

Tesis defendida por

Tyrone Xavier Guadamud Mejía

y aprobada por el siguiente Comité

---

Dra. Carmen Guadalupe Paniagua Chávez  
Director del Comité

---

Dr. Manuel Alberto Segovia Quintero  
Miembro del Comité

---

Dr. Miguel Ángel Del Río Portilla  
Miembro del Comité

---

Dr. José Alberto Fernández Zepeda  
Miembro del Comité

---

Dra. Beatriz Cordero Esquivel  
Coordinador del programa de  
Posgrado en Acuicultura

---

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales  
Director de la Dirección de Estudios  
de Posgrado

17 de Octubre de 2012

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE ACUICULTURA**

**Desarrollo gonadal de la almeja *Panopea generosa* en Punta Canoas, Baja  
California, México**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias de Acuicultura

Presenta:

Tyrone Xavier Guadamud Mejía

Ensenada, Baja California, México

2012

Resumen de la tesis de Tyrone Xavier Guadamud Mejía, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Acuicultura.

Desarrollo gonadal de la almeja *Panopea generosa* en Punta Canoas, Baja California, México

Resumen aprobado por:

---

Dra. Carmen Guadalupe Paniagua Chávez  
Director de Tesis

En México, la almeja generosa (*Panopea generosa*) ha alcanzado una producción anual por pesquería valorada en 34 millones de pesos. Considerando la necesidad de adquirir información suficiente para la estructuración de un plan de manejo pesquero específico para esta especie y desarrollo de su acuicultura se realizaron los siguientes objetivos: (1) evaluar el índice de condición (IC) y los índices gonadosomáticos por medio del cálculo convencional (IGSc) y el análisis de imágenes (IGSi) de *P. generosa* de Punta Canoas Baja California, (2) evaluar su desarrollo gonádico en un ciclo anual y (3) conocer la temporada de liberación de gametos. Mensualmente se recolectaron ~ 30 almejas de la zona de muestreo de Punta Canoas, Baja California, México y fueron llevadas al Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada (CRIP) donde se registraron los datos biométricos y se extrajeron y fijaron las masas viscerales para su procesamiento histológico en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE). El IC fue calculado de acuerdo a Walne y Mann, (1975) y mediante el cálculo de relaciones alométricas. Un IGS fue calculado convencionalmente (IGSc) de acuerdo a Sloan y Robinson, (1984) y IGSi de acuerdo a Quintana *et al.*, (2011). Para evaluar el desarrollo gonádico de las muestras histológicas, se utilizaron 5 categorías. Los resultados indicaron que las tallas de las almejas estuvieron entre 104 - 123 mm de longitud y el peso total entre 377 - 670 g. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en el IC observándose un decremento del mismo en los meses de verano. El IC más bajo coincidió con el mes donde se registró el desove masivo. Las relaciones calculadas mostraron un incremento proporcional isométrico de las variables biométricas con respecto a la longitud total de la concha. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en ambos IGS. El IGSc decreció en los meses de verano y otoño. El IGSi decreció solo en verano con un pico significativo en el mes de septiembre cuando se registró el desove masivo. El desarrollo gonádico obtenido con el análisis histológico indicó que ~82% de los organismos se encontraron en la etapa de reproductiva durante el periodo de muestreo. Solo en septiembre se observó el 100% de los organismos en la etapa de desove o expulsión de gametos cuando la temperatura se encontró en los 19°C. Los resultados encontrados muestran que las tallas, IC, IGS, y desarrollo gonádico *P.*

*generosa* de Punta Canoas Baja California difieren de los resultados generados para la misma especie en otras zonas de las costas del Pacífico y que esta información puede ser importante para desarrollar un plan de manejo más apropiado.

Palabras clave: ***Panopea generosa*, desarrollo gonadal, reproducción, Índices de condición, índice gonadosomático, análisis de imágenes, Temperatura**

Abstract of the thesis presented by Tyrone Xavier Guadamud Mejía as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Aquaculture

Gonadal developed of the *Panopea generosa* clam in Punta Canoas, Baja California, México

Abstract approved by:

