



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**CICLO REPRODUCTIVO DE LA ALMEJA DE SIFÓN
Panopea globosa EN LA PLAYA DEL SOL, EMPALME,
SONORA, MÉXICO**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

**Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Acuicultura)**

p r e s e n t a

EDNA MARIA ARAMBULA PUJOL

La Paz, B.C.S. Marzo del 2006

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 10:00 horas del día 24 del Mes de Noviembre del 2005, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"CICLO REPRODUCTIVO DE LA ALMEJA DE SIFÓN *Panopea globosa* EN LA PLAYA DEL SOL, EMPALME, SONORA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

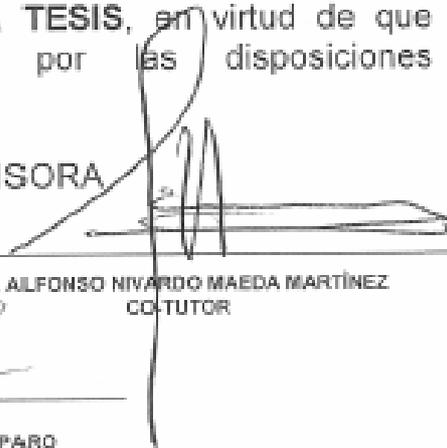
EDNA MARIA ARAMBULA PUJOL

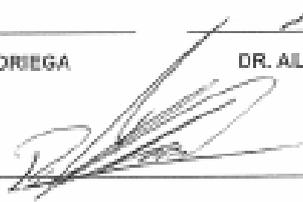
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN ACUACULTURA

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


DR. EUGENIO ALBERTO ARAGÓN NORIEGA
DIRECTOR DE TESIS


DR. ALFONSO NIVALDO MAEDA MARTÍNEZ
CO-TUTOR


DR. ROSALIO MALDONADO AMPARO
CO-TUTOR


DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Comité Tutorial y Revisor de Tesis

- Director **Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega**
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
Guaymas, Sonora, México
- Co tutor **Dr. Alfonso Nivardo Maeda Martínez**
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
La Paz, B. C. S. México
- Co tutor **Dr. Rosalío Maldonado Amparo**
Centro de Estudios Tecnológicos del Mar
Guaymas, Sonora, México

Jurado de examen de grado

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Dr. Alfonso Nivardo Maeda Martínez
Dr. Rosalío Maldonado Amparo
Dr. César Augusto Salinas Zavala (Suplente)

RESUMEN de la tesis de **EDNA MARIA ARAMBULA PUJOL** presentada como requisito para la obtención del grado de **Maestría en Ciencias** en uso, manejo y preservación de los recursos naturales con orientación en Acuicultura

Resumen aprobado por:

Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega
Director de tesis

CICLO REPRODUCTIVO DE LA ALMEJA DE SIFÓN *Panopea globosa*, EN EL LITORAL DE EMPALME-SONORA.

La almeja de sifón *Panopea globosa* es una especie nativa de México que posee un alto potencial económico, de la cual no existen reportes relacionados a su distribución y su biología en los litorales mexicanos, desconociendo las bases biológicas que permitan su aprovechamiento. Derivada de una prospección realizada por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en el litoral de Empalme, Sonora fueron localizadas poblaciones naturales en las costas de Sonora, lo cual está permitiendo realizar diversos estudios sobre su biología, ecología y potencial pesquero. En el presente estudio se muestran los resultados de un trabajo sobre el ciclo reproductivo de la almeja de sifón *Panopea globosa*, en el litoral de Empalme, Sonora, incluyendo la apariencia externa de las gónadas y la determinación del ciclo reproductivo usando técnicas histológicas. Las características macroscópicas externas de la masa gonadal no presentaron diferencias entre machos y hembras. Sin embargo, las diferencias entre sexos sólo se aprecian a nivel microscópico en los cortes histológicos del tejido gonádico. Se definieron cinco estadios gametogénicos: inmaduro = 0, actividad temprana = 1, actividad tardía = 2, maduro = 3, parcialmente desovado = 4 y vacío = 5. En invierno se presentan los estadios 1, en primavera el estadio 2 y en verano el estadio 3 con el posterior desove. Estos resultados indican que el ciclo reproductivo encontrado en *P. globosa*, es similar a lo reportado en otras especies del mismo género como *P. abrupta* en Puget Sound entre los límites de Seattle, EE.UU. y Vancouver, Canadá, y en *P. zelandica* en Nueva Zelanda.

Palabras clave: *Panopea globosa*, ciclo reproductivo, Golfo de California

ABSTRACT

MATURITY GONADICA AND FERTILITY IN THE GEODUCK CLAM *Panopea globosa*, IN THE COAST OF EMPALME-SONORA.

The Geoduck clam *Panopea globosa* is a native species of Mexico that possesses a high economic potential. Reports with respect to their distribution in the Mexican coast and their biology do not exist. Therefore, its biological basis that permits their use is not known. Recently, natural populations in the coast of Sonora have been located, which has permitted to carry out diverse studies on their biology, ecology and fishing potential. In the present study, the advances of a work on the reproductive biology of the Geoduck clam *Panopea globosa*, in the coast of Empalme-Sonora are shown, including its external appearance of the gonads, the determination of its reproductive cycle, and its fertility using histological techniques. The external macroscopic characteristics of the mass gonadal did not present differences between male and female. Nevertheless, the differences among sexes only are appreciated at the microscopic level in the histological slides of the gonadal tissue. Five stages of gametogenesis were defined: immature = 0, early activity = 1, late activity = 2, ripe = 3, partly spent = 4 and spent = 5. Stage 1 is presented in winter, stage 2 in spring, and stage 3 in summer, with the subsequent spawning. These results indicate that the reproductive cycle found up to now in *P. globosa*, is similar to that reported in other species of the same kind as *P. abrupt* in Puget Sound, which is located among the limits of Seattle, United States and Vancouver, Canada, and in *P. zelandica* in New Zealand.

Key words: *Panopea globosa*, reproductive cycle, Golfo de California

*“Una buena conducta vale más que una bella figura;
proporciona goces más elevados de los que pueden proporcionar
las estatuas y las pinturas; es la más bella de las bellas artes”*
Emerson

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo que me brindó al otorgarme una beca para realizar mis estudio de posgrado (CONACYT 181827).

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) que me aceptó para realizar mis estudios de maestría a través de la Dirección de Estudios de Posgrado. A las autoridades y personal de esta dirección, así como a todos los investigadores que la apoyan por medio de la docencia, mi más sincero agradecimiento.

A la Unidad Sonora del CIBNOR que me apoyo a través de los proyecto 925 1G, y EP 1.2 del programa académico “Ecología Pesquera”. El apoyo de los proyectos fue importante para la parte de recolecta de muestras, datos y para la escritura de este documento. A las autoridades de la institución mi agradecimiento.

En particular, quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Eugenio Alberto Aragón Noriega, director de esta Tesis de Maestría, por su incondicional apoyo y dedicación, así como por sus sugerencias sin las cuales no hubiera sido posible la elaboración de este trabajo.

Igualmente quisiera agradecer al Dr. Alfonso Nivardo Maeda Martínez y al Dr. Rosalío Maldonado Amparo por su constancia, apoyo en todo momento y su participación en el Comité Tutorial de esta Tesis de Maestría.

De igual forma, deseo agradecer a la Subdelegación de Pesca en el Estado de Sonora, haciendo extensivo mi agradecimiento a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación por permitirme compaginar la actividad laboral con la realización de este posgrado. Así mismo, hago extensivos estos agradecimientos a todos mis compañeros

Agradezco enormemente el financiamiento que ha recibido este proyecto, ya que por la aportación en conjunto del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Guaymas – INP y el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 3 – CET Mar Guaymas, fue llevado a su término. Así mismo, agradezco a la SCPP Ricardo Loreto Valenzuela, SCL por su colaboración incondicional.

Deseo también, destacar la acertada y valiosa participación del Dr. Oscar Holguín, Investigador y Catedrático del CICIMAR La Paz y al M en C Arturo Toledano Granados, Investigador del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, adscrito a la Unidad Académica Puerto Morelos, en la identificación de la almeja de sifón, que es la piedra angular de este trabajo.

También, quiero agradecer a todas aquellas personas que participaron y colaboraron en los muestreos y procesamiento histológico, Jesús, Miguel, Tlacua, don armando e Ivain, mil gracias; así mismo, agradezco la paciencia que me tuvieron en la ejecución de técnicas de laboratorio, Carmen, gracias.

Por último, me gustaría resaltar la comprensión, la paciencia, la tolerancia y principalmente el cariño de mi madre la Sra. Edna Pujol Rochin y mi hermano Miguel Ángel, que siempre están presentes y han jugado un papel trascendental en la toma de decisiones, su apoyo fue de suma importancia.

ÍNDICE

	Página
Lista de figuras	
Lista de tablas	
I. INTRODUCCIÓN	1
I. 1. ANTECEDENTES	4
1.1. Generalidades	4
1.2. Anatomía Externa	7
1.3. Sistemática	8
1.4. Caracterización de la zona de estudio	9
1.4.1 Climatología	9
1.4.2 Hidrografía	10
1.4.3 Batimetría	10
1.4.4 Transparencia	11
II. JUSTIFICACION	12
III. HIPÓTESIS	13
IV. OBJETIVO GENERAL	14
4.1 Objetivos Específicos	14
V. MATERIALES Y METODOS	15
5.1 Recolección de la especie Almeja de Sifón Panopea globosa en Playa del Sol, Empalme, Sonora	15
5.2 Descripción del ciclo reproductivo de la especie Almeja de Sifón Panopea globosa por análisis histológico.	17
5.3 Establecer la fecundidad de la Almeja de Sifón Panopea globosa mediante muestras histológicas.	22
VI. RESULTADOS	24
6.1. Variables ambientales	24
6. 2. Caracterización de la especie	27
6.3. Análisis Biométrico	31
6. 4. Descripción Macroscópica de la Gónada	37
6.5. Ciclo Reproductivo	38
6.6. Producción de ovocitos	43
6.7. Simbiosis	46
VII. DISCUSION	48
VIII. LITERATURA CITADA	53

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Producción de Moluscos Bivalvos por Acuicultura en el 2002-2003	2
2	Esquema de un cultivo de ostión en Canastas Nestier	2
3	Anatomía interna de <i>Panopea abrupta</i> , tomado de Gordón (1996).	7
4	<i>Panopea globosa</i>	8
5	Ubicación de la zona de estudio	15
6	Marca del sifón en el sustrato	16
7	Compresor utilizado para la extracción de la Almeja de Sifón	17
8	Batimetría de la Playa del Sol obtenida durante este estudio.	26
9	Promedio mensual de la TSM para el período 1982-2004 en la bahía de Guaymas – Empalme, Sonora. Según datos COADS	27
10	Concha vacía de <i>Panopea globosa</i> recolectada en Empalme, Sonora.	28
11	Principales partes del cuerpo de la almeja de sifón recolectada en Empalme, Sonora	28
12	Impresión de los músculos aductores de <i>P. globosa</i> recolectada durante este estudio.	29
13	Vista del diente y del ligamento de <i>P. globosa</i> recolectada durante este estudio.	30
14	Vista externa de las valvas de <i>P. globosa</i> recolectada durante este estudio	30
15	Vista del seno paleal de <i>P. globosa</i> recolectada durante este estudio.	31
16	Comparativo Peso Total – Peso Biomasa	33

Figura		Página
17	Relación Lineal Peso Total – Peso Biomasa	33
18	Comparativo Peso Total – Peso Concha	34
19	Relación Lineal Peso Total – Peso Concha	34
20	Comparativo Peso Total – Peso Gónada	35
21	Relación Lineal Peso Total – Peso Gónada	35
22	Comparativo Peso Biomasa – Peso Gónada	36
23	Relación Lineal Peso Biomasa – Peso Gónada	36
24	Almeja sin concha (Biomasa)	37
25	Almeja disectada dejando al descubierto parte de la gónada.	37
26	Microfotográficas de los estadios de reproducción: Hembras: (A) Activo Temprano, (B) Activo Tardío, (C) Maduro, (D) Parcialmente Desovado y (E) Desovado/Vacío; Machos: (F) Activo Temprano, (G) Activo Tardío, (H) Maduro, (I) Parcialmente Desovado y (J) Desovado/Vacío (Imágenes a 10X).	41
27	Distribución de Machos y Hembras en el periodo de estudio	42
28	Ciclo reproductivo de <i>Panopea globosa</i> en Playa del Sol. Frecuencias relativas de los estadios de las gónadas de Octubre de 2004 a Octubre de 2005.	43
29	Temperatura superficial del agua y fotoperiodo registrados mensualmente en Playas del Sol	44
30	Histograma de frecuencia del diámetro de los ovocitos de hembras colectadas en Playas del Sol	45
31	Grupo de organismos a disectar	46
32	Cangrejo chíncharo encontrado en el interior de la almeja de sifón	47

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Formulación de la solución Davidson AFA	18
II	Rutina de deshidratación, desalcoholización e infiltración en parafina	20
III	Rutina de tinción	21
IV	Variables ambientales registradas en el área de recolecta durante los muestreos	25
V	Valores promedio de las variables biométricas de <i>Panopea globosa</i> .	32
VI	Criterios usados para identificación de estadios en las laminillas procesadas por técnicas histológicas. Tomado de Griben, <i>et al.</i> (2004)	40

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha logrado ser uno de los sistemas de producción de alimento de mayor crecimiento en las últimas tres décadas. Esta actividad no solamente se ha expandido mundialmente sino también se ha diversificado en el manejo de especies, intensificado en la aplicación de técnicas de cultivo y avanzado tecnológicamente con la ayuda científica, de tal forma que su contribución a la producción de alimentos, generación de empleos y la seguridad alimentaria se ha incrementado significativamente. Este hecho ha permitido percibir de diferente manera el abastecimiento de productos alimenticios cambiando de los productos silvestres a los producidos por cultivo.

El cultivo de moluscos bivalvos en México se ha mantenido en muy pocas especies, tales como: Ostión Japonés, Almeja Mano de León, Madre Perla, Concha Nácar, Almeja Catarina, al igual que las áreas productivas, la producción de moluscos bivalvos por acuicultura ha representado el 25.7% de la producción total acuícola con un volumen de 50,564 Ton en el 2001 y el 26.07% en 2002 (SAGARPA, 2003).

