



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

TESIS

CICLO REPRODUCTIVO DEL OSTIÓN DE MANGLE
***Saccostrea palmula* (CARPENTER 1857), EN BAHÍA**
MAGDALENA, BAJA CALIFORNIA SUR.

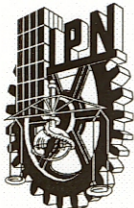
QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE **MAESTRO EN**
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN **MANEJO DE RECURSOS**
MARINOS

PRESENTA

BIÓL. MAR. ABRIL KARIM ROMO PIÑERA

La Paz, B.C.S.

Mayo de 2005



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 13:00 horas del día 29 del mes de Marzo del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“CICLO REPRODUCTIVO DEL OSTIÓN DE MANGLE, *Saccostrea palmula* (CARPENTER, 1857) EN BAHÍA MAGDALENA, BAJA CALIFORNIA SUR”

Presentada por el alumno:

ROMO
Apellido paterno

PIÑERA
materno

ABRIL KARIM
nombre(s)

Con registro:

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

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMÉR VOCAL

DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ

PRESIDENTE

DR. OSCAR EFRAÍN HOLGUÍN QUIÑONES

SECRETARIO

DRA. BERTHA PATRICIA CEBALLOS VÁZQUEZ

SEGUNDO VOCAL

DR. CARLOS RANGEL DÁVALOS

TERCER VOCAL

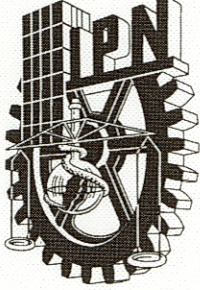
DR. HÉCTOR REYES BONILLA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION**



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 18 del mes Abril del año 2005, el (la) que suscribe ABRIL KARIM ROMO PIÑERA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A030420 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 cede los derechos del trabajo titulado: “CICLO REPRODUCTIVO DEL OSTIÓN DE MANGLE, *Saccostrea palmula* (CERPENTER, 1857) EN BAHÍA MAGDALENA, BAJA CALIFORNIA SUR” al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

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

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

ABRIL KARIM ROMO PIÑERA

nombre y firma

DEDICATORIA

Al Pingo por ser lo más perfecto que he hecho, por su amor, buen humor, cariño y por el tiempo que no le dedique, para poder realizar este trabajo. Te adoro.

A mi "Vida" Daniel por su amor, cariño, apoyo y poca paciencia, pero mucho corazón. Por el tiempo que hemos recorrido juntos, gracias. Te amo.

A mis Padres, por estar siempre junto a mi apoyándome. Los quiero mucho, gracias por todo.

A mis Hermanos, por su cariño y su ayuda.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir mis metas.

Al Dr. Federico García Domínguez por su confianza al aceptarme como tesista y por las muestras que me proporcionó para realizar mi trabajo.

A los miembros del Comité Revisor: Dr. Federico García Domínguez, Dra. Patricia Ceballos Vázquez, Dr. Oscar Holguín Quiñones, Dr. Hector Reyes Bonilla y al Dr. Carlos Rangel Dávalos, por sus comentarios y correcciones a este trabajo.

A Daniel por su ayuda y opiniones en el análisis de datos y por la búsqueda de bibliografía.

A Mary y al Negro por las comidas, platicas y salidas juntos. Por ser como una familia.

A Karina por su amistad y ayuda. Por las largas pláticas y por ser como una tía para mi hijo. Gracias también a su familia.

A Carlos Rangel por el apoyo incondicional que sigue brindando a mi familia y a mi sin importar la distancia.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por las becas otorgadas.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) por el apoyo en la impresión de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABLAS.....	V
GLOSARIO.....	1
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ANTECEDENTES	9
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. OBJETIVO GENERAL	15
4.1. OBJETIVOS PARTICULARES	15
5. ÁREA DE ESTUDIO	16
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
6.1. MUESTRAS BIOLÓGICAS.....	18
6.2. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS.....	18
6.2.1. Proceso histológico.....	18
6.3. PROPORCIÓN DE SEXOS.....	19
6.4. DESARROLLO GONÁDICO (ANÁLISIS HISTOLÓGICO)	19
6.5. CICLO REPRODUCTIVO	21
6.6. DIÁMETRO PROMEDIO MENSUAL DE LOS OVOCITOS.....	21
6.7. ÍNDICE DE CONDICIÓN	22
6.8. FACTORES AMBIENTALES.....	22
6.8.1. Temperatura.....	22
6.8.2. Clorofila <i>a</i>	22
6.8.3. Ciclos de marea.....	23

6.8.4. Fotoperiodo	23
6.9. ÉPOCA REPRODUCTIVA Y FACTORES AMBIENTALES	23
7. RESULTADOS	24
7.1. PROPORCIÓN DE SEXOS.....	24
7.2. DESARROLLO GONÁDICO	26
7.2.1 Hembras.....	27
7.2.2. Machos.....	28
7.2.3. Hermafrodita	29
7.3. CICLO REPRODUCTIVO	33
7.4. DIÁMETRO DE LOS OVOCITOS.....	35
7.5. ÍNDICE DE CONDICIÓN	36
7.6. ÉPOCA REPRODUCTIVA Y FACTORES AMBIENTALES	37
7.6.1. Época de desove	37
7.6.2. Temperatura.....	38
7.6.3 Clorofila <i>a</i>	39
7.6.4. Ciclos de marea.....	40
7.6.5. Fotoperiodo	42
8. DISCUSIÓN.....	43
8.1. PROPORCION DE SEXOS.....	43
8.2. CICLO REPRODUCTIVO	45
8.3. DIAMETRO DE LOS OVOCITOS.....	47
8.4. ÍNDICE DE CONDICIÓN	49
8.5. ÉPOCA REPRODUCTIVA Y FACTORES AMBIENTALES	50
8.5.1. Temperatura.....	51
8.5.2. Clorofila <i>a</i>	53
8.5.3. Ciclos de marea.....	57
8.5.4. Fotoperiodo	59

9. CONCLUSIONES	61
10. RECOMENDACIONES	62
11. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.....	63
12. LITERATURA CONSULTADA	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valvas de <i>Saccostrea palmula</i>	6
Figura 2. Área de estudio (● Sitio de muestreo)	17
Figura 3. Intervalos de talla en organismos de <i>Saccostrea palmula</i>	20
Figura 4. Etapa de indiferenciado de <i>Saccostrea palmula</i>	25
Figura 5. Desarrollo gonádico de hembras de <i>Saccostrea palmula</i> . a) Desarrollo; b) Madurez; c) Desove; d) Posdesove. 20x	26
Figura 6. Desarrollo gonádico de machos de <i>Saccostrea palmula</i> . a) Desarrollo; b) Madurez; c) Desove; d) Posdesove. 20x	27
Figura 7. Gónada hermafrodita de <i>Saccostrea palmula</i> en etapa de desarrollo. 40x	28
Figura 8. Ciclo reproductivo de <i>Saccostrea palmula</i>	30
Figura 9. Frecuencia de organismos en desove y diámetro promedio mensual de los ovocitos de <i>Saccostrea palmula</i> . *Indica los meses en los que no fue posible medir ovocitos.	32
Figura 10. Índice de condición y frecuencia de organismos en desove de <i>Saccostrea palmula</i> .	33
Figura 11. Frecuencia mensual de organismos en desove de <i>Saccostrea palmula</i> .	30
Figura 12. Temperatura y frecuencia de organismos en desove de <i>Saccostrea palmula</i>	35
Figura 13. Concentración de clorofila <i>a</i> y el ciclo reproductivo de <i>Saccostrea palmula</i>	36
Figura 14. Ciclo de mareas y frecuencia de organismos en desove de <i>Saccostrea palmula</i>	37
Figura 15. Fotoperíodo y frecuencia de organismos en desove de <i>Saccostrea palmula</i>	38

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Fases del desarrollo gonádico para <i>Saccostrea palmula</i> (Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero 1979)	16
Tabla II. Proporción de sexos en <i>Saccostrea palmula</i>	21
Tabla III. Proporción de sexos por intervalo de tallas en <i>Saccostrea palmula</i>	22

GLOSARIO

CICLO GAMETOGÉNICO O GONÁDICO: Evento repetitivo dentro de las gónadas que conduce a la formación de gametos.

CICLO REPRODUCTIVO: Frecuencia de aparición de las diferentes fases de desarrollo gonádico a lo largo de un año y que en general es cíclico.

DIÓICO: Organismos en los cuales los órganos reproductores femeninos y masculinos se presentan en diferentes individuos.

EPITELIO GERMINAL: Epitelio peritoneal colonizado por las células germinales primitivas y que al final del desarrollo embrionario se localizan en las gónadas conteniendo las células sexuales.

ESPERMATOGONIA: Célula germinal masculina diploide, que se multiplica activamente por mitosis en la zona germinativa de los testículos.

ESPERMATOZOIDE: Gameto masculino haploide y maduro, que se caracteriza por su movilidad.

ETAPA REPRODUCTIVA: Tiempo en el cual la mayoría de la población expulsa los gametos al medio.

FAGOCITO: Célula ameboide perteneciente al sistema de defensa del organismo, especializada en englobar y digerir cuerpos extraños no reconocidos por el mismo.

FOLÍCULO: Estructuras en forma de saco, rodeadas de tejido conjuntivo. Sus paredes están formadas por células germinales con un núcleo central, que a medida que maduran forman los gametos masculinos o femeninos.

GAMETO: Célula reproductora femenina o masculina. Los gametos femenino y masculino se fusionan entre si para dar origen al huevo o cigoto.

GAMETOGÉNESIS: Proceso que tiene como resultado la formación de gametos. Se inicia con células germinales (ovogonias y espermatogonias).

GÓNADA: Órgano en el que tiene lugar el desarrollo de las células reproductoras masculinas y femeninas.

GONOCÓRICA: Especie en las que los organismos presentan órganos sexuales de un solo sexo, es decir, macho o hembra.

HERMAFRODITA: Individuo que presenta simultáneamente gametos femeninos y masculinos.

ÍNDICE DE CONDICIÓN: Valor numérico utilizado para comparar la condición física de los organismos, en base a la longitud de la concha y al peso húmedo de los organismos.

OVOCITO: Célula sexual femenina en fase de crecimiento y que experimenta la meiosis.

ÓVULO: Célula sexual femenina madura.

PROPORCIÓN SEXUAL: Relación porcentual de hembras y machos en una población.

PROTÁNDRICA: Especie en la que los individuos más jóvenes son machos y los más viejos son hembras.

SOBREEXPLOTACIÓN: Extracción de alguna especie animal o vegetal que excede el límite impuesto por el reclutamiento, y que por consecuencia puede poner en riesgo el equilibrio natural de la especie.

TEJIDO COJUNTIVO O CONECTIVO: Tejido que se encuentra dentro y fuera de los folículos, rodeándolo; provee de soporte, transporte de nutrientes y sustrato para la diferenciación del tejido gonádico.

TINCIÓN: Proceso histológico que tiene como función resaltar ciertas estructuras celulares por medio de la utilización de colorantes naturales o artificiales, y que permiten una clara observación del tejido al microscopio.

TÚBULOS SEMINÍFEROS: Conductos en la gónada masculina que convergen en un conducto en común para llevar los espermatozoides al exterior. También denominados folículos.

CICLO REPRODUCTIVO DEL OSTIÓN DE MANGLE *Saccostrea palmula* (CARPENTER, 1857), EN BAHÍA MAGDALENA, BAJA CALIFORNIA SUR.

RESUMEN

El ostión de mangle (*Saccostrea palmula*) es una especie comercial comúnmente explotada como alimento, y su concha llega a emplearse para artesanías. Debido a que esta especie representa un recurso pesquero en el litoral del estado, es necesario conocer aspectos de su dinámica poblacional que permitan darle un uso sostenido. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar el ciclo reproductivo del ostión de mangle y su relación con diferentes factores ambientales en Bahía Magdalena, Baja California Sur. Se recolectaron mensualmente entre 20 y 30 individuos de enero de 1997 a diciembre de 1998. Para conocer la frecuencia relativa de las etapas del ciclo reproductivo (indiferenciado, desarrollo, madurez, desove y posdesove) y la proporción de sexos, se hicieron cortes histológicos de las gónadas (por el método de inclusión en parafina y de tinción con hematoxilina-eosina). Se calculó un índice de condición y se hizo un seguimiento del crecimiento mensual de los ovocitos. Se relacionó la temperatura, clorofila *a*, fotoperiodo y ciclos de marea con la época de desove, partiendo de la idea de que estos factores pueden influir en el ciclo reproductivo de los bivalvos. Se obtuvieron 320 organismos en total. La proporción de sexos en los dos años se mantuvo 1H:1M. La proporción por intervalos de talla varió significativamente entre los intervalos de 35-39 mm (0.3H:1M) y 50-54 mm (2.5H:1M). Se encontraron dos organismos hermafroditas (0.62% de la muestra total). La época de desove de *S. palmula* ocurrió de junio a octubre, con máximos en julio (1997) y septiembre (1998), y estuvo influenciada por valores altos en la temperatura (a partir de los 21.4 °C). El desove se presentó durante los niveles máximos de marea (a partir de los 0.70 m) y fotoperiodo (de 715 a 830 min luz/día). No se observó una clara relación entre la concentración de clorofila *a* y la época de desove. El diámetro de los ovocitos resultó ser un método cuantitativo poco confiable para conocer la época de desove en esta especie. El índice de condición no funcionó como un indicador de la época de desove. *S. palmula* es una especie hermafrodita protándrica que presenta un ciclo reproductivo anual. Su época de desove se presenta de junio a octubre y se ve influenciada por la temperatura, las mareas y el fotoperiodo.

REPRODUCTIVE CYCLE OF THE MANGROVE OYSTER *Saccostrea palmula* (CARPENTER, 1857), IN BAHIA MAGDALENA, BAJA CALIFORINA SUR.

ABSTRACT

The mangrove oyster (*Saccostrea palmula*) is a species commercially exploited as food, and its shell is used in handicrafts. Since this species represents a fishery resource in the state, it is needed to investigate aspects of its population dynamic to attain sustainable use. In this sense, the objective of this work was to determine the reproductive cycle of the mangrove oyster in relation to environmental factors in Bahia Magdalena, Baja California Sur. From January 1997 to December 1998, 20 to 30 individuals were collected monthly. Gonadal histological analysis (paraffin inclusion method and hematoxylin-eosin technique) were used to determine the relative frequency of the reproductive cycle stages (inactive, development, ripe, spawning and spent), and sex ratios. A condition index was calculated and the growth of oocytes was measured monthly. Environmental factors (temperature, chlorophyll *a*, photoperiod and tide cycles) were related with spawning season, since these factors are known to influence the reproductive cycle in bivalves. A total of 320 organisms were collected. Sex ratio was 1H:1M in both 1997 and 1998, but was significantly different to 1H:1M between the length intervals 35-39 mm (0.3H:1M) and 50-54 mm (2.5H-1M). Two hermaphroditic specimens were found (0.62% of the total population). The spawning season of *S. palmula* was from June to October, peaking in July (1997) and September (1998), and was influenced by high temperatures (from 21.4 °C). Spawning took place when tide levels were higher (from 0.70 m on) and photoperiod (values between 715 and 830 minutes of light/day). Chlorophyll *a* was not related with spawning season. The diameter of oocytes was not an accurate quantitative method to depict the spawning season. The condition index was not a good indicator of spawning season. *S. palmula* is a protandric hermaphrodite with an annual reproductive cycle. Its spawning season was from June to October, and it is affected by temperature, tides and photoperiod.

1. INTRODUCCIÓN

Los moluscos son uno de los grupos de invertebrados marinos más estudiados, presenta un total de entre 65,000 y 100,000 especies habitantes de aguas marinas, tierra y aguas continentales. Se conocen cerca de 20,000 especies de gasterópodos y 10,000 de bivalvos (Holguín-Quiñones y González-Pedraza 1989), de las cuales 3,000 se han descrito para la Provincia Panámica (Briggs 1974).

Saccostrea palmula (Carpenter 1857) conocido comúnmente como ostión de mangle (Figura 1), se encuentra dentro de la Clase Bivalvia, Orden Pterioidea, Familia Ostreidae (Keen 1971), la especie también ha sido incluida en los géneros *Crassostrea* y *Ostrea* (Carriker y Gaffney 1996). Este bivalvo presenta una de las formas más variables en la Provincia Panámica (Keen 1971, Carriker y Gaffney 1996), pero puede ser reconocido por su valva izquierda cóncava a manera de copa, que se ajusta para entrar en los bordes de la valva derecha, la cual es casi plana (Sevilla 1995). El color de la concha varía de verde a azul purpúreo y su talla va de 50 a 80 mm como máximo.