---

Dra. Carmen Guadalupe Paniagua Chávez  
Thesis Director

In Mexico, the geoduck clam (*Panopea generosa*) has reached an annual production of 34 million pesos. Considering the need to acquire enough information to develop a fishery management plan specific for this species and its aquaculture, the follow objectives were developed: (1) to evaluate the condition index (CI) and gonadosomatic index (GSI) using a conventional (GS<sub>IC</sub>) method or image analysis (GS<sub>LI</sub>) for the geoduck clam (*Panopea generosa*) from Punta Canoas Baja California Mexico, (2) to evaluate the annual gonadic development and (3) to know the spawning season of this species. Thirty clams were collected monthly from Punta Canoas, Baja California and transported to Centro Regional de Investigacion Pesquera de Ensenada (CRIP) to obtain biometric data. The visceral mass was obtained and fixed for histology at Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE). The CI was calculated according to Walne y Mann, (1975) and by allometric relationships. The GS<sub>IC</sub> was calculated according to Sloan y Robinson, (1984) and the GS<sub>LI</sub> according to Quintana *et al.*, (2011). Five stages were used to evaluate the gonadic development from the histological samples. The results indicated that the geoduck size ranged from 104 to 123 mm and weight between 377 and 670 g. Significant differences ( $P < 0.001$ ) were found for IC. A decrease in this index was found in summer when the clams started to spawn. The GS<sub>IC</sub> decreased in summer and autumn and the GS<sub>LI</sub> decreased just in summer with a significant drop in September when all the organisms spawned. The gonadic development obtained from the histological analysis showed that ~82% of the organisms were in reproductive stage during the annual cycle. Only in September, 100% of the organisms spawned completely when the temperature was 19°C. These results showed that body size and weight, CI, GSI, and gonadic development of *P. generosa* from Punta Canoas Baja California differs from results found for the same species in other places of the Pacific coast and that this information can be important to develop a more appropriate fishery management plan.

Key words: ***Panopea generosa*, Gonadal development, Reproduction, condition index, gonadosomatic index, image analysis, temperature**

## DEDICATORIA

A TODA MI FAMILIA, ESPECIALMENTE A MI MADRE: MARÍA JOSÉ MEJÍA INTRIAGO, A MI PADRE: TYRONE VICENTE GUADAMUD CEDEÑO, A MIS HERMANOS: TANYA, TATIANA, JUAN, POR SU APOYO Y AMOR QUE ME HAN DADO, POR SER UN PILAR FUNDAMENTAL A LO LARGO DE TODA MI VIDA.

A MI HIJO TYRONE EMILIO POR DARME LA FORTALEZA, LA ALEGRÍA Y SER UNA FUENTE DE LUZ E INSPIRACIÓN EN VIDA

CON MUCHO CARIÑO A EMILY POR EL AMOR, EL APOYO Y ESA COMPAÑÍA INCONDICIONAL QUE MÁS HAS BRINDADO

A TODOS MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y PROFESORES, QUE PESAR QUE ESTÉN A LARGA DISTANCIA ME HAN DEMOSTRADO TODO SU APOYO

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) particularmente al Departamento de Acuicultura, por haberme aceptado en el programa de posgrado. Asimismo por brindarme el apoyo necesario durante mis estudios.

Al Consejo Nacional Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado a través de una beca durante la realización de mis estudios.

Agradecer de manera cordial a la Dra. Carmen Paniagua Chávez, por la guía, enseñanzas y acertados consejos para la realización de mi tesis, por su apoyo, por haberme permitido ser parte de su equipo de trabajo, por su gran disponibilidad para resolver numerosas dudas. ¡Muchas gracias Doctora!

A los miembros de mi comité de tesis: Agradecer de manera especial al Dr. Manuel Segovia Quintero, por sus consejos, enseñanzas, motivación y por brindarme su amistad. ¡Gracias Doc!. Al Dr. Miguel Ángel del Rio Portilla, por sus acertados comentarios y enseñanzas en la ejecución de la tesis. Al Dr. José Fernández Zepeda, por las sugerencias y comentarios realizados en la tesis.

Gracias al Dr. Jorge Cáceres Martínez por el apoyo y por permitirme realizar parte de mi trabajo en el Laboratorio de Sanidad y Patología.

Al Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Ensenada (CRIP), por colaborar en la realización de este proyecto. Especialmente a la Dra. Alma Rosa García Juárez y al Oc. Eduardo Vásquez Solórzano.

Muy amablemente agradezco a la M. en C. Olivia Tapia Vásquez por sus acertados consejos, comentarios y enseñanzas en los análisis histológicos en el desarrollo gonádico.

A la Sociedad de Producción Rural Punta Canoas presidida por el Sr. José García Mercado, por apoyo en la captura y donación mensual de los organismos. Muchas gracias.

A la M. en C. Yanet Guerrero Rentería por el apoyo y la capacitación en los cortes histológicos. ¡Gracias!

A los investigadores del Departamento de Acuicultura por las enseñanzas impartidas en el transcurso de mis estudios.

A la M. en C. Gisel Tinoco por el apoyo brindado en laboratorio de Germoplasma, a la M en C. Carmen Vargas y a la Blga. Itzel Serrano por el apoyo en el muestreo.

Al personal administrativo del Departamento de Acuicultura, que de una u otra manera me proporcionaron su ayuda.

Al M. en C. Pedro Noriega de la empresa GeoEye's por haberme facilitado los datos de temperatura y por compartir momentos agradables. ¡Gracias Pedro!

A la M en C. Mariela Brito por el apoyo y sugerencias en la ejecución de los mapas.

A mis compañeros de la Maestría: Diana, Yasel, Edson, José María, Víctor, Isaías, Ángel, y de Doctorado: Edgar, Samuel, Juan Pablo y Karina, por cada uno de sus consejos, apoyo y por darme la oportunidad de compartir buenos y agradables momentos. ¡Muchas Gracias!.