En la Figura 1 se indican los estados que contribuyen a la actividad, siendo Veracruz y Tabasco los que tienen mayor participación; sin embargo, Sonora no ha obtenido en los últimos años el 1.0% de la producción nacional.

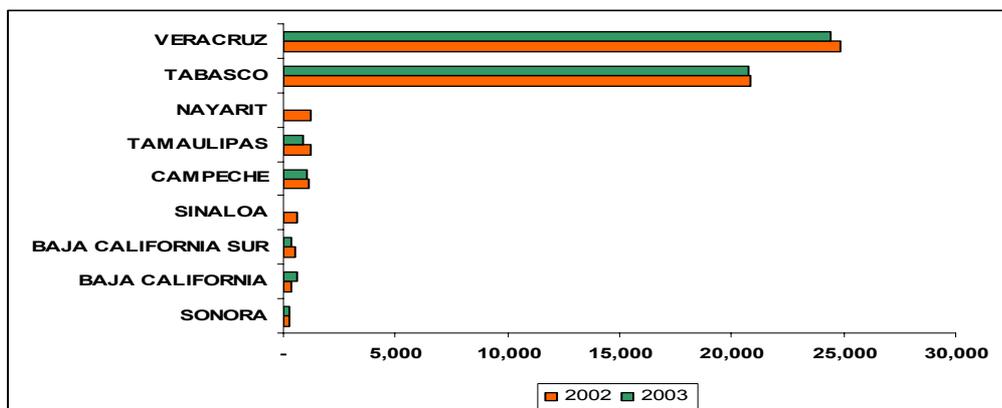


Figura 1. Producción de Moluscos Bivalvos por Acuicultura en el 2002-2003

Sonora se ha caracterizado por su potencial camaronícola, dedicando gran parte del litoral al cultivo de camarón, desplazando el cultivo de los bivalvos al Norte del Estado, Bahía Kino y Caborca son los principales productores de Ostión Japonés *Crassostrea gigas*, mismos que cuentan con áreas certificadas para el desarrollo de la acuicultura, en menor escala participan Guasimas, Los Mélagos y Huatabampo en la parte Sur del Estado. El método de cultivo empleado para la actividad es el sistema “Long Line” utilizando Canastas Nestier (Fig. 2).

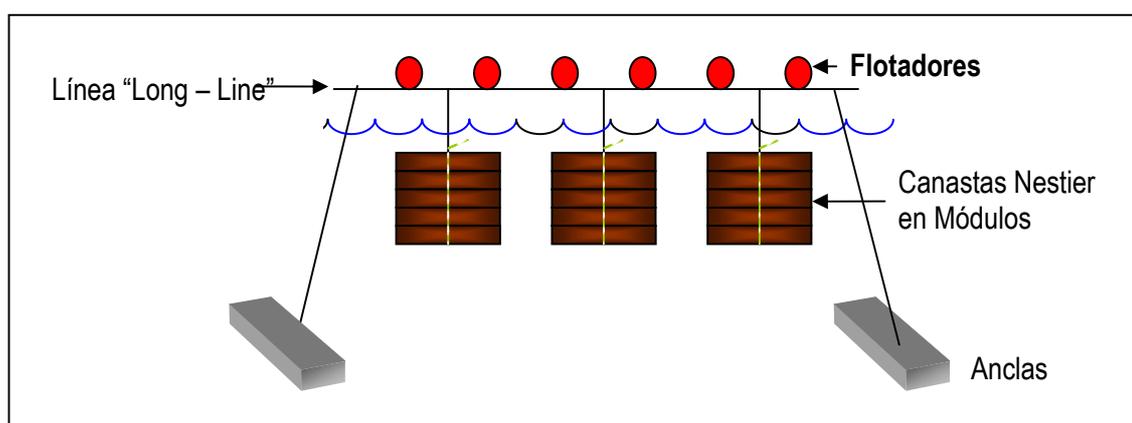


Figura 2. Esquema de un cultivo de ostión en Canastas Nestier

La diversificación de especies no se ha explorado, aun cuando se tienen las condiciones ambientales para incursionar en el cultivo de Madre Perla, Callo de Hacha, Almeja Catarina, las cuales se han realizado sólo a nivel experimental o a baja escala productiva.

La principal limitante que se ha tenido en el cultivo de moluscos bivalvos se ha debido a no contar con una disponibilidad permanente de semilla, aunado a esto, el interés de la acuicultura se ha centrado en el cultivo de camarón y no en diversificar los cultivos hacia otras especies potenciales, la técnica mayormente utilizada es la tradicional de “long line”, aun cuando se han obtenido buenas producciones con el sistema de camas en Bahía Kino, otra limitante, ha sido la falta de apoyo crediticio; sin embargo, en los últimos seis años, se han presentado anualmente mortalidades masivas de forma escalonada en los sitios de cultivo (esteros y bahías) de Sur a Norte (de Huatabampo a Puerto Peñasco) durante los meses de marzo – abril, afectando principalmente a los juveniles sembrados en otoño, más no a los sembrados en verano, a la fecha los estudios realizados por el Instituto de Acuicultura de Sonora no han sido concluyentes.

El estudio del ciclo biológico de los bivalvos puede permitir incorporar nuevas especies a la actividad acuícola, es por ello que con la realización de esta investigación se obtendrá Información relevante sobre la biología reproductiva de la almeja de sifón (*Panopea globosa*), lo cual permitirá el planear las fechas apropiadas para acondicionar organismos a la reproducción a nivel de laboratorio para la domesticación y la posterior evaluación de biotecnologías como la triploidía; la descripción de la espermatogénesis y de la ovogénesis a nivel ultra-estructural, ampliará el conocimiento de la biología reproductiva y favorecerá

la adecuación de técnicas en procesos reproductivos a nivel laboratorio; y la determinación del ciclo reproductivo y fecundidad permitirá el análisis de las vedas en el Golfo de California (litoral Sonora).

I. 1. ANTECEDENTES

1.1. Generalidades

Las almejas del género *Panopea* son conocidas como “*geoduck*”. Este vocablo tiene una pronunciación, en español, aproximada a "güidak", apareció escrita en 1883, y viene de la palabra india “nisqualli” que significa cavar en el fondo, connotación con la cual es conocida esta almeja en los Estados Unidos de América y Canadá.

Son de las especies de almejas excavadoras más grandes en el mundo, con una longitud máxima de 212 mm y un peso vivo (incluyendo concha) de 3.25 kg (Goodwin y Pease, 1989). Son organismos de vida larga, con una edad media de 20 – 60 años y una edad individual de hasta 146 años (Thórarinsdótti, 1999). Se le encuentra en la infauna, enterrada hasta un metro de profundidad en el sustrato. Presenta sexos separados, con un periodo de madurez sexual entre los 4 y los 107 años de edad, desovan de 1 – 2 millones de huevos (con un máximo de 20 millones), generalmente durante el verano (12°C), los huevos y el desarrollo larval se lleva a cabo en la columna de agua hasta el asentamiento en el fondo, 47 días después, la distribución de la especie esta influenciada por el tipo de sustrato que le permite enterrarse (Campbell *et al.*, 1998). Goodwin y Pease (1989) establecen que el ciclo gametogénico inicia en septiembre y las almejas desovan de marzo a julio para el Pacífico

canadiense, los machos se encuentran sexualmente maduros durante todo el año, y estos maduran en estadios más jóvenes que las hembras. Los juveniles y adultos se alimentan por filtración de partículas obtenidas del agua marina (fitoplancton), el crecimiento es variable pero más rápido durante los 10 primeros años, después el crecimiento de la longitud de la concha se reduce grandemente, el ancho de la concha y la masa corporal continúan creciendo a una tasa menor (Campbell y Ming, 2003). El número de almejas presentes en un sustrato está en función de varios factores ambientales como la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua, el tipo de sustrato, la turbidez y las corrientes (Bradbury *et al.*, 2000).

El estudio del crecimiento, edad y mortalidad de especies del género *Panopea* se ha realizado en Nueva Zelanda (con la especie *Panopea zelandica*), utilizando para el análisis histológico de la gónada la solución de Davidson para la fijación y el medio de parafina para seccionar el tejido, con ello se identificaron cinco estadios gametogénicos (Breen *et al.*, 1991). La inducción a la triploidía se ha realizado en *Panopea abrupta*, utilizando el 6-dimetilaminopurina logrando un 92% de efectividad. Esta almeja soporta una pesquería importante en el estado de Washington en Estados Unidos (Goodwin y Pease, 1991) y en Canadá.

La almeja “geoduck”, *Panopea abrupta* (Conrad, 1849) pertenece a la Clase Bivalva, Orden Myoida, Familia *Hiatellidae* y se distribuye en Norte América bajo el fondo intermareal y submareal a 110 m en forma paralela a lo largo de la línea costera desde la Baja California hasta Alaska, y del Oeste al Sureste de Japón, es muy abundante en Puget

Sound, Washington y en la Columbia Británica, donde el stock submareal soporta la pesquería comercial (Campbell *et al.*, 1998). Existe para este recurso diferentes presentaciones que van desde producto vivo hasta enlatado o congelado, un gran mercado potencial, siendo principalmente de exportación a países asiáticos.

La explotación de almeja generosa *Panopea generosa* en las costas de Baja California es una actividad nueva, esta pesquería inicio en años recientes bajo el estatus de pesca de fomento. La almeja se encuentra incluida en la Carta Nacional Pesquera del 2000, ubicada entre una gran variedad de almejas del Océano Pacífico y del Golfo de California. A partir del año 2000, se han realizado estudios puntuales de prospección y evaluación de las poblaciones de la almeja generosa en áreas específicas del litoral de Baja California. La producción reportada es de 8.5 ton para ese año, 51 ton para el 2001 y 35 ton para el 2002. En Sonora, la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “Ricardo Loreto Valenzuela”, SCL, obtuvo en febrero de 2005 un permiso de pesca de fomento para evaluar la disponibilidad del recurso “almeja de sifón”, catalogada así por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en Guaymas, debido a que se cuenta con escasa información sobre su biología, este permiso contribuirá a determinar la viabilidad pesquera del organismo en la bahía de Empalme. Simultáneamente, en Puerto San Carlos, B.C.S se expidieron tres permisos de fomento para la extracción de la almeja generosa a tres sociedades cooperativas, realizando el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de La Paz el seguimiento y la evaluación poblacional para una futura pesquería.

1.2. Anatomía Externa

Las almejas del género *Panopea* en su interior presentan una coloración cremosa donde el manto cubre los órganos del organismo (fig. 3A), al retirar el manto se puede observar las branquias, el corazón, los palpos labiales, la boca, el riñón, el pie y una masa globosa que envuelve un conjunto de órganos vitales (fig. 3B). Al igual, que todas las almejas, no es posible diferenciar machos y hembras, necesitando del apoyo de un microscopio para lograr la diferenciación de sexos.

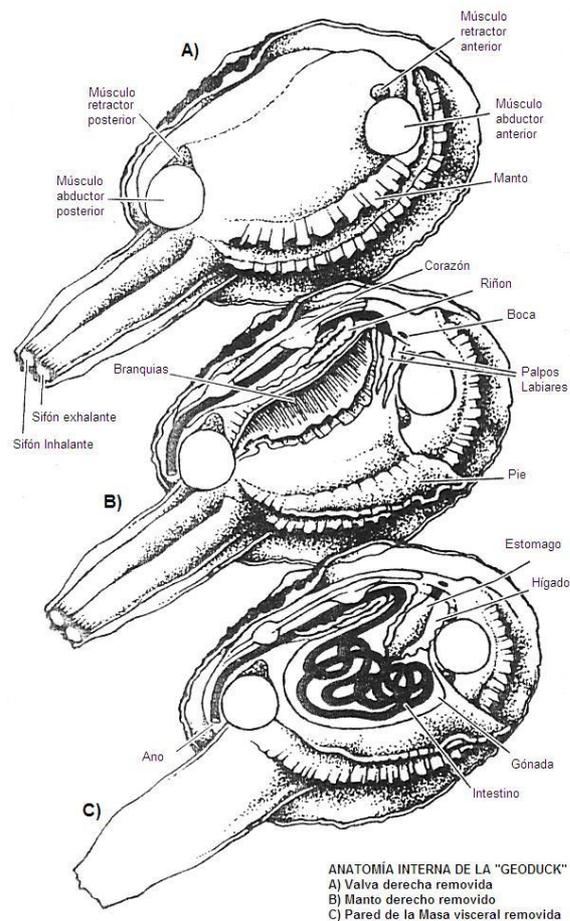


Figura 3. Anatomía interna de *Panopea abrupta*, tomado de Gordón (1996).

La gónada en la almeja de sifón *Panopea globosa* es de color cremoso y forma parte de la masa visceral, junto con el intestino, el estomago y el hígado.

1.3. Sistemática

Clase	Bivalvia
Subclase	Heterodonta
Orden	Myoidda
Suborden	Myina
Superfamilia	Hiatelloidea
Familia	Hiatellidae
Genero	<i>Panopea</i> Ménard, 1807
Especie	<i>Panopea globosa</i> Dall, 1898 (fig. 4)

Distribución geográfica. Bahía Guaymas – Empalme hasta la Bahía Las Guásimas en el litoral de Sonora, México.



Figura 4. *Panopea globosa*

1.4. Caracterización de la zona de estudio

1.4.1 Climatología

El clima imperante en la región es de tipo semidesértico Gómez-García (2005) lo clasifica como muy seco, muy cálido y cálido, y corresponde al tipo BW(h); con lluvias deficientes en todas las estaciones del año. La temperatura media anual es de 23.7° C, presentándose la temporada cálida de Junio a Septiembre, con máximas entre 38 y 42°C, los meses más fríos corresponden a noviembre, diciembre, enero y febrero, con temperaturas que oscilan entre 4 y 10°C.

La precipitación media anual es de 300 mm, en tanto que la evaporación potencial media anual es del orden de 2,600 mm, la cual representa ocho veces más el valor de la precipitación (Gómez-García, 2005).

La temporada de lluvias tiene lugar entre los meses de junio a octubre destacando el mes de agosto como el más lluvioso del período. El otro período de lluvias se registra en invierno, entre los meses de diciembre a febrero, aunque con menor intensidad que el período de verano. En los meses restantes la precipitación es prácticamente nula (CNA, 2002).