La especie se distribuye desde la Laguna San Ignacio en la costa occidental de Baja California, a Panamá, Ecuador y las Islas Galápagos (Keen 1971, Carriker y Gaffney 1996). Los individuos se encuentran adheridos a las raíces de mangle o sustratos rocosos desde el nivel máximo de mareas hasta 7 m de profundidad (Keen 1971, Baqueiro-Cárdenas et al. 1982).

En Baja California es una especie comercial comúnmente explotada en mayor o menor grado en todos los bancos conocidos (Baqueiro-Cárdenas et al. 1982) ya que se

aprovecha como alimento y su concha llega a emplearse en artesanías (Holguín-Quiñones y González-Pedraza 1994).

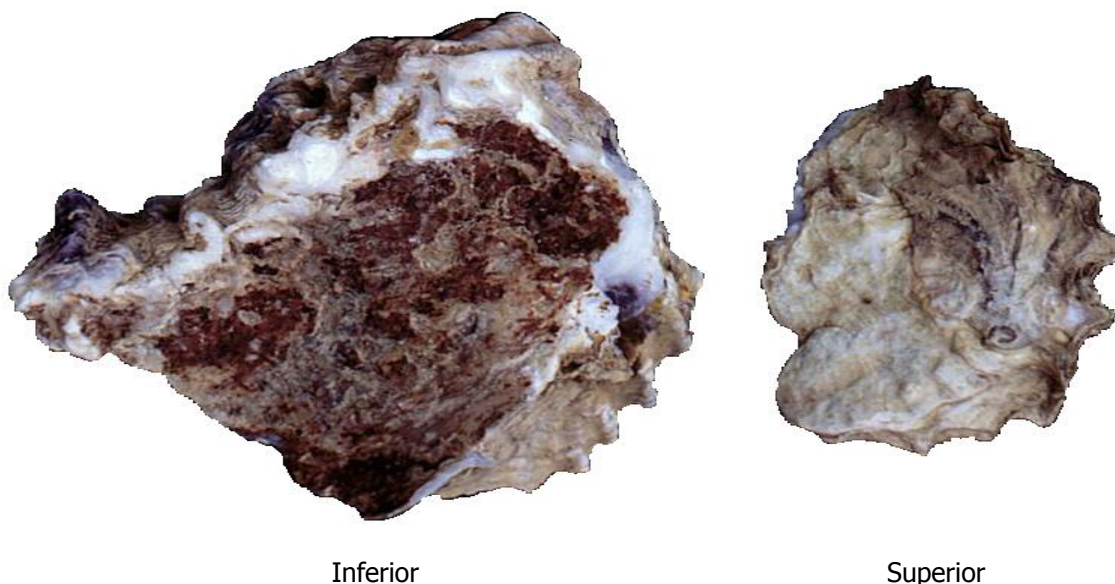


Figura 1. Valvas de *Saccostrea palmula*

Los ciclos reproductivos de los invertebrados marinos, se encuentran regulados por factores endógenos, de origen genético y hormonal y por factores exógenos, originados por cambios en el ambiente (Rose et al. 1990). De esta manera la periodicidad con que se reproducen estos organismos, aunque está regulada por el genoma, depende también de las variaciones en los factores ambientales (Mackie 1984). Así, los ciclos reproductivos pueden ser anuales, bianuales, estacionales o continuos, dependiendo de la localidad y la especie (Sastry 1979).

En los bivalvos marinos, los principales factores exógenos que sincronizan o disparan la etapa reproductiva son la temperatura (pues el desove solo se realiza cuando ésta alcanza ciertos niveles críticos), la calidad y cantidad de alimento disponible(pues la maduración gonádica es sensible a los niveles de reserva de nutrientes en el organismo) y el fotoperiodo (sincronizador para los eventos biológicos, puesto que casi no varía interanualmente a la misma latitud durante la misma época del año) (Giese y Pearse 1974).

De esta forma, los organismos responden a cambios ambientales que estimulan la maduración gonádica, y el desove se presenta cuando las condiciones son favorables para la sobrevivencia de las larvas. La maduración gonádica se sincroniza de tal forma, que los gametos masculinos y femeninos son liberados al medio simultáneamente como respuesta a un factor que actúa como disparador del desove, garantizando así la fertilización (Thompson et al. 1996).

Para conocer los ciclos reproductivos de las distintas especies de bivalvos se han aplicado métodos cualitativos y cuantitativos.

El análisis cualitativo de la gónada consiste en la lectura de preparaciones histológicas de cortes de tejido gonádico. Con ellas se describen las diferentes etapas de desarrollo reproductivo, partiendo de un estado de reposo o recuperación de la gónada después del desove, y que continúan a través del desarrollo, madurez, desove y nuevamente el reposo o recuperación del tejido gonádico (Eversole 2001).

Los métodos cuantitativos son utilizados como una forma de estimar la madurez gonádica. Un incremento en el índice gonadal corresponde a la proliferación

de gametos, y el valor disminuye notoriamente al presentarse el desove (Eversole 2001). De esta forma, los análisis cuantitativos pueden complementar el estudio de la madurez gonádica en una especie, para ello es necesario tomar medidas específicas de las gónadas que indiquen el desarrollo de la gametogénesis (Eversole 2001), y considerar también medidas lineales del cuerpo, como el diámetro o longitud (Giese y Pearse 1974).

Actualmente, el desarrollo de técnicas para el análisis de imágenes digitalizadas ha facilitado el estudio de la madurez gonádica. Dentro de las más utilizadas se encuentran la medidas del área de la gónada (indica el porcentaje ocupado por la gónada en el cuerpo blando), el área de los gametos (indica el porcentaje total del área del folículo ocupado por los gametos), el número de ovocitos (total o por folículo) y el diámetro de los ovocitos. Se ha encontrado que existe una fuerte relación entre los resultados obtenidos entre los métodos cualitativos y métodos cuantitativos (Eversole 2001).

2. ANTECEDENTES

Son pocos los trabajos enfocados a la biología reproductiva del género *Saccostrea*.

Dinamani (1974) realizó estudios sobre el ciclo reproductivo en una población de *Saccostrea glomerata* en las costas de Nueva Zelanda y encontró que la especie presenta un periodo de gametogénesis que inicia en julio o agosto y continúa hasta la primavera (hemisferio sur). Observó que a partir de octubre y hasta noviembre se presenta una etapa de madurez, y que el desove se da de diciembre a enero y se extiende hasta finales de abril. También menciona que el desove se encuentra regulado por la temperatura, ya que se presentó cuando se alcanzaron los 22 °C.

Asif (1981) estudió el ciclo reproductivo de una población de *S. glomerata* en las costas de Karachi, India. Encontró que la especie inicia el periodo de desarrollo a finales de enero, y continúa hasta el mes de abril, cuando se comienza a observar la maduración de gametos, evento que se observa hasta septiembre. El desove se presentó desde mayo hasta noviembre, con una actividad intensa de julio a octubre.

Braley (1982) estudió la periodicidad reproductiva de una población de *S. cucullata* en la Bahía de Sasa, Australia, y observó que la población presenta tres picos reproductivos al año (noviembre-diciembre, marzo-abril y junio) y que la gametogénesis se presenta a lo largo de tres meses. No encontró una relación entre el desove y la temperatura, la salinidad, o la turbidez del agua.

Respecto a *S. palmula*, Cabrera-Peña et al. (2001) estudiaron el crecimiento y madurez sexual de una población en Punta Morales, Costa Rica, determinando el sexo y la madurez sexual a través de frotis de la gónada y observación macro y microscópica. Encontraron que durante todo el año se presentan organismos maduros, con una alta actividad de desove en los meses de noviembre a enero. Registraron también la talla mínima sexualmente reproductiva a partir de los 10 mm de longitud total.

En México, Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) realizaron un estudio gonádico de la especie en la localidad de San Blas. Encontraron que *S. palmula* presenta una etapa de desarrollo durante febrero, una fase de maduración de marzo a mayo, y una etapa de desove que inicia en junio y se extiende hasta noviembre.

Otras especies de ostión que se encuentran a lo largo de la costa del Pacífico de México y con las que se ha trabajado sobre su biología reproductiva son *Crassostrea corteziensis*, *C. iridescens* y *C. virginica*.

Con respecto a *C. corteziensis*, Ruiz-Dura (1971, 1974) estudió una población de Guásimas, Sonora y observó 3 etapas gametogénicas: la etapa indiferenciada de diciembre a febrero, una fase de madurez de marzo a mayo y la etapa de desove de junio a octubre. En la localidad de San Blas, Nayarit, Stuardo y Martínez (1975) y Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) observaron un desarrollo gonádico muy semejante; una fase de desarrollo de enero a mayo, la fase de maduración de marzo a agosto y la fase de desove de mayo a septiembre. Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) indican que la etapa de desove se presentó de junio a octubre con

una temperatura media de 28.8 °C como mínimo. Frías-Espericueta et al. (1997) estudiaron los cambios estacionales de la gónada de *C. corteziensis* en la localidad de San Blas, Nayarit y encontraron que la especie presenta dos variaciones estacionales en el estado gonádico, una de noviembre a enero con su máximo en abril, y otra durante julio. Concluyen que la disminución en el índice gonádico está relacionada al incremento en la temperatura del agua.

Sobre *C. iridescens* existen los trabajos realizados por Ruiz-Dura (1974) en Salina Cruz, Oaxaca, quien describe 3 etapas gametogénicas, una de enero a principios de febrero (indiferenciada), la etapa de madurez de febrero a abril y una etapa de desove de abril a agosto. Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) en la localidad de San Blas, Nayarit encontraron que *C. iridescens* presenta una fase indiferenciada de enero a mayo, la madurez de junio a agosto y una etapa de desove de agosto a septiembre. Frías-Espericueta et al. (1997) en la misma localidad observaron que *C. iridescens* presenta solo una variación estacional en el estado gonádico a lo largo del año, durante el mes de mayo y que este valor en el índice gonádico disminuye drásticamente al presentarse un incremento en la temperatura.

Sevilla y Mondragón (1965) y Ortega-Hernández y Arroyo-Hernández (1987) estudiaron una población de *C. virginica* en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, y encontraron que la especie presenta una etapa de reproducción de mayo a agosto y de marzo a octubre, respectivamente. En ambos estudios se observó que esta etapa está influenciada por la temperatura y la salinidad. Ruiz-Dura (1974) estudió una población de la especie antes mencionada en la Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz y encontró que presenta una etapa de inactividad durante enero, febrero y diciembre,

una etapa de madurez de febrero a abril y la etapa reproductiva de mayo a mediados de agosto. Rogers y García-Cubas (1981) observaron que en la localidad de Laguna de Términos, Campeche, *C. virginica* presenta dos desoves masivos a lo largo del año, uno de marzo a mayo y otro más intenso y prolongado de septiembre a diciembre.

En Bahía Magdalena, se han realizado pocos trabajos sobre la biología reproductiva de bivalvos. Entre ellos, se encuentran los realizados en *Chione californiensis* por García-Domínguez et al. (1993) y Prado-Ancona (1998), y el realizado en *Argopecten circularis* por Félix-Pico et al. (1995).

3. JUSTIFICACIÓN

Los moluscos han sido utilizados por el hombre desde la época prehispánica como fuente de alimento, como moneda, como material para la construcción y para la elaboración de instrumentos musicales (Sevilla 1995). Actualmente se sigue explotando el grupo como alimento, pero también para la elaboración de artesanías (Holguín-Quñones y González-Pedraza 1994). Aunado a ello, la accesibilidad y el nulo o poco desplazamiento que presentan las especies bentónicas que conforman este recurso, lo hacen muy vulnerable, lo que se refleja en una sobreexplotación y destrucción de los bancos (Baqueiro-Cárdenas et al. 1992).

En México, la legislación pesquera establece que todo recurso proveniente del mar debe ser evaluado, es decir, se debe conocer cual es la disponibilidad o tamaño del stock antes de permitir cualquier tipo de captura (Baqueiro-Cárdenas et al. 1992). Sin embargo, este criterio por si mismo no permite establecer el régimen de explotación y la vulnerabilidad de la especie. Por ello es necesario conocer los parámetros poblacionales de la especie como su abundancia, estructura poblacional, grupos de edad, crecimiento, mortalidad, reproducción y fecundidad, y de esta forma poder determinar cual es su potencial pesquero (Baqueiro-Cárdenas et al. 1982).

El conocer el ciclo reproductivo de una especie, su periodicidad y la relación de éste con los factores ambientales, es parte importante para poder comprender su biología. Con tal información es posible establecer épocas de veda y tallas mínimas de captura, evitando con esto el agotamiento de los bancos naturales.

Por ello, el estudio de la biología básica de *Saccostrea palmula* es primordial ya que esta especie representa un recurso pesquero en el litoral del estado y es importante empezar a sentar las bases científicas que ayuden a darle un uso sostenido.

4. OBJETIVO GENERAL

Conocer el ciclo reproductivo de *Saccostrea palmula* en Bahía Magdalena, Baja California Sur, y su relación con diferentes factores ambientales.

4.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir las fases del ciclo gonádico.
- Determinar la proporción de sexos.
- Estimar el crecimiento promedio mensual de los ovocitos.
- Determinar el índice de condición y detectar las variaciones asociadas a la época de desove.

- Establecer la relación de la temperatura, la concentración de clorofila *a*, el fotoperiodo y los ciclos de mareas, con la época de desove.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema Lagunar Magdalena-Almejas, es el sistema más grande e importante en la costa occidental de la península de Baja California (Figura 2). Presenta una superficie de 17 578 km² (Félix-Pico 1993; Arriaga-Cabrera et al. 2000) y está formado por tres zonas: la norte (Bahía Santo Domingo), la central (propriadamente Bahía Magdalena) y la sureste (Bahía Almejas). Las tres zonas se encuentran bordeadas por bosques de manglar compuestos principalmente de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* (Gárate-Lizárraga y Siqueiros-Beltrones 1998).

El sistema presenta gran cantidad de bajos, tanto en la parte norte de Bahía Magdalena, como en Bahía Almejas, quedando descubiertas muchas áreas durante las bajamares (Félix-Pico 1993). Bahía Magdalena se encuentra conectada con el mar abierto a través de una boca ancha de 38 m de profundidad (Félix-Pico, 1993). La región presenta un clima seco, semidesértico, con una temperatura promedio de entre 22 °C y 24 °C (Zaytsev et al. 2003). Su precipitación anual es de 125 mm en promedio, ocurriendo el 71% de esta durante el otoño (Félix-Pico 1993).