A México MUCHAS GRACIAS por tu amable hospitalidad y por darme la oportunidad de aprender nuevas experiencias.

A todas aquellas personas quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi estancia aquí en México.

¡MUCHAS GRACIAS!

## CONTENIDO

	Página
Resumen Español.....	i
Resumen Inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	ix
Lista de tablas.....	xi
1. Introducción.....	1
1.1. Generalidades de los moluscos bivalvos.....	1
1.2. Producción pesquera y acuícola de los moluscos bivalvos.....	1
1.3. Generalidades del género <i>Panopea</i> .....	2
1.4. Registro de las pesquerías del género <i>Panopea</i> .....	3
1.5. Características morfológicas y ecológicas del género <i>Panopea</i> .....	5
1.6. Ciclo de vida de los moluscos bivalvos.....	5
1.6.1 Sistemática de la especie <i>Panopea generosa</i> .....	7
1.7. Reproducción del género <i>Panopea</i> .....	8
1.7.1. Desarrollo gonádico del género <i>Panopea</i> .....	8
1.7.2. Índices de condición y gonadosomático en moluscos bivalvos.....	10
1.7.2.1. Índices de condición.....	10
1.7.2.2. Relaciones alométricas como índice de condición.....	11
1.7.2.3. Índice gonadosomático convencional.....	12
1.7.2.4. Índice gonadosomático utilizando análisis de imágenes.....	13
1.9. Hipótesis.....	16
1.10. Objetivos.....	16
1.10.1. Objetivo general.....	16
1.10.2. Objetivos específicos.....	16
2. Materiales y Métodos.....	17
2.1. Zona de muestreo.....	17

CONTENIDO (*continuación*)

2.2. Obtención de organismos.....	18
2.3. Biometría .....	18
2.4. Registro de la temperatura .....	19
2.5. Índices de condición (IC) .....	19
2.5.1. Relación alométrica .....	19
2.6. Índice gonadosomático calculado con el método convencional .....	20
2.7. Índice gonadosomático calculado con el método de análisis de imágenes	20
2.8. Desarrollo gonádico.....	21
2.8.1. Análisis histológico.....	21
2.9. Análisis de datos .....	22
3. Resultados.....	24
3.1. Obtención de organismos y datos morfométricos.....	24
3.2. Biometría .....	24
3.3. Registro de la temperatura .....	27
3.4. Índices de condición .....	28
3.4.1. Índice de condición calculado por medio de relaciones alométricas .	29
3.5. Índice gonadosomático obtenido con el método convencional y con el método de análisis de imágenes .....	31
3.6 Desarrollo gonádico.....	32
3.6.1. Estadios del desarrollo gonádico .....	32
3.7. Índices de condición y gonadosomáticos relacionados a las diferentes etapas del desarrollo gonádico .....	36
3.7.1. Relación entre índices gonadosomáticos e índice de condición .....	36
4. Discusión .....	38
Conclusiones .....	49
Recomendaciones .....	50
Referencias bibliográficas.....	52
Apéndices .....	59

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribución geográfica de las poblaciones de almejas del género <i>Panopea</i> . Tomado del programa <i>AR GIS versión 10.0</i>	3
2	Ciclo de Vida de <i>Panopea generosa</i> . 1, reproductores; 2, huevo; 3, espermatozoide; 4, fecundación; 5, larva trocófora; 6, larva veliger temprana; 7 larva veliger tardía; 8, juvenil. Tomado y modificado de Goodwin y Pease, (1989)	7
3	Imagen histológica de la masa visceral (mv) de <i>Crassostrea virginica</i> mostrando los dos métodos de análisis de imágenes. A, método de transeptos; B, método del contorno de cada área. Gónada (g), glándula digestiva (gd), branquias (b). Línea continua, cuerpo; línea punteada gónada. Tomado de Quintana <i>et al.</i> , (2011).	13
4	Ubicación de la zona de Punta Canoas donde se llevó a cabo la recolección de la almeja <i>P. generosa</i> . Tomado del programa <i>AR GIS versión 10.0</i>	17
5	Esquema de las diferentes medidas biométricas registras en <i>P. generosa</i> , durante el muestreo en Punta Canoas. Longitud total de la concha (Lt), ancho de la concha (AC), ancho del sifón (AS).	18
6	Representación esquemática del método de análisis de imágenes realizado en de <i>P. generosa</i> : 1. Masa visceral (mv), pie (p), 2. Corte transversal de media de la masa visceral (línea solida horizontal), branquias (b), manto (m), glándula digestiva (gd), gónada (g) y la base milimétrica (bm).	21