En el Golfo de California, de acuerdo con Gómez-García (2005) los vientos son de tres tipos: (1) brisas de mar y tierra prominentes cerca de las costas e islas mayores, son de carácter diurno con fuerza moderada, decreciendo su velocidad mar adentro; (2) vientos relacionados con las perturbaciones sinópticas tales como frentes pasajeros, chubascos y huracanes, son de corta duración; y (3) vientos relacionados con la circulación general de la

atmósfera, son de intensidad moderada y larga duración estacional. Los vientos provenientes del noroeste tienen mayor permanencia y mayor intensidad que los provenientes del sureste.

1.4.2 Hidrografía

El campo pesquero Playas del Sol se localiza dentro de la Región Hidrológica No 9 (CNA, 2002), abarcando la parte baja de la cuenca del Río Mátape, Subcuencas del valle de Guaymas en la porción central de la subcuenca y del valle Cruz de Piedra.

Tiene una superficie total de 5,801 km². La corriente principal es el río Mátape, el cual nace en la sierra de Mazatán en altitudes de 1,200 msnm, cerca del poblado de Mátape, con una longitud total aproximada desde su origen hasta su desembocadura de 185 km; su rumbo general es al sur y desemboca en el golfo de California, al oriente de la bahía y puerto de Guaymas. En su recorrido no recibe aportaciones de importancia; sus principales afluentes son los arroyos de la lima y seco, que confluyen por el margen derecho cerca de Guaymas (CNA, 2002).

1.4.3 Batimetría

De acuerdo a la carta batimétrica elaborada para el sitio de estudio por personal técnico del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste Unidad Guaymas (2004), la profundidad oscila entre 1 – 13 m.

1.4.4 Transparencia

En los meses cálidos, Junio a Septiembre, el fondo tiene una visibilidad máxima de 15 – 20 cm, por la gran cantidad de partículas suspendidas en la columna de agua, impidiendo localizar las marcas de los sifones, ya que durante estos meses las almejas contraen su sifón por largos periodos de tiempo.

En cambio, en los meses de Octubre a Mayo, hay una amplia visibilidad en el fondo que varía entre 0.50 – 5.0 metros, periodo en que los sifones de las almejas sobresalen del sustrato y pueden observarse como un asta bandera.

II. JUSTIFICACION

El presente proyecto aborda aspectos diversos de la biología reproductiva de la almeja de sifón *Panopea globosa* que habita dentro del Golfo de California en el litoral de la costa del estado de Sonora. Se busca la integración del conocimiento biológico de esta especie para generar propuestas, lineamientos y estrategias de manejo y bases biotecnológicas para la domesticación (cultivo intensivo), respaldadas en el conocimiento técnico-científico.

Lo anterior se traducirá en un mejor aprovechamiento por parte del sector pesquero y acuícola, ya que un adecuado manejo permitiría la reestructuración de vedas y por consecuencia seguridad en su fuente de empleo, no solo para el pescador, sino también para toda la cadena que involucra la distribución, transformación y comercialización del recurso molusco (bivalvos).

III. HIPÓTESIS

El ciclo reproductivo de *Panopea globosa* en Playas del Sol es similar a las especies del mismo género y responde a los cambios en la temperatura del agua de mar.

IV. OBJETIVO GENERAL

Establecer las bases biológico-reproductivas de la almeja de sifón *Panopea globosa* en Playas del Sol, Empalme, Sonora, México.

4.1 Objetivos Específicos

- ✓ Describir las características morfológicas de la especie Almeja de Sifón *Panopea globosa* en Playas del Sol, Empalme, Sonora.
- ✓ Describir el ciclo reproductivo de la especie Almeja de Sifón *Panopea globosa* por análisis histológico.
- ✓ Establecer la fecundidad de la Almeja *Panopea globosa* mediante muestras histológicas.

V. MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares motivo de estudio se recolectaron de la Bahía de Guaymas – Empalme. Esto debido a que en una prospección previa del área fue localizado un banco de almejas al Sur de Empalme, en el sitio conocido como Playas del Sol (fig. 5). El polígono de estudio comprende una superficie de 35'822,555.599 m² localizado entre las coordenadas geográficas: 27° 55" y 27°51' Latitud Norte y 110° 45" y 110°40" Longitud Oeste.

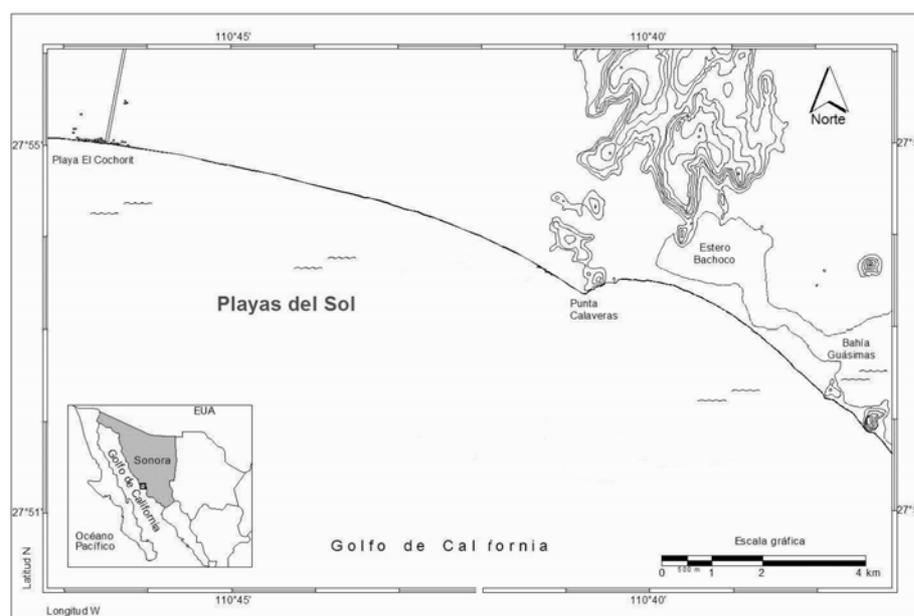


Figura 5. Ubicación de la zona de estudio

5.1. Recolección de la especie Almeja de Sifón *Panopea globosa* en Playa del Sol, Empalme, Sonora. Las almejas del género *Panopea*, se encuentran enterradas en el sustrato marino hasta un metro de profundidad, dependiendo de su longitud. El sifón de la almeja se extiende para captar alimento y expulsar desechos y gametos durante el periodo

reproductivo, se llega a observar como un asta bandera, pero cuando se contrae, por la presencia de partículas suspendidas en la columna de agua o por altas temperaturas en el ambiente marino, en ocasiones deja una marca (fig. 6) semejante a una protuberancia con forma ovalada y dos orificios centrales uno al lado del otro, lo que permite identificarla con mayor facilidad. Sin embargo, hay ocasiones que el sifón se contrae de tal manera que no es posible observar las marcas en el sustrato.



Figura 6. Marca del sifón en el sustrato¹.

Durante la colecta, los buzos emplearon un sifón conectado a un compresor (fig. 7) de agua con el que se arrojara un chorro de agua a presión para facilitar la extracción.

¹ Imagen tomada de la pagina WEB http://www.geoduck.org/Go_files/GO_history.html donde se ilustra la marca del sifón de las almejas *Panopea sp.* en el sustrato marino.



Figura 7. Compresor utilizado para la extracción de la Almeja de Sifón

Los parámetros biométricos (longitud, alto y ancho en cm) se determinaron con los 10 organismos extraídos para la estimación del peso medio, mediante el uso de un vernier con una precisión de 0.1 mm y el peso total y de las partes blandas en gr se obtuvieron con una balanza granataria de una precisión de 0.1 gr.

5. 2. Descripción del ciclo reproductivo de la especie Almeja de Sifón *Panopea globosa* por análisis histológico. Posteriormente de la medición de las variables biométricas de los 10 organismos muestreados, era extraída la gónada para ser fijada en solución Davidson por 24 horas, luego eran colocadas en alcohol al 70% para posteriormente ser procesadas con técnicas histológicas de acuerdo con Maldonado-Amparo e Ibarra (2002a, 2002b) y con

Breen *et al.* (1991), quien describió cinco estadios gametogénicos para la especie *Panopea zelandica*.

El proceso histológico consiste en lo siguiente:

- ◆ **Fijación.** Es una operación destinada a la conservación de los tejidos y su propósito es mantener los tejidos de la forma más parecida a su estado normal, previniendo lo más posible la autólisis. La solución Davidson AFA (Humanson 1972), es el fijador por excelencia utilizado en moluscos, el cual asegura una correcta fijación (Tabla I).

Tabla I. Formulación de la solución Davidson AFA.

REACTIVO	CANTIDAD (ml)
Etanol	330
Formalina*	220
Ácido acético glacial	115
Agua potable	335

*Formaldehído al 37-41 % no buferado.

Para la fijación se recomiendan los siguientes pasos:

- a) Diseccionar los organismos y obtener cuidadosamente la gónada.
- b) Sumergir dicho órgano en solución Davidson durante un periodo de 24 a 72 hrs. dependiendo del tamaño del órgano, manteniendo la relación de fijador-muestra (10:1).

c) Al término del proceso de fijación los organismos deberán ser transferidos a una solución de alcohol etílico (50 - 70%) para su almacenaje hasta su procesado.

- ◆ **Seccionado de muestras.** La gónada se disecciona con un bisturí o navaja, las porciones de interés serán colocadas en un “cassette” plástico mismo que contendrá las muestras durante todo el procesado hasta la preparación de los bloques. Para gónadas muy pequeñas no será necesaria la disección; siendo suficiente con sólo colocar los órganos en los “cassettes”, anotar en el “cassette” la clave correspondiente a la muestra, posteriormente todos los “cassettes” preparados son introducidos en alcohol al 70%.

- ◆ **Deshidratación e infiltración en parafina.** La deshidratación tiene como función la eliminación del agua para lograr la infiltración de la parafina; el proceso consiste en llevar los tejidos de una concentración de alcohol etílico de 70% hasta el 100% en forma gradual, con un tiempo de inmersión de un hora en cada una de las soluciones alcohólicas, para después incluir en una solución de xileno, posteriormente el xileno es desalojado por la parafina, infiltrándose en los tejidos, proporcionando así un medio sólido a temperatura ambiente listo para poder cortarse al micrótopo (Tabla II).

- ◆ **Inclusión en parafina (Bloqueo).** Posterior a la infiltración en parafina se realiza la inclusión de los tejidos en parafina. Procurando eliminar las burbujas, se recomienda que el tejido se coloque de una forma estratégica, de tal manera que la porción de interés esté orientada por el lado que será cortado por la cuchilla del micrótopo, una

vez listos estos se almacenan en un refrigerador a una temperatura de 5°C para facilitar su corte.

Tabla II. Rutina de deshidratación, desalcoholización infiltración de parafina

SOLUCION	TIEMPO	SOLUCION	TIEMPO
Etanol 70% (1)	1hr	Etanol 100 % (1)	1 hr
Etanol 70 % (2)	1hr	Etanol 100 % (2)	1hr
Etanol 80 % (1)	1hr	Xileno (1)	20 min
Etanol 80 % (2)	1hr	Xileno (2)	5 min
Etanol 95 % (1)	1hr	*Parafina – Xileno	25 min
Etanol 95 % (2)	1hr	Parafina (1)	1 hr
		Parafina (2)	1 hr

*Parafina – Xileno (1:1)

- ◇ **Corte.** Una vez elaborados los bloques se procederá a cortar al micrótopo a un grosor no mayor de 5 μ m, los cortes se extienden en una batea con agua a 45°C y 0.12% de grenetina pura por litro, se selecciona del listón de cortes aquel que reúna las mejores características, en cuanto a la presencia de mayor número de tejidos u órganos (revisar al microscopio), se montará sobre un portaobjetos el cual deberá estar previamente señalado con la clave correspondiente al tejido y se dejará secar el tejido durante 24 hrs a temperatura ambiente libre del polvo o se llevará a la estufa a una temperatura de 60°C por un tiempo de 30 min.

- ◇ **Tinción.** La rutina de tinción (Tabla III), comprende los diferentes procesos en los que se encuentran: desparafinación, hidratación, tinción, fijación del colorante, y deshidratación para su posterior montaje:

Tabla III. Rutina de tinción

SOLUCION	TIEMPO	SOLUCION	TIEMPO
Xileno (1)	2 min.	Agua Amoniacal	5 sumergidas
Xileno (2)	2 min.	Agua de la llave	20 min.
Etanol al 100 % (1)	1 min	Eosina-floxina	30 seg.
Etanol al 100 % (2)	1 min.	Etanol al 95 % (1)	2 min.
Etanol al 95 % (1)	1 min.	Etanol al 95 % (2)	2 min.
Etanol al 95 % (2)	1 min.	Etanol al 100 % (1)	3 min.
Agua de la llave	10 min	Etanol al 100 % (2)	3 min.
Hematoxilina	15 min.	Xileno (1)	2 min.
Agua de la llave	20 min	Xileno (2)	2 min.
Alcohol ácido	10 sumergidas	Montaje	

- ◇ **Montaje.** El montaje del tejido es el último paso que concreta la preparación de las muestras, en el cual es muy importante el tamaño del corte pues de este depende la cantidad de medio de montaje así como el tamaño del cubre objetos, para este caso en muestras grandes se utilizaran cubreobjetos de un tamaño de 22 x 50 mm., mientras que para muestras pequeñas de 22 x 30 mm. El medio de montaje a utilizar es de uso histológico constituido por tolueno, resina acrílica y antioxidante: el método consiste en adicionar 2 ó 3 gotas en un lado del portaobjetos, se toma el portaobjetos que

contiene la muestra y se orienta hacia el cubreobjetos haciendo contacto en un punto cercano a los bordes, se inclina lenta y suavemente hasta empalmarlos, es importante anotar que una vez que el ángulo de inclinación entre cubre y porta se estrecha, el cubreobjetos que esta en la parte inferior, se adhiere al portaobjetos, si se deja que estos se empalmen de una forma natural por fenómeno de adhesión se evitan problemas con burbujas, se hace una pequeña presión para retirar el exceso de resina y posteriormente se alinean correctamente y al final de dejará secar a temperatura ambiente.

Una vez preparadas las laminillas estarán listas para ser revisadas al microscopio de campo claro con cámara integrada, conectada a una computadora con digitalizador de imágenes en aumentos de 4x, 10x, 20x y 40x, 60x, hasta 100x a fin de analizar e interpretar cada una de ellas.