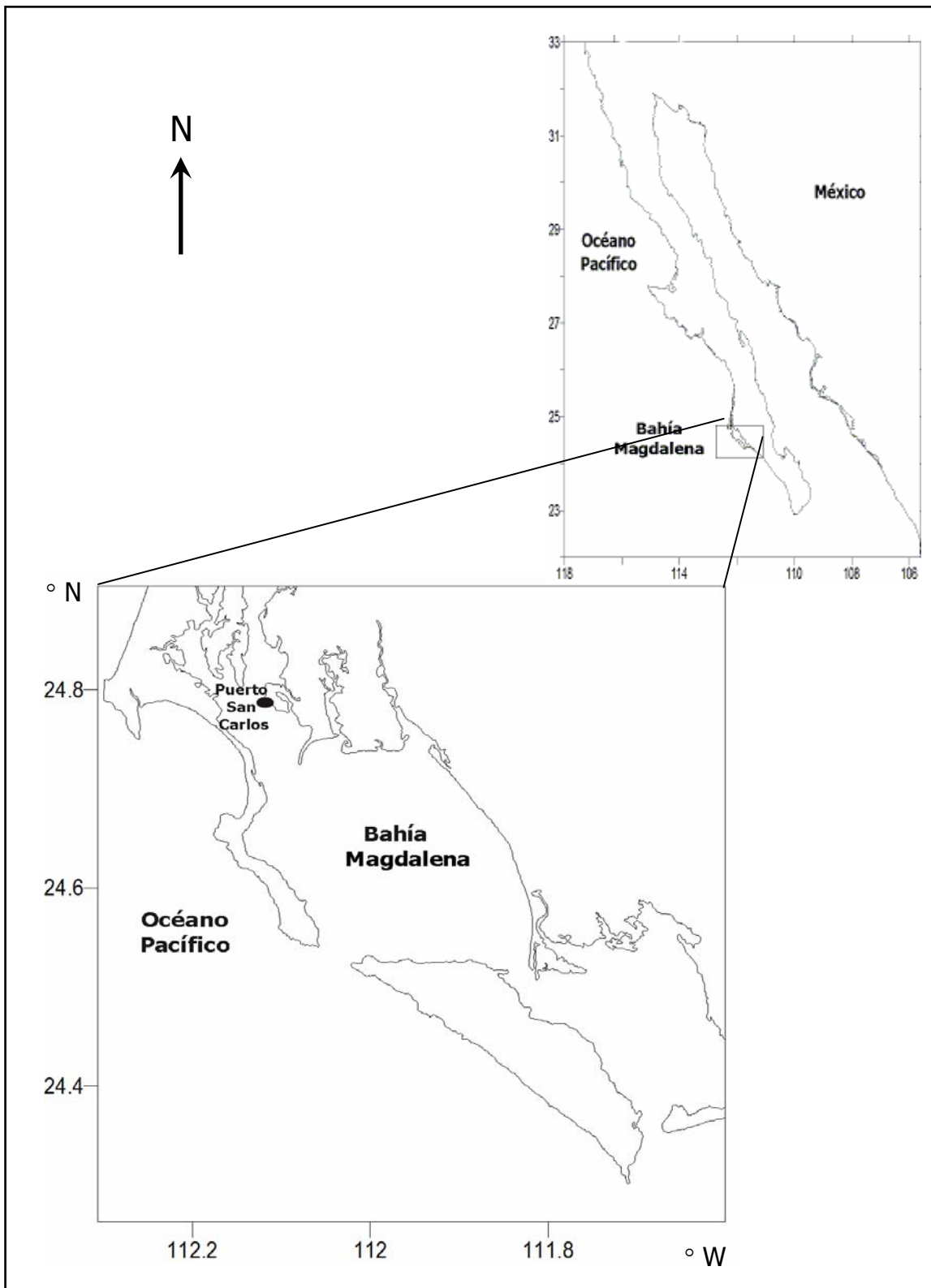


Figura 2. Área de estudio (● Sitio de muestreo)

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. MUESTRAS BIOLÓGICAS

Se realizaron muestreos mensuales durante el período de enero de 1997 a diciembre de 1998. Se recolectaron al azar, un promedio de 20 ejemplares adultos por muestreo. Los organismos colectados fueron fijados en formol al 10% preparado con agua de mar, y transportados al Laboratorio de Invertebrados Marinos del CICIMAR.

6.2. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

Se midió la longitud total de la concha con un vernier (± 1 mm). Se registró el peso húmedo total (valvas y cuerpo blando) y el peso húmedo sin concha (cuerpo blando), con ayuda de una balanza electrónica (± 0.1 g).

Una vez medidos y pesados los organismos, se procedió a extraer secciones de tejido de masa visceral para poder realizar el proceso histológico, esto debido a que *S. palmula* no presenta una gónada discreta (es decir, la gónada se encuentra embebida en la masa visceral).

6.2.1. Proceso histológico

El tejido extraído fue deshidratado en alcohol etílico a diferentes concentraciones; posteriormente, fue transparentado con Hemo-De y se incluyó en parafina. Una vez incluido el tejido, se realizaron cortes transversales de 7 μ m de grosor y se tiñeron utilizando la técnica de Hematoxilina-Eosina (Humason 1979). Finalmente, los cortes teñidos fueron montados con resina sintética.

6.3. PROPORCIÓN DE SEXOS

El sexo de cada organismo se determinó mediante la observación microscópica del tejido gonadal. En el caso que no fuera posible diferenciar el tejido gonádico, los individuos se clasificaron como indiferenciados.

Para determinar la proporción de sexos (total y para cada mes) se dividió el número total de hembras entre el número total de machos. También se determinó la proporción sexual de los organismos por intervalos de talla. Los intervalos de talla se determinaron por medio de la regla de Sturges (Daniel 1994).

Para conocer si la proporción sexual tanto mensual, total, como por intervalo de tallas mantenía una relación de 1:1, se utilizó una prueba de X^2 (Sokal y Rohlf 1979).

6.4. DESARROLLO GONÁDICO (ANÁLISIS HISTOLÓGICO)

Mediante la observación del tejido gonadal se describieron las fases del ciclo gonádico según los criterios de Stuardo y Martínez (1975) modificados por Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979). Se consideraron 5 etapas: Indiferenciado, desarrollo, madurez, desove y posdesove (Tabla I).

Tabla I. Fases del desarrollo gonádico para *Saccostrea palmula* (Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero 1979)

I. FASE DE INDIFERENCIADO	Caracterizada por la ausencia de células sexuales; únicamente se observan restos de tejido gonádico indiferenciado. El tejido conjuntivo ocupa los espacios dejados por el tejido gonádico, el cual se encuentra en reposo.
II. FASE DE DESARROLLO	La gónada presenta gran actividad gametogénica. El epitelio germinal se activa y forma células sexuales dispuestas uniformemente en la luz de los conductos. El tejido conjuntivo comienza a ser reemplazado por tejido gonádico. Los folículos se encuentran separados entre sí por tejido conjuntivo.
III. FASE DE MADUREZ	El tejido gonádico alcanza su máximo desarrollo. La gónada se encuentra como una masa compacta uniforme, con folículos distendidos que han reemplazado al tejido conectivo.
IV. FASE DE DESOVE	Caracterizada por la expulsión de ovocitos y espermatozoides, lo que se puede observar por la reducción en la cantidad de gametos y la aparición de espacios vacíos en la gónada. Una vez que los folículos están casi completamente desovados, comienzan a sufrir la invasión por fagocitos. Comienza a aparecer el tejido conjuntivo.
V. FASE DE POSDESOVE	Se caracteriza por la combinación de grandes espacios con restos de células sexuales (de tamaño normal o rotas), invasión de fagocitos y absorción del tejido gonádico residual. El tejido conjuntivo invade todo el espacio vacío que ha dejado la gónada.

6.5. CICLO REPRODUCTIVO

Para determinar el ciclo reproductivo de *S. palmula*, se calcularon las frecuencias relativas mensuales de las cinco fases de desarrollo gonádico, tanto en hembras como en machos.

6.6. DIÁMETRO PROMEDIO MENSUAL DE LOS OVOCITOS

Para complementar la interpretación de la escala de madurez y evaluar el crecimiento de los gametos femeninos, se midió el diámetro de 100 ovocitos en un promedio de cinco hembras elegidas al azar para cada mes. Únicamente se consideraron los ovocitos que presentaran el núcleo y el nucleolo bien diferenciados, con el fin de no subestimar el tamaño de los ovocitos (Grant y Tyler 1983a y b). Solo se consideraron las hembras que se encontraban en las etapas de desarrollo, madurez y desove, debido a que en la etapa de posdesove el grado de fagocitosis es muy grande. Los ovocitos fueron medidos con ayuda del programa computacional Sigma Scan Pro (versión 5), por medio de imágenes digitalizadas de los cortes histológicos.

Se realizó un análisis de correlación para conocer si existía una relación estadísticamente significativa entre el tamaño del diámetro de los ovocitos y el porcentaje de organismos en desove.

6.7. ÍNDICE DE CONDICIÓN

Para complementar el estudio histológico, de manera cuantitativa, se calculó un Índice de Condición mediante la siguiente fórmula (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez, 1996):

$$I.C = \frac{\text{Peso húmedo de las partes blandas}}{\text{Peso húmedo total}} * 100$$

6.8. FACTORES AMBIENTALES

6.8.1. Temperatura

Se utilizaron valores promedios mensuales de la temperatura superficial del agua de mar en Bahía Magdalena, proporcionados por Palomares-García et al. (2003). Estos datos fueron tomados con un termómetro de cubeta graduado (± 0.01 °C).

6.8.2. Clorofila *a*

Se utilizaron valores promedios mensuales de la concentración de clorofila *a*, únicamente para 1998, proporcionados por Palomares-García et al. (2003). Las muestras de agua tomadas fueron filtradas por medio de filtros Whatman GF/F de fibra de vidrio (0.07 μm). Una vez filtradas, fueron congeladas en nitrógeno líquido para posteriormente extraer la clorofila utilizando acetona al 90%. Fueron analizadas en el espectrofotómetro y posteriormente se calculó la actividad de clorofila *a* por medio de la ecuación de Jeffrey y Humphrey (1975).

6.8.3. Ciclos de marea

Los ciclos de marea se obtuvieron recurriendo a las tablas de marea que proporciona el Departamento de Oceanografía del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Los datos de nivel de mareas (máximos y mínimos) que se proporcionan en este sitio son diarios, por lo que se calculó un promedio para cada mes.

6.8.4. Fotoperiodo

Para calcular esta variable se utilizaron los datos de los registros publicados en los Almanaques Náuticos de la Secretaría de Marina (1992). Estos datos se refieren a los periodos de iluminación en cada día (24 horas), por lo que se calculó un promedio en minutos de iluminación para cada mes.

6.9. ÉPOCA REPRODUCTIVA Y FACTORES AMBIENTALES

Se consideró la época reproductiva a los meses en los cuales los organismos tanto machos como hembras estaban en etapa de desove.

Para conocer si existía una relación estadísticamente significativa entre los diferentes factores ambientales considerados y el porcentaje de organismos en desove, se realizaron análisis de regresión simple.

7. RESULTADOS

De los 320 individuos observados, se encontró un total de 90 machos, 83 hembras, 2 hermafroditas (que representan el 0.62% de la muestra total analizada) y 145 individuos indiferenciados.

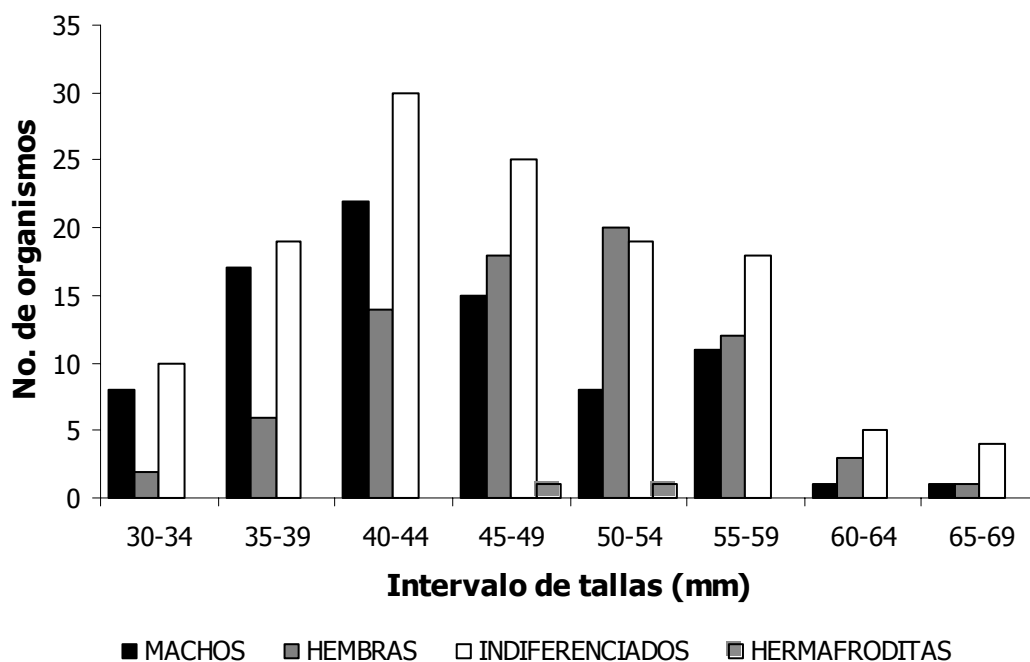


Figura 3. Intervalos de talla en organismos de *Saccostrea palmula*

7.1. PROPORCIÓN DE SEXOS

Se observó una proporción total de 0.92H:1M, la cual no difirió significativamente de la esperada de 1H:1M ($\chi^2=0.28$, $P>0.05$). La proporción mes a mes tampoco varió significativamente de la esperada de 1H:1M; exceptuando los

meses de octubre, noviembre y diciembre de 1998 donde la proporción obtenida fue de 0.2H:1M, 0H:1M y 0H:1M, respectivamente ($\chi^2 > 3.8$, $P < 0.05$) (Tabla II).

Tabla II. Proporción de sexos en *Saccostrea palmula*

MES	HEMBRAS	MACHOS	X ²	PROPORCIÓN
Enero 1997	2	0	0.2	-----
Febrero	3	1	1.0	3H:1M
Abril	2	2	0	1H:1M
Mayo	5	5	0	1H:1M
Junio	4	3	0.14	1.3H:1M
Julio	5	4	0.11	1.2H:1M
Agosto	4	5	0.11	0.8H:1M
Septiembre	6	4	0.4	1.5H:1M
Octubre	3	6	1.0	0.5H:1M
Noviembre	3	2	0.2	1.5H:1M
Diciembre	0	2	2.0	0H:1M
Enero 1998	0	2	2.0	0H:1M
Marzo	0	1	1.0	0H:1M
Abril	3	0	3.0	-----
Mayo	2	5	1.28	0.4H:1M
Junio	12	8	0.8	1.5H:1M
Julio	7	10	0.52	0.7H:1M
Agosto	10	9	0.05	1.1H:1M
Septiembre	10	4	2.57	2.5H:1M
Octubre	2	9	4.45	0.2H:1M
Noviembre	0	4	4.0	0H:1M
Diciembre	0	4	4.0	0H:1M
Total	83	90	0.28	0.9H:1M

La proporción sexual por intervalos de tallas difirió significativamente del 1:1 en el caso del intervalo de 35-39 mm, donde hubo una proporción de 0.3H:1M ($\chi^2 > 3.8$, $P < 0.05$) y en el intervalo de 50-54 donde la proporción fue de 2.5H:1M ($\chi^2 > 3.8$, $P < 0.05$) (Tabla III).

Tabla III. Proporción de sexos por intervalos de tallas en *Saccostrea palmula*

INTERVALOS DE TALLA (mm)	HEMBRAS	MACHOS	X²	PROPORCIÓN
30-34	2	8	3.6	0.2H:1M
35-39	6	17	5.26	0.3H:1M
40-44	14	22	1.77	0.6H:1M
45-49	18	15	0.27	1.2H:1M
50-54	20	8	5.14	2.5H:1M
55-59	12	11	0.04	1.09H:1M
60-64	3	1	1	3H:1M
65-69	1	1	0	1H:1M

7.2. DESARROLLO GONÁDICO

Se observaron las 5 etapas de desarrollo gonádico establecidas para *S. palmula* por Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979). A continuación se describen las características encontradas en cada etapa.

Indiferenciado

En esta etapa no se observan células sexuales por lo que no es posible diferenciar el sexo del organismo. Se observaron restos de folículos destruidos. El tejido conjuntivo ocupaba el espacio entre los folículos vacíos y colapsados. No se observó desarrollo gonádico (Figura 4).

7.2.1 Hembras

Desarrollo

En el tejido gonádico se observaron folículos comenzando a crecer entre el tejido conjuntivo que forma la masa visceral. Dentro de los folículos se encontraron ovocitos aún pegados a las paredes. Se encontraron folículos con algunos ovocitos maduros ya desplazados hacia el centro del folículo (Figura 5a).

Los ovocitos en esta etapa presentaron un diámetro promedio de 20.77 μm (DS= 6.19).

Madurez

El tejido gonádico sustituye al tejido conjuntivo. Se encontraron folículos llenos de ovocitos maduros y muy poco espacio entre las paredes de los folículos. En algunas partes de la gónada fue posible observar que la gametogénesis continuaba, ya que algunos ovocitos se encontraron unidos a las paredes del folículo (Figura 5b).

Durante la etapa de madurez el diámetro promedio de los ovocitos fue de 35.45 μm (DS= 7.02).

Desove

En esta etapa se observaron espacios dentro de los folículos y espacios entre los folículos. Se encontraron paredes rotas de los folículos y el número de ovocitos maduros se redujo. También se observaron algunos folículos con ovocitos maduros en espera de ser expulsados (Figura 5c).

El diámetro promedio de los ovocitos en desove fue de 31.72 μm (DS= 4.67).

