. Área de estudio, Puerto San Carlos en Bahía Magdalena, B.C.S, México. El asterisco en rojo señala el sitio de muestreo.

El muestreo fue realizado mensualmente de enero de 2015 a diciembre de 2016, en la zona intermareal de una playa en puerto San Carlos en Bahía Magdalena. En cada ocasión se capturaron manualmente 30 organismos adultos, que se fijaron en una solución de formol al 10% preparada con agua de mar. A cada individuo se le midieron la altura y la longitud con un vernier (Fig. 4) y se le realizó una disección para obtener la masa visceral (eliminando branquias, manto, músculos aductores y pie). Debido a que *C. californiensis* presenta una gónada difusa, se obtuvo una muestra de tejido de aproximadamente 1cm³ de la masa visceral de la porción dorsal del cuerpo. De cada uno de los individuos se registraron el peso total, el peso húmedo sin concha y el peso de la masa visceral.

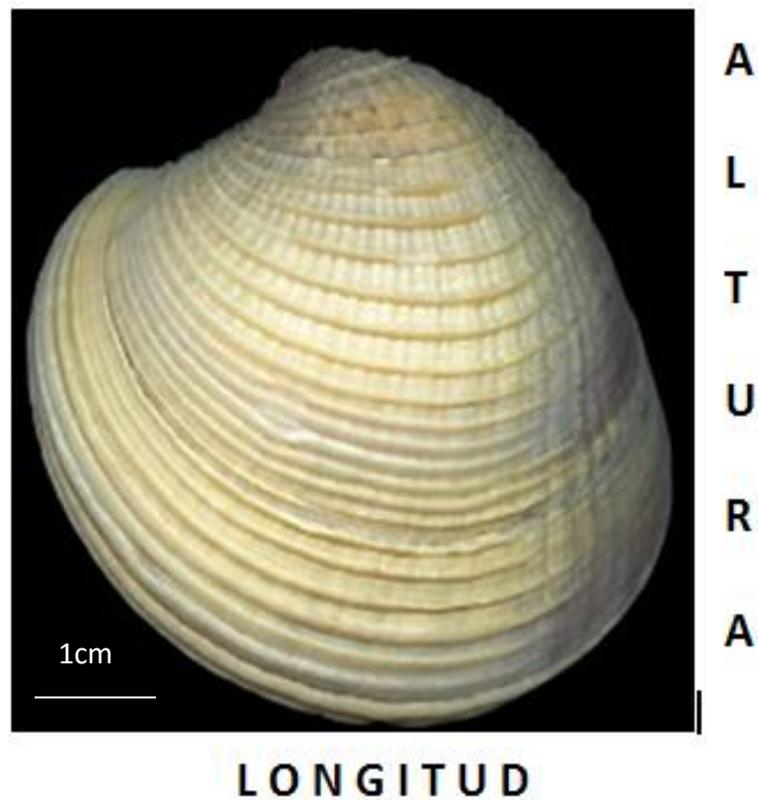


Figura 4. Altura y longitud de *Chione californiensis*.

El ciclo reproductivo se analizó de manera cualitativa mediante la aplicación de la técnica histológica de inclusión en parafina y coloración con hematoxilina-eosina (Humason, 1979) para describir sus características microscópicas (Fig. 5). Adicionalmente se calculó la proporción de sexos y la talla de primera madurez.

Las gónadas de machos y hembras se describieron siguiendo los criterios de García-Domínguez et al. (1993) para determinar las fases de desarrollo gonádico: indiferenciación, desarrollo, madurez, desove y posdesove. Las características claves fueron la abundancia del tejido conjuntivo, tamaño de los folículos y túbulos seminíferos, presencia de los folículos y de túbulos seminíferos, folículos rotos con disgregación de gametos y presencia de fagocitos.

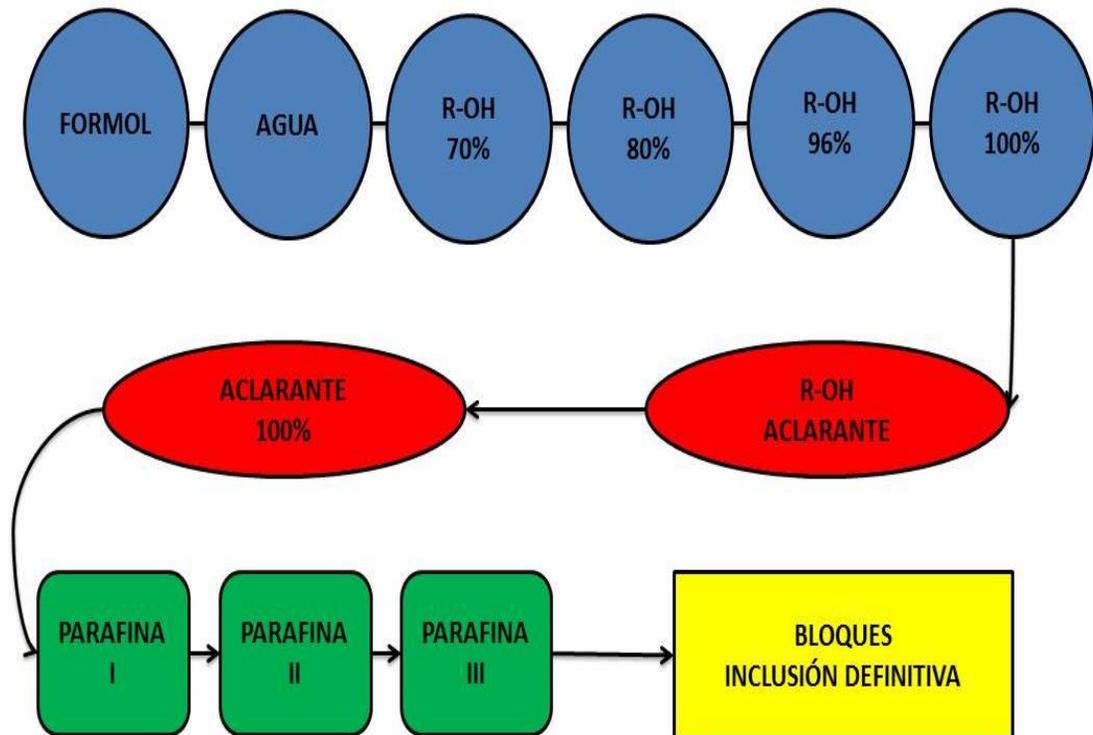


Figura 5. Técnica histológica.

Para elaborar la gráfica del ciclo reproductivo, se calcularon las frecuencias relativas mensuales de cada una de las fases.

Para complementar de manera cuantitativa el estudio histológico se calcularon el índice de la masa visceral (IMV) (Romo-Piñera, 2010), debido a que la gónada es difusa y no se puede separar de las vísceras y el índice de condición general (ICG) (Villalejo-Fuerte et al., 2000), que es un valor numérico que determina la condición generalizada de un organismo. La disminución de ambos índices es interpretada como un desove (Villalejo-Fuerte et al., 2000; Romo-Piñera, 2010) Las fórmulas se expresan como:

$$IMV = \frac{PMV}{PCB} \times 100 \quad \text{y} \quad ICG = \frac{PCB \times 100}{PT}$$

Dónde:

PT = Peso total (g)

PMV = Peso de la masa visceral (g)

PCB = Peso del cuerpo blando (g)

Para comprobar si estos índices son buenos indicadores del desove de *C. californiensis*, los valores de los promedios mensuales de cada índice, se contrastaron con las frecuencias de desove.

Adicionalmente se calcularon la proporción de sexos y la talla de primera madurez. La proporción de sexos se determinó por mes y se probó la hipótesis de que es de 1: 1, utilizando la prueba estadística χ^2 con una confianza del 95% (Zar, 1996).

$$\sum \cdot = \frac{(o - e)^2}{e}$$

La talla de primera madurez se estimó con base a la frecuencia relativa y a la acumulada por intervalo de longitud de 3 mm de individuos maduros y en desove, ajustando un modelo logístico para determinar el valor de la talla que corresponde al

50% de los individuos incluidos (L_{50}). Para este estudio se consideró que los individuos son sexualmente activos cuando están en la fase de madurez y desove.

$$L_{50} = \frac{1}{1 + e^{(a-(b*L))}}$$

Los datos de temperatura superficial del agua fueron tomados *in situ* al momento de la recolección de los organismos con la ayuda de un termómetro de mercurio.

Como indicador de la disponibilidad del alimento para los organismos filtradores, se obtuvieron los valores promedios mensuales de la clorofila *a* mg/m^3 mediante imágenes satelitales (AQUA MODIS).

Por otra parte, de la página del Observatorio Naval de los Estados Unidos (The United States Naval Observatory, USNO: <http://www.usno.navy.mil/USNO>), se obtuvieron los valores del fotoperiodo que corresponden a los promedios mensuales expresados en horas/luz.

Para determinar la presencia de El Niño durante el periodo de muestreo se utilizó en Índice oceánico de El Niño (NOAA), en el cual calcula una media móvil tres meses de la temperatura superficial del mar, observándose temperaturas anómalas positivas de enero de 2015 a mayo de 2016.

Para analizar los datos se realizaron pruebas de normalidad. Cuando no siguieron una distribución normal, se realizaron pruebas no paramétricas.

Adicionalmente, se realizaron análisis de varianza no paramétricos de Kruskal Wallis para las frecuencias de desove en los períodos El Niño, La Niña y normales. Cuando hubo diferencias significativas con respecto a cada período, se efectuaron pruebas de comparaciones múltiples de Dunnet. Se utilizó un análisis ANOVA para crear intervalos de confianza para las diferencias entre las medianas de cada grupo, en este caso las frecuencias de desove de cada uno de los periodos.

6. RESULTADOS

6.1. ESTRUCTURA GONÁDICA

La almeja roñosa *C. californiensis* es una especie gonocórica, que presenta una gónada situada en la región dorsal cerca de la glándula digestiva, que durante la madurez máxima se extiende por toda la masa visceral. Los machos y las hembras tienen gónadas con el mismo tono de coloración, textura y consistencia, por lo que a simple vista no se puede identificar el sexo de los individuos, ni su estado de maduración (Fig. 6). Por lo tanto, es indispensable el uso del método histológico para identificar el sexo y establecer el grado de desarrollo que presenta la gónada.

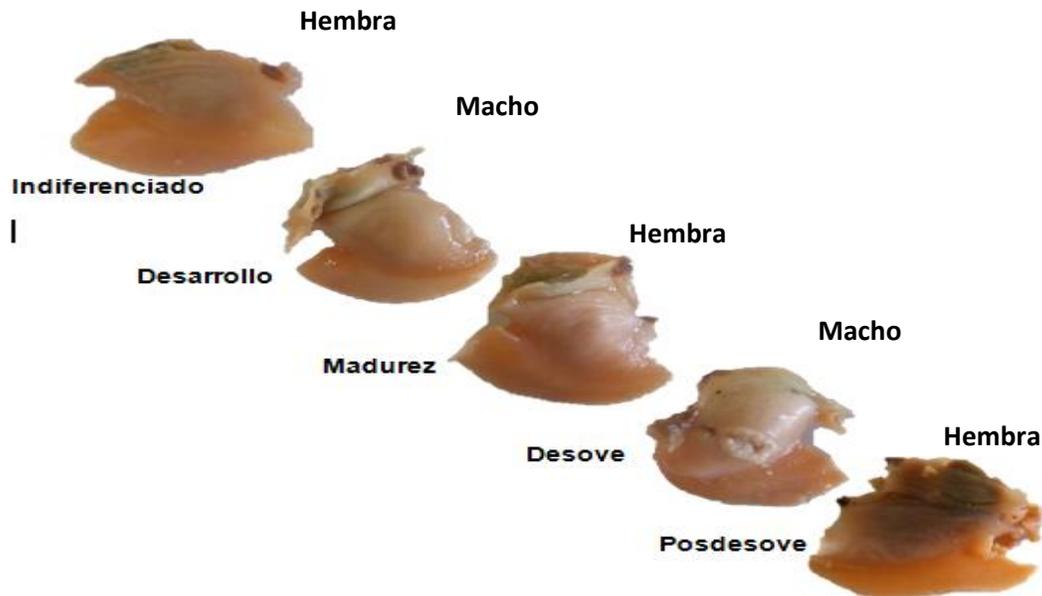


Figura 6. Morfología externa de la masa visceral en machos y hembras de *Chione californiensis*. En las diferentes fases de desarrollo gonádico (determinadas mediante un análisis histológico, efectuado después de la toma de las fotografías). No se aprecian cambios o diferencias en la coloración y textura del tejido.

Tanto en hembras como machos se observaron cinco fases de desarrollo gonádico: indiferenciación, desarrollo, madurez, desove y posdesove.

Indiferenciación: Se caracteriza por la ausencia de gametos, por lo que no es posible identificar el sexo de los organismos. El tejido conjuntivo abarca la mayor parte del espacio de la gónada rodeando la glándula y el tubo digestivo. En esta etapa hay una gran actividad de almacenamiento de nutrientes (Fig. 7).

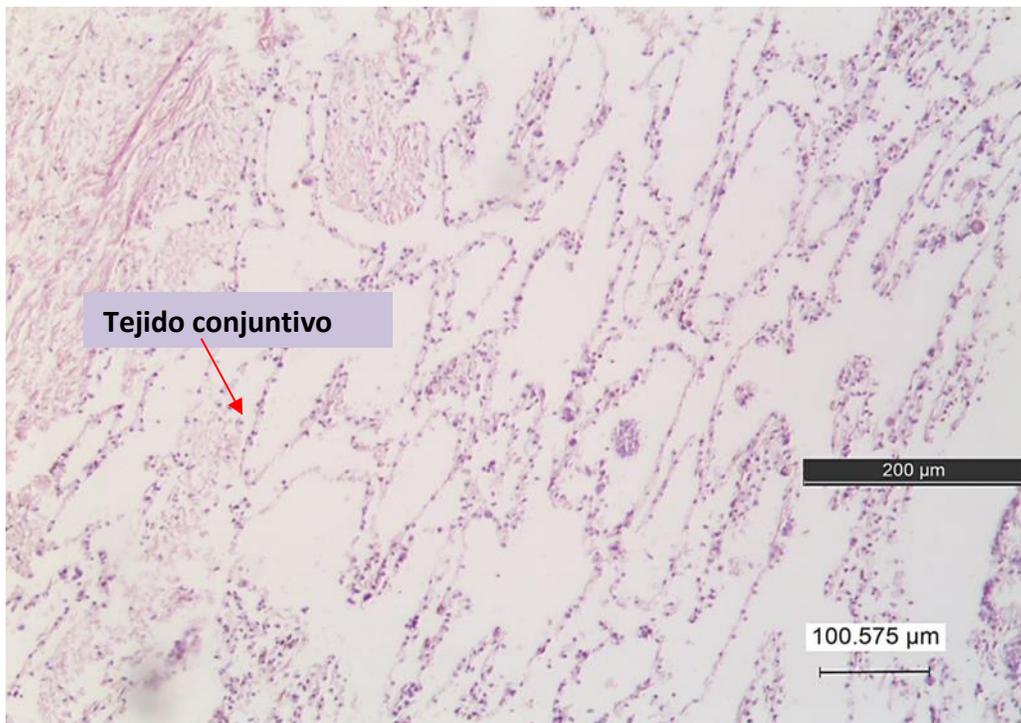


Figura 7. Fase de indiferenciación de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 10X.

6.2. HEMBRAS

Desarrollo: Se observan numerosos folículos intercalados con el tejido conjuntivo que forma la masa visceral. En su interior hay células sexuales femeninas que varían en número y tamaño dependiendo del grado de desarrollo, están unidas a la pared de los folículos mediante un pedúnculo y tienen un diámetro entre 10 y 30 μm . Conforme avanza la gametogénesis los ovocitos abarcan un mayor espacio

dentro del lumen. Los folículos aumentan de tamaño y el tejido conjuntivo todavía se presenta de manera abundante. En la pared folicular se ve una capa delgada de células y fibras del tejido conjuntivo (Fig. 8).

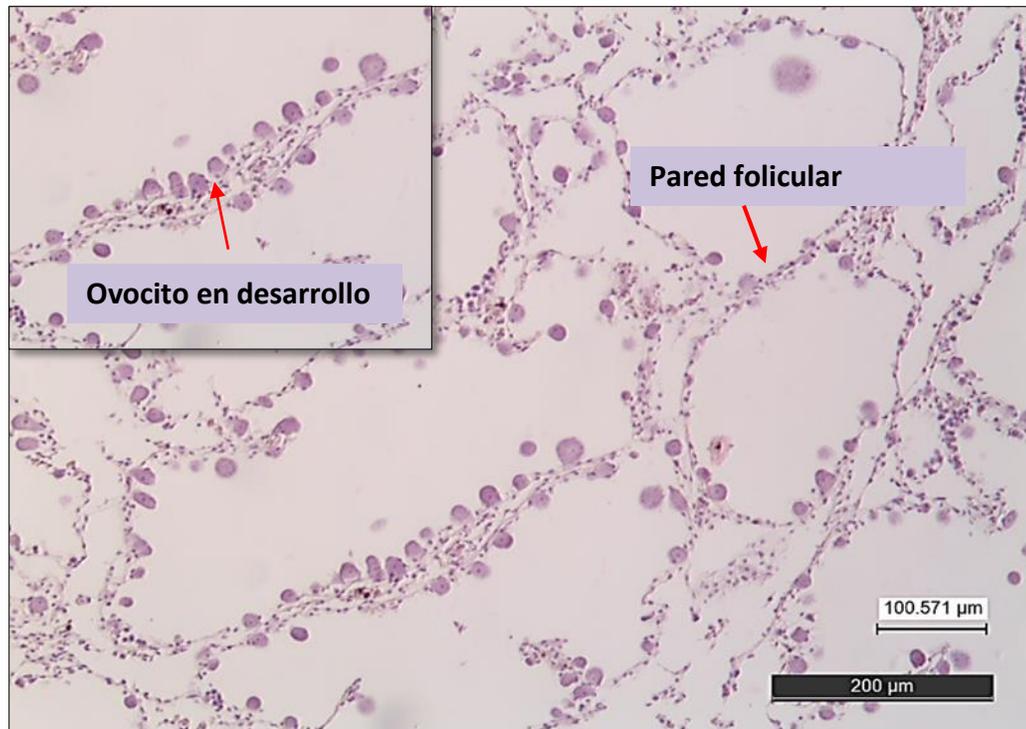


Figura 8. Fase de desarrollo en hembras de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20x.

Madurez: El lumen de los folículos está lleno de ovocitos maduros, casi todos se encuentran separados de la pared folicular y alcanzan diámetros de 40 μm . Los ovocitos tienen una forma poligonal. El tejido conjuntivo ha sido sustituido casi en su totalidad por los folículos que forman el tejido gonádico. El espacio entre folículos es reducido. (Fig. 9).

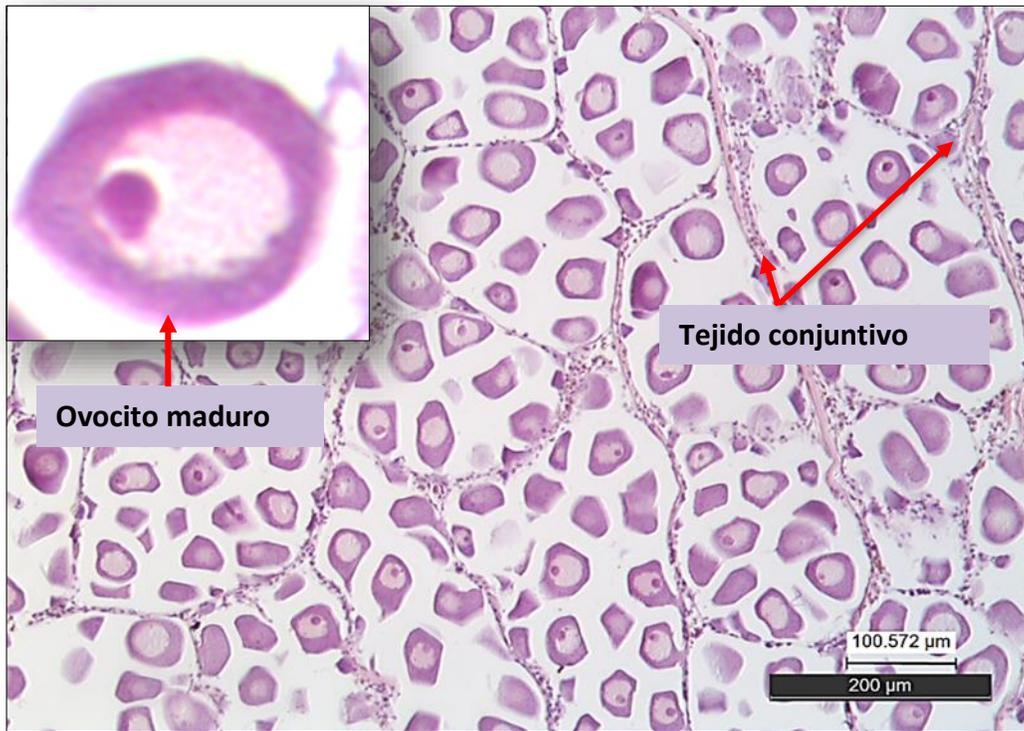


Figura 9. Fase de madurez en hembras de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

Desove: Los gametos femeninos empiezan a ser liberados en su gran mayoría al medio externo. En el interior de los folículos se observan espacios libres entre los ovocitos y un gran número de ovocitos sueltos. Las membranas de las paredes de los folículos están rotas y no es posible diferenciar un folículo de otro porque se pliegan entre si conforme se liberan los gametos. Los fagocitos son más numerosos y son de color amarillo a café. Se observa que la gametogénesis continúa (Fig. 10.)