Para la descripción del ciclo gametogénico de la Almeja de Sifón *Panopea globosa* las muestras procesadas histológicamente fueron utilizadas para la representación del ciclo gametogénico de acuerdo a los criterios de Breen *et al.* (1991), Cambell y Ming (2003) y Griben, *et al.* (2004): Estadio 0, Inmaduro (no hay una diferenciación del tejido gonadal; perdida del tejido conectivo vesicular en la gónada). Los otros estadios de madurez (tejido conectivo bien desarrollado, células primarias evidentes en la pared folicular o huevos o esperma evidentemente desarrollada) de la almeja de sifón se clasifican en 1) Actividad temprana, 2) Actividad tardía, 3) Madura 4) Parcialmente agotada y 5) Agotada.

5.3. Establecer la fecundidad de la Almeja de Sifón *Panopea globosa* mediante muestras histológicas. Con las muestras procesadas histológicamente se estableció la fecundidad de la almeja de sifón en Playas del Sol, Empalme, Sonora. La fecundidad se estimó de acuerdo a la técnica empleada por Ruiz-Verdugo *et al.* (2001), las laminillas que contienen las muestras de las gónadas de las almejas de sifón procesadas en el paso anterior, se observaron al microscopio de campo claro con cámara integrada, conectada a una computadora con digitalizador de imágenes con el cual se realizó el conteo del número presente de ovocitos dentro de un área de 0.25 mm^2 . Posteriormente, se comparó el número de ovocitos contados en cada muestreo con el fotoperiodo registrado el día de la colecta de los organismos.

VI. RESULTADOS

La Playa del Sol se localiza en la zona costera del Municipio de Empalme en el Estado de Sonora sitio en el que se efectuaron doce muestreos mensuales a partir del mes de octubre de 2004 para la especie Almeja de Sifón *Panopea globosa*. La batimetría del sitio de recolecta se determinó antes del inicio de las actividades y la misma se presenta en la fig 8.

6.1. Variables ambientales

Los parámetros ambientales del área de recolecta se registraron con un Oxímetro Modelo YSI 550^a. Los resultados se muestran en la tabla IV.

Además de los valores de las variables ambientales registrados durante cada muestreo se analizó una base de datos de temperatura superficial (TSM) del mar de la zona y que contiene datos de enero de 1982 a diciembre de 2004. La TSM fue tomada de la base de datos de COADS (Luch-Cota *et al.* 2000), generado por la NOAA – CIRES Centro de Diagnostico del Clima. Consiste en campos interpolados, interpolación óptima (IO), a partir de datos colectados in situ y derivados de satélite, así como temperatura simulada por cobertura de hielo. El presente paquete incluye valores mensuales en cuadrantes de 1x1°. El análisis IO. v2 esta descrito en Reynolds *et al.* (2000).

El promedio general de los 22 años analizados de TSM muestra que enero y febrero son los años más fríos con valores de 18 °C y los meses más calidos son agosto septiembre con valores de 30 °C (fig. 9).

Tabla IV. Variables ambientales registradas en el área de recolecta durante los muestreos

Meses	Temperatura del agua °C	Oxígeno disuelto mg/l	Profundidad* mt
OCT 2004	28.8	6.1	8
NOV 2004	28.9	5.3	12
DIC 2004	17.5	4.8	13
ENE 2005	17.2	5.4	10
FEB 2005	19.3	5.8	10
MZO 2005	19.7	7.5	13
ABR 2005	20.3	7.3	13
MAY 2005	23.6	7.1	13
JUN 2005	26,4	6,9	13
JUL 2005	28,3	6,4	13
AGO 2005	32.1	6.5	10
SEPT 2005	27,9	6,1	13
OCT 2005	25,3	6,1	13

*La profundidad la midió el buzo durante el muestreo, utilizando una piola sujeta de un extremo a una bolla y del otro a un ancla.

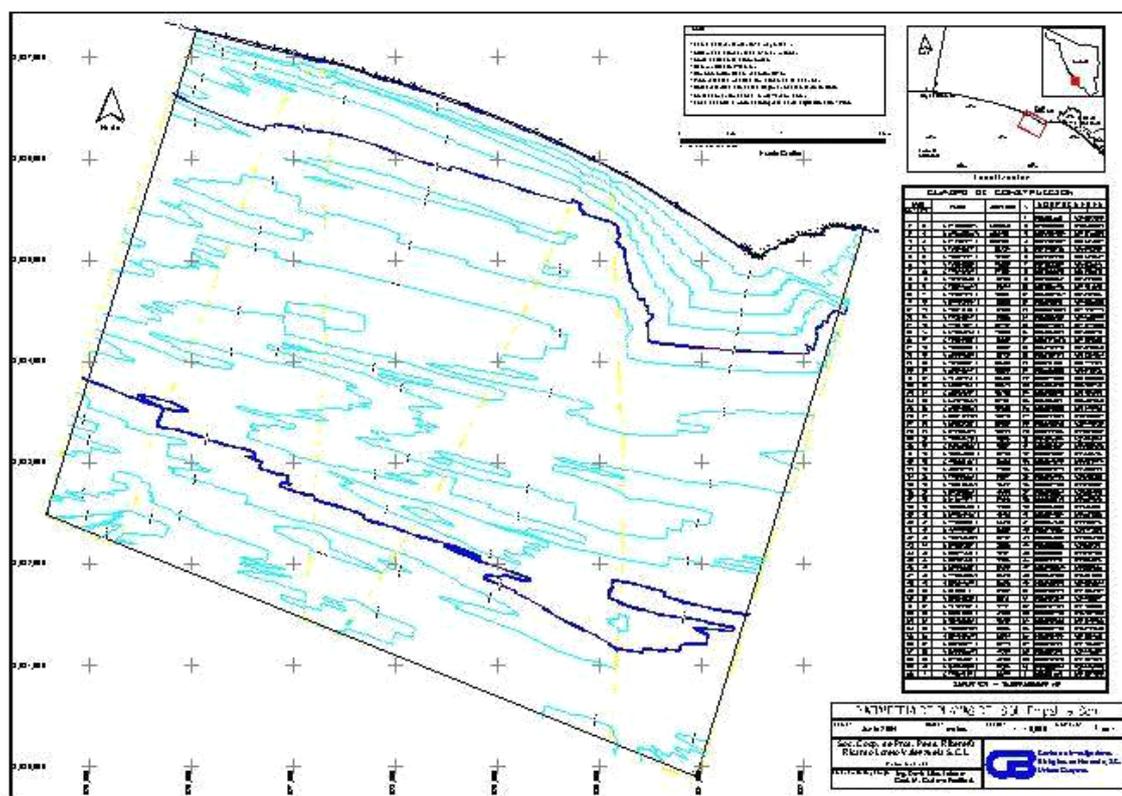


Figura 8. Batimetría de la Playa del Sol obtenida durante este estudio.

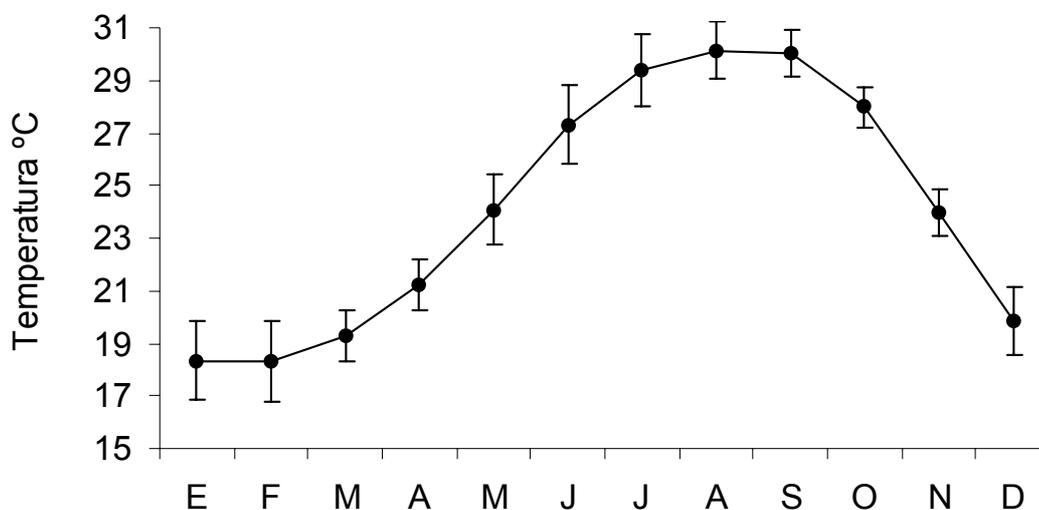


Figura 9. Promedio mensual de la TSM para el período 1982-2004 en la bahía de Guaymas – Empalme, Sonora. Según datos COADS

6. 2. Caracterización de la especie

Las características de *Panopea generosa* son muy similares a *P. globosa* por lo que puede fácilmente confundirse a ambas especies. Las almejas recolectadas en el área de la Playa del Sol, presentan la concha delgada y frágil con forma cuadrática redondeada en ambos extremos, en diferentes intensidades de color gris, de claro a oscuro, valvas entreabiertas (fig. 10) por ser el organismo de mayor tamaño a su concha, presenta sifón corto y grueso con dos orificios en la punta y de color mas oscuro al resto del cuerpo (fig. 11) un lote de organismo fueron revisados y clasificados como *Panopea globosa* por el Dr. Holguín (2005)². Posteriormente se enviaron muestras de las valvas así como otro material para su confirmación a Arturo Toledano Granados³. Los mismos fueron corroborados *P. globosa*

² Dr. Oscar Holguín Investigador y Catedrático de CICIMAR. Experto taxónomo de invertebrados marinos.

³ M. en C. Arturo Toledano Granados Investigador del ICMYL de la UNAM. Experto taxónomo de bivalvos.



Figura 10. Concha vacía de *Panopea globosa* recolectada en Empalme, Sonora.

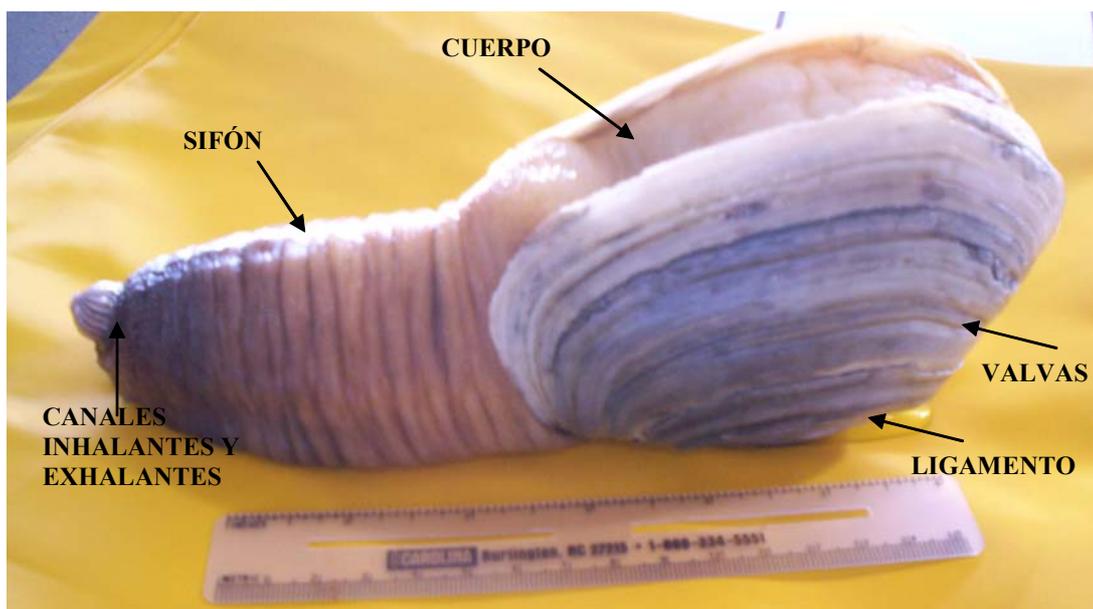


Figura 11. Principales partes del cuerpo de la almeja de sifón recolectada en Empalme, Sonora.

La almeja *Panopea globosa* tiene sus claves de identificación en las marcas de las conchas y la conformación de la charnela, lo cual ayuda a diferenciarla de las otras especies del mismo género.

La almeja *Panopea globosa* tiene similitud con la almeja *Panopea generosa*, en: (1) la impresión de los músculos aductores (fig. 12), que son del tipo isomiario; (2) la dentición heterodóntica reducida a un diente (fig. 13); (3) el ligamento externo, masivo y convexo del tipo opistodético (figura 13); (4) la concha grande del tipo cuadrado (figura 14); (5) el seno paleal amplio y muy marcado.

La característica que las hace distintas es el Seno paleal (figura 15), en *P. generosa* su impresión es prácticamente nula, es decir, no hay seno paleal (C. M. Young, 1971), en cambio en *P. globosa* el seno paleal es amplio (Keen, M., 1971).

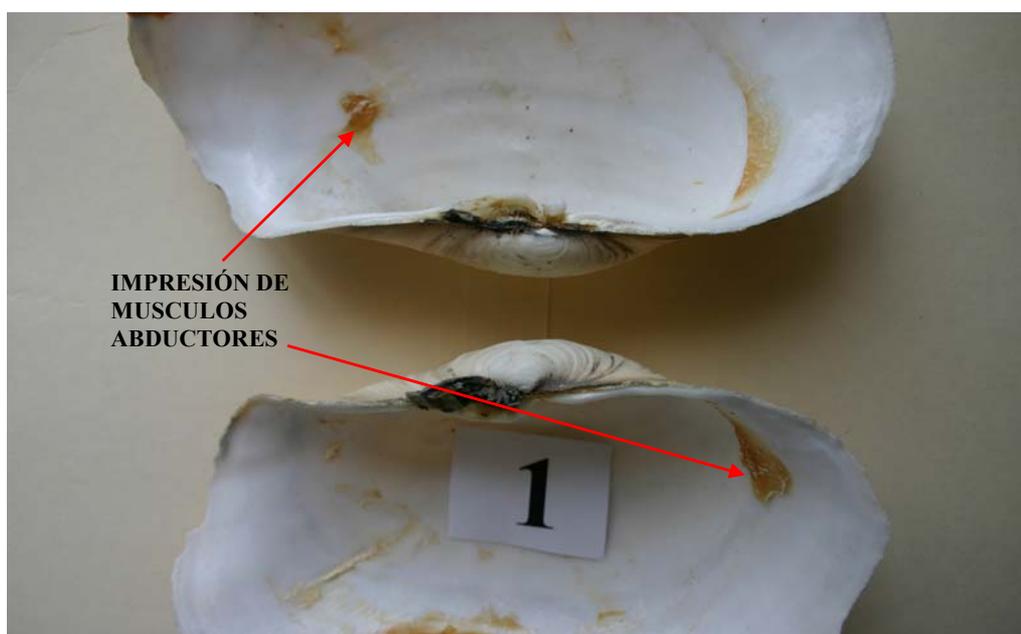


Figura 12. Impresión de los músculos aductores de *P. globosa* recolectada durante este estudio.