Posdesove

Los folículos se observaron de menor tamaño y con las paredes rotas. Dentro de ellos se encontraron ovocitos residuales (ovocitos no fagocitados) y fagocitos. Se observó la presencia de tejido conjuntivo (Figura 5d).

7.2.2. Machos

Desarrollo

En esta etapa se observaron espacios dentro de los folículos y entre los folículos. Dentro de ellos fue posible observar espermatogonias y espermatocitos en la periferia. Se observaron algunos espermatozoides los cuales se encontraban al centro del folículo. Se pudo observar también la presencia de tejido conjuntivo (Figura 6a).

Madurez

Se observó menor espacio entre y dentro de los folículos. La mayoría se encontraron llenos de espermatozoides aglutinados en el centro. Aunque también se encontraron algunos folículos que aún presentaban espermatogonias y espermatocitos en la periferia. Casi no se observó tejido conjuntivo (Figura 6b).

Desove

En esta etapa se encontró una disminución en el tamaño de los folículos. Es posible observar que dentro de los folículos hay pocos o nada de espermatozoides (Figura 6c).

Posdesove

Se observaron las paredes rotas de los folículos y gran cantidad de fagocitos y espermatozoides residuales dentro de ellos. El tamaño de los folículos disminuyó aún más, y se pudo encontrar presencia de tejido conjuntivo (Figura 6d).

7.2.3. Hermafrodita

Estos dos organismos se encontraron en desarrollo y se observó que cada ovocito estaba rodeado de espermatogonias. Se pudo observar la presencia de tejido conectivo (Figura 7).

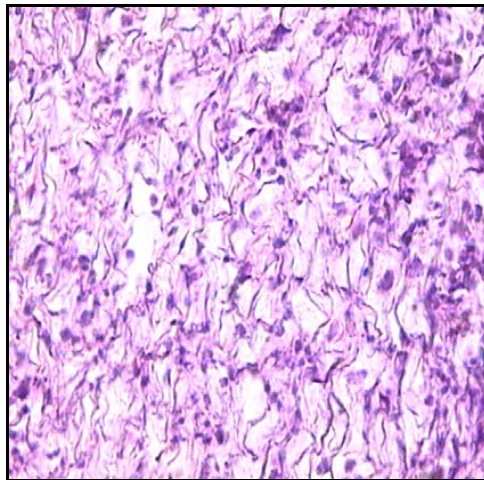


Figura 4. Etapa de indiferenciado de *Saccostrea palmula*. 20 X

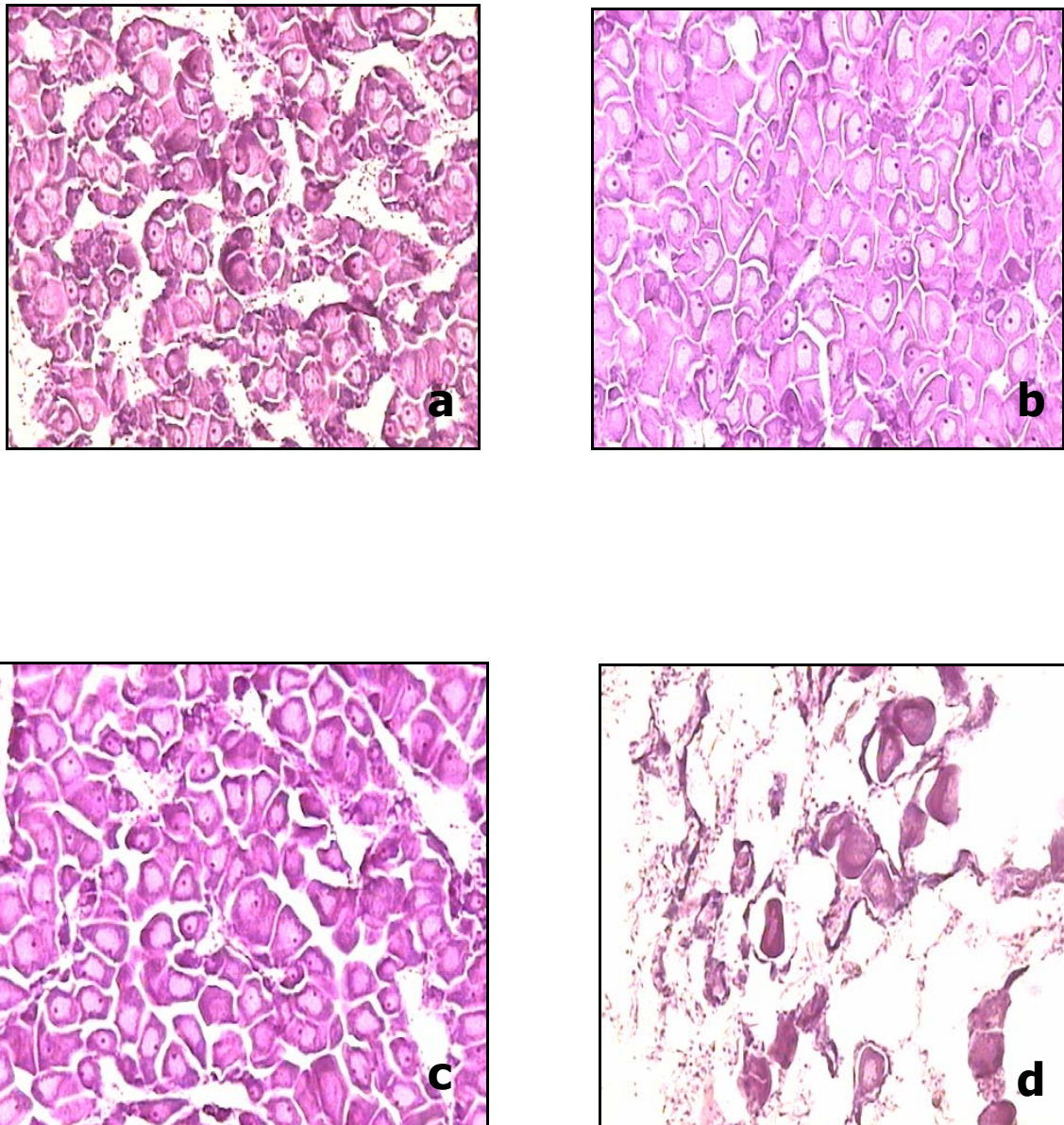


Figura 5. Desarrollo gonádico de hembras de *Saccostrea palmula*. a) Desarrollo; b) Madurez; c) Desove; d) Posdesove. 20 X

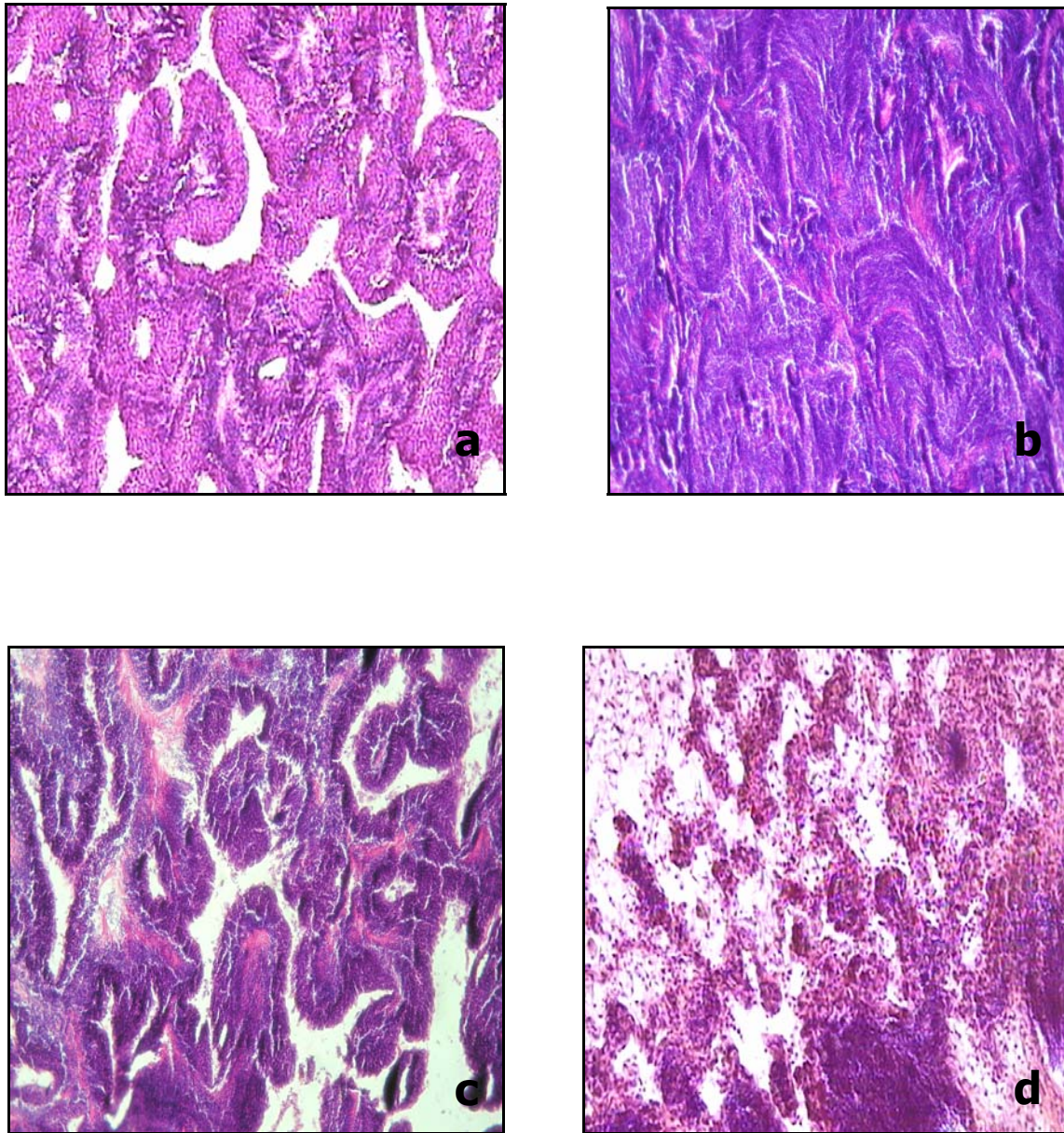


Figura 6. Desarrollo gonádico de machos de *Saccostrea palmula*. a) Desarrollo; b) Madurez; c) Desove; d) Posdesove. 20 X

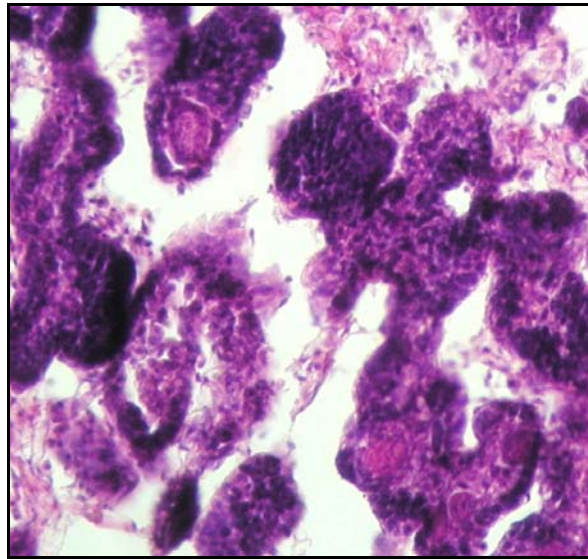


Figura 7. Gónada hermafrodita de *Saccostrea palmula* en etapa de desarrollo. 40 X

7.3. CICLO REPRODUCTIVO

A continuación se describe el ciclo reproductivo que presentó *S. palmula* de acuerdo con el análisis histológico realizado (Figura 8).

Los individuos indiferenciados se encontraron de enero a abril, durante junio y noviembre de 1997 a mayo de 1998. En marzo de 1997 y en febrero de 1998, el 100% de las muestras se presentaron en ésta etapa.

La etapa de desarrollo se presentó de abril a agosto y durante diciembre de 1997 y 1998. Para 1997 esta etapa también se observó en febrero, septiembre y octubre y en 1998 durante enero. Los mayores porcentajes de organismos en desarrollo se encontraron durante mayo de 1997 (100%) y en junio para 1998 (80%).

Durante 1997, solo se encontraron hembras en etapa de madurez y la frecuencia con que se observaron fue baja. Los meses en que se presentaron fue enero y junio; durante este último mes se presentó la mayor frecuencia (20%). Ya en 1998 se observó una mayor frecuencia tanto de hembras como de machos maduros. Los organismos en esta etapa se presentaron de junio a septiembre, con la mayor frecuencia durante julio (30%).

La etapa de desove se presentó durante enero y de junio hasta octubre para 1997 y 1998. Esta etapa también se observó durante febrero de 1997. El mayor porcentaje de organismos en desove se presentó en julio de 1997 con un 80% y en septiembre de 1998 con un 65 %.

En 1997, los organismos en posdesove se encontraron durante los meses de febrero, junio y de septiembre a noviembre; en este último mes se presentó la mayor frecuencia (50%). En 1998, estos organismos se presentaron en marzo y de agosto hasta diciembre. En octubre se presentó la mayor frecuencia de esta etapa con un poco más del 40%.

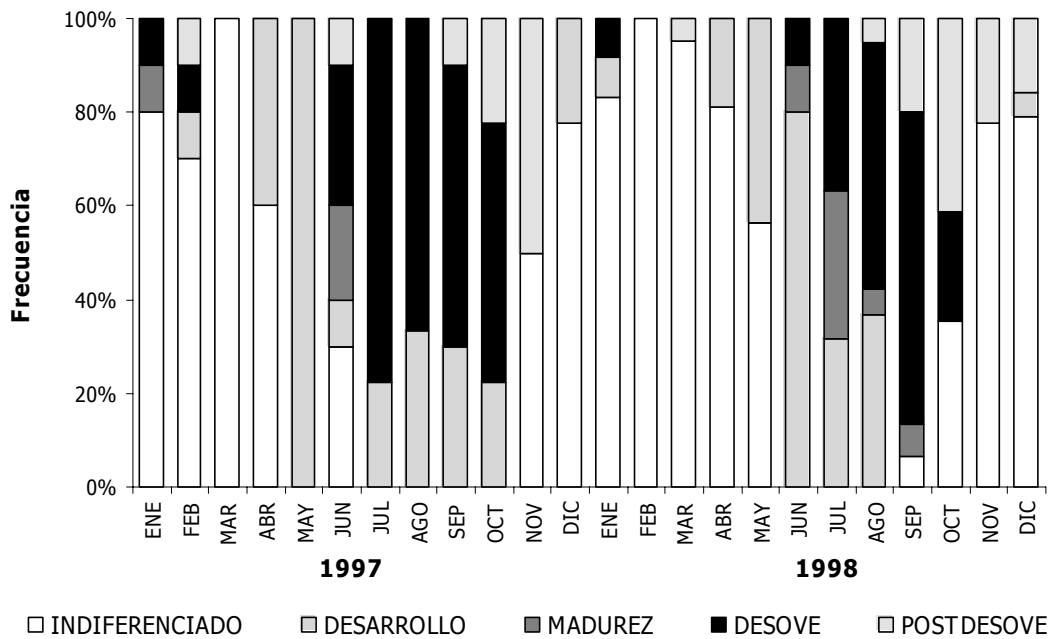


Figura 8. Ciclo reproductivo de *Saccostrea palmula*

7.4. DIÁMETRO DE LOS OVOCITOS

En los meses en los que fue posible medir el diámetro de los ovocitos, se observó un incremento y posteriormente un decremento, con un diámetro promedio de 31.20 μm (DS= 7.25).

Durante septiembre de 1997 se presentó el menor diámetro (32.72 μm) y el mayor se registró durante enero con un diámetro en los ovocitos de 36.21 μm . En 1998 el mayor diámetro se presentó en septiembre con un valor de 31.64 μm , y el menor valor fue de 20.76 μm durante mayo (Figura 9).

Fue posible observar que los diámetros menores se presentaron durante la etapa de desarrollo y que estos valores iban incrementando conforme se presentaban organismos maduros y en desove, cuando se alcanzó el mayor diámetro. Al realizar un análisis de correlación entre el porcentaje de organismos en desove y el diámetro de los ovocitos se encontró una correlación significativa entre ambos ($r=0.63$, $P = 0.02$) (Figura 9).