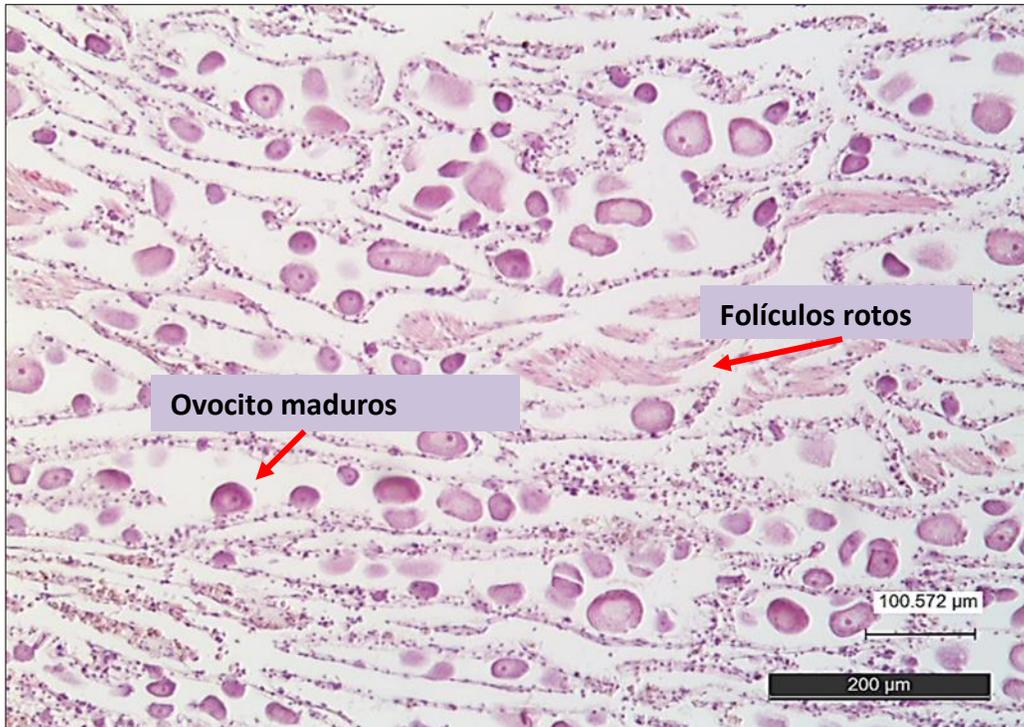


Figura 10. Fase de desove en hembras de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

Posdesove: Los gametos han sido liberados casi en su totalidad y solo se observan células remanentes. Los fagocitos aumentan en número de manera considerable y rodean los ovocitos no expulsados y los reabsorben. La mayoría de los folículos tienen paredes rotas, y hay gran cantidad de fagocitos en su alrededor. Empiezan a aparecer fibrocitos y fibroblastos. Los ovocitos residuales tienen forma irregular o ligeramente ovalada, su contorno puede ser rugoso y en degradación por el proceso de lisis (Fig. 11).

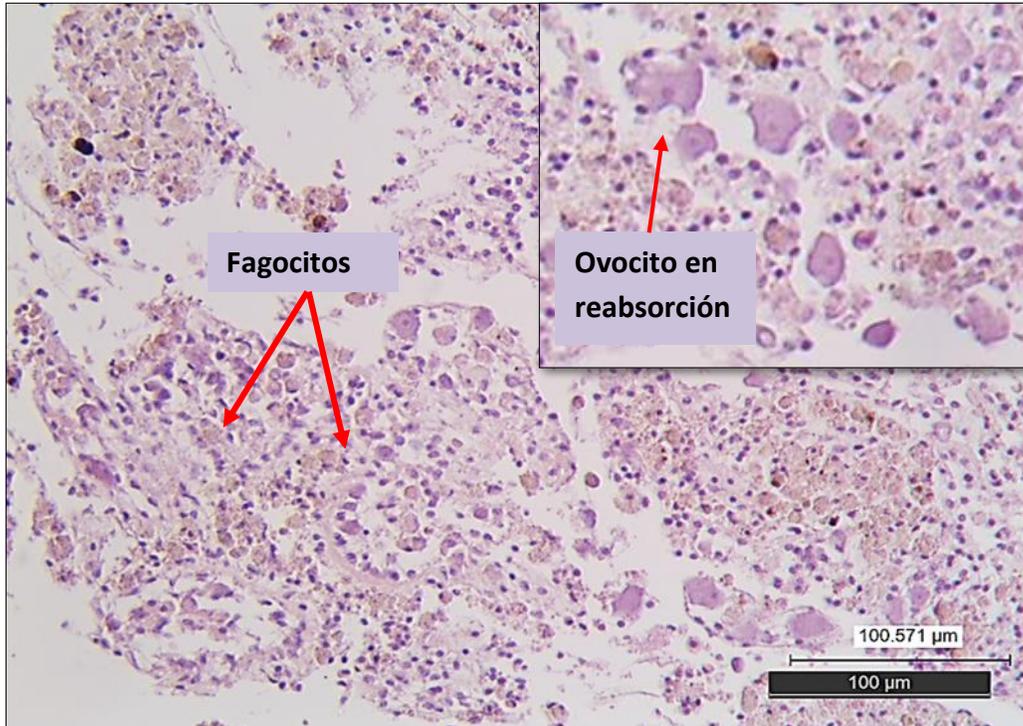


Figura 11. Fase de posdesove en hembras de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

6.3. MACHOS

Desarrollo: Los túbulos seminíferos son de tamaño más pequeño que los folículos de las hembras y están rodeados por una gran cantidad de tejido conjuntivo. Las espermatogonias y espermatocitos se encuentran en desarrollo constante desde la periferia hacia el interior del tubo, orientándose hacia el centro conforme avanza el desarrollo. Su forma es esférica, con diámetro entre 5 y 9 μm , dando origen a un número considerable de espermátidas de tamaño más pequeño. El número de espermatozoides se incrementa cuando los túbulos aumentan de tamaño. El tejido conjuntivo se empieza a reducir al ser desplazado por el aumento del tamaño de los túbulos seminíferos (Fig. 12).

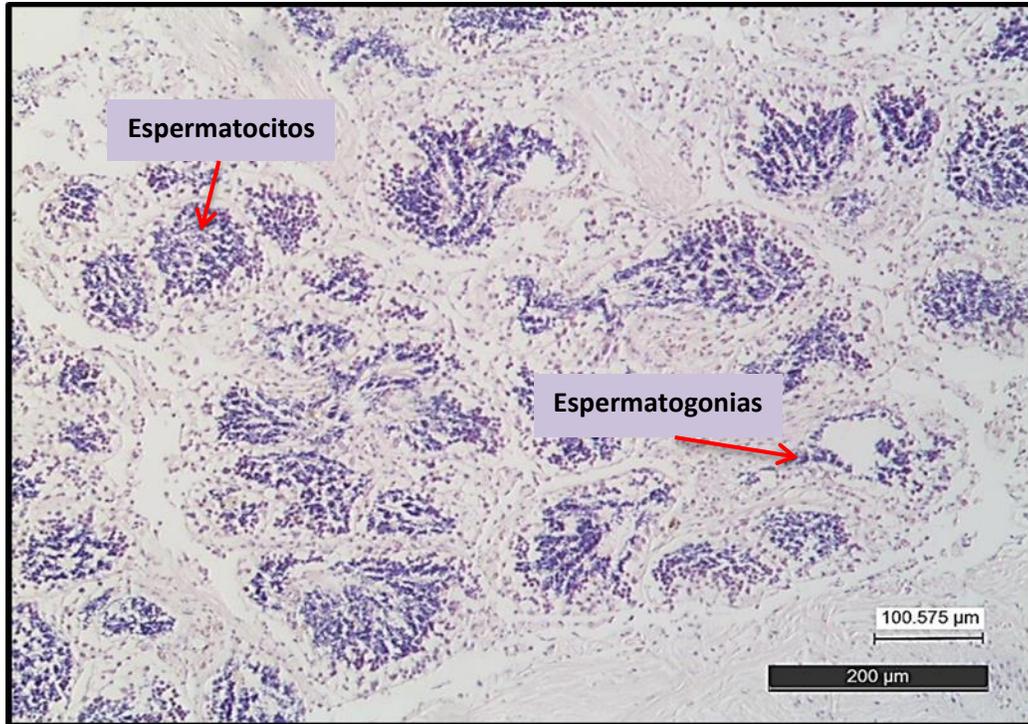


Figura 12. Fase de desarrollo en machos de *Chione californiensis* Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

Madurez: Los túbulos seminíferos están llenos de espermatozoides, estos cuentan con un flagelo dispuesto hacia el centro del túbulo, y se comprimen unos con otros. Gran parte del espacio que ocupaba el tejido conjuntivo es cubierto por los túbulos que se encuentran completamente maduros, pero a diferencia de las hembras en las que porción del tejido conjuntivo es mínimo, en los machos se encuentra en mayor proporción (Fig. 13).

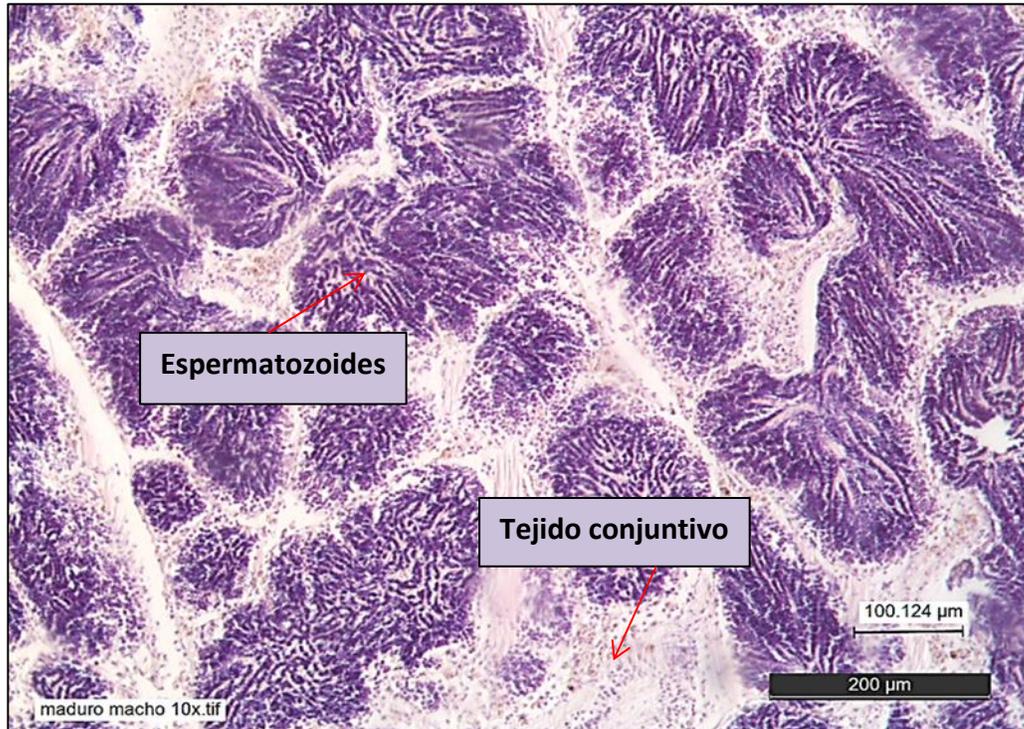


Figura 13. Fase de madurez en machos de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

Desove: El espacio dentro de los túbulos seminíferos empieza a aumentar por la expulsión de los primeros espermatozoides. Las paredes de los túbulos se rompen, aumenta el espacio vacío entre estos y los espermatozoides se encuentran disgregados. Conforme estos son liberados, aumenta la cantidad de fagocitos. En los machos se pueden ver claramente espermatogonias en proceso de desarrollo y la gametogénesis es constante (Fig. 14).

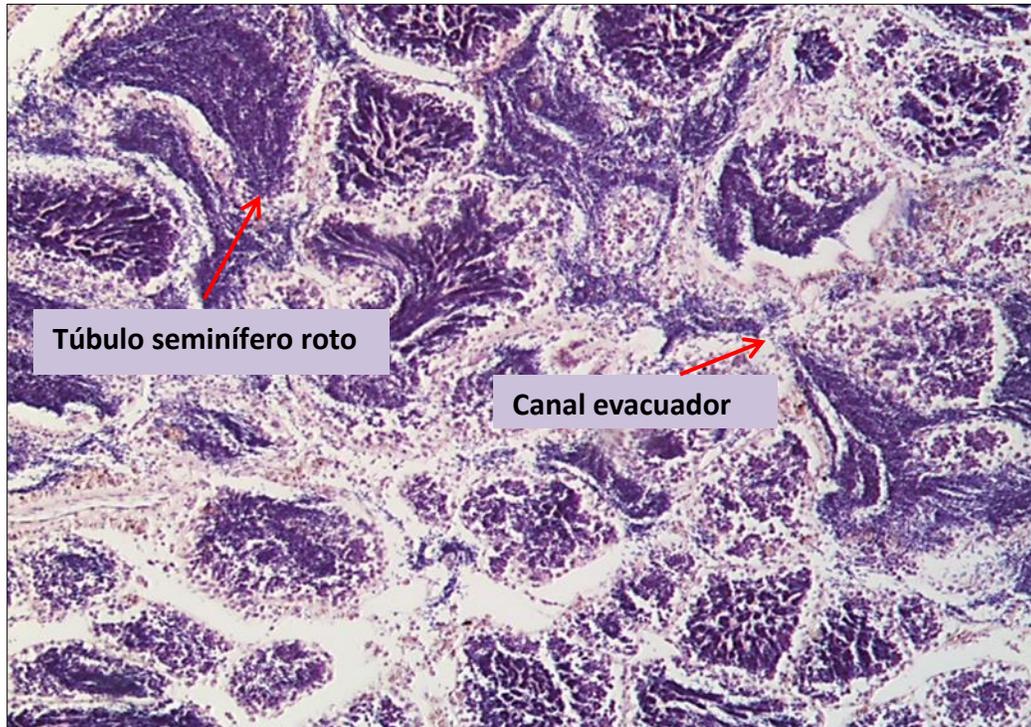


Figura 14. Fase de desove en machos de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

Posdesove: Los túbulos seminíferos se encuentran rotos y no se pueden distinguir uno del otro, los espermatozoides han sido liberados en su mayoría. Los gametos residuales son reabsorbidos o fagocitados. Estas células se encuentran rodeando a los espermatozoides y a las células que conforman los túbulos. Hay proliferación de fibroblastos que formarán parte del tejido conjuntivo (Figura 15).

Hermafrodita: Las células masculinas se encuentran dispersas fuera de los folículos, mientras que se pueden observar ovocitos de manera simultánea dentro de los folículos (Fig. 16).

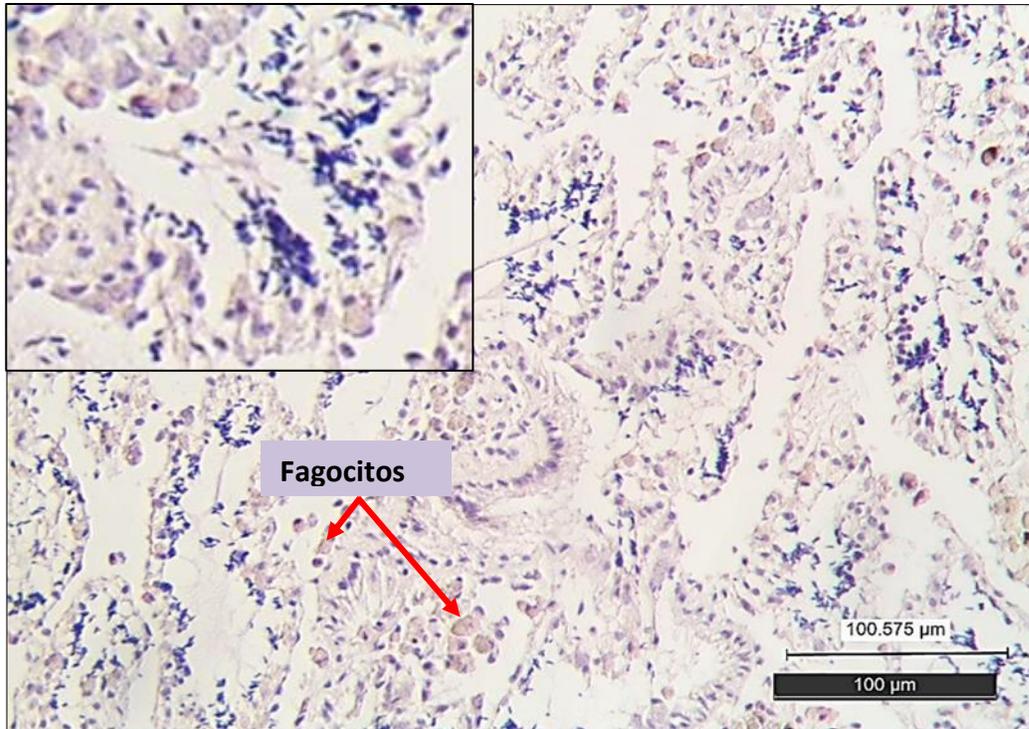


Figura 15. Fase de posdesove en machos de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

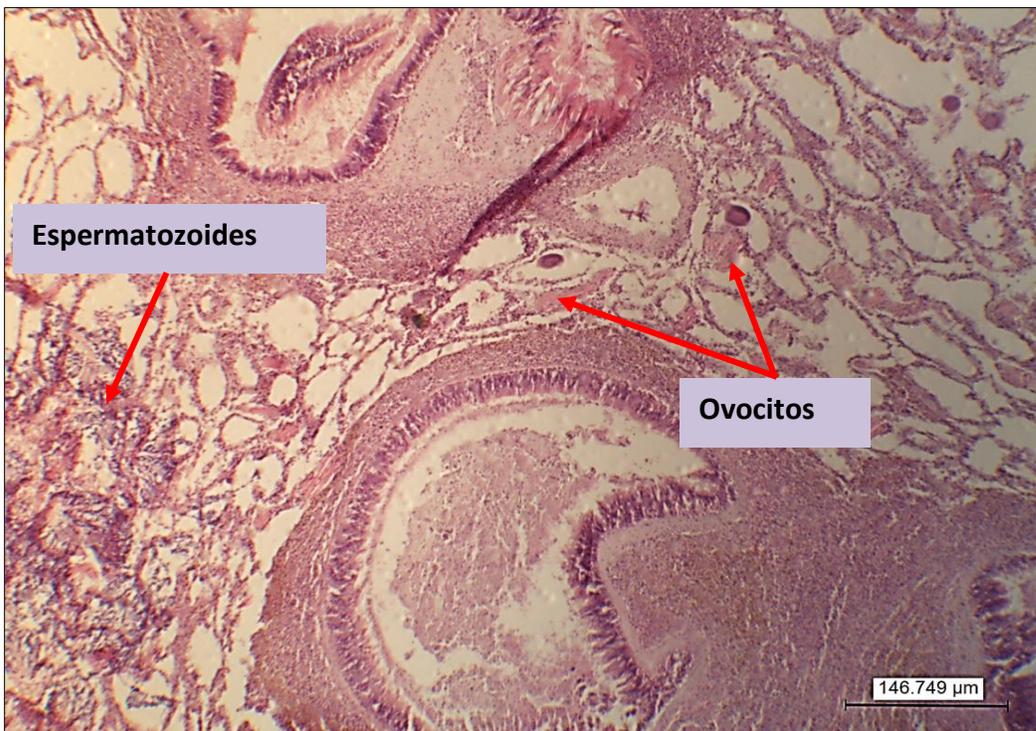


Figura 16. Ejemplar hermafrodita de *Chione californiensis*. Tinción hematoxilina-eosina. 20X.

6.4. CICLO REPRODUCTIVO

La presencia de organismos en fase de indiferenciación se observó durante todos los meses, representando del 23.3 al 40% del total de los individuos muestreados de enero a junio y con porcentajes menores (6%) de julio a diciembre de 2015. De enero a diciembre de 2016 la fase de indiferenciación se presentó entre el 16 y el 40%.