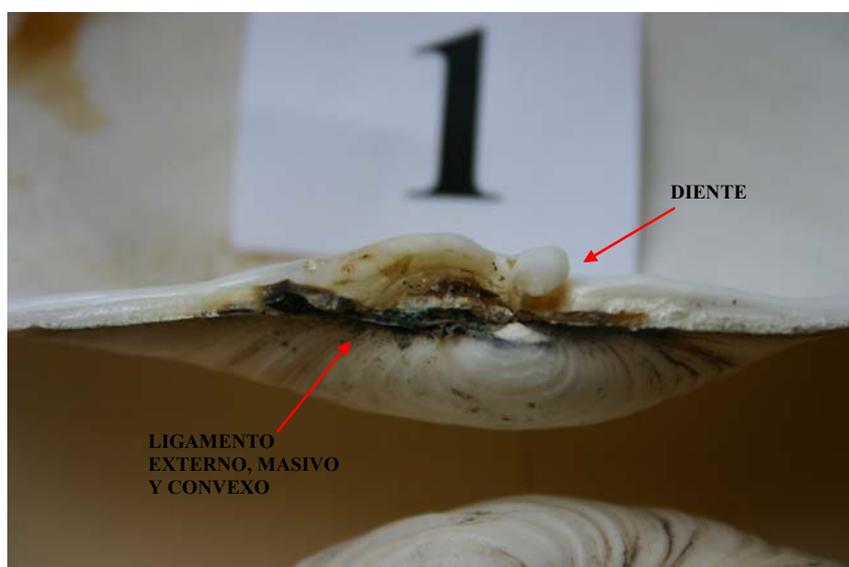


Figura 13. Vista del diente y del ligamento de *P. globosa* recolectada durante este estudio.



Figura 14. Vista externa de las valvas de *P. globosa* recolectada durante este estudio.



Figura 15. Vista del seno paleal de *P. globosa* recolectada durante este estudio.

6.3. Análisis Biométrico

La extracción se realizó por buceo mediante la ayuda de una motobomba que arroja un chorro de agua a presión a través de un sifón de plástico de 50 metros de largo con 2 pulgadas de diámetro, ello ha facilitado al buzo la colecta sin lastimar a los organismos. En cada uno de los muestreos se extrajo un máximo de 10 animales los cuales presentaron su mayor peso total promedio en noviembre de 2004 y el menor enero de 2005 (tabla V).

De los datos obtenidos durante los muestreos para *Panopea globosa*, se contrastó el desarrollo gonádico de los organismos durante los meses de estudio en base al Peso Total, Peso de la Biomasa, Peso de la Concha y Peso de la Gónada. Los datos capturados para

cada variable fueron graficados en histogramas de frecuencia para observar y analizar las características del desarrollo del organismo.

Tabla V. Valores promedio de las variables biométricas de *Panopea globosa*.

FECHA	MUESTREO	ORG	PT	PB	PC	PG	LARGO	ANCHO	ALTO
OCT 2004	M – 1	8	620.00	277.88	87.30	31.60	11.79	9.39	7.36
NOV 2004	M – 2	10	697.70	292.60	95.00	33.70	17.90	9.63	7.38
DIC 2004	M – 3	10	587.60	268.00	82.15	20.90	19.97	8.60	6.90
ENE 2005	M – 4	7	242.79	175.93	55.14	18.07	18.94	8.21	6.68
FEB 2005	M – 5	10	607.30	277.30	79.30	29.10	16.20	9.61	6.96
MZO 2005	M – 6	7	553.83	305.33	75.14	38.51	16.71	6.93	7.47
ABR 2005	M – 7	10	485.79	332.59	84.22	46.00	11.69	8.11	7.19
MAY 2005	M – 8	6	470.28	230.55	78.42	31.15	8.42	5.12	6.30
JUN 2005	M – 9	-	NO SE ENCONTRARON ORGANISMOS NI MARCAS DE LOS SIFONES EN EL SUSTRATO. DEMASIADAS PARTICULAS SUSPENDIAS EN LA COLUMNA DE AGUA						
JUL 2005	M – 10	-							
AGO 2005	M – 11	-							
SEPT 2005	M – 12	-							
OCT 2005	M – 13	9	536.86	272.31	89.72	12.41	9.02	6.95	41.26

ORG: numero de organismos, PT: peso total en gramos, PB: peso biomasa organismos sin concha en gramos, PC: peso concha en gramos, PG: peso del tejido que contiene la gónada en gramos. Las medidas están dadas en centímetros.

- **PESO TOTAL – PESO BIOMASA**

La biomasa representa aproximadamente el 50% del peso total del organismo, esto es por la cantidad de agua que la almeja mantiene en su interior, que posteriormente a su colecta del medio natural drena el agua que contiene en el interior del manto, tanto por el sifón como por una abertura en la base, sitio donde se asienta el organismo en el sustrato. (fig. 16 y 17)

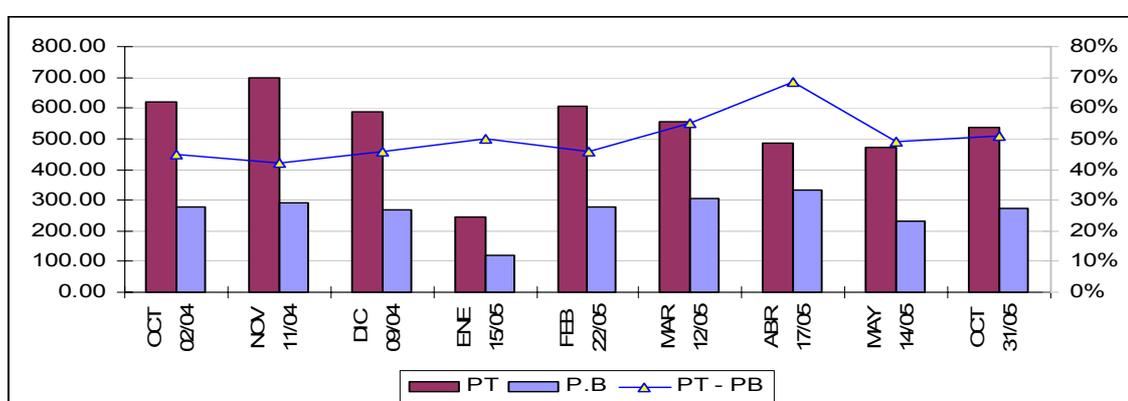


Figura 16. Comparativo Peso Total – Peso Biomasa

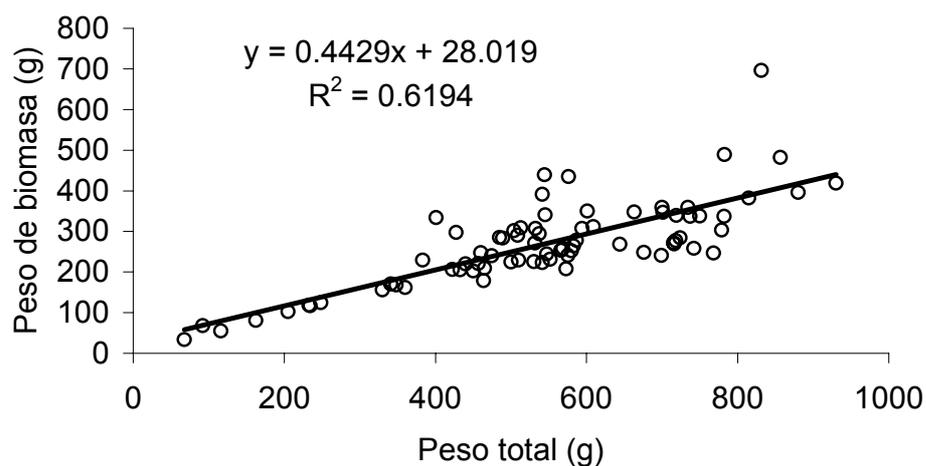


Figura 17. Relación Lineal Peso Total – Peso Biomasa

- **PESO TOTAL – PESO CONCHA**

Existe una relación directa entre ambas variables, la concha representa aproximadamente, el 15% del peso total del organismo adulto, en organismos juveniles la relación el peso de la concha llega a representar más del 20% del peso total, debido a que el organismo aun esta en fase de crecimiento acelerado, posteriormente, este tipo de almejas tienden a aumentar únicamente el volumen de su biomasa, por lo que el cuerpo llega a sobresalir de la concha. (fig. 18 y 19)

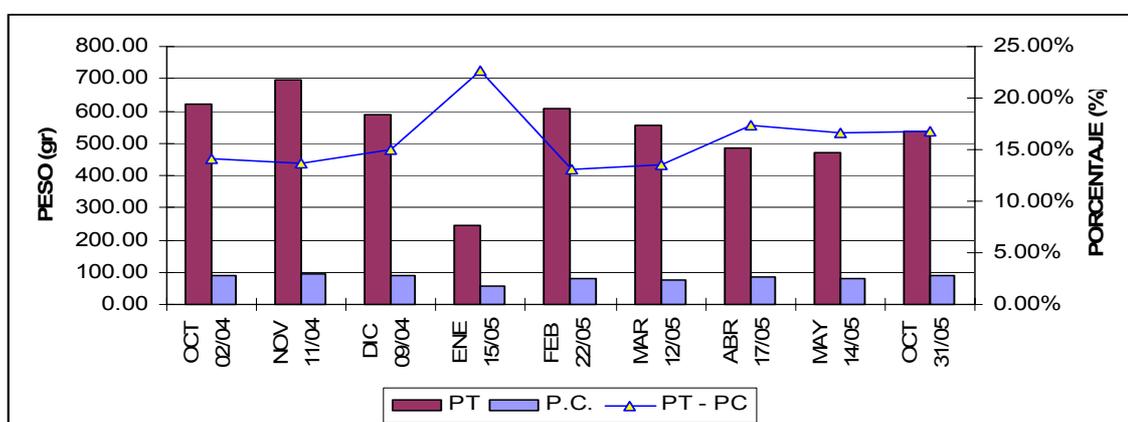


Figura 18. Comparativo Peso Total – Peso Concha

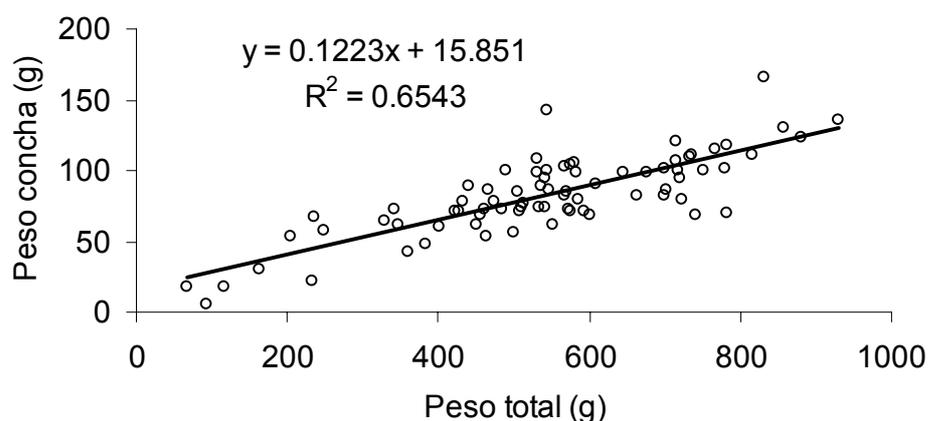


Figura 19. . Relación Lineal Peso Total – Peso Concha

- **PESO TOTAL – PESO GÓNADA**

La gónada representa en promedio el 6% del peso total del organismo, el cual fluctúa entre el 4 – 10%, de acuerdo a la época de colecta y a su estadio de madurez.