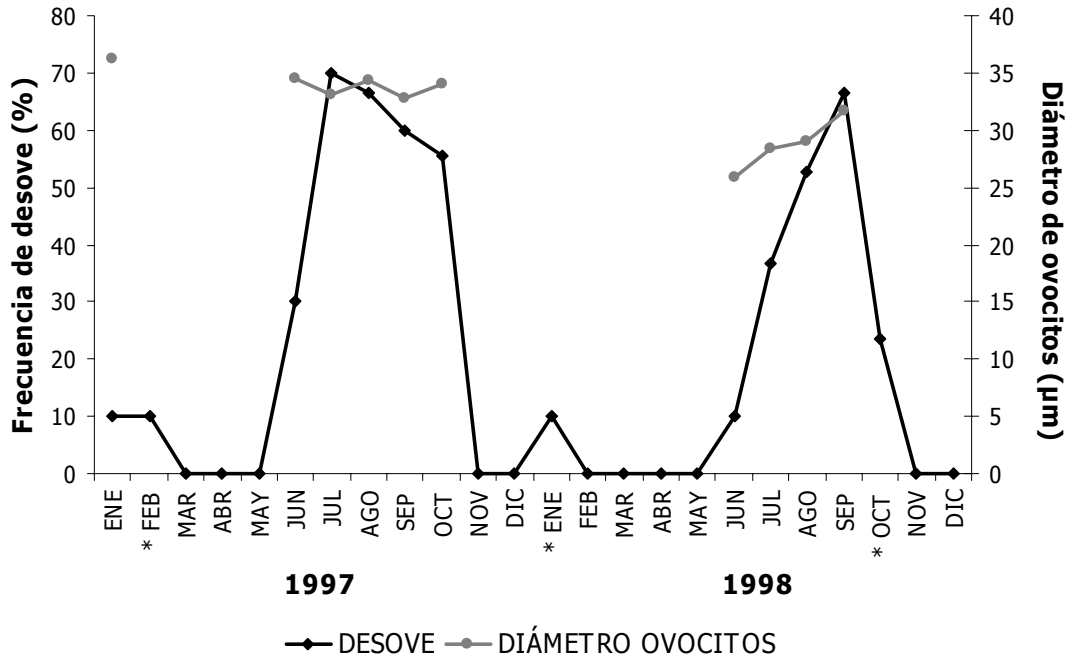


Figura 9. Frecuencia de organismos en desove y diámetro promedio mensual de los ovocitos de *Saccostrea palmula*. * Indica los meses en los que no fue posible medir ovocitos

7.5. ÍNDICE DE CONDICIÓN

El Índice de Condición (I.C) promedio que presentó la especie a lo largo de los dos años fue de 13.18 (DS= 2.44). Es posible observar que los valores fueron muy cambiantes; el índice de condición más bajo que se presentó durante 1997 fue de 11.05 en el mes de noviembre, y el valor más elevado para el mismo año fue de 18.5 y se registró durante junio. En diciembre de 1998 se registró el valor de 8.94, que fue el más bajo para todo el año, y el valor más elevado fue de 15.9 durante el mes de junio (Figura 10).

Al realizar el análisis estadístico entre el Índice de Condición y el porcentaje de organismos en desove, no se encontró una correlación significativa ($r= 0.15$, $P = 0.49$).

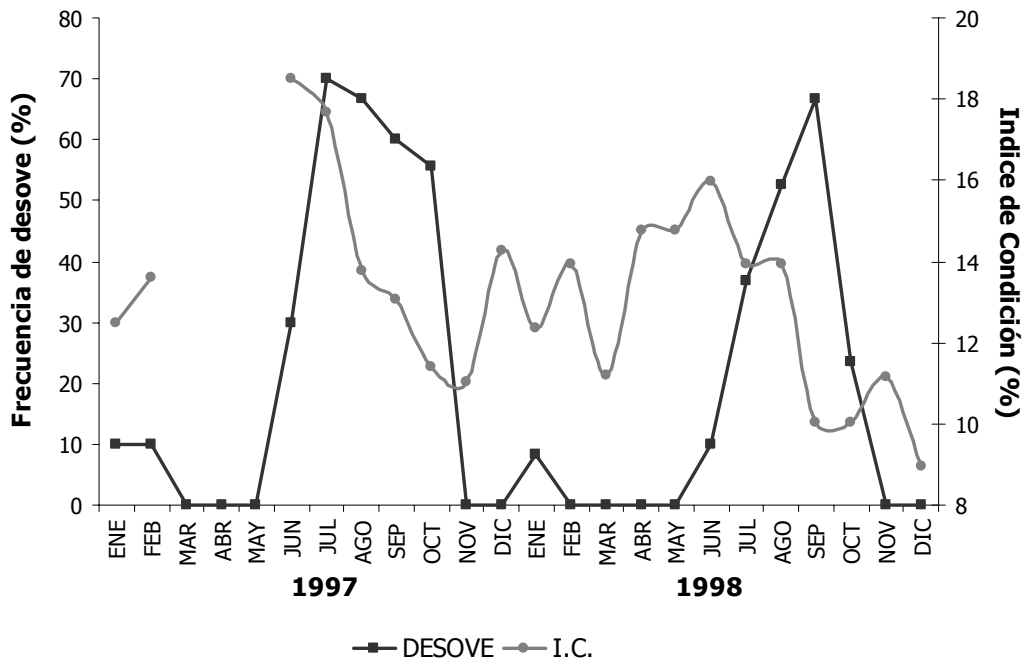


Figura 10. Índice de Condición y frecuencia de organismos en desove de *Saccostrea palmula*

7.6. ÉPOCA REPRODUCTIVA Y FACTORES AMBIENTALES

7.6.1. Época de desove

Se encontró que *S. palmula* presenta dos picos de desove al año. Uno muy pequeño a principios del año (enero) con solo el 10% de la población, y otro mucho mayor que se presentó de junio a octubre para los dos años (>25%). Esto nos sugiere que el verano-otoño es su principal época de desove (Figura 11).

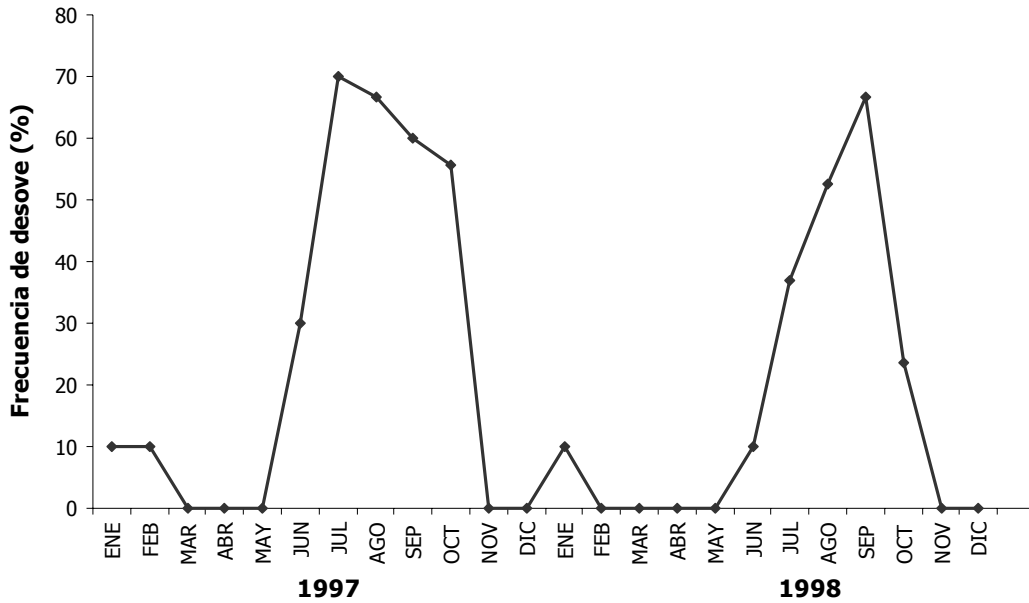


Figura 11. Frecuencia mensual de organismos en desove de *Saccostrea palmula*

7.6.2. Temperatura

El valor más bajo de temperatura registrado en la localidad de Puerto San Carlos fue de 18.7°C durante diciembre de 1998, y el valor más alto se registró durante el mes de agosto de 1997 con 30.8°C (Figura 12). La temperatura promedio a lo largo de los dos años de muestreo fue de 23.33°C (DS= 3.57).

Se observó una clara relación entre la época de desove y la temperatura. Durante 1997 la temperatura comienza elevarse para el mes de junio lo que concuerda también con el inicio de la época de desove; al ir disminuyendo la temperatura (octubre), también baja la frecuencia de organismos en desove. En el año

de 1998, se observó esta misma tendencia (Figura 12). Al relacionar el porcentaje de organismos en desove con la temperatura se observó una relación estadísticamente significativa ($r^2 = 0.67$, $P < 0.001$).

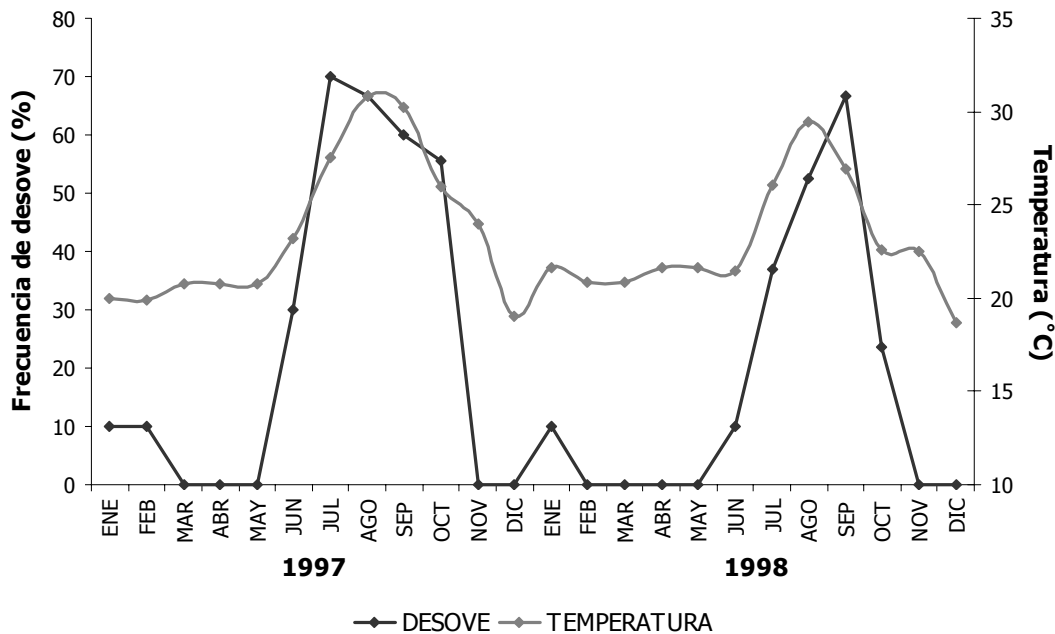


Figura 12. Temperatura y frecuencia de organismos en desove de *Saccostrea palmula*

7.6.3 Clorofila *a*

El valor más bajo se observó durante el mes de enero con 0.5 mg/m^3 y el valor más elevado, de 9.4 mg/m^3 , se observó en mayo (Figura 13). El valor promedio de la clorofila *a* para 1998 fue de 2.82 mg/m^3 (SD= 2.63).

Se observó que al ir aumentando la concentración de clorofila *a*, el número de organismos en desarrollo se incrementaba. Durante el mes de mayo se presentó un

pico en la concentración de clorofila *a*. Conforme inicia la etapa de desove en los organismos, la concentración de clorofila *a* va disminuyendo. La época de desove se presentó cuando la concentración de clorofila *a* aún no era tan baja (Figura 13). Sin embargo, no se encontró una relación significativa entre el porcentaje de organismos en desove y la concentración de clorofila *a* ($r^2 = 0.004$, $P = 0.89$).

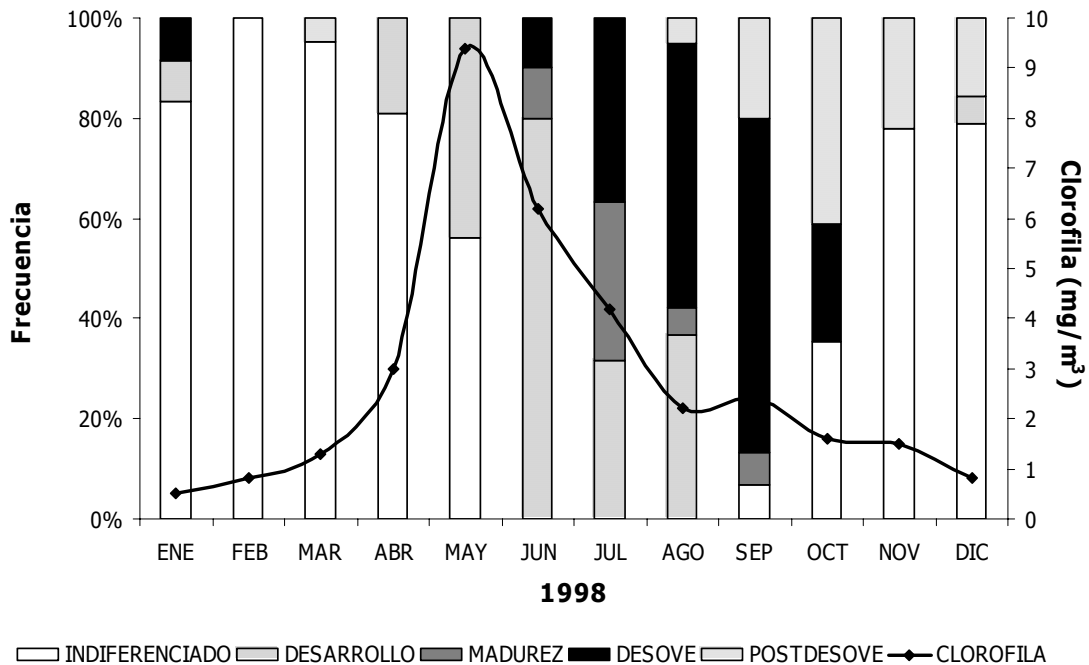


Figura 13. Concentración de clorofila *a* y el ciclo reproductivo de *Saccostrea palmula*

7.6.4. Ciclos de marea

En los valores de mareas obtenidos para la localidad de Puerto San Carlos durante el ciclo de enero de 1997 a diciembre de 1998, se registró el nivel de marea más bajo con un valor de 0.56 m en el mes de noviembre de 1997 y el nivel más alto

durante el mes de agosto de 1998, de 1.06 m (Figura 14). El promedio en el nivel de marea para los dos años fue de 0.85 m (DS= 0.15).

Se pudo observar que a lo largo de los dos años los niveles más altos de marea coinciden con los picos de desove. También se observa que durante los meses en que no se presentan desoves, el nivel de marea se encuentra en sus valores más bajos, y conforme va aumentando el nivel se van presentando organismos en desove (Figura 14). Se realizó un análisis de regresión entre estas variables y se encontró una relación significativa ($r^2= 0.17$, $P= 0.04$).

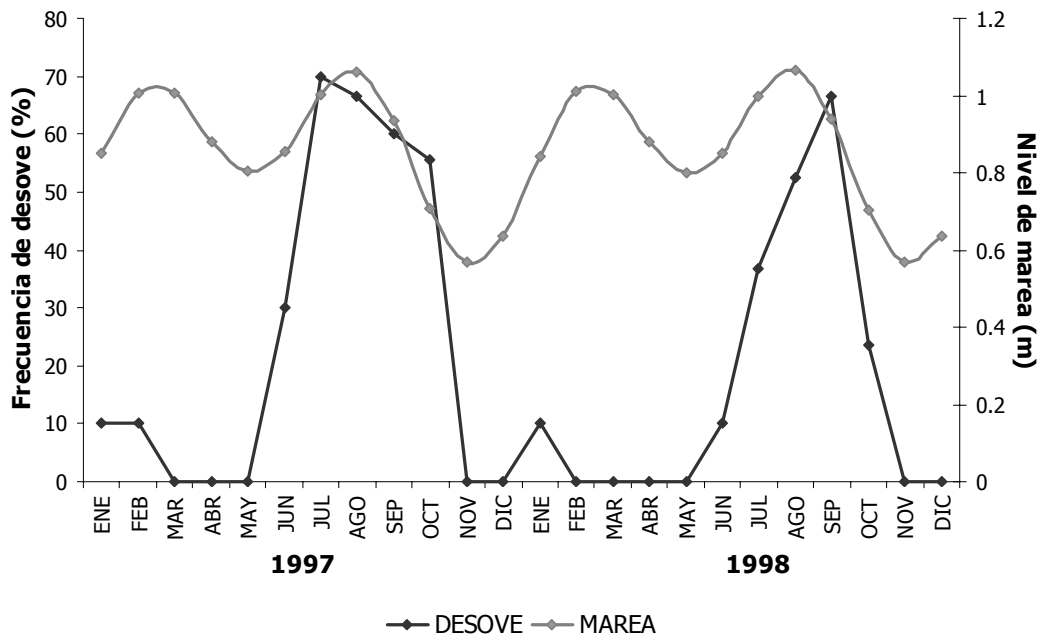


Figura 14. Ciclo de mareas y frecuencia de organismos en desove de *Saccostrea palmula*

7.6.5. Fotoperiodo

El promedio fue de 730.33 min luz/día (DS= 64.90) durante 1997 y 1998. El mayor valor se presentó durante el mes de junio con 830 min luz/día y el valor más bajo fue de 641 min luz/día durante el mes de enero (Figura 15).