Los individuos en desarrollo gonádico se presentaron de enero a julio y de octubre a noviembre de 2015, con valores del 3 al 50%, con un pico máximo en mayo. De enero a mayo de 2016 los valores se incrementaron del 16 al 40%, con el valor más alto en abril, lo que resto del año no sobrepasaron el 10%, en ambos años las frecuencias más altas de organismos en desarrollo se presentaron en coincidencia con los valores más altos de clorofila. La fase de madurez se presentó de abril a noviembre de 2015 (6 al 26%) con mayor importancia en abril y octubre. Para el 2016 los porcentajes de madurez fueron menores al 10% de enero a mayo con los valores más altos (33%) de junio a agosto. El desove se presentó en todos los meses, excepto en febrero, con las frecuencias más altas (53 al 70%) de julio a noviembre de 2015, con el máximo en agosto. Durante el 2016, el desove fue constante en todos los meses con las frecuencias más altas en octubre y noviembre (53 y 63% respectivamente). El posdesove se presentó de enero a mayo con valores del 6 al 13% y de octubre a diciembre, con el máximo en diciembre (50%), al igual que el 2016 donde las frecuencias más altas se presentaron septiembre a diciembre, con el pico máximo en diciembre (Fig. 17).

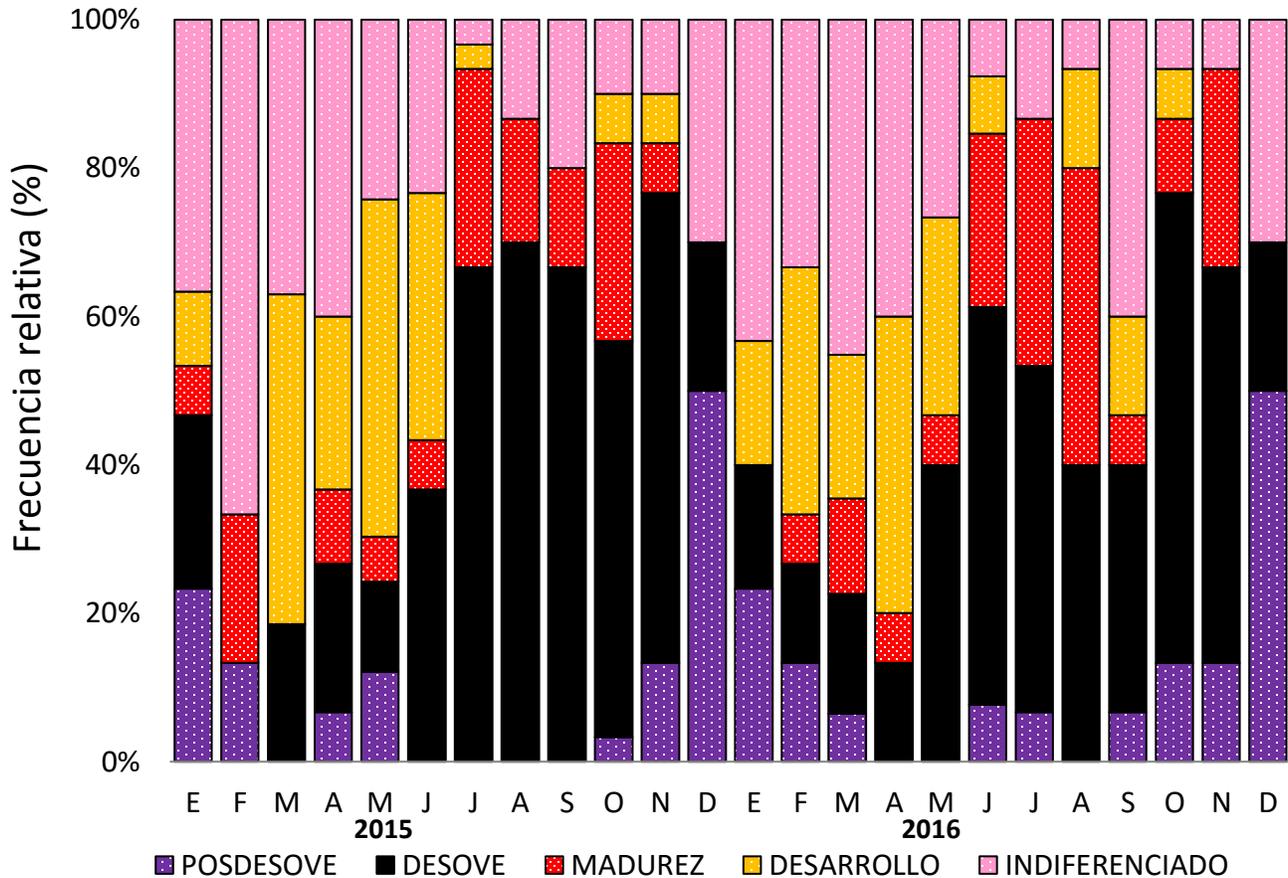


Figura 17. Ciclo reproductivo de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.5. PROPORCIÓN DE SEXOS

De un total de 360 organismos recolectados durante el período de enero a diciembre de 2015, el 25.27% fueron machos, el 25.27% fueron hembras, el 49.44% correspondió a organismos con indiferenciación sexual y el 0.2% fueron hermafroditas. Hubo diferencias significativas en enero, cuando predominaron los machos ($X^2 = 3.87$, $p < 0.05$) y en abril cuando predominaron las hembras ($X^2 = 6.4$, $p < 0.05$).

En 2016 se recolectaron 360 organismos, el 36.66% fueron machos, el 37.22% fueron hembras y el 26.11% presentaron indiferenciación sexual. Se encontraron diferencias significativas en la proporción de sexos solo en junio, cuando predominaron las hembras ($X^2 = 8.1$, $p < 0.05$).

En la mayor parte de ambos años se presentaron ligeras variaciones en la proporción sexual, se observan aparentes cambios en algunos meses (enero y febrero de 2015) cuando predominaron los machos y en marzo y junio de 2016 cuando predominaron las hembras. La proporción de sexos general fue de 1: 1 ($p < 0.05$) (Fig. 18)

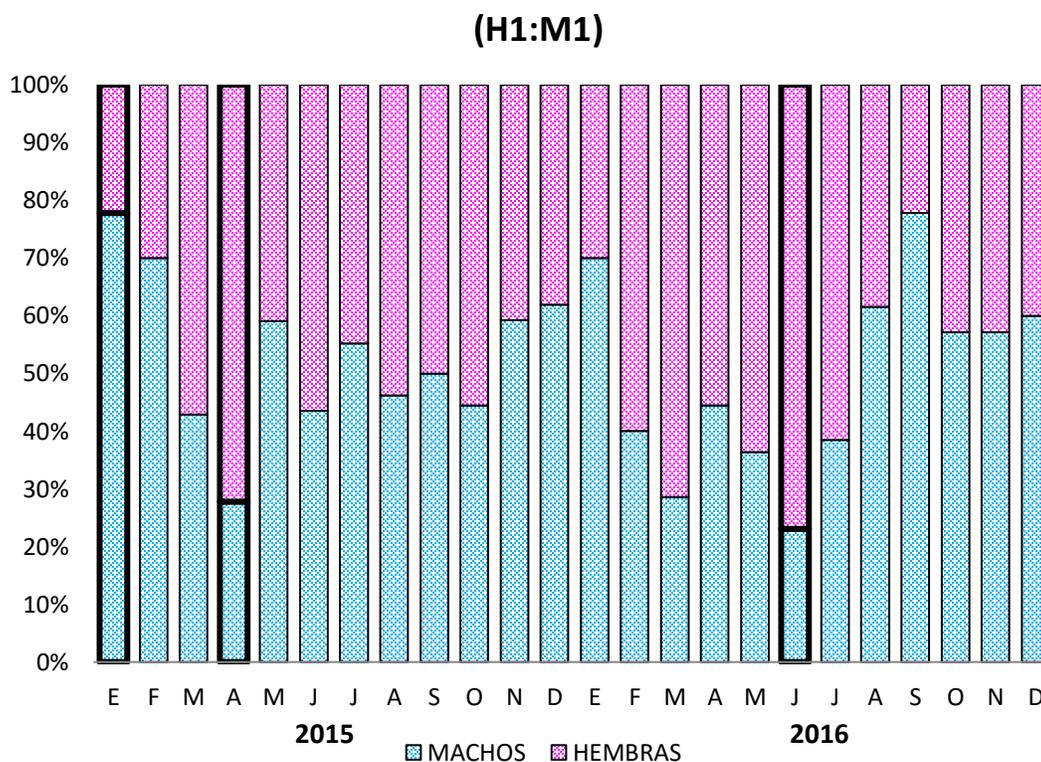


Figura 18. Proporción mensual de sexos de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.6. TALLA DE PRIMERA MADUREZ

Durante el presente estudio, la longitud de los machos y las hembras varió de 20 a 47 mm, con un promedio de 35.34 mm y una desviación estándar de 4.94. La talla de primera madurez de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena se estableció en 35 mm de longitud. Sin embargo, se encontraron organismos con desarrollo gonádico desde los 20 mm de longitud (Fig. 19).

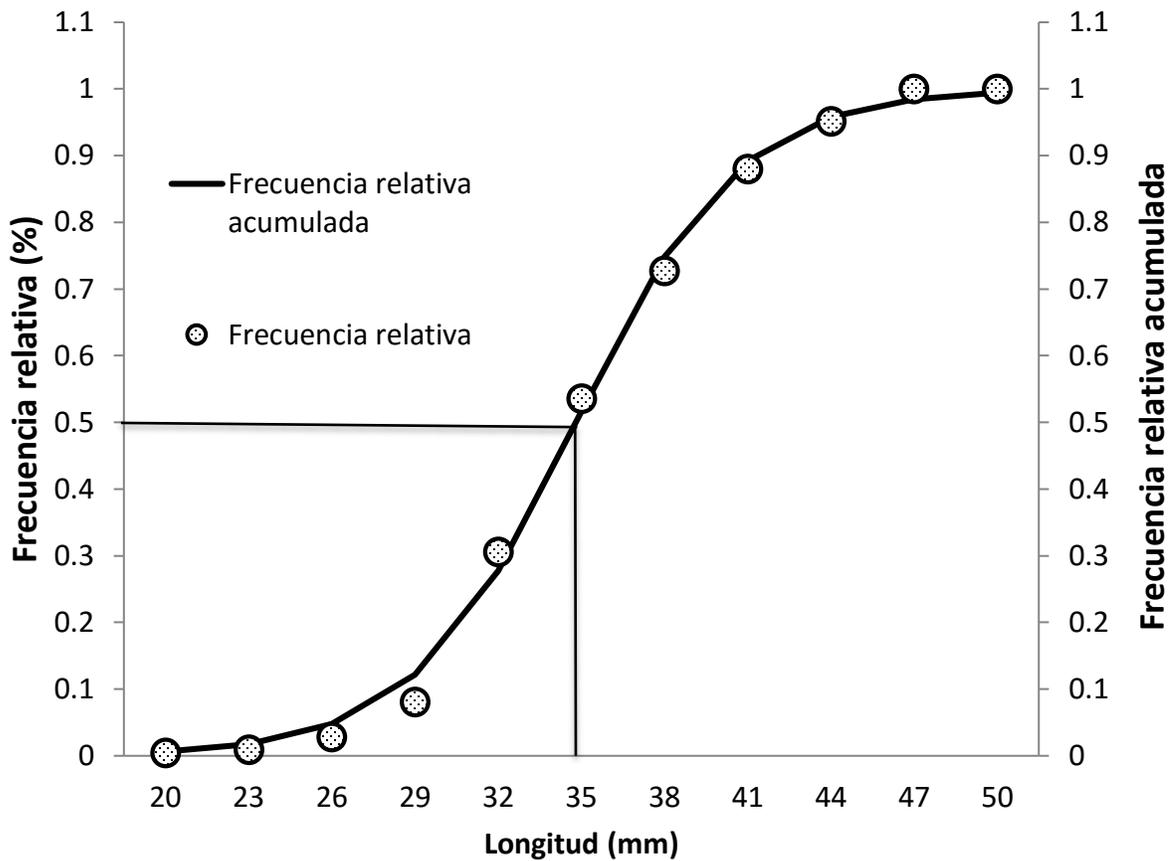


Figura 19. Talla de primera madurez de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.6.1. TEMPERATURA

En enero de 2015 la temperatura fue de 22 °C y aumentó de manera gradual hasta alcanzar los 31.5 °C en septiembre. Posteriormente disminuyó de diciembre de 2015 a mayo de 2016, cuando la temperatura no sobrepasó los 25 °C, después volvió a incrementarse hasta 28 °C en octubre y volvió a disminuir hasta 23 °C en diciembre de 2016 (Fig. 20).

El valor de correlación fue significativo entre las frecuencias de desove y la temperatura ($r^S = 0.68$ $p < 0.05$) por lo que se aprecia de manera clara que conforme aumenta la temperatura, se incrementa la frecuencia de organismos en fase de desove.

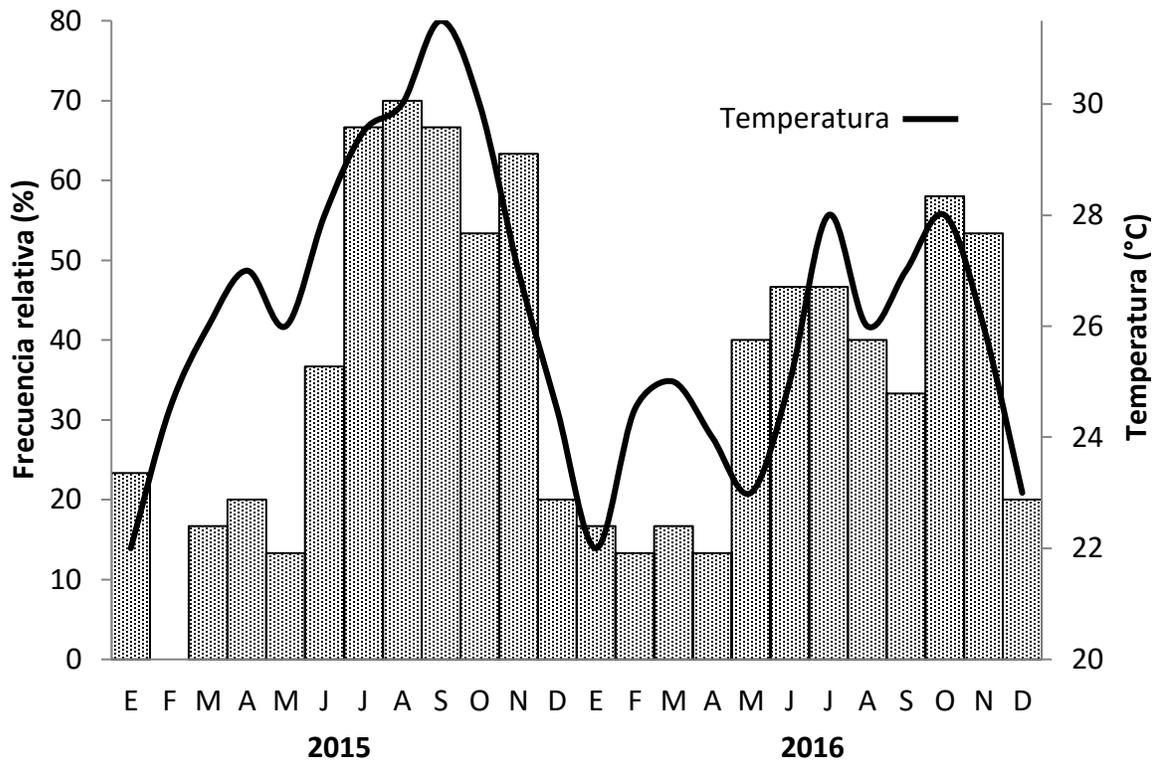


Figura 20. Frecuencia mensual de organismos en desove de *Chione californiensis* en relación con la temperatura en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.6.2. CLOROFILA

Durante 2015 los valores relativamente más altos de clorofila se presentaron de enero a junio con las más altas en mayo (0.76), coincidiendo con las temperaturas relativamente bajas, a partir de julio y hasta diciembre de 2015 las concentraciones bajaron gradualmente no sobrepasando los 0.07 mg/m³. Desde enero de 2016, los valores de clorofila aumentaron hasta 3.4 mg/m³ en mayo, de junio a noviembre los valores fueron menores a 0.6 mg/m³-y aumentaron en diciembre hasta 1.3 mg/m³ (Fig. 21).

El valor de correlación fue inversamente significativo entre las frecuencias de desove y las concentraciones de clorofila ($r^s = -0.60$ $p < 0.05$) donde se aprecia claramente que las frecuencias de desove más altas se presentan cuando las concentraciones de clorofila son menores.

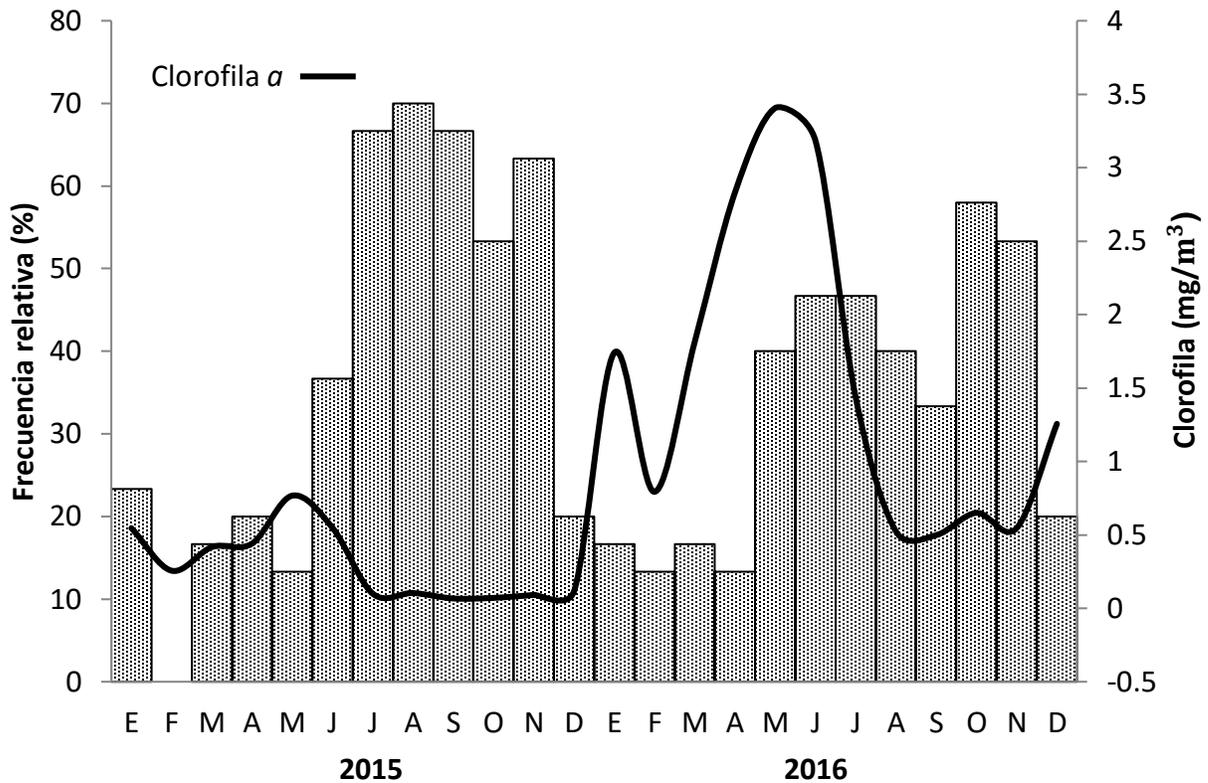


Figura 21. Frecuencia mensual de organismos en desove de *Chione californiensis* en relación con la clorofila a en Bahía Magdalena, B.C.S.

Lo contrario ocurre con la fase de desarrollo y las concentraciones de clorofila donde se observó un grado de correlación positivo ($r^s = 0.65$ $p < 0.05$), puesto que ambas variables tienen una misma tendencia al incrementarse de manera semejante. Durante el 2015 las frecuencias más altas de organismos en desarrollo se presentaron de marzo a junio, con las frecuencias más altas (50%) en mayo, en coincidencia con el pico máximo de clorofila 0.76 mg/m^3 , a partir de enero y hasta mayo de 2016, los organismos en desarrollo se incrementaron hasta un máximo del 40% en abril, cuando se presentaron los valores más altos de clorofila (1.8 a 3.4

mg/m³). Esto sugiere que las frecuencias más altas de organismos en desarrollo, son mayores cuando la disponibilidad del alimento es más alta (Fig. 22).