## LISTA DE FIGURAS (continuación)

- |    |   |    |
|----|---|----|
| 7  | Temperaturas (promedio $\pm$ error estándar) registradas en el lugar de muestreo de <i>P. generosa</i> . Letras distintas indican diferencias significativas.   | 28 |
| 8  | Índice de condición (promedio $\pm$ error estándar) de <i>P. generosa</i> , registrados durante los meses de muestreo. Peso total (Pt) de la masa visceral (glándula digestiva, gónada) mas las branquias, el manto y el músculo aductor, entre el peso húmedo de la concha (S). Letras distintas indican diferencias significativas.   | 29 |
| 9  | Índice gonadosomático convencional (IGSc) (promedio $\pm$ error estándar) de <i>P. generosa</i> , registrados durante los meses de muestreo. Peso masa visceral (PMV), letras distintas indican diferencias significativas.   | 31 |
| 10 | Índice gonadosomático analizado mediante análisis de imágenes (promedio $\pm$ error estándar) de <i>P. generosa</i> , registrados durante los meses de muestreo. Este método fue encontrado y aplicado desde el mes de abril. Letras distintas indican diferencias significativas.  | 32 |
| 11 | Microfotografía histológica del tejido gonádico de <i>P. generosa</i> . A, etapa I de inmadurez o reposo, B-C, etapa II gametogénico; D-F, etapa III maduración, G-H, etapa IV reproductivo, I-J, etapa V desove y expulsión de gametos. Tejido conectivo (tc), folículo (f), ovogonias (ov), espermatocitos primarios (ep), espermatocitos secundario (es), espermatozoide (e), espermatozoides en reabsorción (sr), ovocito primario (op), ovocito secundario (os), ovocito maduro (om), ovocito en reabsorción (or), epitelio germinativo (eg), conducto espermático (ce), fagocitos (fg), (escala de 100 micras). | 35 |

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Estudios de algunos aspectos biológicos relacionados con los procesos reproductivos en algunas especies que se encuentran dentro del género <i>Panopea</i>	9
2	Valores promedio y desviaciones estándar de la longitud total de la concha (Lt), ancho concha (AC), ancho del sifón (AS) de <i>P. generosa</i> registrados en los meses de muestreo. Letras distintas indican diferencias significativas, hembra (H), macho (M) y sexos (S).	25
3	Valores promedio y desviaciones estándar del peso total (Pt) peso de la concha (PC), peso del sifón manto (PSM) y peso de la masa visceral (PMV) de <i>P. generosa</i> registrados en los meses de muestreo. Letras distintas indican diferencias significativas. Hembras (H), machos (M), y sexos (S).	27
4	Relación alométrica entre la longitud total de la concha (Lt), contra el ancho de la concha (AC), ancho del sifón (AS), peso total total (Pt), peso de la concha (PC), peso del sifón y manto (PSM), peso masa visceral de (PMV), de los machos, hembras y la población total de <i>P. generosa</i> , durante el periodo de muestreo. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ), punto de origen del eje de la coordenadas (a), pendiente (b), número de organismos (n).	30
5	Porcentaje de frecuencia de sexos de <i>P. generosa</i> y las diferentes etapas del desarrollo gonádico registrado durante los meses de muestreo. Inmaduros (I), machos (M), hembras (H), no registro de datos (-).	33
6	Promedio y desviación estándar del índice de condición (IC), Índice gonadosomático convencional (IGSc); índice gonadosomático a través de análisis de imágenes (IGSi) en las diferentes etapas del desarrollo gonádico de <i>P. generosa</i> .	36

## 1. Introducción

---

### 1.1. Generalidades de los moluscos bivalvos

Los moluscos bivalvos son invertebrados acuáticos que habitan en medios dulceacuícolas o marinos y se caracterizan por tener conchas con dos valvas (bivalva) generalmente simétricas, unidas por una charnela y ligamentos. Estas valvas se cierran y se abren por la acción de los músculos abductores localizados en la parte interna posterior y anterior de la concha (García-Cubas y Reguero, 2007). Algunas especies de bivalvos como las almejas tienen un pie que les permite excavar y enterrarse, además de un manto, órgano responsable de la secreción de la concha y del ligamento que las une. Algunos procesos fisiológicos como la respiración se realizan mediante láminas branquiales, las cuales sirven para filtrar el agua involucrando en esta actividad a la alimentación. La fecundación de los moluscos bivalvos tiene lugar de manera libre en el agua o en la cavidad del manto, dependiendo de la especie. Algunos organismos se comportan de manera hermafrodita, mientras que otros presentan sexos separados (Mackie, 1984; García-Cubas y Reguero, 2007; Holguín-Quñones y García-Domínguez, 2011).