Se observó, que aunque los desoves no coinciden exactamente con la mayor cantidad de horas/luz, si se presentan cuando estos valores son aún elevados (Figura 15). Se encontró una relación significativa entre la frecuencia de desove y el fotoperiodo ($r^2= 0.26$, $P= 0.01$).

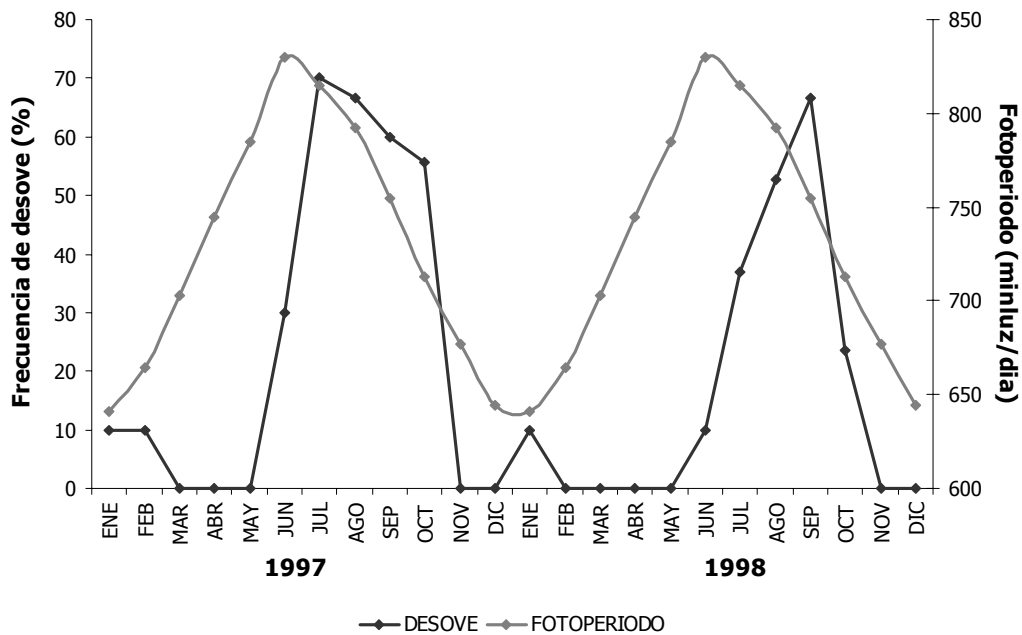


Figura 15. Fotoperiodo y frecuencia de organismos en desove de *Saccostrea palmula*

8. DISCUSIÓN

8.1. PROPORCION DE SEXOS

S. palmula presentó una proporción sexual total de 0.92H:1M, la cual no difirió significativamente del esperado 1:1 a lo largo de los dos años analizados. Cabrera-Peña et al. (2001) también encontraron para esta misma especie una proporción que se mantuvo 1:1 (0.92H:1M) en una población de Costa Rica, y Cox et al. (1996) registran para *S. commercialis* una proporción de 1.3H:1M, que tampoco difirió del esperado 1:1.

Cuando se realizó el análisis mensual, esta proporción varió significativamente durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1998, ya que se observó una proporción mayor de machos que de hembras. Sin embargo es muy probable que esta diferencia se haya presentado por problemas en el muestreo.

También se encontró una diferencia significativa en la proporción sexual por intervalos de talla, la cual muestra que existe una mayor proporción de machos en las tallas de 35-39 mm y una mayor proporción de hembras en el intervalo de 50-54 mm; Cabrera-Peña et al. (2001) encontraron para la misma especie que los machos fueron más abundantes en las clases dos y tres (14.01-27.25 mm y 27.26-40.50 mm respectivamente), mientras que en las hembras la mayor abundancia se presentó en las clases cuatro y cinco (40.51-53.76 mm y 53.77-67.01 mm respectivamente).

Dinamani (1974) hace referencia a *S. glomerata* como una especie protándrica, ya que encontró que en los organismos más jóvenes se observa una mayor proporción de machos y al crecer los individuos aumenta la proporción de hembras. Otras

especies como *C. virginica* y *Mercenaria mercenaria* se han descrito también como protándricas (Thompson et al. 1996, Eversole 2001).

Aunado a lo anterior y debido a que en la Familia Ostreidae la protandria es un fenómeno muy común (Andrews 1979), se podría catalogar a *S. palmula* como una especie protándrica. Debido a que la producción de óvulos requiere cerca de un 50% más de energía que la producción de esperma, la protandria puede estar ligada a un alto costo bioenergético para las hembras (Mackie 1984), lo que podría explicar la presencia de un mayor número de machos en las tallas pequeñas, permitiendo así utilizar una mayor cantidad de energía para el crecimiento.

Diferentes autores mencionan que en *C. virginica* la presencia de hermafroditismo es muy baja, menor al 1% (Brousseau 1995, Thompson et al. 1996), ellos además mencionan que el hermafroditismo también es poco común en otras especies de ostiones.

Durante el presente estudio se registró la presencia de dos individuos hermafroditas, lo que representa el 0.62% de la muestra analizada, ambos organismos se encontraron en la etapa de desarrollo. En el estudio realizado por Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) para la misma especie, también se denota la presencia de tres organismos hermafroditas, que representan el 3.5% de la muestra analizada, dos de ellos en etapa de desove y uno más en desarrollo. Contrario a lo anterior, Cabrera-Peña et al. (2001) no indican la presencia de hermafroditas en su estudio realizado con un total de 540 ejemplares de *S. palmula*. Sin embargo para otras especies de ostión como *S. commercialis*, Cox et al. (1996) también indica la

presencia de un organismo hermafrodita, lo que representa el 0.3% de la muestra analizada y en *S. cucullata*, Braley (1982) indica un hermafroditismo de 0.77%.

La presencia de los organismos hermafroditas puede también ser una evidencia histológica del cambio de sexo en *S. palmula*, lo que podría indicar un hermafroditismo protándrico. Cabrera-Peña et al. (2001) mencionan que *S. palmula* madura a partir de los 10 mm. En el presente estudio no se obtuvieron organismos tan pequeños, sin embargo, esto puede ser un indicador de que en estas tallas mas pequeñas se encuentren solo machos y las hembras se presenten a partir de los 30 mm. Este hermafroditismo protándrico se ha observado en otras especies como la madreperla *Pinctada mazatlanica* (García-Domínguez et al. 1996) y en la concha nácar *Pteria sterna* (Saucedo y Monteforte 1997).

Tranter (1958) menciona que el hermafroditismo esta determinado por la interacción de factores tanto genéticos como ambientales. Al respecto, se han realizado estudios citológicos en almejas, ostiones y mejillones, y aunque ha sido posible observar cromosomas, no se ha encontrado evidencia de cromosomas sexuales, a pesar de haberse realizado estudios con organismos hermafroditas (Sastry 1979, Mackie 1984).

8.2. CICLO REPRODUCTIVO

Generalmente, el ciclo reproductivo de una población incluye una serie de eventos, es decir, la activación, crecimiento, desarrollo y maduración de los gametos, desove, y un periodo de reposo (Sastry 1979).

La manera en como se presenta el ciclo reproductivo en los bivalvos marinos puede ser anual, mensual o con una periodicidad lunar (Bayne 1976) y puede ser variable para la misma especie, dependiendo de la localidad en la que se encuentre (Sastry 1979, Mackie 1984).

En Bahía Magdalena el ciclo reproductivo de *S. palmula* se presenta de una forma anual y sincrónica; con un proceso de desarrollo y madurez de los gametos durante casi todo el año, pero con una baja frecuencia de este de noviembre a marzo, y una época de desove que se observa de junio a octubre. Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) indican para esta misma especie, en una localidad de Nayarit, un periodo de desarrollo y madurez de enero a mayo y una época de desove de junio a noviembre. En el caso de la población de *S. palmula* en Costa Rica, Cabrera-Peña et al. (2001) reportaron que la especie presenta organismos en desarrollo, madurez y desove a lo largo de todo el año, por lo que se asume que *S. palmula* en esta localidad presenta un ciclo reproductivo continuo.

Al respecto Giese y Pearse (1974) mencionan que en el hemisferio norte, los ciclos reproductivos de los bivalvos tienden a ser más amplios en las regiones que se localizan más al sur del intervalo geográfico de su distribución. Esto coincide con la hipótesis de Orton (1920), quien menciona que el periodo reproductivo de las especies marinas esta relacionado con su distribución latitudinal, ya que para una misma especie, su época reproductiva más amplia se da en su distribución más sureña y la más corta se presenta en su distribución más hacia el norte. De acuerdo con esto, Eversole (2001) menciona que *M. mercenaria* presenta un ciclo reproductivo anual o

semianual y que este ciclo y los picos de desove parecen variar con la latitud. Brousseau (1995) menciona que los ostiones que habitan en la zona intermareal presentan un ciclo reproductivo anual y que la duración del desove varia geográficamente, incrementándose conforme la latitud decrece, situación que se presenta en *S. palmula*.

En *C. virginica* se presenta una gametogénesis rápida, la cual inicia en mayo y termina en junio cuando se encuentra a los organismos completamente maduros (Brousseau 1995). En el presente estudio con *S. palmula* el desarrollo se presenta durante dos meses (abril y mayo) y el desove comienza a partir de junio, sin embargo, en esta especie el desarrollo continúa durante los meses de desove. También se observó que la etapa de madurez se presentó con una frecuencia muy baja, y que una vez que se encontraban organismos maduros se iniciaba el desove. Al respecto, Baqueiro-Cárdenas y Aldana-Aranda (2000) mencionan que el patrón reproductivo de una especie puede estar asociado a inestabilidades ambientales o variaciones en factores críticos con una tendencia a optimizar los procesos reproductivos mediante diferentes alternativas, como una gametogénesis lenta, con una acumulación ausente o limitada de gametos maduros.

8.3. DIAMETRO DE LOS OVOCITOS

Los ovocitos son generalmente células muy grandes que requieren de materiales endógenos y/o exógenos para su producción, lo cual resulta en diferentes tasas de crecimiento, dependiendo de la talla que presenten (Morse y Zardus 1997).

El diámetro de los ovocitos resulta ser un buen indicador de la actividad reproductiva y ha sido utilizado en diferentes especies de bivalvos (Grant y Tyler 1983a, Eversole 2001). En *S. palmula* el diámetro en los ovocitos varió de 20.76 μm a 36.21 μm a lo largo del ciclo reproductivo. El menor valor se presentó cuando el 100% de los individuos se encontraban en desarrollo, y el mayor valor se observó cuando más de la mitad de la población (55%) se encontraba en desove y el 45% restante en etapa de madurez.

Dinamani (1974) encuentra algo similar en *S. glomerata* y menciona que los ovocitos que se encuentran en desarrollo presentan un tamaño de alrededor de las 30 μm y una vez que se encuentran completamente maduros llegan a medir entre 35-45 μm .

En otras especies se ha reportado un comportamiento semejante en el diámetro de los ovocitos. Por ejemplo: Araujo y Ramos (1999) encuentran que el diámetro de los ovocitos de *Pisidium amnicum* es de 20 μm cuando estos aún se encuentran unidos a las paredes del folículo (es decir en etapa de desarrollo) y de 40-60 μm cuando los ovocitos ya se observan en la etapa de madurez. En *Nodipecten subnodosus* el mayor promedio en el diámetro de los ovocitos se presenta cuando los individuos se encuentran en una etapa de desove (25%) y madurez (70%), y el diámetro menor se observa cuando el 100% de los individuos se encuentran inmaduros (Racotta et al. 2003).

En otras especies el diámetro de los ovocitos es un reflejo del ciclo reproductivo del organismo como en el caso de *Spondylus leucacanthus* (Villalejo-Fuerte y García-

Domínguez 1998), *Glycymeris gigantea* (Villalejo-Fuerte et al. 1995) y *Laevicardium elatum* (Villalejo-Fuerte et al. 1996b).

En *S. palmula* se pudo observar una tendencia en el diámetro promedio de los ovocitos a lo largo del periodo de muestreo, lo que podría indicar que mientras se lleva a cabo la liberación de gametos hay una continua producción y maduración de los ovocitos, lo que implicaría la presencia de ovocitos más pequeños (situación que se ve reflejada en el diámetro de los ovocitos). En *Periglypta multicosata* se observa un patrón similar a lo largo de su ciclo anual (García-Domínguez et al. 1996b). En *P. mazatlanica* el diámetro de los ovocitos no muestra una clara definición del ciclo reproductivo, sin embargo se observó que los picos de los mayores diámetros estaban seguidos de un decremento en los mismos, lo cual coincidía con el evento del desove (García-Domínguez et al. 1996a).

8.4. ÍNDICE DE CONDICIÓN

La condición física de los organismos fue muy fluctuante a lo largo de los dos años de muestreo y no fue posible observar una tendencia clara entre la curva de la condición general de los individuos y su grado de madurez. Sin embargo, para otras especies como la almeja chocolate (*Megapitaria squalida*) (Villalejo-Fuerte et al. 1996a, Villalejo-Fuerte et al. 2000), la almeja catarina (*Argopecten circularis*) (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez 1996) y *P. mazatlanica* (García-Cuellar 2001) se ha encontrado que el índice de condición esta directamente relacionado con el ciclo reproductivo de la especie.

Cabrera-Peña et al. (2001) no mencionan haber encontrado una relación entre el ciclo reproductivo y el índice de condición en *S. palmula*, pero si una correspondencia entre los valores del índice de condición y las tallas de los organismos, atribuyendo esto a que los ostiones de tallas mayores se presentan mas planos y con poco espacio entre las valvas.

Shumway (1996) menciona que el índice de condición en ostiones se encuentra fuertemente influenciado por la estación y los factores ambientales, y que la mayoría de los cambios asociados con su variación están en función del ciclo gametogénico. Ella encuentra que en *C. virginica* el índice de condición es alto en invierno y declina a niveles bajos durante el verano o cuando se presenta el desove.

Sin embargo, en este estudio no se observó una relación entre los valores del índice de condición y el estado reproductivo de *S. palmula*, y tampoco entre la época de desove y el índice de condición. Villalejo-Fuerte et al. (1995) mencionan que las variaciones en el índice de condición pueden ser consecuencia del contenido de agua en el cuerpo blando; situación que podría presentarse en *S. palmula*, ya que la especie permanece expuesta varias horas al día, debido a que habita en la zona de entre mareas. Por lo anterior se sugiere que el índice de condición no es un buen indicador indirecto de la época de desove en esta especie.

8.5. EPOCA REPRODUCTIVA Y FACTORES AMBIENTALES

El tiempo y duración de los patrones reproductivos parecen ser variables dependiendo del número de factores exógenos y factores endógenos que interactúen

con el organismo (Eversole 2001). Como en muchos otros invertebrados marinos, el ciclo reproductivo en bivalvos depende de muchos factores; entre ellos se encuentra el almacenamiento de reservas energéticas para poder soportar procesos como la gametogénesis, la acumulación de gametos, y su liberación (Giese y Pearse 1974).

8.5.1. Temperatura

La temperatura del agua es un factor ambiental cíclicamente variable que funciona como un controlador reproductivo (Thompson et al. 1996), siendo tal vez de todos los factores externos, el más importante (Mackie 1984).