(fig. 20 y 21)

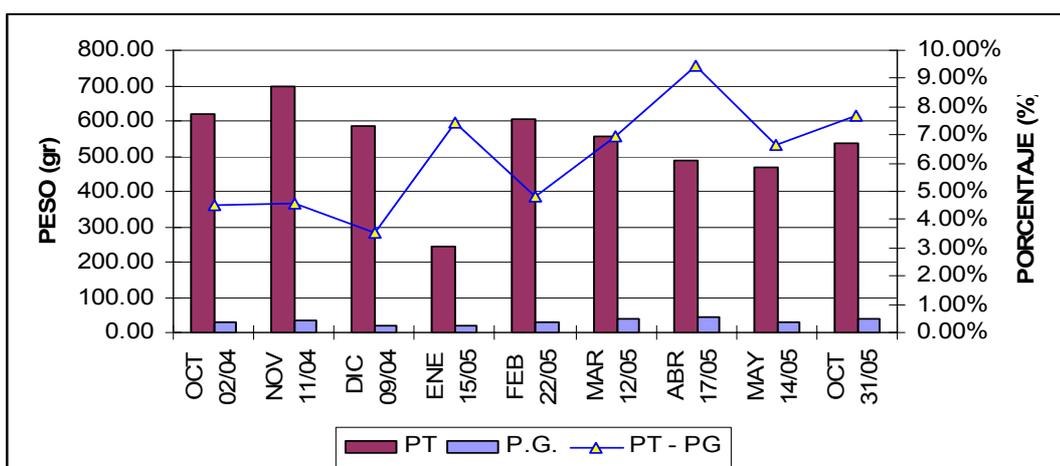


Figura 20. Comparativo Peso Total – Peso Gónada

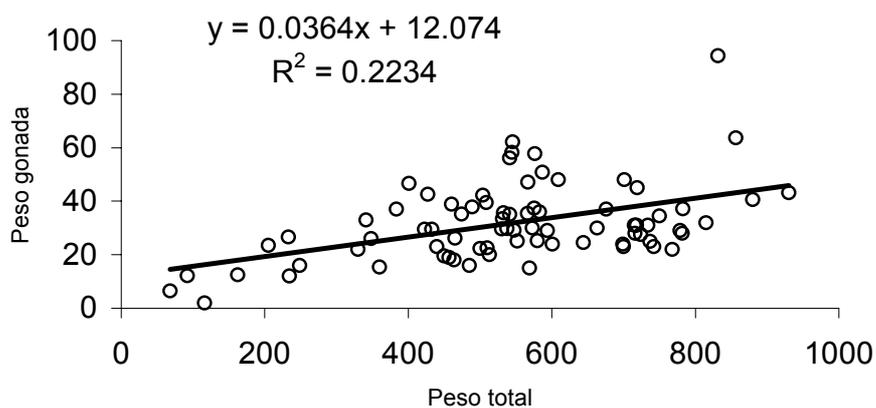


Figura 21. Relación Lineal Peso Total – Peso Gónada

- **PESO BIOMASA – PESO GÓNADA**

El peso de la biomasa no tiene una relación directa con el peso de la gónada, ya que el peso de la gónada esta en función con la fase de desarrollo durante su ciclo reproductivo. (fig. 22 y 23)

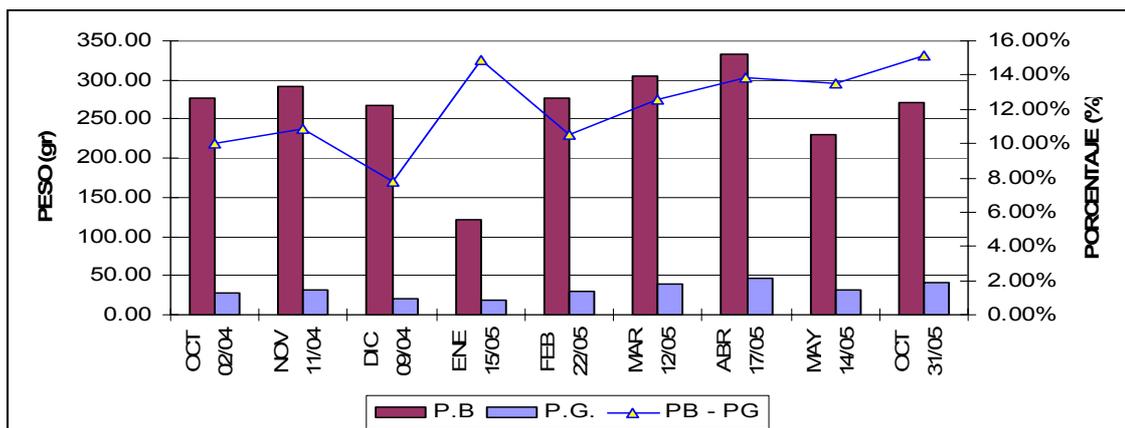


Figura 22. Comparativo Peso Biomasa – Peso Gónada

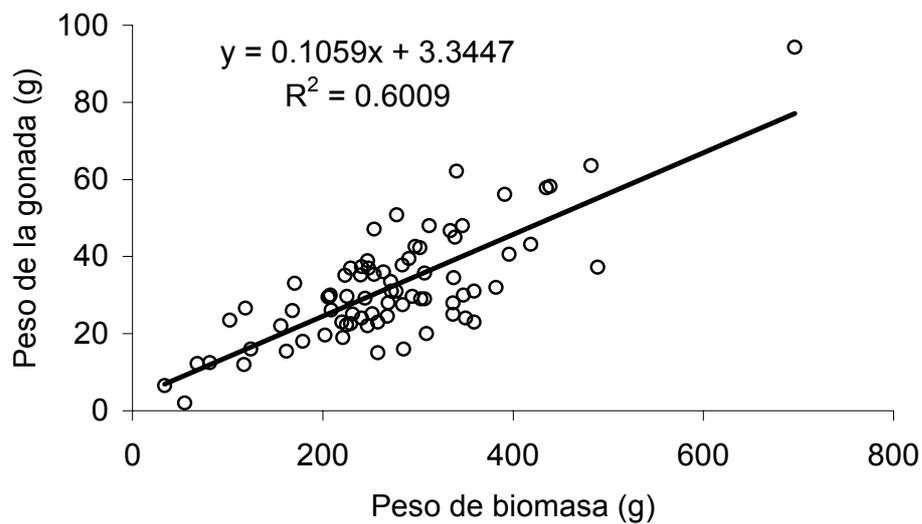


Figura 23. Relación Lineal Peso Biomasa – Peso Gónada

6. 4. Descripción Macroscópica de la Gónada

Las almejas del género *Panopea* son organismos dioicos de acuerdo a lo reportado por Goodwin y Pease (1989) después de un periodo de 10 años de analizar la especie no se encontraron organismos hermafroditas. La gónada es de color cremoso y forma un conjunto de órganos con el intestino, el estómago y el hígado (fig. 24 y 25). El sexo entre macho y hembra es difícil diferenciarse ha simple vista con los organismos analizados.

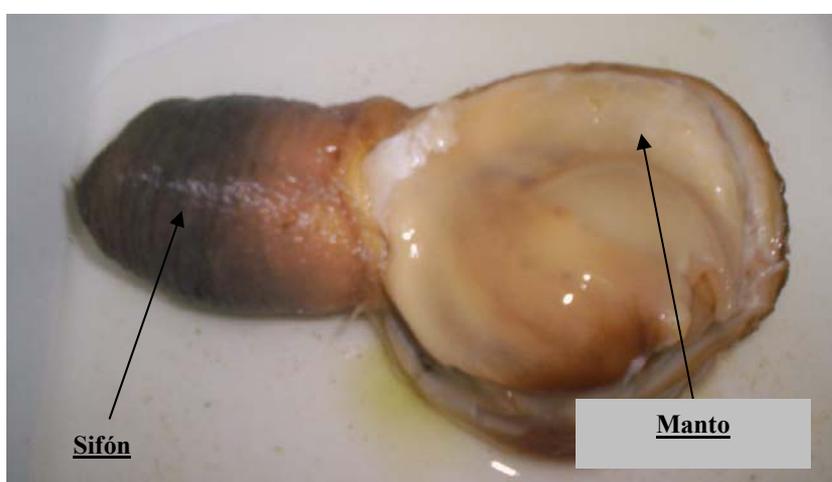


Figura 24. Almeja sin concha (Biomasa)



Figura 25 Almeja disectada dejando al descubierto parte de la gónada.

6.5. Ciclo Reproductivo

Las almejas del género *Panopea* son organismos dioicos de acuerdo a lo reportado por Goodwin y Pease (1989) después de un periodo de 10 años de analizar la especie en Pouget Sound, Washington, E. U. A. y British Columbia, Canadá, no se encontraron organismos hermafroditas, sin embargo, en un estudio realizado por Cambel y Ming (2003) en Yellow Bank al oeste de la costa de Vancouver Island el 1.11% de las almejas colectadas (*Panopea abrupta*) mostraron hermafroditismo.

Las fases gametogénicas observadas en los organismos mediante análisis histológico de las gónadas mostraron los cinco niveles de gametogénesis descritos por Breen *et al.* (1991) y Gribben *et al.* (2004) para la especie *Panopea zelandica* y Cambell & Ming (2003) para la especie *Panopea abrupta*: Estadio 0 (indiferenciado), Estadio 1 (Actividad temprana), Estadio 2 (Actividad tardía), Estadio 3 (Madura), Estadio 4 (Parcialmente desovada) y Estadio 5 (Desovado) (Tabla VI; Figura 26A – J). El estado gonadal de cada almeja fue descrita de acuerdo a uno de los cinco estadios que mayormente dominaba el folículo seleccionado de cada muestra.

Los organismos colectados en el mes de octubre presentan el Estadio 1 ó actividad temprana, esto es, la gónada se encuentra preparándose para iniciar la gametogénesis, en ella se pueden observar líneas de oogonias rodeadas de células lipídicas, en esta etapa es difícil diferenciar aun en microscopio machos y hembras.

Los organismos colectados en el mes de noviembre se observa la formación de ovocitos, rodeadas de células foliculares y lipídicas, el desarrollo del ciclo gametogénico o Actividad Tardía para las hembras en las cuales hay presencia de ovogonias y ovocitos primarios, en los machos se observa la presencia de espermatocitos, lo cual concuerda con lo descrito por Goodwin y Pease en 1989 al puntualizar que el esperma puede observarse en cualquier mes del año.

Para el mes de Diciembre y Enero, los ovocitos observados presentaron una forma esférica, algunos de ellos libres dentro del lumen de los folículos alargados y una disminución a la abundancia del tejido lipídico. Por otra parte, los espermatides y espermatozoides ocupan menos volumen del folículo, los ductos de esperma se expanden totalmente y se observa muy poco tejido lipídico.

Para los dos meses siguientes, Febrero y Marzo, el organismo se mostró en nivel 4 y 5, parcialmente desovado y desovado con reabsorción de gametos y abundante tejido lipídico.

Tabla VI. Criterios usados para identificación de estadios en las laminillas procesadas por técnicas histológicas. Tomado de Griben, *et al.* (2004)

Estadio	Machos	Hembras
Actividad Temprana	Folículos pequeños y paredes gruesas. Los folículos contienen espermatogonias. El volumen de la gónada es pequeño y abundante tejido conectivo. Dúctos de esperma contraídos.	Folículos pequeños, paredes gruesas. Los folículos principalmente contienen ovogonias y ovocitos primarios presentes. Pocos ovocitos secundarios pueden ser visibles. El volumen de la gónada es pequeño y el tejido conectivo es abundante.
Actividad Tardía	Las paredes de los folículos son más largas y delgadas. Las espermatogonias ocupan aproximadamente 1/3 del volumen del folículo limitando la línea de la pared folicular. Folículos dominados por densas áreas de espermatides y espermatocitos. Espermatozoides también presentes. Tejido conectivo menos abundante y dúctos de esperma expandiéndose	Folículos más largos. Paredes no muy gruesas. Folículos dominados por ovocitos secundarios con pocas ovogonias y ovocitos primarios presentes. Ovocitos en forma alargada. Tejido conectivo menos abundante.
Maduro	Las Espermatogonias se observan igual que en el estadio anterior. Folículos dominados por muy densas columnas de esrmatozoides con tallos apuntando dentro del lumen. Los espermatides y espermatozoides ocupan menos volumen del folículo. Los gametos ocupan casi todo el volumen de la gónada. Muy poco tejido conectivo. Dúctos de esperma totalmente expandidos.	Folículos más largos y paredes delgadas conteniendo óvulos que se mantienen libres en el lumen. Hay poca actividad orogénica dentro de los folículos excepto por unos pocos ovocitos primarios y secundarios. Los óvulos son de forma esférica. Muy poco tejido conectivo.
Parcialmente Desovado	Folículos pequeños y paredes aun delgadas. Espermatozoides menos abundantes. El centro del lumen a menudo aparece vacío. Las espermatogonias se introducen más adentro en los folículos aunque no son más abundantes que en los estadios previos. Espermatides y espermatocitos menos densos pero aun se observan. Poco tejido conectivo y dúctos de esperma aun expandido. Algunos Espermatozoides visibles en los ductos.	Los folículos son muy largos y las paredes muy delgadas. Hay grandes espacios dentro del lumen, aunque hay óvulos libres dentro del lumen de los folículos. Hay todavía ovocitos maduros presentes. Muy poco tejido conectivo.
Desovado/ Reabsorción	Folículos pequeños y paredes son gruesos. Pocos espermatozoides remanentes no desovados. Tejido conectivo más abundante pero menos que el estadio de actividad temprana. Dúctos de esperma contraídos. Todos los gametos serán reabsorbidos y solamente los dúctos de esperma son visibles.	Folículos pequeños y paredes gruesas. Pocos ovocitos y óvulos remanentes. Tejido conectivo más abundante pero menos que en estadio de actividad temprana. Todos los gametos serán totalmente reabsorbidos.

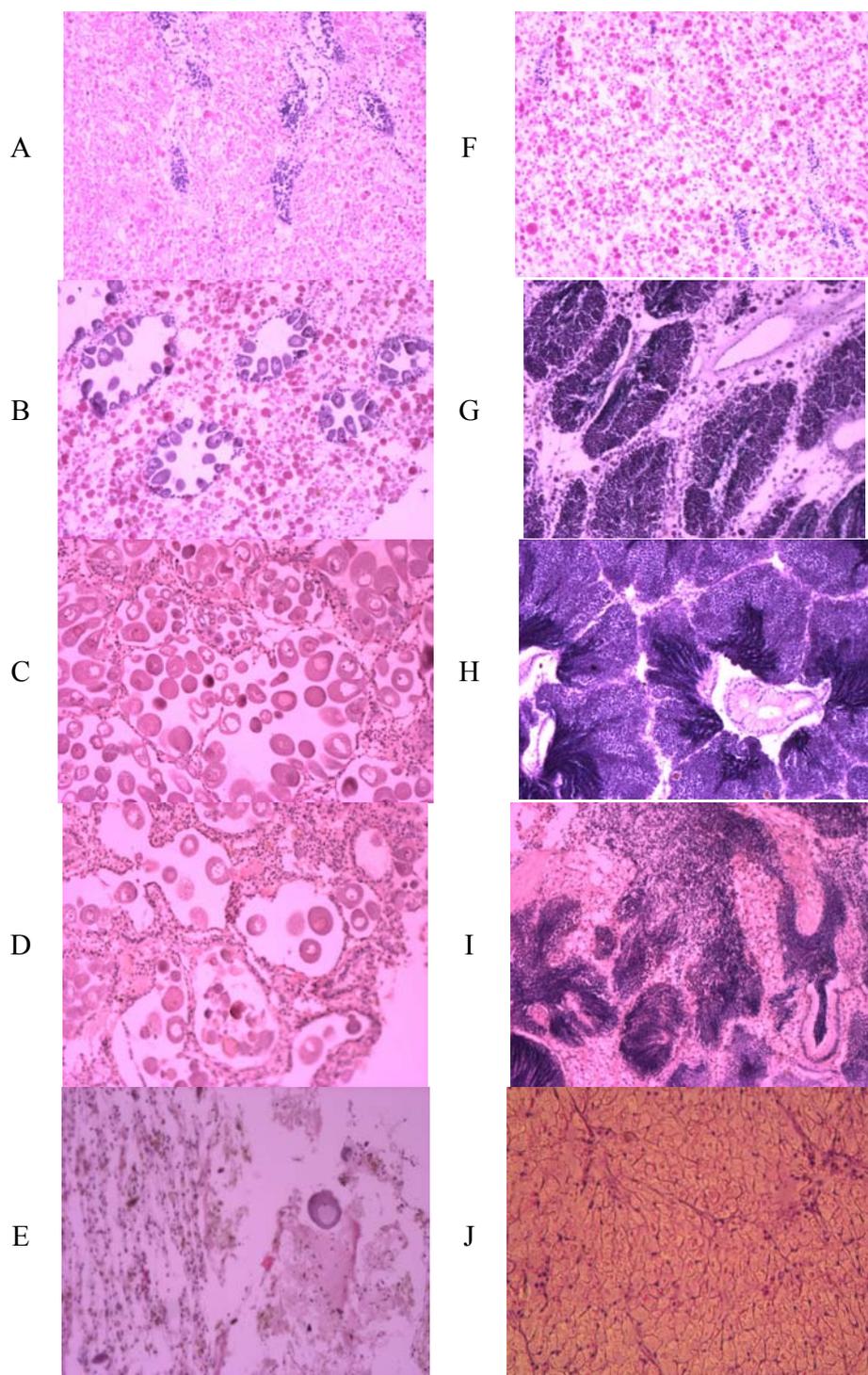


Figura 26 Microfotográficas de los estadios de reproducción: Hembras: (A) Activo Temprano, (B) Activo Tardío, (C) Maduro, (D) Parcialmente Desovado y (E) Desovado/Vacío; Machos: (F) Activo Temprano, (G) Activo Tardío, (H) Maduro, (I) Parcialmente Desovado y (J) Desovado/Vacío (Imágenes a 10X).