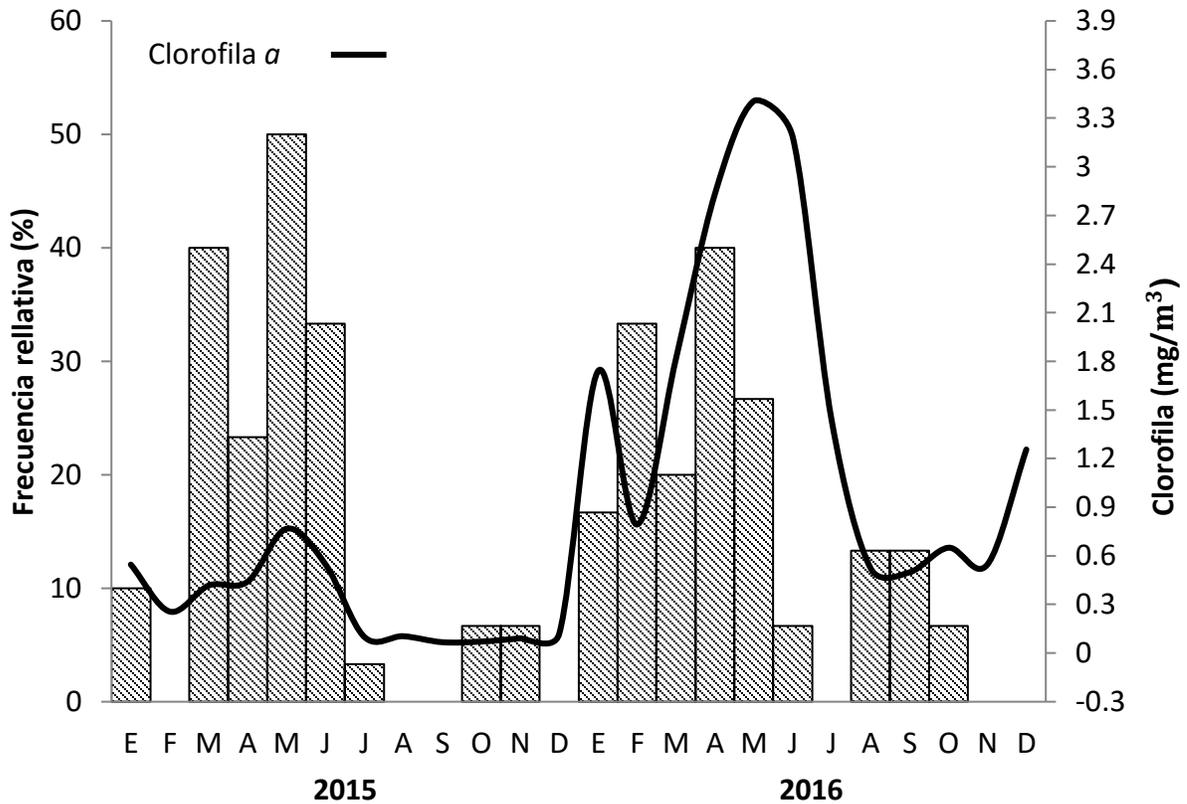


Figura 22. Frecuencia mensual de organismos en desarrollo de *Chione californiensis* en relación con la concentración de clorofila a en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.6.3. FOTOPERIODO

El fotoperiodo durante 2015 y 2016 presentó los valores más altos de iluminación en junio (13.35 Luz/día) y los menores en diciembre (10.42 Luz/día). El fotoperiodo se comportó igual en los dos años lo que sugiere que no es una causa de la variación de la temperatura, ni la clorofila.

Aunque las frecuencias de desove más altas en ambos años se presentaron a partir de junio, cuando los valores de horas luz son mayores, el valor de correlación no fue significativo ($r^s = .22$ $p > 0.05$). Esto parece indicar que no existe una relación con el desove (Fig. 23).

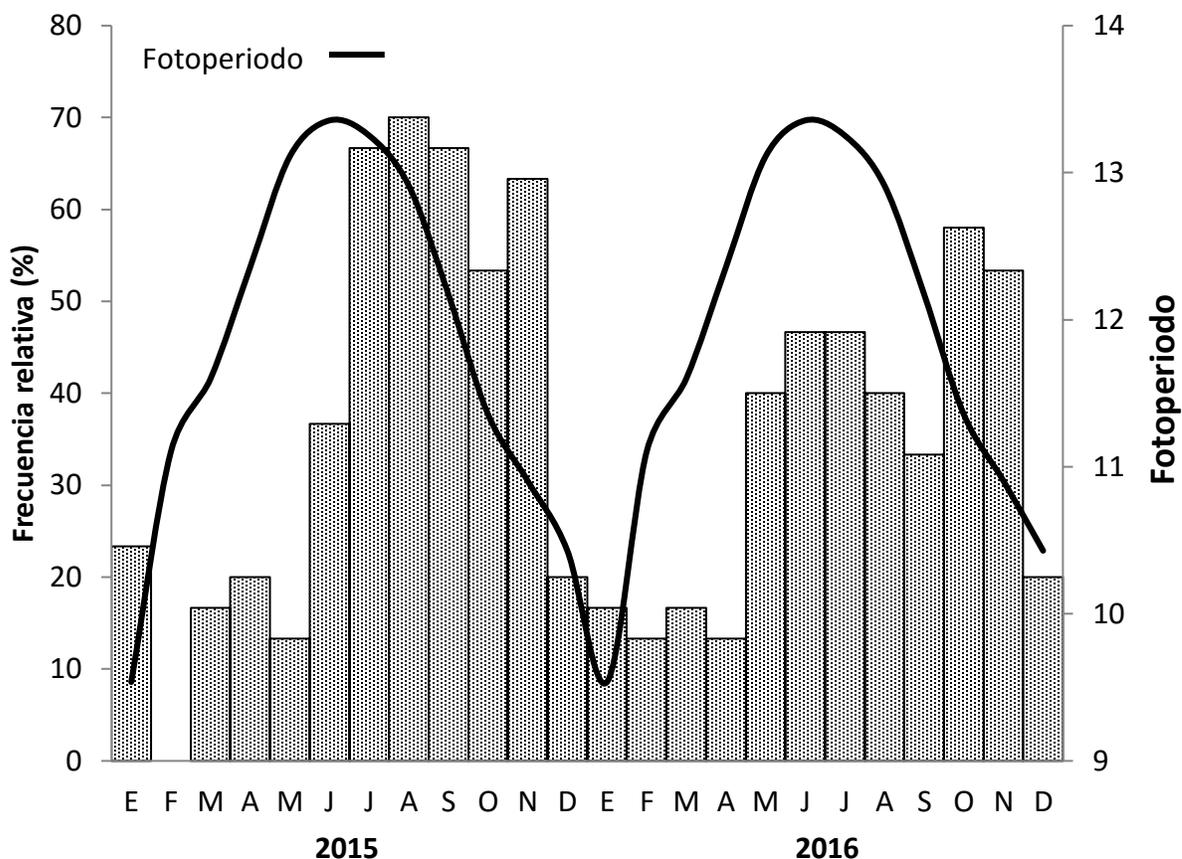


Figura 23. Frecuencia de organismos en fase de desove de *Chione californiensis* y su relación con el fotoperiodo en en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.7. ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS

6.7.1. ÍNDICE DE LA MASA VISCERAL

El valor promedio mensual del índice de la masa visceral (IMV) fue de 2.04, 2.10 y 2.14 en febrero, junio y noviembre de 2015, respectivamente; en los otros meses fueron menores a 1.39. Los promedios mensuales fueron mayores en 2016 con 2.65 y 2.73 en abril y octubre, respectivamente. El resto del año no sobrepasó de 2.28. El valor de correlación que se muestra entre el desove y el IMV no es significativo ($r^s = 0.11$ $p > 0.05$) (Fig. 24).

Por lo tanto, los valores observados del IMV no reflejan una relación con el desove. El análisis de varianza demostró diferencias en abril y octubre de 2015 (Apéndice II).

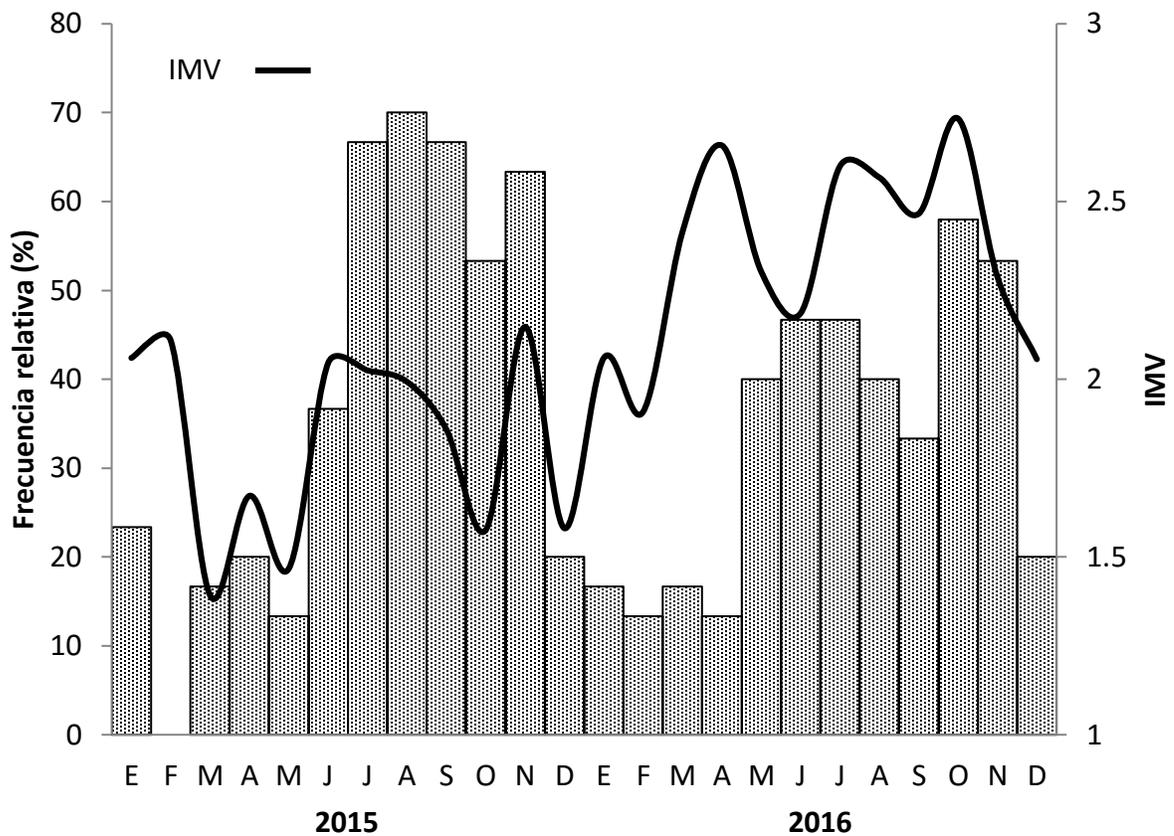


Figura 24. Frecuencia de organismos en desove de *Chione californirensis* en relación con el Índice de la masa visceral (IMV) en Bahía Magdalena, B.C.S.

La correlación entre el IMV y las concentraciones de clorofila es significativa ($r^s = 0.50$ $p < 0.05$). Esto puede sugerir una influencia del alimento en relación a la gametogénesis. El IMV aumento en junio de 2015 y presento ascensos y descensos hasta diciembre, cuando alcanzó el valor de 1.58 en coincidencia con las concentraciones más bajas de clorofila. Durante 2016, los valores de clorofila aumentaron junto con los valores del IMV (Fig. 24).

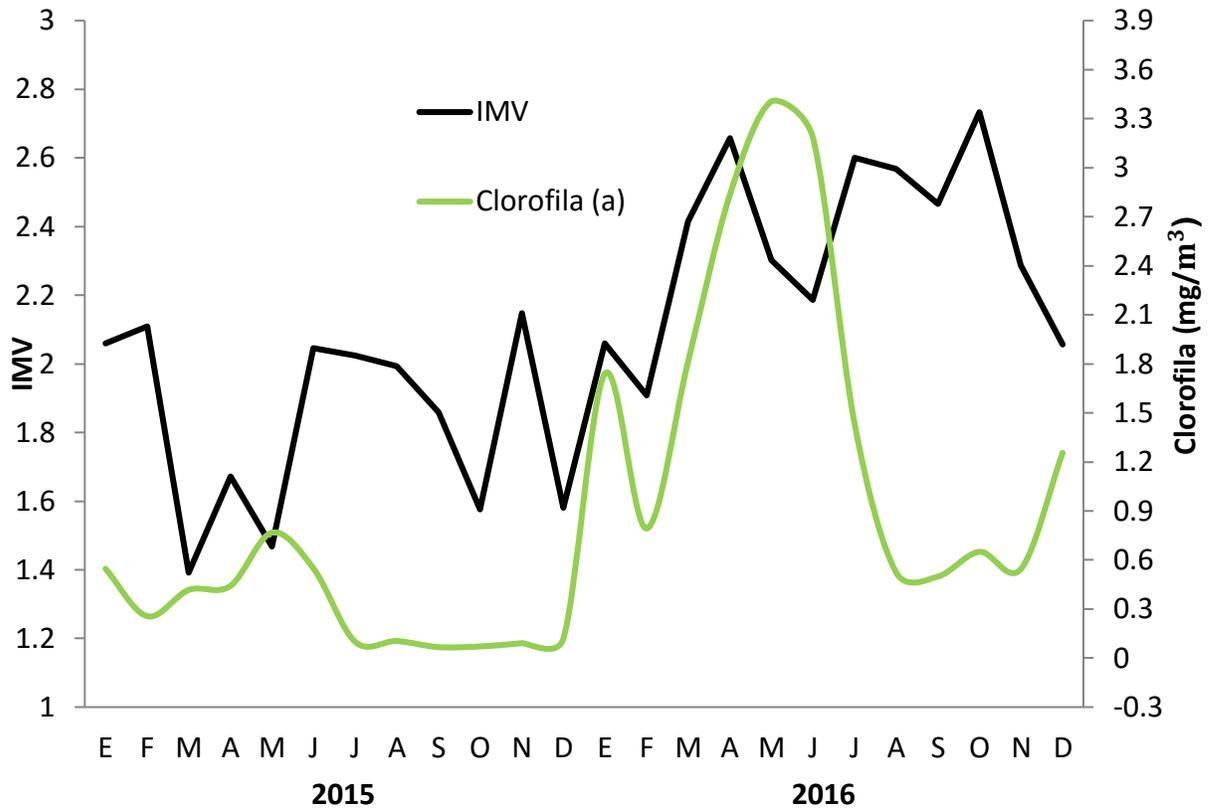


Figura 25. Relación del índice de la masa visceral (IMV) de *Chione californiensis* y la concentración de clorofila a en Bahía Magdalena, B.C.S

6.7.2. ÍNDICE DE CONDICIÓN GENERAL

El índice de condición general (ICG) mostró variaciones a lo largo de los dos años de estudio. En enero de 2015 el valor fue de 9.8 y disminuyó hasta 6.1 en abril, se incrementó de manera considerable hasta 11.7 en junio y a partir de julio a diciembre disminuyó notablemente con valores que no sobrepasaron los 7.4. En estos meses ocurrieron los porcentajes más altos de desove. En 2016 los valores del ICG se incrementaron de 9.2 en enero a 10.1 en marzo, de abril a diciembre, el valor disminuyó de manera progresiva hasta 6.1, en diciembre, coincidiendo con las

frecuencias de desove más altas (Fig. 26). El análisis de varianza solo registró diferencias en marzo de 2016 (Apéndice I).

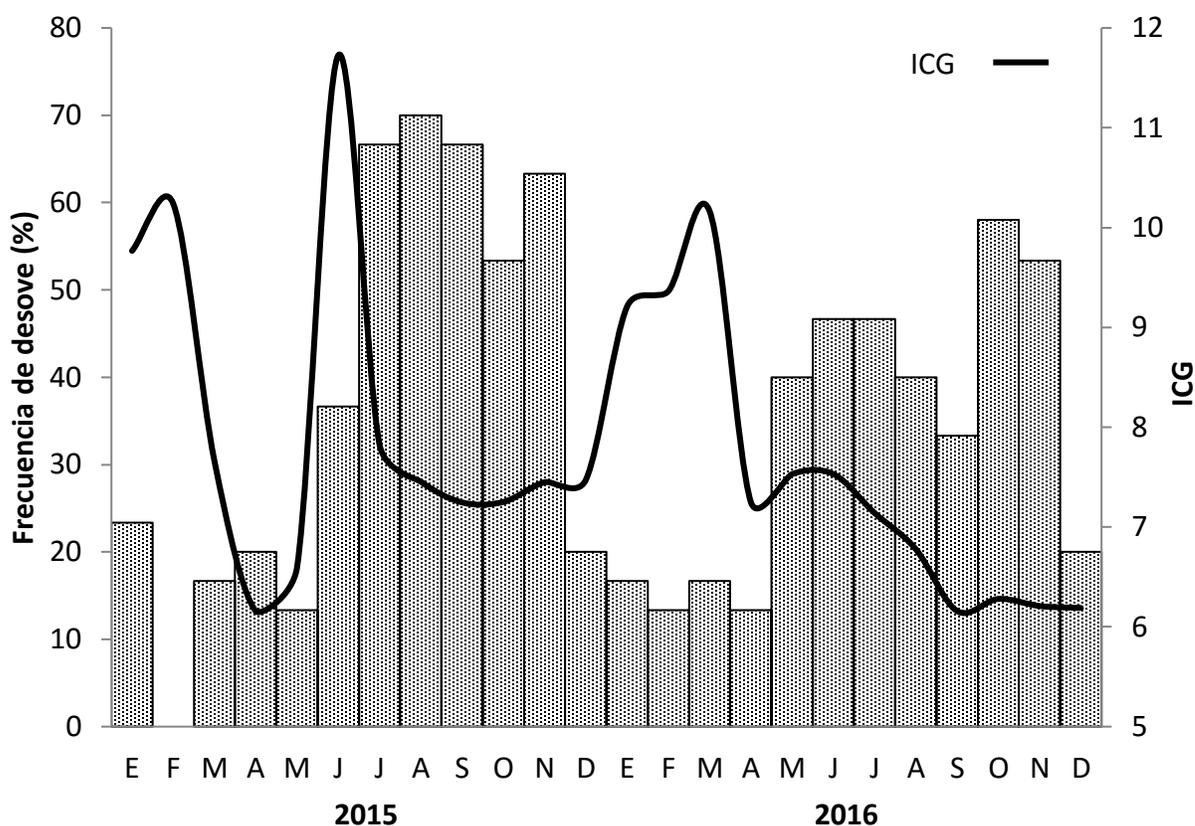


Figura 26. Frecuencia mensual de los organismos en desove de *Chione californiensis* en relación con el índice de condición general (ICG) en Bahía Magdalena, B.C.S.

La relación del ICG y las frecuencias de desove de las almejas por mes aparentemente fue inversa con los valores más bajos del ICG, cuando se presentan los mayores porcentajes de desove, aunque esta no fue significativa ($r^s = -0.24$ $p > 0.05$).

La relación del ICG con la concentración de clorofila no fue significativa ($r^s = -0.07$ $p > 0.05$), aunque de manera general los valores del ICG más bajos coincidieron con las bajas concentraciones de clorofila (Figura 27).

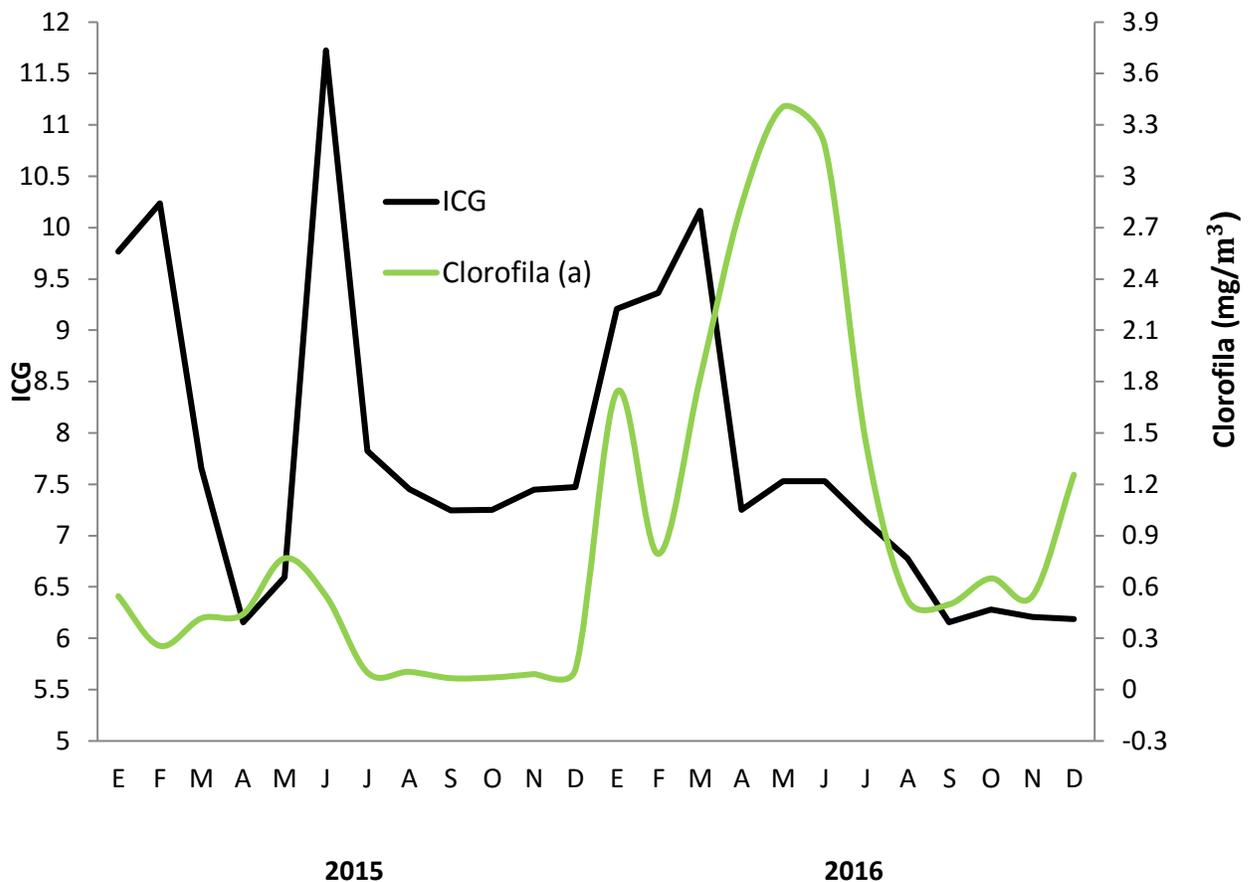


Figura 27. Relación entre el índice de condición general (ICG) de *Chione californiensis* y la concentración de clorofila a en Bahía Magdalena, B.C.S.