### 1.2. Producción pesquera y acuícola de los moluscos bivalvos

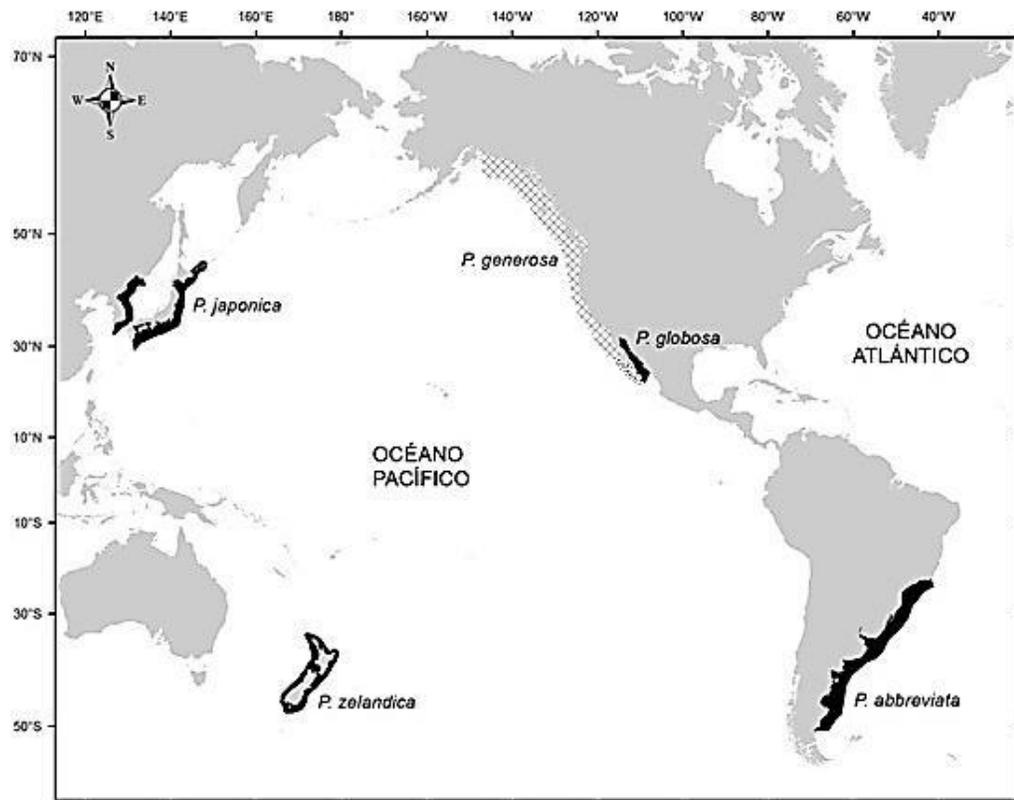
Los moluscos bivalvos constituyen una de las fuentes más importantes en la producción pesquera mundial. Esta industria ha logrado un amplio crecimiento con un alto potencial para satisfacer la demanda de alimento en las próximas décadas (FAO, 2010). En cuanto a la pesca y la acuicultura, los moluscos bivalvos han alcanzado un crecimiento anual en la producción total del 3.7% (FAO, 2010). Existen cuatro grandes grupos representativos de la producción total: las ostras (31.8 %), las almejas (24.6 %), los mejillones (12.4 %) y los vieiras (10.7%), con

un ingreso anual de 13,100 millones de dólares (FAO, 2010). Sin embargo, la tendencia en las capturas de almejas, mejillones y ostras ha decrecido hasta un 8% en los últimos años (FAO, 2012).

En América Latina, la mayor producción de moluscos bivalvos se obtiene de Brasil, Chile, Perú y México. En México, la mayor producción de bivalvos provenientes del sector acuícola y pesquero se realiza en las costas del Pacífico de Baja California y el Golfo de California, produciendo un volumen total de 3,230 toneladas anuales, con un ingreso total de 81 millones de pesos (Maeda-Martinez, 2008; SAGARPA, 2012b). Esta actividad involucra principalmente a las especies de la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*), el ostión del placer (*Crassostrea corteziensis*), la ostra perlera (*Pteria sterna*), el mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), la almeja Catarina (*Argopecten ventricosus*) y las almejas *Panopea generosa* y *Panopea globosa* (Maeda-Martinez, 2008; SAGARPA, 2012a).

### 1.3. Generalidades del género *Panopea*

Las especies del género *Panopea* pertenecen a la familia Hiatellidae comúnmente llamadas “Geoduck” y se encuentran distribuidas geográficamente en todo el mundo. El género comprende varias especies, incluyendo *P. abbreviata* (Valenciennes, 1839) endémica del suroeste del Océano Atlántico, *P. zelándica* (Quoy y Gaimard, 1835) encontrada en el Suroeste del Pacífico, *P. japónica* (Adams, 1850) distribuida desde Japón hasta el Sur de Corea, *P. globosa* (Dall, 1898) especie endémica del Golfo de California. La especie *P. generosa*, se distribuye desde Alaska hasta Baja California, México (Figura 1). En los últimos veinte años se le conoció también como *P. abrupta* (Conrad, 1849). Sin embargo, en publicaciones recientes se ha decidido llamarla *Panopea generosa* (Coan et al., 2000; Valdopalas et al., 2010).