Mackie (1984) menciona que para muchas especies el inicio del desove se da cuando la temperatura excede ciertos niveles críticos característicos para cada taxon, y que la maduración de los gametos está señalada por las fluctuaciones anuales de temperatura. En el caso de *S. palmula*, la época de desove se vio fuertemente influenciada por la temperatura, pues el desove se disparó a partir de los 21.4°C. Es importante destacar que durante enero también se presentó un desove y la temperatura fluctuaba entre los 20°C y 21°C. Cuevas-Guevara y Martínez-Guerrero (1979) mencionan que la temperatura es un factor determinante en la etapa de desove, y encuentran que para esta misma especie en la localidad de San Blas, Nayarit, el desove se disparó a partir de los 27.6°C. Al comparar la temperatura del agua entre las localidades, se observa que el inicio del desove se presenta con una diferencia de 6°C, lo cual está relacionado a los cambios que sufren las especies en el patrón reproductivo dentro un rango latitudinal, ya que las temperaturas críticas se

presentan durante diferentes meses o se mantienen durante todo el año permitiendo que la reproducción se lleve a cabo (Hesselman et al. 1989).

En otras especies del género *Saccostrea*, se observa también que el desove se presenta con temperaturas altas. Dinamani (1974) reporta que el inicio de desove en *S. glomerata* se presenta a partir de los 22°C. Asif (1981) encuentra que el desove se presenta desde los 29°C y menciona que la temperatura es un factor importante en el ciclo gametogénico de la especie, pues observó que el inicio de la gametogénesis se presenta entre los 20.5-22°C, y la etapa de madurez entre los 24-26.5°C. Sin embargo en *S. cucullata*, Braley (1982) menciona que la gametogénesis no se vio regulada por la temperatura.

En otras especies de ostión como *C. virginica*, Rogers y García-Cubas (1981) y Mann et al. (1994) mencionan que la temperatura no es un factor determinante para la reproducción y el desove. Sin embargo en un estudio realizado por Ortega-Hernández y Arroyo-Hernández (1987) para esta misma especie, se menciona que la etapa de madurez y el desove se presentan en concordancia con los valores más altos de temperatura. Brousseau (1995) también menciona que la temperatura es importante y observó que el desove en *C. virginica* se disparaba a partir de los 20°C.

Entre otras especies de bivalvos que se distribuyen en Baja California Sur y que se ven influenciados por los altos valores de temperatura se encuentran *Modiolus capax* que desova a partir de los 23°C (Ochoa-Báez 1985); *Chione californiensis*, especie que presenta una relación directa entre la gametogénesis y la temperatura, ya que el periodo reproductivo se amplía o se reduce en función a la variación de la temperatura (García-Domínguez et al. 1993); *P. mazatlanica*, donde la actividad

reproductiva se ve regulada por los cambios estacionales en la temperatura del agua (Saucedo y Monteforte 1997); y *S. leucacanthus*, que presenta una clara estacionalidad de su ciclo reproductivo relacionada con la temperatura del agua (Villalejo-Fuerte y García-Domínguez 1998). Lo que nos indica que la temperatura funciona como un sincronizador en el ciclo reproductivo o como un disparador del desove, situación que se presenta en *S. palmula*.

8.5.2. Clorofila *a*

La energía requerida para la producción de óvulos es fundamentalmente derivada del alimento, y se canaliza como reservas alimenticias o en diferentes rutas indirectas antes del consumo final (Morse y Zardus 1997). Giese y Pearse (1974) y Braley (1982), sugieren que las fluctuaciones estacionales en la cantidad y la calidad del alimento disponible pueden afectar los nutrientes de reserva y regular la gametogénesis.

Starr et al. (1990) realizaron un estudio para probar la hipótesis de que una alta disponibilidad de alimento se encuentra relacionada con la época de desove y encontraron que un rápido incremento en el fitoplancton aumenta la sincronización del desove y que probablemente induzca a la mayoría de los machos receptivos a desovar primero. Entonces, sus gametos junto con el fitoplancton estimulan un desove masivo.

Algunos autores sugieren que la alta disponibilidad de alimento se encuentra relacionada con la época de desove (Jaramillo et al. 1993, Arsenault y Himmelman 1998). Sin embargo, en *S. palmula* no se encontró una relación significativa entre la época de desove y la disponibilidad de alimento; sin embargo si fue posible observar

que a partir de abril, cuando la concentración de clorofila *a* aumentó, se comenzaron a observar individuos en etapa de desarrollo, y al llegar la clorofila *a* a su máximo de concentración, la frecuencia en el número de organismos en desarrollo aumentó.

Diversos autores han encontrado en otras especies de bivalvos que existe una fuerte relación entre la disponibilidad de alimento y el inicio de la gametogénesis, no encontrando así, una relación significativa entre el desove y los valores máximos de fitoplancton (Braley 1982, García-Domínguez et al. 1996a, Villalejo-Fuerte et al. 1996a, Muñetón-Gómez et al. 2001, Villalejo-Fuerte et al. 2002). En este estudio no se probó si los valores máximos en la clorofila *a* se relacionan con la etapa de desarrollo, sin embargo si se pudo observar que una vez que termina el pico máximo en la clorofila *a* se inicia la etapa de desove.

Mackie (1984) menciona que el desarrollo gonádico representa altas demandas energéticas, y que esta energía puede ser derivada de la ingesta directa de alimento, de las reservas almacenadas, o de ambas. Por ello la relación entre la disponibilidad de alimento en el ambiente, el almacenamiento y la actividad reproductiva, varía dependiendo de la especie. En *S. palmula* puede presentarse un comportamiento en el que el organismo utiliza las reservas almacenadas, lo que significaría que durante la baja disponibilidad de alimento, los organismos se encuentran en una fase de inactividad reproductiva y únicamente estarían utilizando la energía necesaria para poder filtrar el alimento. De esta manera, no realizarían un gasto energético mayor, y podrían estar almacenando nutrientes para poder realizar la gametogénesis posteriormente. En *C. virginica* las reservas son tomadas durante periodos de alta disponibilidad de alimento, esto a finales del verano, tiempo en el cual se presenta el

mayor requerimiento energético para poder realizar el crecimiento somático y germinal. Las reservas son entonces subsecuentemente utilizadas para iniciar la gametogénesis y para mantener el metabolismo durante los periodos de baja disponibilidad de alimento, reduciendo así la alimentación durante el invierno (Thompson et al. 1996). Braley (1982) encontró que en *S. cucullata* el nivel de suplemento alimenticio puede estar establecido de forma en que pueda proveer la energía necesaria para la producción de gametos.

Muñetón-Gómez et al. (2001) realizaron un estudio en *S. leucacanthus* y encontraron que la localidad de estudio (Isla Danzante, Golfo de California) presentó tres picos de abundancia en el fitoplancton. En el primero observaron que los valores máximos de abundancia en el fitoplancton se presentaron durante el aumento de temperatura, lo cual coincidió con la etapa de gametogénesis. Un segundo pico en la abundancia de alimento coincidió con altas frecuencias de organismos en madurez. Y un tercer pico de alimento en el medio coincidió con la etapa de organismos en posdesove e indiferenciados, por lo que sugieren que el alimento puede ser utilizado por los juveniles en sus primeras etapas de crecimiento. En *S. calcifer* la alta disponibilidad de alimento se presentó durante los meses fríos y la época de desove cuando había baja disponibilidad de alimento (Villalejo-Fuerte et al. 2002). En el caso de *S. palmula* la mayoría de los organismos se observaron en etapa de indiferenciados cuando se presentó la menor disponibilidad de alimento.

En Bahía Magdalena se observó únicamente un pico en la abundancia del alimento. Durante este pico la mayoría de los organismos comenzaron su etapa de desarrollo, lo que podría indicar que durante ese tiempo la energía obtenida del

alimento ingerido por *S. palmula* se utiliza para el desarrollo de los gametos. Muñetón-Gómez et al. (2001) sugieren que parte de las sustancias ingeridas en el alimento se almacenan como reserva para luego ser utilizarlas al mismo tiempo que se esta ingiriendo alimento, permitiendo así un rápido crecimiento de los gametos.

En *S. palmula*, para el mes de agosto la frecuencia de organismos en desove aumentó y también se observó una alta frecuencia de individuos aún en desarrollo y otros más maduros, sin embargo durante este mes la disponibilidad del alimento fue todavía menor. Respecto a esto Racotta et al. (2003) mencionan que el grado de utilización de reservas del músculo o de otro tejido depende de la disponibilidad de alimento. Villalejo-Fuerte et al. (2002) sugieren que en *S. calcifer* se presenta una transferencia del músculo a la gónada, pues las reservas acumuladas en el músculo son usadas cuando inicia la producción de gametos, ayudando a soportar la producción de energía para la maduración y el desove. Esta situación puede también ser la que se presenta en *S. palmula* durante esta etapa, lo que podría explicar el desfase entre la concentración de clorofila *a* y el desove, sin embargo seria necesario realizar estudios bioquímicos para poder asegurarlo.

En el mes de septiembre se alcanza a observar un muy pequeño aumento en la disponibilidad de alimento, sin embargo para el mes siguiente este nivel de fitoplancton ha vuelto a reducirse y la etapa reproductiva continúa. A este respecto Muñetón-Gómez et al. (2001) mencionan que es posible que el gasto de energía necesario para la expulsión de gametos pudiera estar sostenido por sustancias energéticas almacenadas, debido a la alta frecuencia de organismos en desove y el poco alimento.

8.5.3. Ciclos de marea

S. palmula es una especie que comúnmente se encuentra en la zona de entre mareas (Baqueiro-Cárdenas et al. 1982, Holguín-Quiñones y González-Pedraza 1994). En este estudio, se observó que la época de desove en la especie esta relacionada con la presencia de niveles altos de marea.

Morriconi y Calvo (1980) mencionan que tal vez la acción máxima de estímulos naturales durante las mareas vivas pueda explicar la mayor frecuencia de hembras desovantes en *Ostrea puelchana*. Arsenault y Himmelman (1998) también encontraron una relación entre el desove en *Chlamys islandica* y los ciclos de marea, ya que los desoves se presentaron durante las mareas de primavera a lo largo de los 3 años de estudio.

Sin embargo, Sastry (1979) más que referirse a una relación entre el desove y los ciclos de marea, menciona que el crecimiento de la gónada y la gametogénesis pueden estar influenciados por los ciclos de marea, pues la cantidad de alimento y el tiempo disponible para la alimentación dependen de ésta. En el caso de *S. palmula* los altos niveles de mareas deben estar relacionados tanto con la gametogénesis como con el desove, ya que es una especie que habita la zona de entre mareas.

En Bahía Magdalena se pudo observar que cuando se presentaron los niveles de marea elevados también se encontraron a la mayoría de los organismos en etapa indiferenciada, y una vez que los niveles de marea disminuían comenzaban a observarse organismos en desarrollo. Esto podría indicar que los organismos están alimentándose o aprovechando la alta disponibilidad de recursos y una vez que éstos

disminuyen debido a las mareas, se utilizan nutrientes de reserva para poder realizar la gametogénesis. De esta manera, los individuos están preparados para el desove cuando se vuelvan a presentar los niveles de marea más altos; permitiendo así la expulsión de los gametos, la fertilización de los óvulos y la distribución de los huevos.

Otros autores han comparado los ciclos gametogénicos de poblaciones submareales y los de poblaciones intermareales, las últimas presentan un lento desarrollo de los diferentes estadios en el ciclo reproductivo (Avellanal et al. 2002).

Contrario a lo anterior Brousseau (1995) comparó los patrones reproductivos para poblaciones intermareales de *C. virginica* con los obtenidos por Loosanoff (1942) en poblaciones submareales, y concluyó que no existe una diferencia notable en el tiempo en el que se lleva a cabo el ciclo reproductivo.

Eversole (2001) menciona que aunque sí se observa un efecto de las mareas sobre el desarrollo gonádico de *M. mercenaria*, no se tiene bien claro si la respuesta que presentan los individuos a este efecto se debe a la temperatura, a la abundancia de alimento, al tiempo disponible para alimentarse o a algún otro factor causado indirectamente por la exposición de las mareas.

En el caso de *S. palmula* se pudo comprobar que existe un efecto de las mareas sobre el desove, sin embargo, también puede existir un efecto de los niveles de marea sobre el desarrollo gonádico, el cual puede estar relacionado con la disponibilidad del organismo para alimentarse.

8.5.4. Fotoperiodo

Es bien conocido que la longitud del día puede funcionar como un sincronizador para los eventos biológicos, ya que ésta no varía año tras año para la misma latitud y durante la misma época del año (Giese y Pearse 1979).

En *S. palmula* se observó que el fotoperiodo y la época de desove están relacionados, ya que los mayores valores de minutos de luz al día, coinciden con el desove. También se observó que el fotoperiodo y las temperaturas se encuentran fuertemente relacionadas, por lo que el tiempo de iluminación puede haber influido en la temperatura registrada.

Prado-Ancona (1998) también encontró una relación significativa entre el desove de la almeja roñosa *C. californiensis* y el fotoperiodo en Bahía Magdalena, menciona que el periodo de iluminación determinó las variaciones de temperatura que se observaron en la región y que la mayor temperatura registrada durante agosto, se explica por el calentamiento del agua debido a los días más largos en junio y julio.

En la reproducción de algunos invertebrados marinos como anélidos, moluscos y crustáceos, se ha observado que el fotoperiodo funciona como un controlador, y este control se da debido a que existen enlaces entre los fotorreceptores y los centros de control endógenos de los organismos (Giese y Pearse 1979).

Villalejo-Fuerte y Ochoa-Báez (1993) sugieren que en *A. circularis* la proporción de organismos maduros en función del fotoperiodo sugiere una influencia del tiempo de iluminación en la sincronización del desarrollo gametogénico y la madurez, a través de un componente neuroendocrino. También mencionan que la influencia del

fotoperiodo se puede considerar como un efecto sincronizador de la gametogénesis, regulada por la función neurosecretora, que responde a una disminución en el tiempo de iluminación.

9. CONCLUSIONES

- *S. palmula* es una especie hermafrodita protándrica.
- *S. palmula* presentó un ciclo reproductivo anual en Bahía Magdalena.
- La época de desove de *S. palmula* en Bahía Magdalena se presentó de junio a octubre y se vio fuertemente influenciada por la temperatura, pues el desove se presentó a partir de los 21.4°C.
- La época de desove de *S. palmula* se vio influenciada por los niveles máximos de marea y por el fotoperiodo con la mayor cantidad de min luz/día.
- No se observó una relación entre la disponibilidad de alimento y el ciclo reproductivo en *S. palmula*.
- Se observó que en Bahía Magdalena la época de desove de *S. palmula* es más corta en relación a otras poblaciones sureñas de la misma especie.
- La medición del diámetro promedio de los ovocitos, resultó ser un método cuantitativo poco confiable para conocer la época de desove.
- El Índice de condición no puede ser utilizado como un indicador de la época reproductiva de *S. palmula*.

10. RECOMENDACIONES

Debido a que la sobreexplotación de diversas especies lleva a las cooperativas pesqueras a poner su atención en especies menos explotadas como *S. palmula*, es necesario el establecimiento de épocas de veda que permitan a la especie la continuación de su ciclo reproductivo, para de esta manera explotar racionalmente los recursos pesqueros.

Se sugiere una época de veda para *S. palmula* de junio a octubre, lo que permitiría la reproducción de los organismos y el asentamiento de larvas en el medio.

11. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

- Realizar estudios sobre la estructura de tallas y densidades de la especie.

- Realizar estudios histoquímicos y bioquímicos para conocer como se realiza la transferencia de nutrientes entre los órganos y conocer la relación de estos nutrientes con la reproducción.

- Realizar estudios sobre los ciclos reproductivos en otras poblaciones de *S. palmula*.

- Realizar experimentos controlados para saber si la disponibilidad de alimento es un factor influyente en el desarrollo de organismos hermafroditas.