6.8. FRECUENCIAS DE DESOVE BAJO CONDICIONES EL NIÑO, LA NIÑA Y NORMALES

Se efectuó una comparación de las frecuencias de desove de *Chione californiensis* bajo condiciones ambientales distintas, publicadas en otros estudios realizados en la zona intermareal en Bahía Magdalena. Se consideraron el trabajo de García-Domínguez et al. (1993), realizado en 1988, año influenciado por La Niña con temperaturas anómalas negativas de -4 °C, el de Prado-Ancona (1998), realizado en 1993, considerado como un año normal y el presente estudio, realizado en 2015 bajo la influencia de El Niño con temperaturas anómalas de 2 °C (Figura 28).

En este estudio se encontró que durante el período 2015, año considerado como El Niño, se registraron 11 meses de desoves continuos con excepción de febrero, los meses de mayor frecuencia de organismos en esta fase se observaron de junio a noviembre con frecuencias mayores al 60%, en coincidencia con las temperaturas más altas que oscilaron en un intervalo de 26 a 301.5 °C.

Por otra parte, durante 1993, año considerado como normal (Prado-Ancona, 1998), el desove fue continuo durante 11 meses, excepto en enero, este año se caracterizó por encontrar frecuencias de desove del 50% al 85%, durante un período de siete meses (abril-octubre) a una temperatura que varió entre 19.5 y 26 °C.

Así mismo, durante 1988, año considerado como La Niña (García-Domínguez et al., 1993) el desove se restringió a solo cuatro meses (junio-septiembre), con intervalos de temperatura de 24 a 26 °C, con las mayores frecuencias de desove del 55%, en lo que restó del año, no se presentaron organismos en fase de desove a temperaturas de 16 °C.

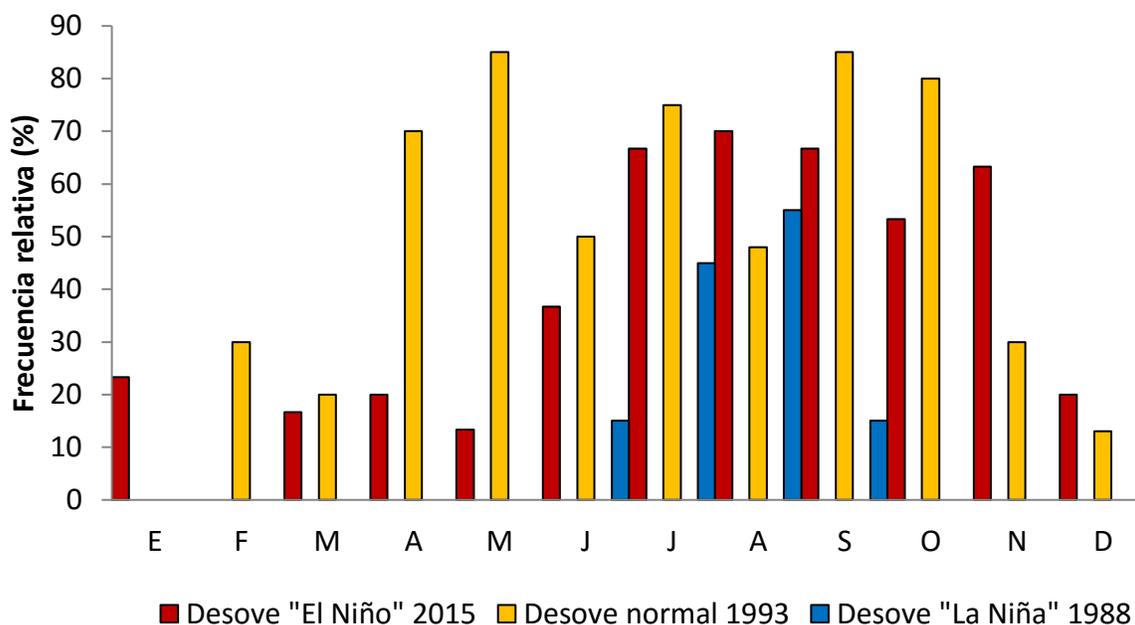


Figura 28. Comparación de las frecuencias de desove de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena, B.C.S. (datos de La Niña, tomados de García-Domínguez et al., 1993, datos del año normal, de Prado-Ancona, 1998)

En cada uno de los períodos de estudio, El Niño (2015), La Niña (1988) y normal (1993), se realizó un análisis de varianza de Kruskal Wallis, para comparar las frecuencias relativas de los desoves de cada ciclo anual. Se encontraron diferencias significativas entre los períodos de reproducción ($p < 0.05$). Una prueba de comparaciones múltiples de Dunnett mostró que el periodo influenciado por La Niña es con el que se presentaron diferencias.

Las frecuencias de desove en el año normal y en el año El Niño no presentaron diferencias significativas, ya que son muy similares ($p > 0.05$), las frecuencias de desove presentan la misma extensión de tiempo (11 meses) y los porcentajes de desove no difieren de manera importante, durante el año normal (1993) con frecuencias del 85% y el año El Niño (2015) con frecuencias del 70%. En el año La Niña (1988), las frecuencias de desove fueron más bajas (55%) y el desove solo duró cuatro meses, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 29).

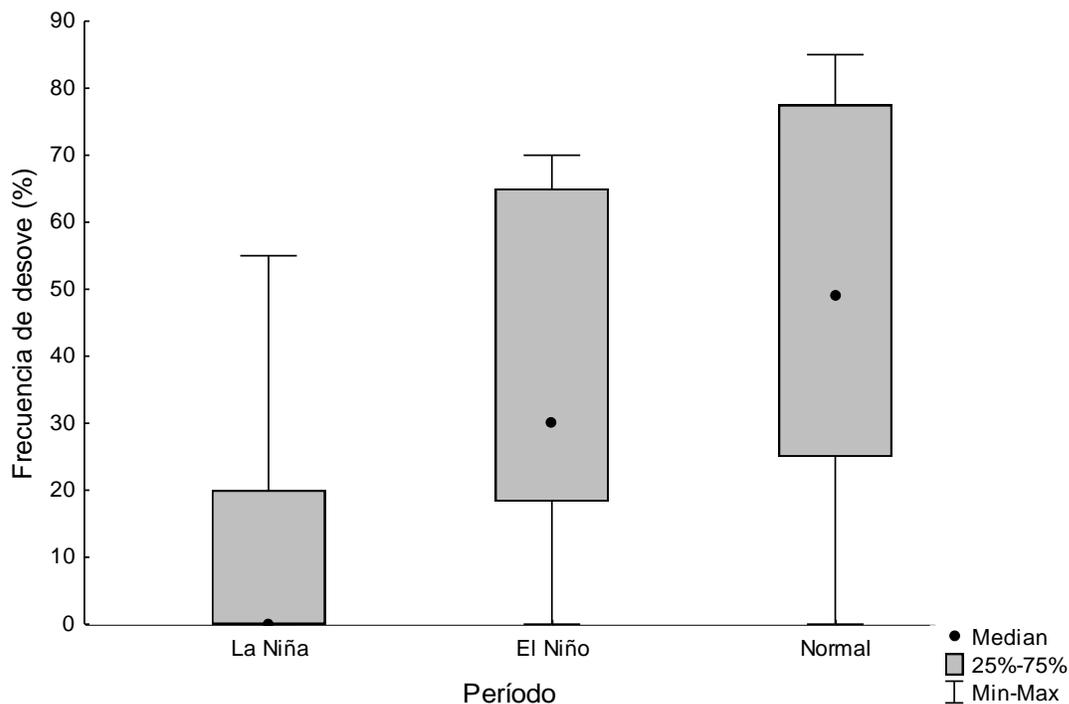


Figura 29. Gráfica del análisis de varianza de Kruskal Wallis de las frecuencias de desove de *Chione californiensis* en Bahía Magdalena, B.C.S. (datos tomados de La Niña García-Domínguez et al., 1993, datos del año normal: Prado-Ancona, 1998).

7. DISCUSIÓN

En Bahía Magdalena, se encontraron cinco fases de desarrollo gonádico: indiferenciación, desarrollo, madurez, desove y posdesove (García-Domínguez et al., 1993). Estas fases se observaron durante todo el ciclo anual, lo que no difiere de lo reportado por otros autores para la misma especie en otras poblaciones de Baja California Sur, como las de la Ensenada de La Paz, Bahía Magdalena y Bahía Concepción (García-Domínguez, 1991; García-Domínguez et al., 1993; García-Domínguez y Levy-Pérez, 1994; Prado-Ancona, 1998; García-Domínguez et al., 2011a) y en el sistema lagunar Santa María La Reforma, Sinaloa (Moreno-Leyva, 2015).

La maduración de la gónada de *C. californiensis* es asincrónica, debido a que en el interior de la gónada se presenta una proliferación continua de gametos y la aparición simultánea de las distintas fases de desarrollo gonádico durante todo el ciclo anual, como se observó en el presente estudio, pero sincrónica en el desove de machos y hembras, esto se ha reportado en otras especies del mismo género como *C. fluctifraga* en La Laguna Ojo de Liebre y en Bahía San Jorge en el Golfo de California (Martínez-Córdova, 1988; García-Domínguez et al., 2008; Castillo-Durán, 2013), *C. undatella* (Baqueiro y Estuardo, 1977), *C. subrugosa* en el Golfo de Nicoya, Costa Rica (Cruz, 1986) y en otras especies de venéridos como *Megapitaria squalida* (Romo-Piñera, 2010; Villalejo-Fuerte et al., 2000; Quiñones-Arreola, 2003), *Megapitaria aurantiaca* y *Dosinia ponderosa* (Baqueiro y Stuardo, 1977; Corona-Fernández, 2016).

Durante el período de 2015-2016 la fase de indiferenciación se presentó durante la mayor parte de los meses en diferentes porcentajes, independientemente de las condiciones ambientales. Esto discrepa con lo reportado por Villalejo-Fuerte et al. (2000) quien menciona que la fase de inactividad reproductiva es una etapa que no siempre se presenta en diferentes poblaciones, debido a que el alimento es abundante durante todo el año, por tanto la población está en constante producción de gametos, estos autores concluyen que esta fase no es un requerimiento específico, sino una respuesta a las condiciones ambientales, lo que se ha reportado

en especies de bivalvos como *Atrina maura* (Camacho-Mondragón, 2009) y *Argopecten purpuratus* (Cantillanez et al., 2005; Tarazona et al., 2007).

Por consecuencia la presencia de organismos con indiferenciación en *C. californiensis* y en otras especies del mismo género en distintas localidades podría ser considerada como una característica propia del género. En este mismo sentido García-Domínguez (2002) menciona que la fase de indiferenciación, así como la de desarrollo son más dependientes de factores endógenos, puesto que cada especie presenta un patrón diferente, aun cuando compartan hábitats similares, mientras que la madurez, el desove y el posdesove, aunque también dependen de las características genotípicas, están más influenciadas por factores externos, tanto en extensión, como en intensidad, pues si las condiciones ambientales no son las adecuadas, la gónada no puede pasar a la siguiente fase.

En este caso los organismos con fase de indiferenciación de *C. californiensis* que se presentaron cuando el desove fue más intenso, podrían deberse a la presencia de organismos parasitados clasificados como indiferenciados, además la presencia de estos no mostró un patrón definido, por lo tanto, puede atribuirse a la aleatoriedad del muestreo. Respecto a este tema, Giese y Pearse (1974) mencionan que es difícil que el patrón reproductivo continuo de la población sea el resultado de una proliferación continua de gametos, más bien es el resultado de que en cualquier período del ciclo anual, pueden encontrarse organismos en distintas fases de desarrollo gonádico.

El posdesove se caracteriza por presentar una gran actividad de reabsorción de gametos residuales y una alta actividad metabólica para el almacenamiento de nutrientes. En este trabajo se presentaron organismos en fase de posdesove principalmente en los meses fríos, con ovocitos en proceso de lisis y una gran cantidad de fagocitos. Motavkin y Varaksin (1983) mencionan que la reabsorción de las células sexuales es una respuesta a condiciones desfavorables que provocan una lisis masiva de gametos deteniendo la gametogénesis, otra razón por la que se presenta, es por un proceso de autolimpieza que prepara a la gónada para un nuevo ciclo gametogénico. Este podría ser el caso de *C. californiensis*, considerando que la

reabsorción de gametos sólo ocurrió después de las mayores frecuencias de organismos desovados.

La reabsorción de los gametos que ocurre en el interior de la gónada en moluscos bivalvos y en otras especies desovadoras es un fenómeno que ocurre frecuentemente (Chung et al., 2008) y ha sido reportado en especies como *C. californiensis* (García-Domínguez, 1991; García-Domínguez et al., 1993; García-Domínguez y Levy-Pérez, 1994; Prado-Ancona, 1998; García-Domínguez et al., 2011a) y en otras especies como *C. fluctifraga* (García-Domínguez et al., 2008), *A. maura* (Camacho-Mondragón, 2009), *Pinctada mazatlanica* (García-Cuellar et al., 2004) y *Nodipecten subnodosus* (Arellano-Martínez, 2005). Con respecto al tema Dorange y Le Pennec (1989) mencionan que los productos resultados de la reabsorción de gametos pasan al sistema circulatorio como metabolitos que son movilizados por el organismo, ya sea para las funciones metabólicas del cuerpo o para su almacenamiento.

El presente trabajo no mostró diferencias en cuanto a las temporadas de desove observadas en el 2015 y 2016, ya que estas se presentaron durante todo el período de estudio, por lo tanto los cambios de temperatura, así como la disponibilidad de alimento no parecen afectar el proceso gametogénico de *C. californiensis*. En este período de estudio se presentó un fenómeno de El Niño, que de acuerdo con el índice MEI, fue de marzo de 2015 a mayo de 2016 y un fenómeno La Niña, que de acuerdo al mismo índice fue de agosto a diciembre de 2016, y un período considerado como normal entre ambos en enero y febrero de 2015 y junio y julio de 2016. Sin embargo no se observaron diferencias en cuanto a la duración e intensidad del desove, esto es similar a lo reportado en otros bivalvos, en los que se ha estudiado su patrón reproductivo bajo la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, tal como lo reporta Camacho-Mondragón (2009) en *A. maura* en la Ensenada de La Paz, donde no se observaron diferencias en cuanto a las fases de desarrollo. En *P. mazatlanica* García-Cuellar et al. (2004), observaron las mismas fases de desarrollo, aunque en menor o mayor frecuencia dependiendo el período. En el caso de *Hyotissa hyotis*, García-Domínguez et al. (2011b), mencionan que las fases de

desarrollo se presentan de una manera estacional muy marcada, pero en ambos períodos se pueden encontrar las mismas fases en diferentes frecuencias de aparición.

En contraste con otros bivalvos como *Argopecten purpuratus*, especie en la que Cantillanez et al. (2005) y Tarazona et al. (2007) reportaron diferencias en cuanto a las fases de desarrollo bajo condiciones de El Niño, cuando el proceso de regeneración de la gónada se aceleró, por lo que no se observaron organismos en fase de indiferenciación durante dicho período.

Las diferencias de aparición en cuanto a las fases de desarrollo pueden deberse a las condiciones ambientales que se establecen en cada localidad y a la capacidad de adaptación, como resultado de una respuesta positiva que pueden presentar las especies bajo condiciones de estrés ambiental a gran escala con el fin de llevar a cabo con éxito la reproducción (Camacho-Mondragón, 2009).

Los resultados sobre el ciclo reproductivo de *C. californiensis* en la zona intermareal de Bahía Magdalena mostraron desoves continuos, durante casi todos los meses del período 2015-2016, con excepción de febrero de 2015. Un proceso similar reportó Prado-Ancona (1998) en la misma zona y en la misma especie. Este autor encontró una temporada de 11 meses de desoves continuos, con excepción de enero. Esto discrepa con lo reportado en la misma localidad por García-Domínguez et al. (1993), quienes registraron una temporada de desove de cuatro meses en 1988 y de seis en 1989.

En la Bahía de La Paz se han registrado temporadas de desove de nueve meses de abril a diciembre (García-Domínguez y Levy-Pérez Levy, 1994; García Domínguez, 1991), de tres meses, que correspondieron a los períodos de septiembre a noviembre (Prado-Ancona, 1998) y de agosto a octubre (García-Domínguez et al., 2011a), mientras que Prado-Ancona (1998) reportó una temporada de nueve meses en Bahía Concepción. Se observa que en las tres localidades de estudio (Bahía de La Paz, Bahía Magdalena y Bahía Concepción), las temporadas de reproducción son distintas, debido posiblemente condiciones ambientales en cada localidad. Con

respecto a este tema Sastry (1979), escribe que en los ciclos reproductivos de muchos bivalvos marinos se observan diferencias que pueden deberse a las condiciones ambientales de cada localidad, es decir el ciclo reproductivo de una especie que habita en distintas zonas climáticas puede variar en relación al ambiente local, puesto que la reproducción de una especie es una respuesta controlada genéticamente a los cambios del medio ambiente.

Algo similar se ha reportado para otras especies del mismo género como *C. pubera* (Borzzone et al., 2001), *C. undatella* (García-Domínguez, 2002), *C. subrugosa* (Cruz, 1986) y *C. fluctifraga* (García-Domínguez, 2008; Castillo-Durán, 2013) y en otra de la misma familia Veneridae como *M. squalida* (Baqueiro y Estuardo, 1977; Villalejo-Fuerte et al., 2000; Quiñones-Arreola, 2003; Romo-Piñera, 2010) en la que las variaciones del ciclo reproductivo son distintas año con año y en cada localidad, por causa de la variabilidad ambiental.

En el caso de Bahía Magdalena, en el presente estudio, *C. californiensis* se caracterizó por una temporada de reproducción continua durante los dos años de estudio, esto coincidió con lo reportado para la misma especie por Prado-Ancona (1998), quien registró una temporada de reproducción durante todo el año. Dicha temporada de desove encontrada en el área de estudio puede ser debido a su ubicación, ya que está en una zona de transición templado-tropical e influenciada por la Corriente de California (Bizarro, 2008), y permite que las condiciones sean adecuadas, tanto de temperatura, como disponibilidad de alimento. Esto permite que la especie mantenga una reproducción continua, ya que como señala Giese (1959), el patrón del ciclo reproductivo está determinado por la latitud, por ejemplo, en ambientes fríos los ciclos reproductivos se limitan a una sola puesta que en general se presenta en verano, mientras que en zonas templadas los ciclos son prolongados y están menos confinados a una estación específica.

En la Bahía de La Paz se muestran temporadas de desove más restringidas (García-Domínguez, 1991; García-Domínguez y Pérez Levy, 1994; Prado-Ancona, 1998; García-Domínguez et al., 2011a). Eso podría sugerir que además de la latitud existen otros factores que tienen una mayor influencia como la temperatura y la

disponibilidad de alimento (Prado-Ancona, 1998). Algo similar ocurre con *M. squalida* en la que Quiñones-Arreola (2003), menciona que las poblaciones de esta especie presentan diferencias en el patrón del ciclo reproductivo en Bahía Juncalito, donde la especie presenta desoves continuos la mayor parte del año.