**Figura 1. Distribución geográfica de las poblaciones de almejas del género *Panopea*. Tomado del programa AR GIS versión 10.0**

#### 1.4. Registro de las pesquerías del género *Panopea*

Las especies del género *Panopea* son un recurso que empieza a formar parte de una de las pesquerías más importantes a nivel mundial (SAGARPA, 2012a). Dentro de ellas, está la pesquería de la especie *P. abbreviata* realizadas en el Golfo de la Patagonia en Argentina, donde empezaron a finales de la década de los 90s, bajo un estatus de pesca experimental, capturando un volumen total de entre 3 y 10 toneladas anuales (Ciocco *et al.*, 2001; Morsan y Ciocco 2004). Sin embargo, esta actividad actualmente presenta volúmenes de captura totales de entre 5.7 y 15.6 toneladas anuales (Morsan *et al.*, 2010).

Por otro lado, las pesquerías de *P. zelándica* en Nueva Zelanda, empezaron a finales de la década de los 80s hasta principios de los 90s. Durante ese tiempo, se reportaron los mayores desembarques, llegando a producir un volumen total de 100 toneladas anuales (Breen, 1991). Posteriormente, esta pesquería se clausuró durante un tiempo, debido a que *P. generosa*, proveniente de los Estados Unidos, había copado los grandes mercados existentes en Asia (Breen, 1991). En la actualidad se han creado permisos que han permitido renovar el interés de explotar comercialmente esta especie, desarrollando actividades acuícola y pesquera (Breen, 1991; Gribben *et al.*, 2004; Gribben y Creese 2005; Mace, 2009).

Las pesquerías de la almeja *P. generosa* comenzaron a finales de la década de los 70s en Alaska. En Canadá, actualmente la captura total de esta almeja generosa es de ~1500 toneladas anuales. En cuanto a las exportaciones los ingresos anuales alcanzado han sido alrededor de los 40 millones de dólares, teniendo como mercado principal a los países asiáticos, donde Hong Kong ocupa el primer lugar y en menor escala los países de China, Estados Unidos, y Singapur (Integrated Fisheries Management Plan, 2012). En México, las pesquerías comenzaron en el estado de Baja California, principalmente en el Golfo de California, a inicios de los 90s con la especie *P. globosa* y posteriormente se incluyó a *P. generosa* del Pacífico. En conjunto, con estas dos especies, se ha logrado capturar un volumen total de 1324 mil toneladas, representando un ingreso anual por encima de los 34 millones de pesos (SAGARPA, 2012b). En estudios recientes, se ha mencionado que las pesquerías de género *Panopea* de en las costas Baja California, México han superado en toneladas métricas (~ 2500 t) a las pesquerías de *P. generosa* en Estados Unidos y Canadá (Aragón-Noriega *et al.*, 2012).

### 1.5. Características morfológicas y ecológicas del género *Panopea*

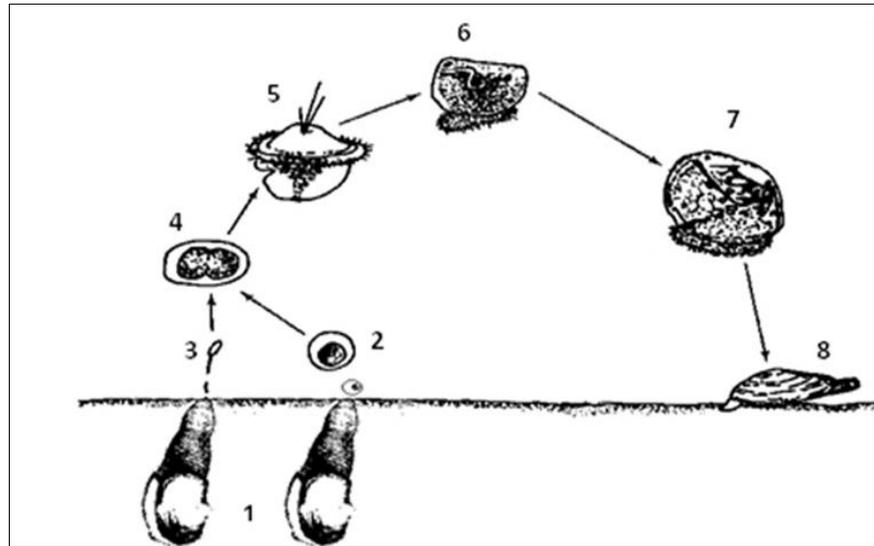
Las almejas del género *Panopea* habitan en zonas intermareales alcanzando hasta profundidades de ~100 metros, en sustratos lodoso-arenosos o conchalina que les permiten enterrarse hasta un metro de profundidad dependiendo de su longitud (Goodwin y Pease, 1989; Campbell *et al.*, 2004; Jamison *et al.*, 1984; Morsan y Ciocco, 2004). Estas almejas alcanzan un promedio de 1 kg de peso total, pero pueden llegar hasta 4.5 kg (Cox y Charman, 1980). El género *Panopea* presenta diversas particularidades tales como una concha de estructura frágil y de color blanco cubierta con un periostraco de color amarillo a café o negro con líneas de crecimiento en la concha. Además contienen un sifón compuesto por dos orificios en la parte superior, uno inhalante y otro exhalante. El inhalante le sirve para la captura del alimento y el exhalante para expulsar desechos y gametos durante la época reproductiva. *P. generosa* es una especie dioica, es decir, presenta sexos separados (Goodwin y Pease, 1989).