12. LITERATURA CONSULTADA

- ANDREWS, J.D. 1979. Pelecypoda: Ostreidae. En: Giese, A.C. y J.S. Pearse (eds.). Reproduction of marine invertebrates. Vol. V. Cap. 6 (293-341 p). Academic Press. New York.
- ARAUJO, R Y M.A. RAMOS. 1999. Histological description of the gonad, reproductive cycle, and fertilization of *Pisidium amnicum* (Müller, 1774) (Bivalvia: Sphaeriidae). *The Veliger* 42(2): 124-131.
- ARRIAGA-CABRERA, L., J.M. ESPINOZA-RODRÍGUEZ, C. AGUILAR-ZUÑIGA, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. GÓMEZ-MENDOZA Y E. LOA-LOZA. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad. México. 609 pp.
- ARSENAULT, D.J. Y J.H. HIMMELMAN. 1998. Spawning of the Iceland Scallop (*Chlamys islandica* Müller, 1776) in the Northern Gulf of St. Lawrence and its relationship to temperature and phytoplankton abundance. *The Veliger* 41(2): 180-185.
- ASIF, M. 1981. Reproductive cycle and changes in associated parts of gonad in *Crassostrea (Saccostrea) glomerata* (Gould) from the coast of Karachi. *Indian Journal of Fisheries* 26: 13-22.
- AVELLANAL, M.H., E. JARAMILLO, E. CLASING, P. QUIJÓN Y H. CONTRERAS. 2002. Reproductive cycle of the bivalves *Ensis macha* (Molina, 1728) (Solenidae), *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818) (Solecurtidae), and *Mulinia edulis* (King, 1831) (Mactridae) in Southern Chile. *The Veliger* 45(1): 33-44.
- BAQUEIRO-CÁRDENAS, E., J. MASSÓ Y H. GUAJARDO. 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. Secretaría de Pesca. México. 31pp.

BAQUEIRO-CÁRDENAS, E., A. AVILES-QUEVEDO, J. MASSO-ROJAS, M. MUCIÑO-DÍAZ, P. ROGERS-NIETO Y A. VÉLEZ-BARAJAS. 1992. Manual de métodos de muestreo y evaluación de poblaciones de moluscos y otros recursos bentónicos. Instituto Nacional de la Pesca. México. 73 pp.

BAQUEIRO-CÁRDENAS, E. Y D. ALDANA-ARANDA. 2000. A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from México. *Bulletin of Marine Science* 66(1): 13-27.

BAYNE, R.D. 1976. Aspects of reproduction in bivalve molluscs. En: Wiley M.L. (ed.). *Estuarine Processes*. Vol. 2. (432-448). Academic Press. New York.

BRALEY, R.D. 1982. Reproductive periodicity in indigenous Oyster *Saccostrea cucullata* in Sasa Bay, Apra Harbor, Guam. *Marine Biology* 69: 165-173.

BRIGGS, J.C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw Hill. New York. 475 pp.

BROUSSEAU, D. J. 1995. Gametogenesis and spawning in intertidal oysters (*Crassostrea virginica*) from Western Long Island Sound. *Journal of Shellfish Research* 14(2): 133-140.

CABRERA-PEÑA, J., M. PROTTI-QUESADA, M. URRIOLOA-HERNÁNDEZ Y O. SÁENZ-VARGAS. 2001. Crecimiento y madurez sexual de una población de *Saccostrea palmula* (Mollusca: Bivalvia), Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 49(3-4): 877-882.

CARRIKER, M.R. Y P.M. GAFFNEY. 1996. A catalogue of selected species of living oysters (Ostreacea) of the world. En: Kennedy V., R.I. Newell y A.F. Able. (eds.). *The Eastern Oyster Crassostrea virginica*. Cap. 1 (1-18 p). Maryland Sea Grant Book. Maryland.

- COX, E.S., M.S. SMITH, J.A. NELL Y G.B. MAGUIRE. 1996. Studies on triploid oysters in Australia. VI. Gonad development in diploid and triploid Sydney rock oysters *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 197: 101-120.
- CUEVAS-GUEVARA, C.A. Y A.M. MARTÍNEZ-GUERRERO. 1979. Estudio gonádico de *Crassostrea corteziensis* (Hertlein), *C. palmula* (Carpenter) y *C. iridescens* (Hanley), de San Blas, Nayarit. México (Bivalvia: Ostreidae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 6 (2): 81-98.
- DANIEL, W. 1996. Bioestadística. Ed. Limusa. México. 878 pp.
- DINAMANI, P. 1974. Reproductive cycle and gonadial changes in the new zealand rock oyster *Crassostrea glomerata*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 8(1): 39-65.
- EVERSOLE, A. 2001. Reproduction in *Mercenaria mercenaria*. En: Kraeuter, J. y M. Castagna (eds.). *Biology of the Hard Clam*. Cap. 5 (221-260 p). Elsevier Science B.V. Netherlands.
- FÉLIX-PICO, E. 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. México. 89 pp.
- FÉLIX-PICO, E., M.T. IBARRA-CRUZ, R.E. MERINO-MÁRQUEZ, V.A. LEVY-PÉREZ, F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ Y R. MORALES-HERNÁNDEZ. 1995. Reproductive cycle of *Argopecten circularis* in Magdalena Bay, B.C.S. México. IFREMER, *Actes de Colloques* 17: 151-155.

- FRÍAS-ESPIRICUETA, M., F. PÁEZ-OSUNA. Y I. OSUNA-LÓPEZ. 1997. Seasonal changes in the gonadal state of oysters *Crassostrea iridescens* and *Crassostrea costeziensis* (Fillibranchia:Ostreidae) in the Northwest coast of Mexico. *Revista de Biología Tropical* 45(31): 1061-1065.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I. Y D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1998. Time variations in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after 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. México. 75 pp.
- GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F., G. GARCÍA-MELGAR Y P. GONZÁLES-RAMÍREZ. 1993. Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 19(1): 15-28.
- GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F., B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ Y A. TRIPP-QUEZADA. 1996a. Spawning cycle of the pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), (Pteriidae) at Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research* 15(2): 297-303.
- GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F., B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ, M. VILLALEJO-FUERTE Y M. ARELLANO-MARTÍNEZ. 1996b. Reproductive cycle of the giant reef clam *Periglypta multcostata* (Sowerby, 1835), (Pelecypoda: Veneridae) at Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research* 17(4): 1009-1013.

GIESE, A.C Y J.S. PEARSE. 1974. Introduction: general principles. En: Giese, A.C. y J.S. Pearse (eds.). *Reproduction of marine invertebrates*. Vol. I. Cap. 1 (1-49 p). Academic Press. New York.

GRANT, A. Y P. TYLER. 1983a. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction an statistical analysis of gonada indices and maturity indices. *International Journal of Invertebrates Reproduction* 6:129-269.

GRANT, A. Y P. TYLER. 1983b. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. II. The analysis of oocytes size/frequency data, and comparation of different types of data. *International Journal of Invertebrates Reproduction* 6:271-283.

HESSelman, P., L. WALKER Y J. CARR. 1989. Gametogenic cycles of three bivalves in Wasaw Sound Georgia: I. *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758). *Journal of Shellfish Research* 8(1): 51-60.

HOLGUÍN-QUIÑONES, O. Y A. GONZÁLEZ-PEDRAZA. 1989. Moluscos de la franja costera del Estado de Oaxaca, México. Secretaría de Educación Pública. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Atlas CICIMAR No. 7. 221 pp.

HOLGUÍN-QUIÑONES, O. Y A. GONZÁLEZ-PEDRAZA. 1994. Moluscos de la franja costera de Michoacán, Colima y Jalisco, México. Instituto Politécnico Nacional. México. 133pp.

HUMASON, L. 1979. *Animal tissue techniques*. W. H. Freeman y Co. San Francisco. 661 pp.

JARAMILLO, R., J. WINTER, J. VALENCIA Y A. RIVERA. 1993. Gametogenic cycle of the chiloe Scallop (*Chlamys amandi*). *Journal of Shellfish Research* 12(1): 59-64.

KEEN, M. 1971. Sea shells of tropical west America. 2nd Ed. Stanford University Press. Stanford. 1064 pp.

LOOSANOFF, V.L. 1942. Seasonal gonadal changes in the adult oysters, *Ostrea virginica*, of Long Island Sound. *The Biological Bulletin* 83: 195-206.

MACKIE, G.L. 1984. Bivalves. En: Tompa, A.S., N.H. Verdonk y J. Van Der Biggelaar (eds.). The Mollusca: Reproduction. Vol. 7. Cap. 5 (351-418 p). Academic Press. New York.

MANN, R., J.S. RAINER Y R. MORALES-ALAMO. 1994. Reproductive activity of oysters, *Crassostrea virginica* (Gmel, 1791) in James River, Virginia, During 1987-1988. *Journal of Shellfish Research* 13(1): 157-164.

MORRICONI, E.R., Y J. CALVO. 1980. Fertilidad y periodicidad del desove de *Ostrea puelchana*. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 2(2):57-62.

MORSE, M.P. Y J.D. ZARDUS. 1997. Bivalvia. En: Harrison, J.W. y A.J. Kohn (eds.). Microscopic Anatomy of Invertebrates. Vol. 6A. Cap. 2 (7-118 p). Wiley-Liss, Inc. North Carolina.

MUÑETÓN-GÓMEZ, M.S., M. VILLALEJO-FUERTE Y I. GÁRATE-LIZÁRRAGA. 2001. Contenido estomacal de *Spondylus leucacanthus* (Bivalvia: Spondylidae) y su relación con la temporada de reproducción y la abundancia de fitoplancton en Isla Danzante, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical* 49(2): 581-590.

- OBESO-NIEBLAS, M., J.H. GAVIÑO-RODRÍGUEZ Y A.R. JIMÉNEZ-ILLESCAS. 1999. Modelación de la marea en el sistema lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Oceánides* 14: 79-88.
- OCHOA-BÁEZ, R. 1985. Antecedentes sobre el ciclo de reproducción de *Modiolus capax* (Conrad, 1873) (Bivalvia:Mytilidae) en la Bahía de La Paz, Baja California, México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 2(2): 86-103.
- ORTEGA-HERNÁNDEZ, S. Y J. ARROYO-HERNÁNDEZ. 1987. Observaciones sobre la reproducción de *Crassostrea virginica* (Gmelin) en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. 105-110 p. En: *Memorias del IX Congreso Nacional de Zoología. Tomo I*. Villa Hermosa, Tabasco. México.
- ORTON, J.H. 1920. Sea-temperature, breeding and distribution in marine animals. *Journal Marine Biology Association United Kingdom* 12: 339-366.
- PALOMARES-GARCÍA, R., A. MARTÍNEZ-LÓPEZ, R. DE SILVA-DÁVILA, R. FUNES-RODRÍGUEZ, M.A. CARBALLIDO-CARRANZA, R. AVENDAÑO-IBARRA, A. HINOJOSA-MEDINA Y G.A. LÓPEZ-IBARRA. 2003. Biological effects of El Niño 1997-1998 on a shallow subtropical ecosystem: Bahía Magdalena, Mexico. *Geofísica Internacional* 42(3): 455-466.
- 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. México. 103 pp.
- RACOTTA, I.S., J.L. RAMÍREZ, A.M. IBARRA, M.C. RODRÍGUEZ, D. CARREÑO, Y E. PALACIOS. 2003. Growth and gametogenesis in the lion-paw scallop *Nodipecten (Lyropecten) subnodosus*. *Aquaculture* 217: 335-349.

- ROGERS, P. Y A. GARCÍA-CUBAS. 1981. Evolución gonádica a nivel histológico del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) del sistema fluvio lagunar Atasta-Pom, Laguna de Términos, Campeche, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 8 (1): 21-42.
- ROSE, R., R. DYBDALH Y S. HARDERS. 1990. Reproductive cycle of the Western Australian Silverlip Pearl oysters *Pinctada maxima* (Jameso) (Mollusca: Pteriidae). *Journal of Shellfish Research* 9(2): 261-272.
- RUIZ-DURA, M. 1971. Ciclo gonádico de *Ostrea corteziensis* (Hertlein, 1951). 1233-1250 p. En: Libro de Resúmenes del 2^{do} Simposium Latinoamericano de Acuicultura. México, D.F. México.
- RUIZ-DURA, M. 1974. Estudio histológico comparativo de los ciclos gonádicos de *Ostrea corteziensis* Hertlein, *Crassostrea virginica* Gmelin y *Crassostrea iridescens* Hanley. 128-138 p. En: *FAO, Informe de pesca* No. 59, Vol 1. La acuicultura en América Latina.
- SASTRY, A. 1979. Pelecypoda (Excluding Ostreidae). En: Giese, A.C. y J.S. Pearse (eds.). *Reproduction of marine invertebrates*. Vol. V. Cap. 5 (113-292 p). Academic Press. New York.
- SAUCEDO, P. Y M. MONTEFORTE. 1997. Breeding cycle of Pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) at Bahia de La Paz, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 16(1): 103-110.
- SEVILLA, H.M. y C. Mondragón. 1965. Desarrollo gonádico de *Crassostrea virginica* Gmelin en la Laguna de Tamiahua. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras*. 1: 54-59.

SEVILLA, H.M. 1995. Moluscos de la franja costera de Chiapas, México. Instituto Politécnico Nacional. Dirección General de Publicaciones. México. 152 pp.

SOKAL, R. Y F. ROHLF. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Blume Ediciones. Madrid. 832 pp.

STARR, M., J.H. HIMMELMAN Y J.C. THERRIAULT. 1990. Direct coupling of marine invertebrates spawning with phytoplankton blooms. *Science, New Series* 2(4946): 1071-1074.

STUARDO, J Y A. MARTÍNEZ. 1975. Relación entre algunos factores ecológicos y la biología de poblaciones de *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) de San Blas, Nayarit, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 2 (1): 89-130.

SHUMWAY, S.E. 1996. Natural environmental factors. En: Kennedy V.S, R.I. Newell y A.F. Able. (eds.). The Eastern Oyster *Crassostrea virginica*. Cap. 13 (467-513 p). Maryland Sea Grant Book. Maryland.

THOMPSON, R.J., R. NEWELL, V.S. KENNEDY Y R. MANN. 1996. Reproductive processes and early development. En: Kennedy V.S, R.I. Newell y A.F. Able. (eds.). The Eastern Oyster *Crassostrea virginica*. Cap. 9 (335-370 p). Maryland Sea Grant Book. Maryland.

TRANTER, D.J. 1958. Reproduction in Australian Pearl Oyster (Lamellibranchia) III. *Pinctada albina* (Lamarck). Breeding Season and Sexuality. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 9: 191-216.

VILLALEJO-FUERTE, M Y R.I. OCHOA-BÁEZ. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835), en relación con la temperatura y fotoperiodo, en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 19(2): 181-202.

VILLALEJO-FUERTE, M., F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ Y R.I. OCHOA-BÁEZ. 1995. Reproductive cycle of *Glycymeris gigantea* (Reeve, 1843) (Bivalvia: Glycymerididae) in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *The Veliger* 38(2): 126-132.

VILLALEJO-FUERTE, M., G. GARCÍA-MELGAR, R. OCHOA-BÁEZ Y A. GARCÍA-GASCA. 1996a. Ciclo reproductivo de *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Boletín Científico* (Santa Fé de Bogota) 4: 29-39.

VILLALEJO-FUERTE, M. Y B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ. 1996. Variación de los índices de condición general, gonádico y de rendimiento muscular en *Argopecten circularis* (Bivalvia: Pectinidae). *Revista de Biología Tropical* 44:571-575.

VILLALEJO-FUERTE, M., B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ Y GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F. 1996b. Reproductive cycle of *Laevicardium elatum* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research* 15: 741-745.

VILLALEJO-FUERTE, M. Y F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ. 1998. Reproductive cycle of *Spondylus leucacanthus* Broderip, 1833 (Bivalvia: Spondylidae) at Isla Danzante, Gulf of California. *Journal of Shellfish Research* 17(4): 1037-1042.

VILLALEJO-FUERTE, M., M. ARELLANO-MARTÍNEZ, B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ Y F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ. 2000. Ciclo reproductivo de la almeja chocolate *Megapitaria squalida* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Veneridae) en Bahía Juncalito, Golfo de California, México. *Hidrobiológica* 10(2): 165-168.

VILLALEJO-FUERTE, M., M. ARELLANO-MARTÍNEZ, B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ Y F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ. 2002. Reproductive cycle of *Spondylus calcifer* Carpenter, 1857 (Bivalvia: Spondylidae) in the "Bahía de Loreto" National Park, Gulf of California, México. *Journal of Shellfish Research* 21(1): 103-108.

ZAYTSEV, O. R. CERVANTES-DUARTE, O. MONTANTE Y A. GALLEGOS-GARCIA. 2003. Coastal Upwelling activity on the Pacific Shelf of the Baja California Peninsula. *Journal of Oceanography* 59: 489-502.