La temperatura fue la variable ambiental que más se correlacionó con la frecuencia de desove ($p < 0.05$), ya que conforme esta aumenta, se incrementa la frecuencia de organismos en desove. Este fenómeno se ha observado en otras especies de venéridos como *C. fluctifraga* (García-Domínguez et al., 2008), *Mercenaria mercenaria* (Ropes, 1968), *Chione pubera* (Borzzone et al., 2001) y en especies de otras familias de bivalvos como *P. mazatlanica* (Sevilla, 1969), *Hyotissa hyotis* (Duprat-Bertazzi, 2004 y García-Domínguez et al., 2011b) y *Trachycardium procerum* (Ortiz-Galarza et al., 2011) en la que la temperatura está estrechamente relacionada con el desove. En *C. californiensis* se han reportado resultados un tanto contradictorios, Prado-Ancona (1998) no encontró una correlación con la temperatura en Bahía Magdalena, sin embargo, en Bahía Concepción encontró que la temperatura es la variable ambiental que inicia el desove y en la Ensenada de La Paz (García-Domínguez, 1991; García-Domínguez et al., 2011a) encontraron una relación positiva entre la temperatura y el desove.

La disponibilidad de alimento es considerada otra de las variables ambientales con más influencia en la reproducción de bivalvos marinos. En este estudio se presentó una relación inversa entre el desove y la concentración de clorofila, ya que las mayores frecuencias de desove se presentaron en coincidencia con las menores concentraciones de pigmentos fotosintéticos. Un fenómeno similar se presentó en otras poblaciones de *C. californiensis* en Bahía Concepción y en Bahía de La Paz, lo que puede significar que la disponibilidad de alimento no es un factor limitante para el desove de la especie (Prado-Ancona, 1998). En relación a este tema Sastry (1979), menciona que la materia orgánica disuelta y las bacterias, funcionan como alimento cuando este es escaso. Algunas especies que presentan ciclos reproductivos continuos con baja cantidad de alimento disponible son: *Semele solida* y *Tagelus dombeii* (Stead et al., 2002) y *Aulacomya ater* (Díaz y Ortlieb, 1992). Esto podría

estar reforzado por lo mencionado por García-Domínguez (1991), quién reporta que esta especie se alimenta únicamente de fitoplancton, pero no descarta la posibilidad de que, bajo condiciones de estrés nutricional, la materia orgánica suspendida pueda ser utilizada como alimento alternativo.

En otras especies de bivalvos, la disponibilidad de alimento actúa como disparador del desove, lo que asegura una mayor abundancia de alimento para las larvas y los adultos, que quedan débiles por la expulsión de gametos (Davies y Payne, 1984), este patrón particular de reproducción se ha observado en especies como *Dosinia ponderosa* (Corona-Fernández, 2016), *M. squalida* (Baqueiro y Stuardo, 1977; Romo-Piñera, 2010), *Argopecten ventricosus* (Villalaz, 1994) y *Chlamys amandi* (Jaramillo et al., 1993).

En el presente trabajo, se pudo observar que la gametogénesis puede estar relacionada con la abundancia de alimento ($p < 0.05$), es decir, entre los organismos en desarrollo y la concentración de clorofila. García-Domínguez (2002) menciona que las especies que se establecen en ambientes inestables, como es la zona entre mareas, adoptan estrategias oportunistas aprovechando al máximo el alimento para sostener el esfuerzo reproductivo. Esto podría sugerir que los nutrientes utilizados para la reproducción son aprovechados cuando la disponibilidad de alimento es abundante en la zona.

Las especies el género *Chione* es considerado un taxón suspensivoro (Pohlo, 1973), en este caso, considerando que la disponibilidad de alimento (fitoplancton en la columna de agua) no se relaciona con el IGS y el IMV y una correlación muy baja con la fase de desarrollo, esto podría ser atribuido a que las almejas enterradas en el sustrato, se alimentan de fitoplancton bentónico como algunas especies de diatomeas y dinoflagelados (García-Domínguez, 1993), aunque Margalef (1980) menciona que las diatomeas son muy difíciles de identificar y de digerir para algunos organismos filtradores, por lo que en muchos animales acuáticos se encuentran siempre una gran proporción de diatomeas, aunque en realidad se alimentan más de protozoos que de estas algas. Otra razón pudiera ser que la zona de estudio es rica en materia orgánica o detritos por el aporte de hojarasca proveniente de los

manglares o por la mortalidad de algas a causa del aumento de las temperaturas (Chávez-Rosales, 2010). Por su parte Williams (1981) estudio la importancia de detritos vegetales en *Mytilus edulis* y demostró que las bacterias que viven sobre los detritos son más importantes que los propios detritos, y aunado a lo que reporta Stead et al. (2002) donde menciona que especies que habitan en zonas de estrés constante como la intermareal, que es el caso de *C. californiensis* cuentan con adaptaciones fisiológicas que les permiten poder modificar su estrategia alimenticia y pasar de alitación suspesivora a detrivora de acuerdo a las condiciones ambientales que prevalezcan en el ambiente.

En el caso del fotoperiodo, no se observó ninguna influencia con el desove por no encontrarse un valor de correlación significativo ($p > 0.05$) y eso no difiere lo observado en otras poblaciones estudiadas en Bahía de La Paz, Bahía Magdalena y Bahía Concepción (Prado-Ancona, 1998).

De manera adicional se relacionaron las frecuencias de desove en un intervalo más amplio comprendido en los 12 meses del presente estudio influenciado por El Niño (2015), con los trabajos realizados anteriormente en la misma zona en 1988 y 1989 pero influenciado por La Niña (García-Domínguez et al., 1993) y con los del año 1993, considerado como normal (Prado-Ancona, 1998). Durante los años considerados normales y los influenciados por El Niño el desove es similar puesto que se presenta continuamente durante todo el año, sin presentarse diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), por lo tanto, las condiciones de El Niño no tienen un efecto perceptible en la reproducción de la almeja roñosa.

Sin embargo, el desove bajo condiciones influenciadas por La Niña, sólo se presentó durante cuatro meses, se encontraron diferencias estadísticamente significativas con lo meses influenciados por El Niño y los meses normales: ($p < 0.05$). En este sentido, se puede asumir que las bajas temperaturas influenciadas por La Niña de 1988, considerada como intensa, al parecer tuvieron efectos negativos en la reproducción de la almeja roñosa. En la Ensenada de La Paz García-Domínguez et al. (2011a) durante El Niño de 1997 la temporada de desove fue de tres meses, menor a lo registrado por García-Domínguez y Levy-Pérez (1994) cuando la

temporada de desove duró nueve meses. Esta disminución en el desove pudiera ser causado por la presencia de El Niño, esto podría suponer que las temperaturas bajas de La Niña y las altas temperaturas del agua durante El Niño considerados como intensos, aunado a la poca disponibilidad de alimento puede afectar la reproducción de la almeja roñosa, esto dependiendo la localidad donde se encuentren las poblaciones y de que tan intensas son las variaciones de la temperatura respecto a los años normales.

Las anomalías producidas por el ENSO tienen un efecto diferente dependiendo de la especie. El patrón del ciclo reproductivo bajo condiciones de El Niño y La Niña se ha estudiado en especies como *P. mazatlanica* en la que García-Cuellar et al. (2004) reportaron bajo condiciones de El Niño, incrementos en la frecuencia y extensión del desove, un crecimiento acelerado de la gónada y la presencia de desoves masivos, esto mismo se ha reportado en otras especies como *H. hyotis* (García-Domínguez et al., 2011b), *A. purpuratus* (Cantillanez et al., 2005; Tarazona et al., 2007) y *Tagelus dombeii* (Ishiyama y Shiga, 1998), entre otras. En estas especies la presencia de El Niño, como resultado del aumento de la temperatura del agua, tiene efectos positivos en su reproducción y proporciona buenas condiciones para las larvas, lo que acelera las etapas de desarrollo larvario y la fijación de estas (Arntz y Fahrbach, 1996).

En otras especies ocurre lo contrario, El Niño puede provocar una disminución inusual en la temporada de desove, esto se ha reportado en *Mesodesma donacium* (Arntz et al., 1987), *Aulacomya ater* (Díaz y Ortlieb, 1992), *Donax dentifer* (Riascos, 2006), *A. maura* (Camacho-Mondragón, 2009) y *M. squalida* (Romo-Piñera, 2010). En estas especies sucede lo inverso, los efectos son positivos cuando se presenta La Niña, aumentan la frecuencia de desove, la producción somática, la tasa de crecimiento, el tamaño poblacional, posiblemente por el incremento en la disponibilidad de alimento durante La Niña (Riascos, 2006).

El índice de condición general (ICG), es un valor numérico que representa la condición generalizada de un organismo y su estado nutricional (Bodoy et al., 1986; Villalejo-Fuerte et al., 2000). En el presente trabajo el ICG mostró valores bajos en

coincidencia con los mayores porcentajes de desove, mientras que el índice de visceral (IMV) no reflejó una relación con la frecuencia de desove presentando variaciones durante todo el período de estudio, sin presentar valores de correlación estadísticamente significativos, esto es similar a lo encontrado en *M. squalida* (Romo-Piñera, 2010) y en *D. ponderosa* (Arreola-Hernández, 1997; Corona-Fernández, 2016), pero diferente a lo reportado en otras especies como *A. circularis* (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez, 1996), *Chione fluctifraga* (Castillo-Durán, 2013), *Ruditapes decussatus* y *R. philippinarum* (Laruelle et al., 1994), en donde el ICG es un buen estimador de la actividad reproductiva, ya que aumenta durante la gametogénesis y madurez, y disminuye durante la temporada de desoves.

Existe una gran variedad de índices que se relacionan con la actividad reproductiva, sin realizar todo el trabajo que implica la técnica histológica, aunque deben tomarse con mucha reserva especialmente en especies que tienen la gónada difusa como es el caso de los venéridos, pues la aplicación de estos índices como son el IMV y ICG, no es un parámetro confiable como es el caso de *C. californiensis* y en otras especies (Avilés et al., 1990; Félix-Pico, 1993; García-Domínguez et al., 1993; Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez, 1993).

Los resultados del IMV y del ICG no muestran claramente una relación con el desove de *C. californiensis*, con respecto a este tema Zenis (2000), menciona que el ICG puede variar por distintas razones como la cantidad de alimento ingerido, períodos de inanición, madurez gonadal y cantidad de líquido presente en la gónada, un caso similar se presenta con el mejillón *Mytilus chilensis*, especie para la que Rojas-Mújica (2003) menciona que las variaciones en estos índices pueden alterarse, no siendo representativo de la actividad reproductiva de la población. Por otra parte, Devlaming et al. (1982) sugieren que la aplicación de los índices como el IMV y el ICG deben hacerse con el peso seco y no húmedo del organismo, debido a que se elimina el error producido por una cantidad variable de agua en los diferentes tejidos. Además, diversos autores indican que durante el desarrollo de la gónada, existe una disminución de la cantidad de agua, mientras que durante el desove aumenta (Paulet y Boucher, 1991). Por lo tanto, se sugiere utilizar los índices antes mencionados con

el peso seco para obtener un criterio más sólido para determinar el comportamiento reproductivo, junto con un análisis histológico posterior (Rojas-Mújica, 2003).

La proporción de sexos de manera general se mantuvo en 1: 1 durante los dos años de estudio con diferencias significativas sólo en los meses de enero y abril de 2015, cuando predominaron los machos y las hembras, respectivamente y junio de 2016 cuando predominaron las hembras. Esto no difiere de lo encontrado por García-Domínguez (1991) quien reportó una proporción de 56% de machos y 42.5% de hembras, por su parte Prado-Ancona (1998) no registró diferencias entre localidades, excepto en la Laguna de La Paz en el mes de enero, cuando se presentó una mayor proporción de machos. Durante este estudio en los meses de enero a marzo hay un ligero aumento en la proporción de machos, aunque no muestra diferencia estadística significativa y no se considera una tendencia general. Esta misma proporción de sexos se presentó de manera similar en especies como *D. ponderosa* y *M. aurantiaca* (Baqueiro y Stuardo, 1977; Corona-Fernández, 2016), *C. fluctifraga* (Martínez-Córdova, 1988; Castillo-Durán, 2013), *C. californiensis* (García-Domínguez, 1991; García-Domínguez et al., 1993 y García-Domínguez y Levy-Pérez, 1994), *M. squalida* (Villalejo-Fuerte et al., 2000) y *Callista Chione* (Moura et al., 2008).

Respecto a este tema existen varias hipótesis que pueden explicar las diferencias en la proporción de sexos en una población. Saucedo y Monteforte (1997) mencionan que una disminución en la disponibilidad del alimento puede favorecer la proporción de machos en una población y por consecuencia la disminución del número de hembras, ya que la ovogénesis es un proceso energéticamente más costoso. En este mismo sentido Morton (1991) menciona que un aumento en la proporción de hembras puede ser una estrategia para asegurar la reproducción en una población con baja densidad, un ejemplo de esto es lo reportado por Romo-Piñera (2010) quien observó una proporción mayor de hembras de *M. squalida*, en Bahía de La Paz y en Bahía Magdalena, algo similar también se observó en *Tapes philippinarum* en Bahía Vostok, Japón con una proporción de 1.5:1 que favorece a las hembras (Ponurovsky y Yakovlev 1992), esto debido a la baja densidad poblacional causada por la excesiva captura de estas especies..

Otras especies estudiadas como la madreperla *P. mazatlanica*, no se encontraron diferencias de la proporción 1:1 (García-Cuellar et al., 2004), pero si difiere en cuanto a los años normales cuando se presenta mayor dominancia en hembras (García-Domínguez et al., 1996), por tanto podría suponerse que en algunas especies los cambios en la temperatura del agua, podrían tener un efecto en la proporción sexual, algo similar se presenta con *A. maura* en la Ensenada de La Paz donde Camacho-Mondragón (2009) registró una proporción de 3:1 con predominancia en hembras durante el período de La Niña, en coincidencia con la mayor abundancia de alimento y el descenso de la temperatura del agua.

La presencia de un parásito del género *Bucephalus* ha sido reportado por otros autores en *C. californiensis* en diferentes localidades como en la Ensenada de La Paz donde García-Domínguez y Levy-Pérez (1994) registraron una presencia del 1%, mientras que Prado-Ancona (1998) reportó una incidencia del 4.1%, que no difiere de lo presentado en este estudio en Bahía Magdalena. La única localidad donde no se reportó este parásito fue en Bahía Concepción, esto se atribuye a que el vertebrado en el que el parásito completa su ciclo de vida posiblemente no se encuentra en la zona (Prado-Ancona 1998).

La talla de primera madurez funge como regulador del esfuerzo pesquero ya que permite a los organismos participar en por lo menos un desove antes de ser capturados (Moura et al., 2008). En la carta estatal pesquera de Baja California Sur se establece que el recurso de la almeja roñosa es constituido por dos especies principales *C. undatella* y *C. californiensis*, se maneja una talla de captura mínima de 45 mm para ambas especies, con una temporada de veda que abarca solo tres meses (julio a septiembre), estas medidas de manejo son establecidas por el INAPESCA con el fin de regular el esfuerzo aplicable de acuerdo a la disponibilidad del recurso, estas medidas son de manera precautoria debido a que esta pesquería no cuenta con una regulación específica, pero si con muchas posibilidades de desarrollo (DOF, 2010).

En el presente estudio se calculó una talla de primera madurez mediante el estadístico L_{50} , esta se obtiene cuando el 50% de los organismos se encuentran

sexualmente activos. En el presente estudio, la talla de primera madurez se estableció en 35 mm de longitud. Sin embargo, se encontraron individuos que pueden iniciar su desarrollo gonádico a los 20 mm de longitud, lo que coincide con lo reportado por García-Domínguez (1993) quien registró organismos con gametogénesis inicial a los 13 mm y de 18 mm de longitud. Por su parte Camacho-Evans (2011) estableció una talla de primera madurez calculada en 32.7 mm de altura en el sistema lagunar Altata, Novalato, Sinaloa y difiere de lo reportado por Moreno-Leyva (2015) quien estableció una talla de 20.2 mm, que corresponde a un año de edad en el sistema lagunar Santa María La Reforma. A pesar de que es la misma especie de almeja, las tallas de primera madurez variaron en por lo menos un centímetro en las distintas localidades, lo cual puede atribuirse a las condiciones ambientales que imperan en la localidad y en la ubicación de los bancos.

Estas posibles diferencias podrían deberse también a las bajas densidades que pueden presentar en el sistema lagunar Santa María la Reforma, ya que el esfuerzo pesquero es más intenso durante todo el año y el recurso es mucho mejor aprovechado por los pescadores. Algo similar ocurre con algunas poblaciones de peces por el efecto de la sobrepesca, que provoca una disminución en el crecimiento y en la primera madurez de los individuos (Ricker 1981, Olsen et al., 2004, Jørgensen et al., 2007).

Por su parte Rochet (1998) menciona que la pesca inmoderada tiene efectos sobre la dinámica en poblaciones de peces: ya sea afectando la densidad de las poblaciones, o afectando a corto plazo la reproducción, debido a la disminución de las tallas de los individuos por la captura. Este efecto en la disminución de la talla de primera madurez se ha presentado en otras especies de venéridos como *M. squalida* que presenta bajas densidades ocasionadas por la sobre-explotación del recurso en Bahía de La Paz, donde se presentó una menor densidad poblacional, tallas menores de los individuos, una menor condición física y una talla de primera madurez de 64.5 mm en comparación con Bahía Magdalena que fue mayor en todos los aspectos y con una talla de primera madurez de 85 mm (Romo-Piñera, 2010). Aunque también podría considerarse como una táctica en la población que considera

una disminución en la talla de primera madurez por la ausencia de individuos grandes y de esta manera mantener la reproducción de la especie (Armstrong et al., 1989).

8. CONCLUSIONES

- La reproducción de la almeja roñosa *Chione californiensis* fue continua durante los dos años de estudio.
- Los incrementos de las temperaturas provocadas por el El Niño no tienen un efecto negativo en el desove de *Chione californiensis*.
- La disminución de las temperaturas provocadas por La Niña, provocan una disminución en la intensidad del desove de *Chione californiensis*.
- *Chione californiensis* es una especie asincrónica con desoves continuos durante todo el año.
- El factor externo que más influye en la reproducción de *Chione californiensis* es la temperatura, por lo que la amplitud y la intensidad en el desove dependen sus fluctuaciones.
- La gametogénesis de *Chione californiensis* está relacionada con la disponibilidad de alimento ($p < 0.05$) y no se descarta la utilización de la materia orgánica como alimento alternativo, por lo tanto, la disponibilidad de fitoplancton en el medio, no es un factor limitante en la reproducción de la almeja roñosa.
- El fotoperiodo no influye en el desove de *Chione californiensis*.

- Los índices de la masa visceral y de condición general no son buenos indicadores de la temporada de desove de *Chione californiensis* al no relacionarse con la temporada de desove.
- La proporción de sexos en *Chione californiensis* es de 1M: 1H con una ligera predominancia en machos.
- En el presente estudio, por primera vez se propone una talla de primera madurez en *Chione californiensis* en Baja California Sur, establecida en 35 mm de longitud.

9. RECOMENDACIONES.

- Realizar estudios en laboratorio para determinar el rango de temperaturas a la que sería tolerante la especie.
- Se recomienda tomar datos de temperatura del agua *in situ* en los meses en que las temperaturas anómalas se encuentren afectando directamente la zona de estudio.
- Realizar mayores estudios sobre la alimentación y contenidos estomacales en la especie, con el fin de tener mayor conocimiento sobre sus hábitos alimenticios y confirmar si la materia orgánica, así como bacterias podrían formar parte como parte de la dieta de *Chione californiensis*.
- Calcular los índices de condición y de la masa visceral utilizando el peso seco, para evitar las fluctuaciones en el contenido de agua en los tejidos.

10. LITERATURA CITADA.

- Abbott, R. T. 1974. *American Seashells* 2 ed. Van Nostrand Reinhold Co. New York, 662 p.
- Álvarez-Borrogo, S., A. Galindo-Bect & A. Chee-Barragán. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, Baja California Sur. *Ciencias Marinas*, 2(2): 94-109.
- Arellano-Martínez, M. 2005. Características ecofisiológicas de la reproducción de *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) (Pectinidae) en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 167 p.
- Armstrong, M .J., B. A. Roel & R. M. Prosch. 1989. Long-term trends in patterns of maturity in the southern Benguela pilchard population: evidence for density-dependence?. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 8:91-101.
- Arntz, W. E., T. Brey, J. Tarazona & A. Robles. 1987. Changes in the structure of a shallow sandy beach community in Peru during an El Niño event. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 5:645-658.
- Arntz, W. E. & E. Fahrbach. 1996. *El Niño: Experimento climático de la naturaleza*. Fondo de Cultura Económica, México. 310 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, 96 p.
- Avilés, Q., M. A. Quevedo, & M. O. Muciño. 1990. Acondicionamiento gonádico y desove de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en condiciones de laboratorio. *CPINPSPM.*, (7):9-15.