Las poblaciones de estas especies son susceptibles en algunas etapas de su vida. La supervivencia de las larvas depende de las fluctuaciones ambientales como son los cambios de salinidad, temperatura y pH. Durante la etapa juvenil son susceptibles a los efectos de la depredación por organismos pelágicos y bentónicos tales como las estrellas de mar, los cangrejos y algunos peces (Goodwin, 1973; Goodwin y Pease, 1989).

### 1.6. Ciclo de vida de los moluscos bivalvos

En los moluscos bivalvos, el ciclo de vida está dividido en diferentes etapas. Una vez que los reproductores liberan sus gametos al agua, se origina la fecundación e inmediatamente inicia el desarrollo embrionario que dará origen a la primera etapa larval llamada larva trocófora. Esta larva está compuesta de tres bandas de cilios y un flagelo que le genera movilidad y le permite realizar

movimientos natatorios en el agua. Esta fase dura entre 12 y 48 horas. Después se empieza a formar una concha que encierra completamente el cuerpo y los órganos. Posteriormente, continúa la siguiente etapa larvaria denominada larva véliger. Esta fase, tiene una duración que puede variar entre 12 y 30 días. En los primeros días la larva tiene una forma de "D", (llamada larva "D" o de charnela recta). En esta etapa desarrolla la boca, el esófago, el estómago, el intestino, la glándula digestiva y los músculos detractores. Las larvas son planctónicas y se dispersan a través de las corrientes. Al término de su vida pelágica, tendrá una metamorfosis pasando a ser juveniles. Estos se adhieren a un sustrato adecuado mediante la expulsión de bisos en forma de hilos localizadas en el pie, que se extiende hacia afuera de las valvas (Kennedy, 1996). Una vez que ocurre el asentamiento y encuentran el sustrato adecuado, los juveniles empiezan a enterrarse (Kennedy, 1996). En *Panopea generosa*, la fertilización del huevo (~80 micras de diámetro) se origina durante las 2 primeras horas de la expulsión de los gametos. Posteriormente, después de ~24 horas se forma la larva trocófora. Esta larva llega a medir hasta 100 micras. Consecutivamente entre los 2 a 16 días se va formando la larva veliger temprana (larva "D") y veliger tardía (la cual contiene el umbo en la parte superior de la concha y el velum en la parte inferior). Estas larvas tienen una longitud que va desde los 110 hasta las 400 micras. Posteriormente, se forma la postlarva, la cual dura ~16-35 días, en esta fase, la postlarva comienza a cavar en el sustrato. Después de esta etapa, a los 36 días, se forma la etapa juvenil (con una longitud de entre 1.5 - 7.5 mm) y es en esta etapa que empiezan a enterrarse. La etapa de adulto o reproductor (75 - 200 mm de longitud) la alcanza a los 2 años (Goodwin, 1976; Goodwin y Pease, 1989). En estudios realizados en *Panopea generosa*, se menciona que es una especie que puede llegar a vivir hasta 146 años (Goodwin, 1976; Goodwin y Pease, 1989) (Figura 2).



**Figura 2. Ciclo de Vida de *Panopea generosa*. 1, reproductores; 2, huevo; 3, espermatozoide; 4, fecundación; 5, larva trocófora; 6, larva veliger temprana; 7 larva veliger tardía; 8, juvenil. Tomado y modificado de Goodwin y Pease, (1989)**

#### 1.6.1 Sistemática de la especie *Panopea generosa*

Según Goodwin y Pease, (1989) reportaron que la ubicación taxonómica de la especie *P. generosa* se encuentra de la siguiente manera:

Reino: Animalia

Phylum: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Myoida

Súper familia: Hiatellacea

Familia: Hiatellidae

Género: *Panopea*

Especie: *Panopea generosa*, Gould 1850

### 1.7. Reproducción del género *Panopea*

El estudio de la reproducción de los moluscos bivalvos ha sido muy importante para el manejo racional de las poblaciones de especies explotadas comercialmente y de especies de cultivo (Holguín-Quiñones y García-Domínguez, 2011). Se han estudiado algunos aspectos biológicos y reproductivos del género *Panopea*, donde se han evaluado las etapas larvarias, el desarrollo gonadal, y el efecto que tiene la temperatura y la edad dentro de los procesos reproductivos (Tabla 1).