De los organismos colectados durante los trece meses de muestreo sólo en los meses de octubre a enero pudieron identificarse sexualmente a través de técnicas histológicas, para el resto de los meses no fue posible su identificación. La proporción Hembra: Macho fue encontrado en 0.7:1 (fig. 27).

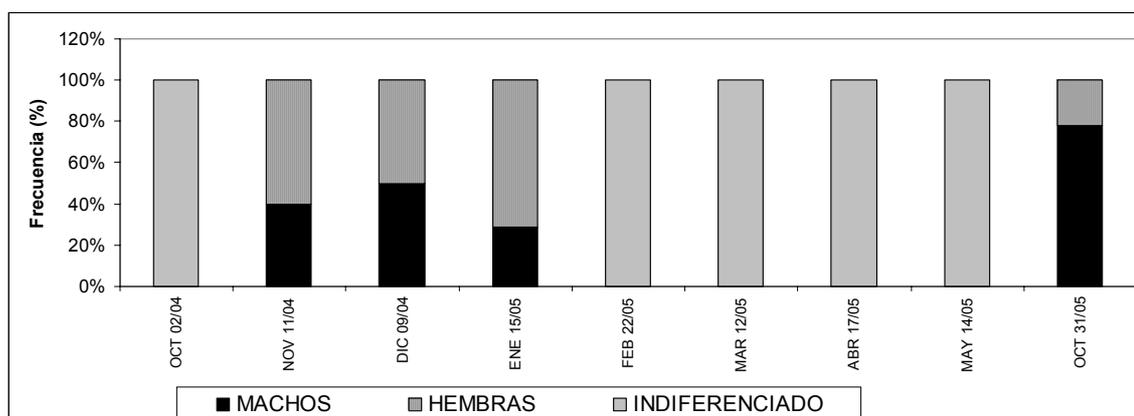


Figura 27. Distribución de Machos y Hembras en el periodo de estudio.

El ciclo reproductivo anual para la almeja de sifón *Panopea globosa* se resume en la fig. 28. Para octubre de 2004, tanto machos y hembras se observan en el inicio del estadio de actividad temprana, desarrollando en el mes de noviembre folículos largos que contienen principalmente ovocitos secundarios y densas áreas con espermatides y espermatocitos, alcanzando su madurez en diciembre e iniciando el desove masivo, a partir del mes de febrero se puede observar los folículos vacíos o en reabsorción en presencia de tejido conectivo, el periodo comprendido entre abril y septiembre la gónada se prepara para iniciar nuevamente el proceso reproductivo, mostrado alto contenido de células lipídicas en ese periodo.

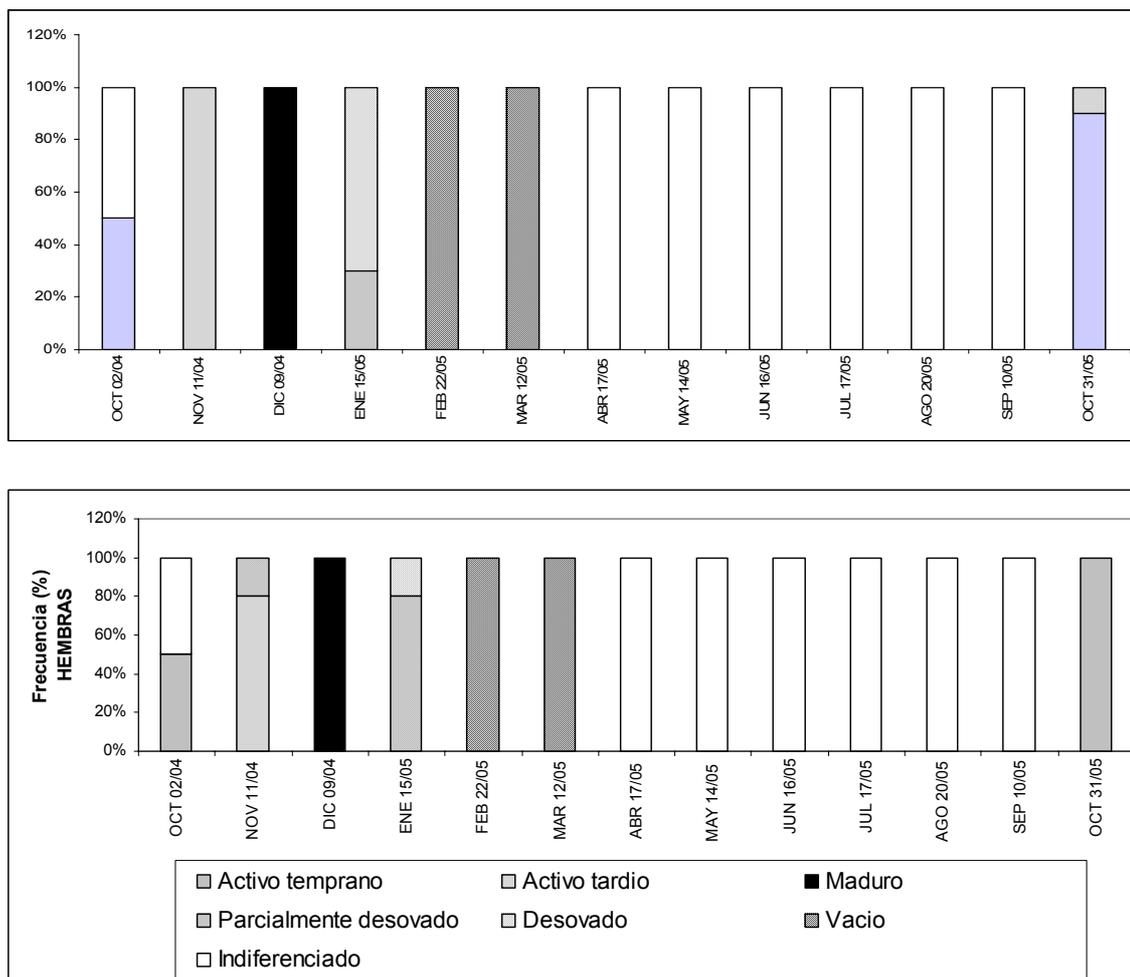


Figura 28. Ciclo reproductivo de *Panopea globosa* en Playa del Sol. Frecuencias relativas de los estadios de las gónadas de Octubre de 2004 a Octubre de 2005.

6.6. Producción de ovocitos

El conteo de ovocitos fue sobre los observados en 0.25 Mm. en las laminillas obtenidas por análisis histológico, de acuerdo a lo descrito por Ruiz-Verdugo *et al.* (2001).

Durante el periodo de estudio, la temperatura del agua superficial indico como máximo 28.8°C en octubre de 2004 y como mínimo 17.2°C en enero de 2005. El fotoperiodo para

ese mismo tiempo, tuvo su máximo en tiempo de luz en el mes de Junio de 2005 y como mínimo en el mes de Diciembre de 2004. (fig. 29).

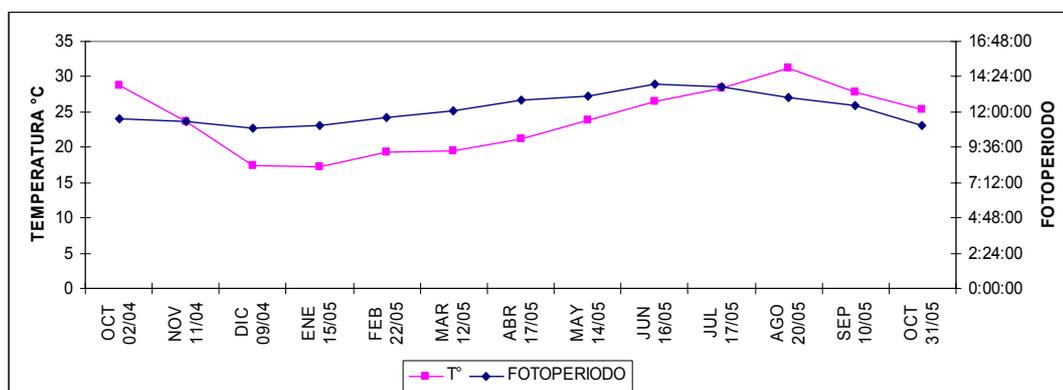
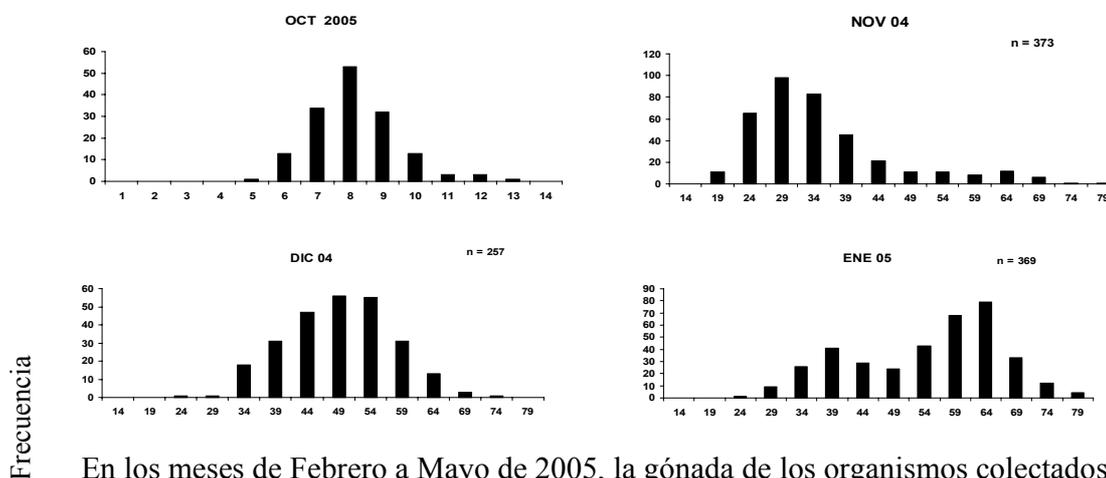


Figura 29. Temperatura superficial del agua y fotoperiodo registrados mensualmente en Playas del Sol

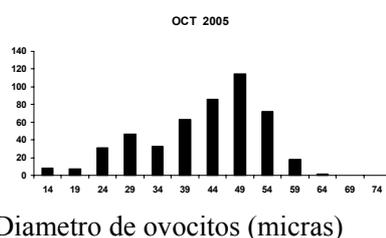
En los trece meses de muestreo sólo en tres de ellos (noviembre – enero), se encontraron gametos en fase de desarrollo.

El diámetro de los ovocitos en Playas del Sol tienen una proporción de 14 – 78 micras (fig. 30). La frecuencias histológica del diámetro de los ovocitos para esta población confirma los patrones observados en el desarrollo reproductivo de la especie *Panopea globosa*.



En los meses de Febrero a Mayo de 2005, la gónada de los organismos colectados se observó vacía

En los meses de Junio a Septiembre de 2005, no se encontraron organismos



Diametro de ovocitos (micras)

Figura 30. Histograma de frecuencia del diámetro de los ovocitos de hembras colectadas en Playas del Sol

En Playas del Sol, los ovocitos primarios (tamaño promedio de 8 micras) dominando el mes de Octubre 2004. Al incrementar la actividad gametogénica se observa durante Noviembre 2004 con la pérdida de ovocitos primarios y secundarios, y algunos ovulos presentes (tamaño promedio de 32 micras). El desove es evidente a partir de Diciembre 2004 (tamaño promedio de 46 micras) a Enero 2005 (tamaño promedio de 51 micras). En Febrero 2005, se observan pocos ovocitos remanentes. En los meses de Marzo a Mayo se observó la

gónada vacía, y durante el periodo de Junio a Septiembre no se encontraron organismos, fue hasta el mes de Octubre que se logró hacer la colecta, observándose ovocitos con un diámetro promedio de 39 micras.

6.7. Simbiosis

Los 10 organismos recolectados en cada muestreo (fig. 31) fueron disectados en el Laboratorio de las Instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Unidad Guaymas y en el Laboratorio de Histología del CET Mar Guaymas.



Figura 31. Grupo de organismos a disectar

Durante el proceso de disección se encontraron cangrejos vivos en el interior de la almeja *Panopea globosa*, el cangrejo se localiza en la cavidad del manto, que de acuerdo a las características observadas tiene semejanza al género *Pinnixa* descrito por Gordon (1996), este cangrejo (fig. 32) es común para esta almeja y se introduce junto con el plancton que es filtrado como alimento, estos cangrejos tienen poca visión, sus ojos son muy pequeños, tiene el caparazón pigmentados, su movilidad es muy torpe y llega a medir un promedio de 2.5 cm de longitud. Sin embargo, de acuerdo a observaciones del Dr. Ernesto Campos⁴ este cangrejo podría no pertenecer a este género, por lo que se requiere estudiar a detalle este organismo para identificarlo taxonómicamente.