- Baqueiro, C. E. & C. J. Stuardo. 1977. Observaciones sobre la biología, ecología y explotación de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831), *M. squalida* (Sowerby, 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) (Bivalvia: Veneridae) en la Bahía de Zihuatanejo e Isla de Ixtapa, Gro., México. *An. Inst. Cienc. Mar. Limnol., Univ. Nal. Autón. Méx.*, 4(1):161-208.
- Baqueiro, C. E. 1989. Clam culture in Mexico; Past, Present and Future. p. 383-394. En: Manzi, J. J. & M. Castagna (Eds.). Clam mariculture in North America. Elsevier. Amsterdam.
- Baqueiro-Cárdenas, E. & D. Aldana-Aranda. 2000. A review of reproductive patterns of bivalve mollusk from México. *Bull. Mar. Sci.*, 66(1): 13-27.
- Bayne, B. L. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Miylus edulis* (L.). *Ophelia*, 2: 1-47.
- Bizzarro, J. J. 2008. A review of the Physical and Biological Characteristics of the Bahía Magdalena Lagoon Complex (Baja California Sur, México). *Bull. Southern California Acad. Sci.*, 107:1-24.
- Bodoy, A., J. Prou & J. P. Berthome. 1986. Etude comparative de differents indices de condition chez l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis*, 15: 173-182.
- Borzzone, C. A., K. M. Vargas, P. R. Pezzuto & V. A. García-Tavares. 2001. Aspectos da reprodução e dinâmica populacional de *Chione pubera* (Bory Saint-Vicent, 1827) (Bivalvia: Veneridae) no sul do Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 18(2): 333 -349.
- Brousseau, D. J. 1987. A comparative study of the reproductive cycle of the soft-shell clam *Mya arenaria* in Long Island Sound. *J. Shellfish Res.*, 6: 7-15.
- Caddy, J. F. 1967. Maturation of gametes and spawning in *Macoma balthica* (L.). *Can. J. Zool.*, 15: 955-965.

- Camacho-Evans, M. A. 2011. Abundancia y estructura poblacional de la almeja roñosa *Chione californiensis* (Broderip, 1835), en el sistema lagunar Altata, Novalto, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Sinaloa, México. 81 p.
- Camacho-Mondragón, M. A. 2009. Efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la reproducción del hacha china *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 100 p.
- Cantillanez, M., M. Avendaño, G. Thouzeau, & M. Le Penec. 2005. Reproductive cycle of *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinide) in Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile): Responce to environmental effects of El Niño and La Niña. *Aquaculture*, 181-195.
- Casas, S. M. 2001. Estudio de la Perkinsosis en la almeja fina, *Tapes decussatus* (Linnaeus, 1758), de Galicia. Tesis de Doctorado. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 105 p.
- Castillo-Durán, J. A. 2013. Aspectos biológicos y ecológicos de la almeja negra *Chione fluctifraga* (Sowerby, 1853) en Bahía San Jorge, Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S., México, 81 p.
- Castro-Ortiz, J. L. & F. García-Domínguez. 1993. Crecimiento de *Chione californiensis* en La Ensenada de La Paz, Baja California, Sur, México. *Investigaciones Marinas*, 8(2):45-52.
- Cervantes-Duarte, R., S. López-López, F. Aguirre-Bahena, E. González-Rodríguez & S. Futema-Jiménez. 2012. Relevancia de fuentes nitrogenadas nuevas en la columna de agua en Bahía Magdalena (SO Península de Baja California), México. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 47(3):587-592.

- Cerviño-Otero, A. 2011. Ciclo reproductivo, cultivo en criadero y en el medio natural de la almeja babosa *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803). Tesis de Doctorado. Instituto de Acuicultura. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 312 p.
- Chávez, L.S., J.J. Schmitter. 1991. Distribución de sedimentos, material orgánica fosfatos y batimetría de la plataforma de baja california, México (24-29° N). Informe geológico Núm. 1 C.I.B., La Paz, B.C.S. 66 p.
- Chávez-Rosales, S. 2006. El papel de los manglares en la producción de las comunidades acuáticas de Bahía Magdalena, BCS. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 127p.
- Cheng, T. C. 1986. General parasitology, 2^o ed. Academic Press, Orlando, Florida 662 p.
- Chung, E. Y., K. Y. Lee & J. Y Lee. 2008. Ultrastructural study of the process of oocyte degeneration and function of the follicle cells in female *Spisula sachalinensis* on the East Sea of Korea. *Korean J. Mal.*, 24(1):33-40.
- Coan E.V. & P. Valentich-Scott. 2012. Bivalve shells of tropical west America: marine bivalve mollusks from Baja California to northern Perú. Santa Barbara. Museum of Natural History, Monograph. 6 (4): 749-758.
- Coe, W. R. 1943. Sexual differentiation in molluscs. I. Pelecypods. *Q. Rev. Biol.*, 18:154-164.
- Corona-Fernández, M. 2016. Biología reproductiva de la almeja blanca *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 58 p.

- Cruz, P., C. Rodríguez-Jaramillo & A. M. Ibarra. 2000. Environment and population origin effects on first sexual maturity of catarina scallop, *Argopecten ventricosus* (Sowerby, 1842). *J. Shellfish Res.*, 19:89-93.
- Cruz, R. A. 1986. Gametogénesis y desove de *Chione subrugosa* (Wood, 1928) (Bivalvia: Veneridae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 3(1-2) 31-85.
- Davies, J. M. & R. Payne. 1984. Supply of organic matter to the sediment in the northern North Sea during a spring phytoplankton bloom. *Marine Biology*, 78:315-324.
- Devlaming, V., G. Grossman & F. Chapman. 1982. On the use of the gonosomatic index. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73A:31-39.
- Díaz, A. & L. Ortlieb. 1992. El fenómeno El Niño y los moluscos de la costa peruana, 73-79. En: Ortlieb, L. & J. Macharé (Eds.). *Paleo ENSO. Records in Symposium, extended abstracts*, ORSTROM-CONCYTEC, Lima.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional pesquera. 2 de diciembre, SAGARPA. México, D.F.
- Dorange, G. & M. Le Pennec. 1989. Ultrastructural study of oogenesis and oocytic degeneration in *Pecten maximus* from the Bay of St. Brieuc. *Marine Biology*, 103:339-348.
- Duprat-Bertazzi, G. 2004. Ciclo reproductivo del ostión de piedra *Hytotissa hyotis* (Linnaeus, 1758) (Gryphaeidae) en la isla La Ballena, Golfo de California. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México, 69 p.
- Eversole, A. G. 1989. Gametogenesis and spawning in North American clam populations: implications for culture, 75-109 p. En: Manzi, J. J. & M. Castagna

- (Eds.) *Clam mariculture in North America*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- FAO. 2010. Anuario Estadístico de Pesca Capturas 2008. Vol. 156/1. Pesca No. 134, Estadística No. 352 Colección FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Roma: 326 p.
- Félix-Pico, E. F. 1993. Estudio biológico de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Magdalena, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 89 p.
- Félix-Pico, E. F., M. T. Ibarra-Cruz, R. E. Merino-Márquez, V. A. Levy-Pérez, F. A. García-Domínguez & R. Morales-Hernández. 1995. Reproductive cycle of *Argopecten circularis* in Magdalena Bay, B.C.S. México. 151-155 p. En: IFREMER (Ed.). *Book of Abstract 8th International Pectinid Workshop, Cherbourg (France)*. May 22-29.
- Galtsoff, P. S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fishery Bulletin*, 64:1-480.
- Gárate-Lizárraga, I. & D. A. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time Variations in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system alter the 1982/83 El Niño event (1984/86). *Pacific Science*, 52(1): 79-97.
- García-Cuellar, J. A. 2001. Ciclo reproductivo de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) y su relación con los fenómenos El Niño y La Niña (1997-1999), en la Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 75 p.
- García-Cuellar, J. A., F. García-Domínguez, D. Lluch-Belda & S. Hernández-Vázquez. 2004. El Niño and La Niña effects on the reproductive cycle of the pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Pteriidae) at Isla Espíritu Santo in the Gulf of California. *J. Shellfish Res.*, 23(1):113-120.

- García-Domínguez, F. 1991. Distribución, abundancia, reproducción y fauna asociada a la almeja roñosa *Chione californiensis* en la Ensenada de La Paz. B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México, 75 p.
- García-Domínguez, F. 2002. Estrategias reproductivas de Bivalvos Marinos en el noroeste mexicano. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima. Colima, México, 136 p.
- García-Domínguez, F., G. García-Melgar & P. González-Ramírez. 1993. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa *Chione californiensis* (Broderip, 1835) en Bahía Magdalena. Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 19:15-28.
- García-Domínguez, F & Levy- Pérez. 1994. Ciclo reproductor de la almeja roñosa *Chione californiensis* en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Rev. Invest. Cient. Univ. Autón. B.C.S.* 5(2):37-42, 1994.
- García-Domínguez, F., B. P. Ceballos-Vázquez & A. Tripp-Quezada. 1996. Spawning cycle of the pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Pteriidae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.*, 17(4): 1009-1013.
- García-Domínguez, F., M. Villalejo-Fuerte & S. Rodríguez-Astudillo. 2008. Reproductive cycle of *Chione fluctifraga* (Sowerby, 1853) (Bivalvia: Veneridae) during La Niña 1998-1999 at Ojo de Liebre Lagoon, Baja California Sur, México. *Physiomar* 08–Brest, Francia.
- García-Domínguez, F., M. Villalejo-Fuerte, O. Holguín-Quiñones, S. Rodríguez-Astudillo & E. F. Félix-Pico. 2011. Ciclo reproductivo de *Chione californiensis* (Broderip, 1835) (Mollusca: Veneridae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México, durante el año El Niño de 1997. *Soc. Int. Mal. Med. Apl.*, 17. 4-7.

- García-Domínguez, F., M. Arellano-Martínez, J. A. García-Cuellar, J. López-Rocha, G. Duprat-Bertazzi, M. Villalejo-Fuerte & A. Tripp-Quezada. 2011. Reproductive cycle of the rock oyster, *Hyotissa hyotis* (Linné, 1758) (Mollusca, Bivalvia, Gryphaeidae) during El Niño 1997-98 and La Niña 1998-99 events at La Ballena Island, Gulf of California, Mexico. *Pan-American J. Aquat. Sci.*, 6(3):222-231.
- Geneser, F. 2015. *Histología*. 4ta edicion. Eds. Medica Panamericaca. Copenhagen. 750 p.
- Ghiselin, M. T. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. *Q. Rev. Biol.*, 44: 189-208.
- Giese, A. C. 1959. Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Annual. Rev. Physiol.*, 21: 547-576.
- 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, 545 p.
- Gutiérrez-Galindo, E. A., G. Flores-Muñoz & J. Villa-Escusa. 1988. Hidrocarburos clorados en moluscos del Valle de Mexicali y Alto Golfo de California. *Ciencias del Mar*, 14:91–113.
- Hernández-Carmona, G., E. Serviere-Zaragoza, R. Riosmena-Rodríguez, & I. Sánchez-Rodríguez. 2007. Flora marina del sistema lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas. En: R. Funes–Rodríguez, J. Gómez–Gutiérrez y R. Palomares–García (Eds.). Estudios ecológicos en Bahía Magdalena. CICIMAR-IPN, FONMAR-BCS. 310 p.
- Herrero-Pérezrul, M. D., H. Reyes-Bonilla & F. García-Domínguez. 1998. Casual hermaphroditism in gonochoric *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) of the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 63:611-615.

- Holguín-Quiñones, O. E. 1976. Catálogo de especies marinas de importancia comercial en Baja California Sur. Instituto Nacional de Pesca, México, D. F.
- Holguín-Quiñones, O. E. & A. González-Pedraza. 1989. Moluscos de la franja costera del Estado de Oaxaca, México. Atlas Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 221 p.
- Holguín-Quiñones, O. E. & A. C. González-Pedraza. 1994. Moluscos de la Franja Costera de Michoacán, Colima y Jalisco, México. Instituto Politécnico Nacional. 133 p.
- Humason, G. L. 1979. Animal tissue techniques. W.H. Freeman and Co. San Francisco, California, 661 p.
- Iglesias, J. I. P., A. Pérez-Camacho, E. Navarro, U. Labarta, R. Beiras & A. J. S. Hawkins. & J. Widdows. 1996. Microgeographic variability in feeding, absorption and condition of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) a transplant experiment. *J. Shellfish Res.*, 15(3): 673-680.
- Ishiyama, V. & B. Shiga. 1998. El fenómeno El Niño 1992-1993: Su influencia en la Biología Reproductiva de *Tagelus dombeii* (Mollusca, Bivalvia). *Rev. Peruana de Biol.*, 5: 35-45.
- Jaramillo, J. R., J. Winter, J. Valencia & A. Rivera. 1993. Gametogenic cycle of the Chiloe Scallop (*Chlamys amandi*). *J. Shellfish Res.*, 12:59-64.
- Jones, C. C. 1979. Anatomy of *Chione cancellata* and some other *Chionines* (Bivalvia: Veneridae). *Malacology*, 157-199.
- Jørgensen C., K. Enberg, E. S. Dunlop, R. Arlinghaus, D. S. Boukal, K. Brander, B. Ernande, A. Gårdmark, F. Johnson, S. Matsumura, H. Pardoe, K. Raab, A. Silva, A. Vainikka, U. Dieckmann, M. Heino & A. D. Rijnsdorp. 2007. Ecology: managing evolving fish stock. *Science*, 318:1247-1248.
- Keen, A. M. 1971. Sea shells of tropical West América. Marine molluscs from Baja California to Peru. California, Stanford. *Univ. Press. Stanford*, 1025 p.

- Lauckner, G. 1983. Diseases of Mollusca: Bivalvia pp. 447-961 En: O. Kinne, (Ed.). Diseases of marina animals. *Vol. 2 Biol. Anst. Helg.* Hamburg. West Germany.
- Laruelle, F., J. Guillou & Y. M. Paulet. 1994. Reproductive pattern of the clams, *Ruditapes decussatus* and *R. philippinarum* on intertidal flats in Brittany. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 74: 351-366.
- Lawrence, A. J. & J. M. Soame. 2004. The effects of climate change on the reproduction of coastal invertebrates. *Ibis*, 146(Suppl.1): S29-S39.
- Lender, T., R. Delavault y A. Le Moigne. 1982. Diccionario de biología. Ediciones Grijalvo, S.A., Barcelona 203 p.
- Lee, S. Y. 1988. The reproductive cycle and sexuality of the green mussel *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in Victoria Harbour, Hong Kong. *J. Mollus. Stud.*, 54:327-325.
- Lindner, G. 1983. Moluscos y caracoles de los mares del mundo. Aspectos, Distribución y Sistemática. Eds. Omega. Barcelona., 255 p.
- Loosanoff, V. L. 1942. Seasonal gonadal changes in the adult oyster, *Ostrea virginica* of long Island Sound. *Biological Bulletin*, 82:195-206.
- Loosanoff, V. L. 1960. Challenging problems in shellfish biology En: Perspectives in Marine Biology. A. A. Buzzati-Traverso (Eds.). 483-495 p. Univ. of California Press. Berkeley, California.
- Loosanoff, V. L & H. Davis. 1963. Rearing of bivalve molluscs. *Adv. Mar. Biol.*, 1:1-36.
- Lucas, A. 1965. Recherches sur la sexualité des mollusques bivalves. *Bull. Biol. Fra. Belg.*, 99:115-247.
- Mackie, G. L. 1984. Bivalves. En: K. M. Wilbur (Ed.). *The Mollusca, Reproduction*. Vol. 7 Orlando: Academic Press.
- Margalef, R. 1980. Ecología. Ed. Omega, Barcelona. 951 p.

- Martínez-Córdova, L. R. 1988. Bioecología de la almeja negra *Chione fluctifraga* (Sowerby, 1853). *Rev. Biol. Trop.*, 36: 213-219.
- Martínez-López, A. 1993. Distribución espacial de fitoplancton asociada con frentes en la costa occidental de Baja California Sur. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 8 (2):71-86
- Mason, J. 1958. The breeding of the scallop (*Pecten maximus* L.), in Manx waters. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 37:653-671.
- Masso, J., J. Vélez, M. Fajardo & J. Singh. 1966. Principales recursos malacológicos de Baja California Sur. En: Sánchez A. (Ed.). *Pesquerías relevantes de México XXX Aniversario del Instituto Politécnico Nacional. (1922-1962)*. SEMARNAT, México, D.F.
- Mazón-Suástegui, J. M. 1987. Evaluación de cinco dietas microalgales en el crecimiento larval de *Modiolus capax* (Corad, 1837) y *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845). Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 70 p.
- McNulty, J. K. 1961. Ecological effects of sewage pollution in Biscaine Bay, Florida: sediments and the distribution of benthic and fouling macro-organisms. *Biol. Mar. Sci. Gulf. and Carib.*, 11:394–347.
- Motavkin, P. A. & A. A. Varaksin. 1983. Histophysiologie du systeme nerveux et regulation de la reproduction chez les mollusques bivalves. *Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER*, no 10. 250 p.
- Mendoza, J., J. López, J. Ferrer & I. Gómez. 1996. Socio-economía de la explotación artesanal de la pepitona *Arca zebra* en el Norte de la Península de Ayara, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr Venezuela*, 35 (1-2): 41-55.
- Morriconi, E., J. B. Lomovasky & J. Calvo. 2007. Reproductive cycle and energy content of *Tawera gayi* (Hupé, 1854) (Bivalvia: Veneridae) at the Southern most limit of their distribution range. *J. Shellfish Res.*, 26(1): 81-88.

- Moreno-Leyva, T. G. 2015. Evaluación biológica e importancia socioeconómica de la almeja blanca *Chione californiensis*, en la Laguna de Santa María, La Reforma, Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México. 72 p.
- Moore, H. V. & N. N. Lopez. 1969. The ecology of *Chione cancellata*. *Bull. Mar. Sci.*, 19:131-148.
- Morris, P. A. 1973. A Field Guide to Shells of the Atlantic and Gulf Coast and the West Indies. 3er (Ed.). The Paterson Field Guides Series. Houghton Mifflin. Co. Boston, 330 p.
- Morton, J. E. 1960. Molluscs. Harper & Brothers, New York. 232 p.
- Morton, B. 1991. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. *J. Zool. Lond.*, 223:131-142.
- Moura, P., M. B. Gaspar & C. C. Monteiro. 2008. Gametogenic cycle of the smooth clam *Callista chione* on the south-western coast of Portugal. *J. Mar. Biol.*, 88(1):161-167.
- Murillo-Jiménez, J. M. 1997. Sedimentary characteristics and chronology of Holocene aeolian deposits of the central portions of the Purisima-Iray-Magdalena Basin, B.C.S., México. Tesis Doctorado. University of Southern California. Estados Unidos de América. 347 p.
- Olsen, E. M., M. Heino, G. R. Lilly, M. J. Morgan, J. Brattey, B. Ernande & U. Dieckmann. 2004. Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*, 428:932-935.
- Ortiz-Galarza, K. J., J. Iannacone, A. Perea-Matta & B. Buitrón-Díaz. 2011. Biología reproductiva de la “concha corazón” *Trachycardium procerum* (Sowerby, 1833) (Cardiidae: Pelecypoda) de Chimbote, Lima, Perú. *The Biologist*, 9 (1): 66-97

- Paulet, Y. M. & J. Boucher. 1991. Is reproduction mainly regulated by temperature or photoperiod in *Pecten maximus*. *J. Inv. Repr. Dev.*, 19: 61-70.
- Pohlo, R. S. 1973. Feeding and associated functional morphology in *Tagelus californianus* and *Florimetus obesa* (Bivalvia: Tellinacea). *Malacologia* 12 (2): 1-11.
- Ponurovsky, S. K. & Y. M. Yakovlev. 1992. The reproductive biology of the japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A. Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae). *J. Shellfish Res.*, 11:265-277.
- Prado-Ancona, J. D. 1998. Ciclo reproductivo de tres poblaciones de *Chione californiensis* Broderip, 1835 (Bivalvia: Veneridae) en Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 117 p.
- Quiñones-Arreola, M. F. 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 de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 80 p.
- Reddiah, K. 1962. The sexuality and spawning of Manx Pectinids. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 42:683-703.
- Ricker, W. E. 1981. Changes in the Average Size and Average Age of Pacific Salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38:1636-1656.
- Riascos, J. M. 2006. Effects of El Niño-Southern oscillation in the population dynamics of the tropical bivalve *Donax dentifer* from Málaga bay, Colombian Pacific. *Marine Biology*, 148(6): 1283-1293.
- Rochet, M. 1998. Short-term effects of fishing on life history traits of fishes. *ICES J. Mar. Sci.*, 55:371-391.

- 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. 124 p.
- Rojas-Mújica, V. A. 2003. Estudio histológico del ciclo gametogénico y estimación de la fecundidad de *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854), en un banco natural del estuario del Rio Tornagaleones (Isla del Rey, Valdivia). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 43 p.
- Ropes, J. W. 1968. Reproductive cycle in the surf clam, *Spisula solidissima* in offshore New Jersey. *Biological Bulletin*, 135 (2): 349-365.
- Rueda-Fernández, S. 1983. La precipitación como indicador de la variación climática en la península de Baja California Sur y su relación dendrocronológica. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México. 125 p.
- Sastry, A. N. 1966. Variation in reproduction of latitudinally separated populations of two marine invertebrates. *American Zoologists*, 6: 374-375.
- Sastry, A. N. 1975. Physiology and ecology of reproduction in marine invertebrates. En: *Physiological ecology of estuarine organisms*. F. J. Vernberg, (Ed.). Univ. of South Carolina Press., 279-299.
- Sastry, A. N. D. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae), 113-292. En: Giese, A. C. & J. S. Pearse (Eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press. E.U.A.
- Saucedo-Lastra, P. & M. Monteforte. 1997. Breeding cycle of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* at Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.*, 16(1): 103-110.

- Seed, R. 1976. Ecology, 13-65 En: Bayne, B. L. (Ed.) Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Seijo, J. C. & O. Defeo. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca. Roma.
- Sevilla, M. L. 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1945). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 30: 223-262.
- Soria, R. G., M. S. Pascual & V. H. Fernández-Cartes. 2002. Reproductive cycle of the cholga paleta, *Atrina seminuda* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Pinnidae) from northern Patagonia, Argentina. *J. Shellfish Res.*, 21:479-488.
- Stead, R., Clasing, E., Lardies, M., Arratia, L., Urrutia, G. & Garrido, O. 2002. The significance of contrasting feeding strategies on the reproductive cycle in two coexisting tellinacean bivalves. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 82(3):443-453.
- Sugiura, Y. 1962. Electrical induction of spawning in two marine invertebrates (*Urechis unicinctus* and hermaphroditic *Mytilus edulis*). *The Biological Bulletin*, 123: 203-206.
- Thompson, R. J., R. I. E. Newell, V. S. Kennedy & R. Mann. 1996. Reproductive processes and early development, 335-370 p. En: Kennedy V. S., R. I. E. Newell & A. F. Eble (Eds.) The Eastern Oyster *Crassostrea virginica*. Maryland: Maryland Sea Grant Book.
- Tarazona, J., R. Espinoza., M. Solís & W. Arntz. 2007. Crecimiento y producción somática de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco (Perú) comparados entre eventos El Niño y La Niña. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 42(3):275-285.
- Urban, H. J. & J. Tarazona. 1996. Effects of El Nino/Southern Oscillation on the populations dynamics of a *Gari solida* population (Bivalvia: Psammobiidae) from Bahía Independencia, Perú. *Marine Biology*, 125:725-734.

- Villalaz, G. J. R. 1994. Laboratory study of food concentration and temperatura effect on the reproductive cycle of *Argopecten ventricosus*. *J. Shellfish. Res.* 13:513-519.
- 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 fotoperíodo, en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*, 79 (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(2): 591-594.
- Villalejo-Fuerte, M., M. Arellano-Martínez., B. P. Ceballos-Vázquez & F. García-Domínguez. 2000. Ciclo reproductivo de la almeja chocolata *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Juncalito, Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 10:165-168.
- Weisz, P.B. 1980. La ciencia de la biología. Quinta edición, Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 668 p.
- Williams, P. 1981. Detritus utilization by *Mytilus edulis*. *Estuarine, Coast. & Shelf Sci.* 12: 739-745.
- Wilson, B. R. 1969. Survival and reproduction of the mussel *Xenostrobus securis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mytilidae) in Western Australia. P&t 11. Reproduction, Growth and longevity. *J. Nat. Hist.*, 3: 93-102.
- Wolff, M. 1987. Population dynamics of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Niño phenomena of 1983. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44:1684-169.
- Wright-López, H., F. Arreguín-Sánchez, F. García-Domínguez, O. Holguín Quiñones & J. D. Prado-Ancona. 2001. Stock assessment for venus clam, *Chione californiensis* (Broderip 1835) in Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.*, 20 (3). 1109-1115.

Zar, J.H. 1996. *Biostatistical análisis*. 3rd edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey. E.U.A. 944 p.

Zaytsev, O., R. Cervantes-Duarte, O. Montante & A. Gallegos-García. 2003. Coastal Upwelling Activity on the Pacific Sheal of the Baja California Peninsula. *J. Oceanogr.*, 59: 489-502.

Zenis, A. A. 2000. Evaluación histológica del ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina, 1782), en la II Región de Antofagasta, Chile. Tesis de licenciatura. Ciencias del Mar. Universidad de Antofagasta. 43p.

11. APÉNDICE I

FASES DE DESORROLLO Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES Y SU RESPECTIVO VALOR DE CORRELACIÓN (r^S $P < 0.05$)

TEMPERATURA

TEMPERATURA	TEMPERATURA	POSDESOVE	DESOVE	MADUREZ	DESARROLLO	INDIFERENCIACIÓN
POSDEDOVE	-0.765223	1.000000	-0.516903	-0.350834	-0.081961	0.435486
DESOVE	0.683856	-0.516903	1.000000	0.419422	-0.411502	-0.794377
MADUREZ	0.566605	-0.350834	0.419422	1.000000	-0.457196	-0.382901
DESARROLLO	-0.235207	-0.081961	-0.411502	-0.457196	1.000000	0.192888
INDIFERENCIDO	-0.719587	0.435486	-0.794377	-0.382901	0.192888	1.000000

CLOROFILA

CLOROFILA	CLOROFILA	POSDESOVE	DESOVE	MADUREZ	DESARROLLO	INDIFERENCIADO
POSDESOVE	0.255720	1.000000	-0.516903	-0.350834	-0.081961	0.435486
DESOVE	-0.605618	-0.516903	1.000000	0.419422	-0.411502	-0.794377
MADUREZ	-0.492970	-0.350834	0.419422	1.000000	-0.457196	-0.382901
DESARROLLO	0.656098	-0.081961	-0.411502	-0.457196	1.000000	0.192888
INDIFERENCIACIÓN	0.612961	0.435486	-0.794377	-0.382901	0.192888	1.000000

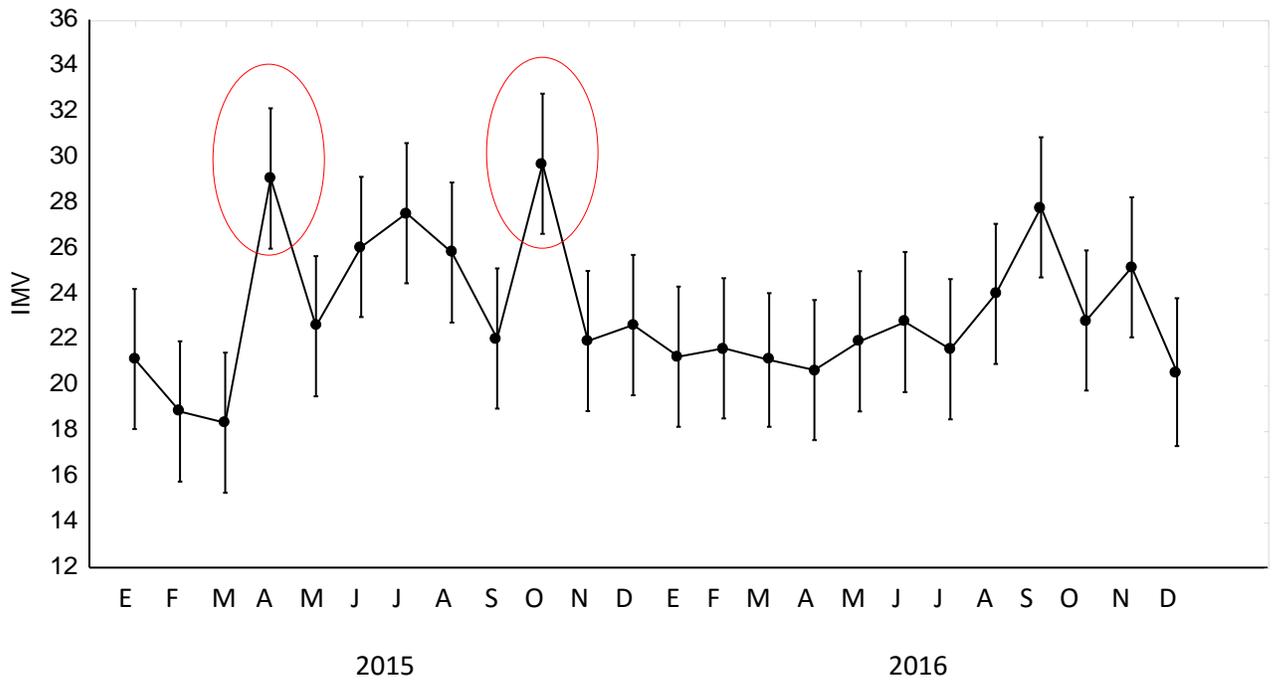
FOTOPERIODO

FOTOPERIODO	FOTOPERIODO	POSDESOVE	DESOVE	MADUREZ	DESARROLLO	INFIDENCIADO
POSDESOVE	-0.716015	1.000000	-0.516903	-0.350834	-0.081961	0.435486
DESOVE	0.228598	-0.516903	1.000000	0.419422	-0.411502	-0.794377
MADUREZ	0.278635	-0.350834	0.419422	1.000000	-0.457196	-0.382901
DESARROLLO	0.263865	-0.081961	-0.411502	-0.457196	1.000000	0.192888
INDIFERENCIACIÓN	-0.329247	0.435486	-0.794377	-0.382901	0.192888	1.000000

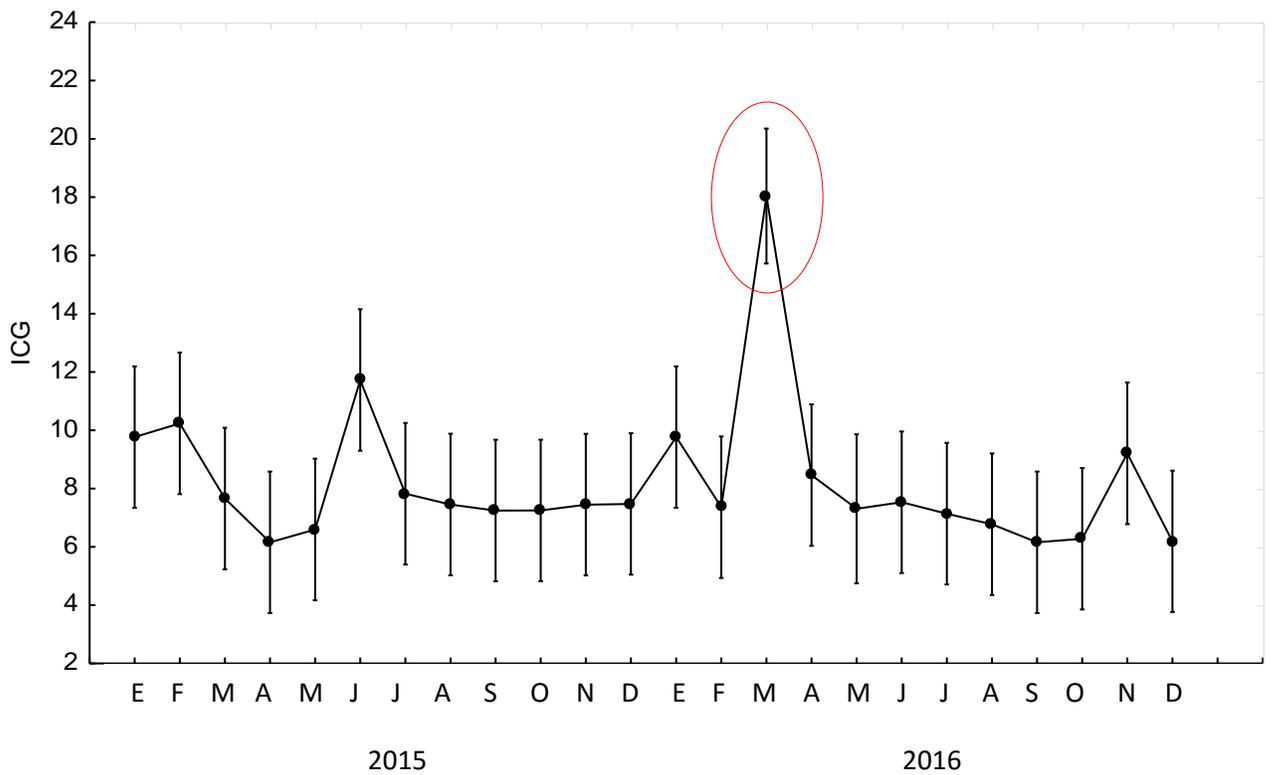
PROPORCION DE SEXOS MENSUAL Y SU VALOR DE CHI CUADRADA

MES	MACHOS	HEMBRAS	X^2 $P < 0.05$
E-2015	77.7777778	22.2222222	3.87142857
F-2015	70	30	1.14285714
M-2015	42.8571429	57.1428571	0.5
A-2015	27.7777778	72.2222222	6.4
M-2015	59.0909091	40.9090909	0.61538462
J-2015	43.4782609	56.5217391	0.45
J-2015	55.1724138	44.8275862	0.28125
A-2015	46.1538462	53.8461538	0.16666667
S-2015	50	50	0
O-2015	44.4444444	55.5555556	0.375
N-2015	59.2592593	40.7407407	0.78125
D-2015	61.9047619	38.0952381	0.96153846
E-2016	70	30	1.14285714
F-2016	40	60	0.5
M-2016	28.5714286	71.4285714	2.25
A-2016	44.4444444	55.5555556	0.125
M-2016	36.3636364	63.6363636	1.125
J-2016	23.0769231	76.9230769	8.16666667
J-2016	38.4615385	61.5384615	0.9
A-2016	61.5384615	38.4615385	0.5625
S-2016	77.7777778	22.2222222	1.78571429
O-2016	57.1428571	42.8571429	0.25
N-2016	57.1428571	42.8571429	0.25
D-2016	60	40	0.33333333

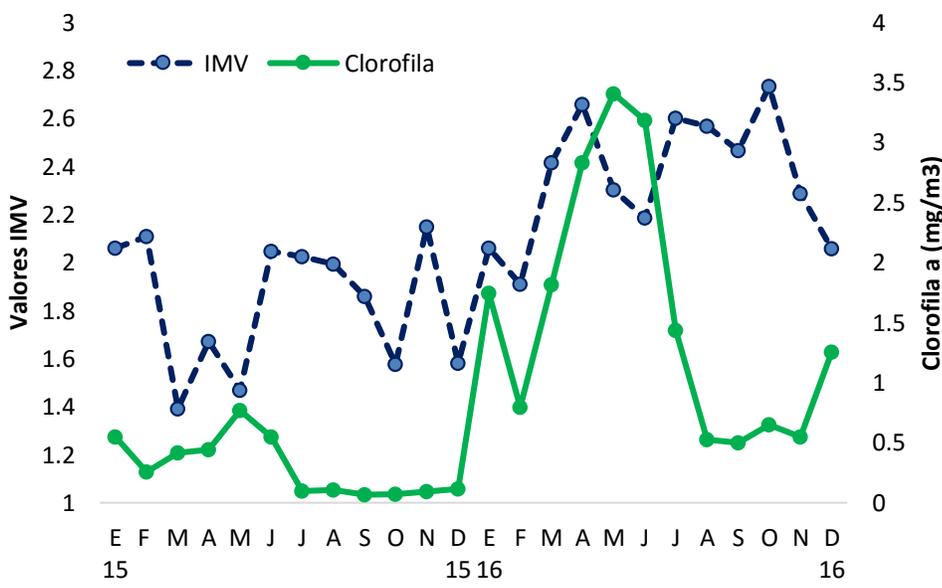
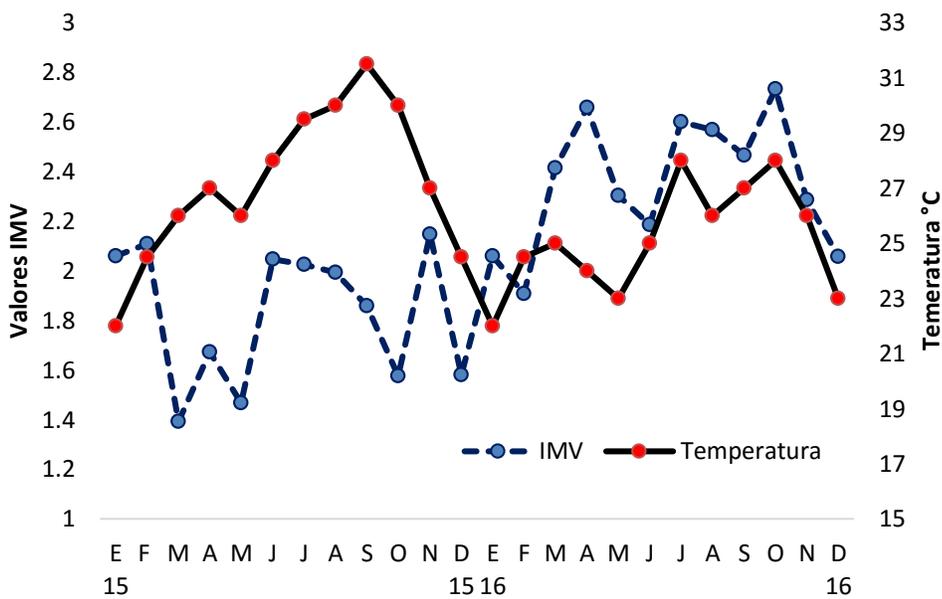
VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE LA MASA VISCERAL



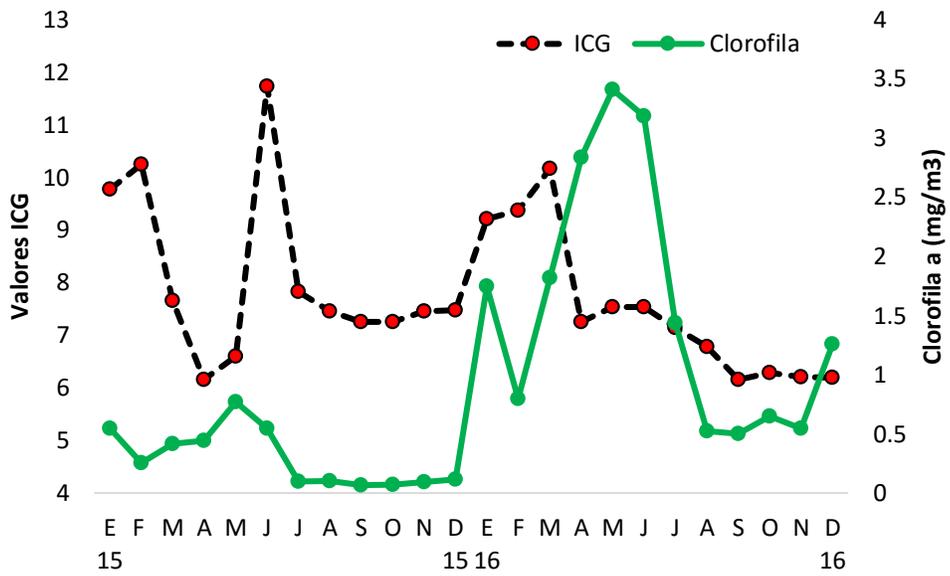
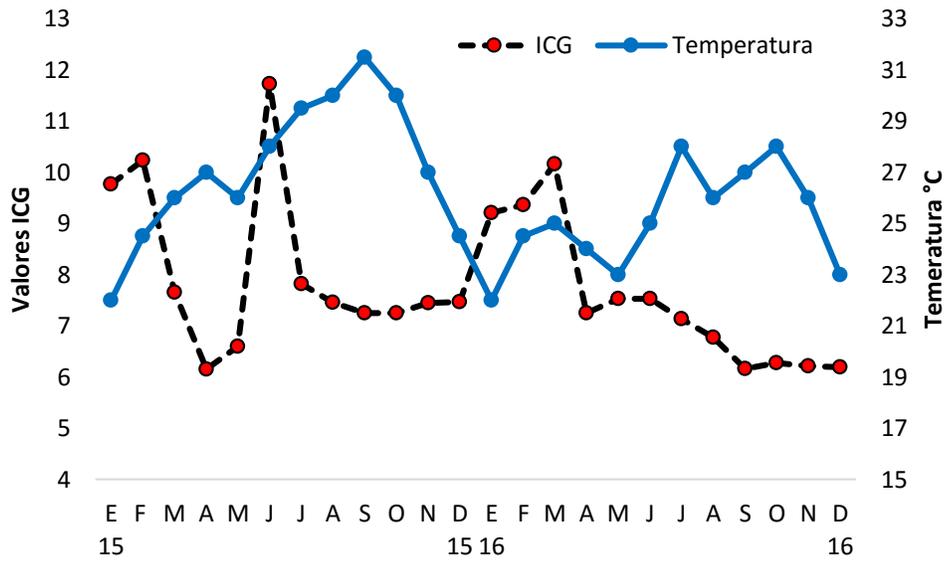
VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION GENERAL



RELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES CON EL (IMV)



RELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES CON EL (IGC)



a