Figura 32. Cangrejo chíncharo encontrado en el interior de la almeja de sifón

⁴ M. en C. Ernesto Campos, Investigador de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California Campus Ensenada. Especialista en Carcinología.

VII. DISCUSION

Las almejas del género *Panopea* habitan en zona intermareal enterradas en sustrato lodoso-arenoso y conchalina (Gordon, 1996; Campbell, *et al*, 2004; Goodwin, *et al*, 1989), el sustrato de la Playa del Sol esta compuesto terrenos lodosos-arenosos principalmente, con baja presencia de conchalina.

La distribución de estas almejas abarca la Costa de Norte América desde Alaska hasta Baja California, México (Gordon, 1996; Goodwin, *et al*, 1989); el extremo suroeste de América del Sur desde Río de Janeiro, Brasil hasta Puerto Deseado, Argentina (Morsan y Ciocco, 2004) y alrededor de Nueva Zelanda (Breen, *et al*, 1991). La almeja “de sifón” fue reportada por Keen (1971) en aguas del Golfo de California en la Bahía de San Felipe y la Isla San Marcos, encontrada a 60 m de la playa, clasificándola como *Panopea globosa*. En la Carta Nacional Pesquera emitida por la SAGARPA en el año 2000, cita a la especie *Panopea generosa* como especie permitida para su explotación en el interior del Golfo de California, sin embargo esta especie habita en el litoral del Pacífico de la Baja California, la cual es explotada en Bahía Magdalena, BCS

Las almejas colectadas en el área de la Playa del Sol, presentan la concha delgada y frágil con forma cuadrada redondeada en ambos extremos, en diferentes intensidades de color gris, de claro a oscuro, valvas entreabiertas por ser el organismo de mayor tamaño a su concha, presenta sifón corto y grueso con dos orificios en la punta y de color mas oscuro al

resto del cuerpo, un lote de organismo fueron revisados y corroborados como *Panopea globosa* por el Dr. Holguín (2005)⁵.

Las características de *Panopea generosa* son muy similares a *Panopea globosa* que puede confundirse ambas especies, sin embargo, la participación del M en C Toledano⁶.

Panopea globosa, especie endémica del Golfo de California (Hendrickx, *et al* 2005), presenta un solo ciclo de reproducción anual. El inicio de la gametogénesis fue observado por análisis histológico en el mes de Octubre – Noviembre de 2004, registrándose una temperatura superficial del agua de 28.8°C en descenso. La madurez entre macho y hembra es sincrónica, observándose solamente a través del microscopio, efectuando un desove masivo al inicio del mes de Diciembre (finales de otoño) concluyendo a mediados de Enero (Invierno), tiempo en el cual, el agua superficial ha alcanzado su grado mínimo de temperatura (17.2°C). Hacia finales de Enero la mayoría de las almejas de sifón han desovado.

El ciclo reproductivo de *Panopea globosa* difiere con las demás especies de su género en cuanto a la época de desove en acuerdo a Goodwin y Pease (1989) se produce el desove de otras especies durante el verano con temperatura promedio de 12°C, además de que se localizan en sitios extremos a ambos lados del hemisferio (Nueva Zelanda y Canadá-

⁵ Dr. Oscar Holguín Investigador y Catedrático de CICIMAR La Paz, elegido por su amplia experiencia en la taxonomía de los invertebrados marinos.

⁶ M en C Arturo Toledano Granados Investigador del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en Puerto Morelos, elegido por su experiencia en la taxonomía de invertebrados marinos.

Alaska). En la Playa del Sol, que tiene condiciones climáticas distintas, por encontrarse dentro del Golfo de California, el desove de *Panopea globosa* ocurre al presentarse un descenso en la temperatura ($<20^{\circ}\text{C}$) en los meses de Diciembre – Enero.

Se ha clasificado el ciclo reproductivo del género *Panopea* en cinco estadios, como lo describe Breen *et al.* (1991) y Gribben *et al.* (2004) para la especie *Panopea zelandica* y Cambell & Ming (2003) para la especie *Panopea abrupta*: Estadio 0 (indiferenciado), Estadio 1 (Actividad temprana), Estadio 2 (Actividad tardía), Estadio 3 (Madura), Estadio 4 (Parcialmente desovada) y Estadio 5 (Desovado).

Los hemisferios tienen una inversión de las estaciones, mientras que en un hemisferio es verano, en el otro es invierno. Aun cuando el análisis histológico indica que *Panopea globosa* tiene su máximo desove anual a partir de Diciembre, otros autores, citados por Gribben, *et al* (2004) han encontrado que otras especies del género *Panopea* el desove ocurre para *Panopea abrupta* en Mayo – Junio (verano) y en concordancia con Gribben, Breen *et al* (1991) reporta que *Panopea zelandica*, el desove inicia entre los meses de Febrero – Marzo (finales de verano),

Lo anterior, es a consecuencia de los cambios en los factores ambientales principalmente en la temperatura, el desove se incrementa a medida que la temperatura va teniendo cambios (Gribben, *et al* 2004). *Panopea abrupta*, tiene su periodo de desove a mediados del mes de Mayo en la costa de Vancouver Island, de acuerdo a Campbell & Ming, 2003.

Goodwin & Pease (1989) reportan que en Pouget Sound, Washington, *P. abrupta* inicia su gametogénesis en Septiembre y el desove de Marzo – Julio, transcurriendo un lapso de aproximadamente 6 meses antes de ocurrir el desove. Para *P. zelandica*, de acuerdo a Gribben *et al*, (2004) inicia en Junio, pasando cerca de 5 meses antes de ocurrir el desove en Octubre. En *P. globosa* transcurrieron únicamente 3 meses antes de cumplirse el desove, mismo que finalizó en un lapso de seis semanas, significando el 50% del tiempo utilizado por las otras especies del mismo género.

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que la temperatura es un factor detonante en el inicio del desove para las especies del género *Panopea*, pero mucho más importante para la especie que habita las aguas del Golfo de California, debido a que las bajas temperaturas se presentan en un periodo muy corto de tiempo a lo largo del año, mismo al que la almeja de sifón se ha adaptado reduciendo su periodo de maduración gametogénica en comparación con sus análogos que viven en aguas con intervalos de temperaturas mínimas por periodos más prolongados en el ciclo anual.

Sin embargo, Gribben *et al* (2004) señalan que aun cuando se han utilizado algunos estudios en el análisis cuantitativo que indican periodos de maduración y desove tienden a coincidir con los valores de los diámetros máximos de los ovocitos, aun cuando la relación entre el diámetro del ovocito y el resto del ciclo reproductivo no sea muy claro.

Los análisis cuantitativos para el diámetro de los ovocitos realizados en el que en histogramas de frecuencia se incluye numero de ovocitos presentes, área, conteo de

ovocitos/folículo son una buena descripción del desarrollo gametogénico y desove para *P. globosa*, se observa que para esta especie la maduración y desove transcurren en un periodo de 3 meses (Noviembre – Enero). El tamaño de los ovocitos contribuyó en la interpretación del ciclo reproductivo para *P. globosa*.

Gribben *et al* (2004), Breen *et al* (1991), Goodwin & Pease (1989), apuntan que para las especies del género *Panopea* raramente se han observado proporción de sexos que difieran de 1:1; sin embargo, Andersen (1971) citado por Gribben *et al* (2004) reportó la presencia de bancos de almejas conformada por clases pequeñas dominados por machos, de igual forma en dos estudios realizados por Gribben *et al* (2004) y Gribben & Creese (2003) se reporta algunos organismos de la especie *Panopea zelandica* posiblemente presentan protandia.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abbott, R.T. and Boss, K.J. (1989). A Classification of Living Mollusca. American Malacologists, Melbourne, Florida, 189 pp.
- Abbott, R.T. (ed.). American malacologists. A national register of professional and amateur malacologists and private shell collectors and biographies of early American mollusk workers born between 1618 and 1900. Fall Church, VI: American Malacologists (1974, 1st)
- Abbott, R.T. 1974. American Seashells: The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America. Second Edition. Van Nostrand Reinhold Co. New York.
- Bradbury, A, Sizemore B., Rothaus D. y Ulrich M. 2000. Stock Assessment of Subtidal Clams (*Panopea abrupta*) in Washington. Marine Resours Unit. Fish Managements Division. Fish Program. USA
- Breen, P. A., Gabriel C. y Tyson T. 1991. Preliminary estimates of age, mortality, growth, and reproduction in the hiatellid clam *Panopea zelandica* in New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 25: 231 – 237.
- Bückle, L. F. y Garza M. C. 1989. Ciclo reproductivo del Mejillón *Modiolox capax* (Conrad, 1837) (Bivalvia, Mytilidae, Anisomyaria) en la Bahía de Los Ángeles, Baja California, México. Anales del Instituto de Ciencia del Mar y Limnología. CICESE, México
- Campbell, A., C. W. Yeung, G. Dovey and Z. Zhang. 2004. Population Biology of the Pacific Geoduck Clam, *Panopea abrupta*, in experimental plots, Southern British Columbia, Canada. Journal of Shellfish Research. 23 (3): 661-673.

- Campbell, A. y Ming, M. D. 2003. Maturity and Growth of the Pacific Geoduck clam, *Panopea abrupta*, in Southern British Columbia, Canada. *Journal of Shellfish Research*. 22 (1) 85-90.
- Campbell, A., Harbo, R. M. y Hand, C. M. 1998. Harvesting and distribution of Pacific geoducks clams, *Panopea abrupta*, in British Columbia. In *Proceeding of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assesment and Management*. Edited by G. S. Jamienson y A. Campbell. *Can. Spec. Fish. Aquat. Sci.* 125: 349 – 358.
- CNA. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero valle de Guaymas, Estado de Sonora. México. 27 pp.
- Gómez-García, D. E. 2005. Estudio de sedimentos superficiales en el sistema lagunar de Guaymas, Sonora. Tesis. Instituto Tecnológico del Mar No 3. México. 84 pp.
- Goodwin, C. L. y Pease, B. 1989. Pacific Geoduck Clam. *Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fish and Invertebrates (Pacific Northwest)*. Biological Report 82: 11.120
- Goodwin, C. L. y Pease, B. 1991. Geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad, 1849), Size, Density, and Quality as Related to Various Environmental Parameters in Puget Sound, Washington. *Journal of Shellfish Research*. 10 (1) 65 – 77.
- Gordon, D. G. 1996. *People for Puget Sound field guide to the Geoduck*. Sasquatch Books. USA. 48.
- Gribben, P. E., J. Helson y A. G. Jeffs. 2004. Reproductive Cycle of the New Zealand Geoduck, *Panopea zelandica*, in Two North Island Populations. *The Veliger*. 47 (1): 53-65.
- Gribben, P. E. and R. G. Creese. 2003. Protandry in the New Zealand geoduck, *Panopea zelandica* (Mollusca, Bivalvia). *Invertebrate Reproduction and Development*, Vol (44) 119-129.

- Gribben, P. E. and B.E. Hay. 2003. Larval development of the New Zealand geoduck *Panopea zelandica* (Bivalvia: *Hiatellidae*). New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. New Zealand. 37: 231–239.
- Heffernan, P. B., Walker R. L. y Carr, J. L. 1989. Gametogenic Cycles of Three Marine Bivalves in Wassaw Sound, Georgia II *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791). Journal of Shellfish Research, Vol. 8 (1) 61 – 70.
- Hendickx, M. E., R. C. Brusca y L. T. Findley. 2005. Listado y distribución de la macrofauna del Golfo de California. México. Parte 1. Invertebrados. Arizona-Sonora Desert Museum. 429 pp.
- Hendickx, M. E. y A. Toledano G. 1994. Catalogo de Moluscos. Colección de Referencia. Estación Mazatlán, ICML, UNAM. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, México. 71 pp.
- Keen, A. Myra, 1971. Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Peru. Stanford University Press. Second ed. USA.
- Maldonado-Amparo, R. y Ibarra, A. M. 2002a. Ultrastructural characteristic of spermatogenesis in diploid and triploid catarina scallop (*Argopecten ventricosus* Sowerby II, 1842). *Journal of Shellfish Research*, 21(1): 93-101.
- Maldonado-Amparo, R. y Ibarra, A. M. 2002b. Comparative analysis of oocyte type frequencies in diploid and triploid catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) as indicators of meiotic failure. *Journal of Shellfish Research*, 21(2): 597-603.
- Morsan, E. y Nestor F. Ciocco. 2004. Age and growth model for the southern geoduck, *Panopea abbreviata*, off Puerto Lobos (Patagonia, Argentina). *Fisheries Research* (69) 343–348

- Orensanz, J. M. (Lobo), C. M. Hand, A. M. Parma, J. Valero and R. Hilborn (2004) Precaution in the harvest of Methuselah's clams – the difficulty of getting timely feedback from slow-paced dynamics? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 1355-1372.
- Ortiz, Q. M. y González, G., 1986. Notas sobre madurez, índice gonadal y fecundidad en tres especies de abulón *Haliotis spp* (Molusca: Gasterópoda) a partir de colectas en el Rosario e Islotes Benitos y Bahía Asunción, Baja California. *Contribuciones Biológicas y Tecnológico-Pesqueras. Sría. de Pesca, Inst. Nal de la Pesca. CRIP-Ensenada. Docto Tec. No. 1: 17 – 41.*
- Ruiz-Verdugo, C., Allen S. K. y Ibarra, A. M. 2001. Family differences in success of triploid induction and effects of triploidy on fecundity of catarina scallop (*Argopecten ventricosus*). *Aquaculture*. 201: 19 – 33.
- SAGARPA, 2003. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. México. www.sagarpa.gob.mx/pesca
- SAGARPA, 2000. Carta Nacional Pesquera. México. www.sagarpa.gob.mx/pesca
- Singh C., J., Vélez J. A. y Fajardo M. C. 1991. Estudio Poblacional de la Almeja Chocolate *Megapitaria squalida* (SOWERBY, 1835) en Punta Coyote, Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera. INP. SEPESCA.* (8): 7 – 22.
- Thórarinsdótti, G. G. 1999. Lifespan of two long-lived bivalves, *Arctica islandica* and *Panopea generosa*. *Phuket Marine Biological Center Special Publication No. 19* (1): 41 – 46.
- Vadopalas, B. y Davis, J. P. 2004. Optimal chemical triploid induction in geoducks clams, *Panopea abrupta*, by 6-dimethylaminopurine. Elsevier. *Aquaculture*. 230: 29 – 40.