#### 1.7.1. Desarrollo gonádico del género *Panopea*

Las investigaciones realizadas por Andersen, (1971) a través de análisis histológicos, indican que la actividad temprana (inicio de la gametogénesis) en el desarrollo gonadal de *P. generosa* en el estado de Washington, ocurre en el mes de septiembre y con algunos picos en octubre. Posteriormente, indicó que la etapa de maduración de los gametos aparece en el mes de noviembre, extendiéndose hasta junio, alcanzando algunos picos en el mes de marzo. Los desoves parciales de *P. generosa* se observaron en diciembre, incrementando en mayo y finalizando en julio. En el mes de agosto se observó que todos los organismos muestreados se encontraban en la etapa de desove (Andersen, 1971). En cuanto a los sexos, esta especie presenta sincronismo en casi todas las etapas del desarrollo gonadal (Andersen, 1971). Sin embargo algunos estudios realizados por Andersen, (1971); Goodwin, (1973, 1976); Sloan y Robinson, (1984); Van Der Molen *et al.*, (2007), mostraron que *Panopea*, presenta desoves y expulsión de gametos maduros alrededor de todo el año, las mismas que están asociadas con la temperatura y algunas estaciones anuales (Andersen, 1971 ; Goodwin, 1976; Sloan y Robinson, 1984).

Tabla 1. Estudios de algunos aspectos biológicos relacionados con los procesos reproductivos en algunas especies que se encuentran dentro del género *Panopea*

ESPECIE	TÓPICO	REFERENCIAS
<i>P. generosa</i>	Crecimiento y ciclo reproductivo	Andersen, 1971
<i>P. generosa</i>	Crecimiento y desove/ desarrollo larval/ Revisión	Goodwin y Peace, 1976/79/89
<i>P. generosa</i>	Edad y desarrollo gonadal	Sloan y Robinson, 1984
<i>P. zelandica</i>	Desarrollo larval	Gribben y Hay, 2003
<i>P. abbreviata</i>	Ciclo reproductivo	Van Der Molen <i>et al.</i> , 2007
<i>P. globosa</i>	Aspectos de biología reproductiva	Arámbula-Pujol <i>et al.</i> , 2008
<i>P. globosa</i>	Relaciones morfométricas y gametogénesis	Aragón-Noriega <i>et al.</i> , 2007
<i>P. globosa</i>	Ciclo reproductivo	Calderón-Aguilera <i>et al.</i> , 2010a
<i>P. generosa</i>	Relaciones Morfométricas, Edad, Crecimiento y Mortalidad	Calderón-Aguilera <i>et al.</i> , 2010b
<i>P. globosa</i>	Ciclo reproductivo	Tapia-Vásquez <i>et al.</i> , 2010
<i>P. generosa</i>	Efecto de la temperatura en el desarrollo gonadal	Marshall <i>et al.</i> , 2012
<i>P. abbreviata</i>	Ciclo reproductivo	Zaidman <i>et al.</i> , 2012

## 1.7.2. Índices de condición y gonadosomático en moluscos bivalvos

### 1.7.2.1. Índices de condición

Se han utilizado muchos índices para evaluar el estado fisiológico y los cambios en las reservas de nutrientes en las poblaciones de bivalvos, igualmente, se han empleado índices para detectar y monitorear diversas alteraciones creadas por los contaminantes y enfermedades. Estos índices se ven reflejados en el desempeño tanto del crecimiento y la reproducción en condiciones naturales o de cultivo de los moluscos bivalvos (Lucas y Peter, 1985; Crosby *et al.*, 1990).

Walne (1970) documentó un índice de condición IC para *Ostrea edulis*, calculando el peso seco total de la carne (branquias, manto, glándula digestiva, gónada, músculo), entre el volumen interno de la cavidad de la concha. Estos datos fueron expresados en porcentaje (Fórmula 1).

$$\text{Índice de condición (IC)} = \frac{\text{Peso seco de la carne (g)} \times 1000}{\text{Volumen interno de la concha (ml)}} \quad (1)$$

De igual forma, Walne y Mann (1975) describieron un IC para evaluar el crecimiento de las especies de *Ostrea edulis* y *Crassostrea gigas*, utilizando el peso total (Pt) de la masa visceral (branquias, manto, glándula digestiva, gónada, músculo aductor) y, el peso húmedo de la concha (S) expresada en porcentajes (Fórmula 2). Este IC se adaptó para *P. generosa* con el fin de evaluar el efecto de la temperatura en el desarrollo gonadal de esta especie (Marshall *et al.*, 2012).

$$\text{Índice de condición (IC)} = \frac{\text{Pt} \times 100}{\text{S}} \quad (2)$$

### 1.7.2.2. Relaciones alométricas como índice de condición

En los moluscos bivalvos, las relaciones alométricas se han utilizado como un indicador de la condición en que encuentran estos organismos, ya que ha permitido evaluar, el tamaño del cuerpo, la edad de primera madurez, y el esfuerzo que los organismos invierten en el crecimiento y la reproducción (Reiss, 1989; Del Rio-Portilla y Miranda-Velasco, 2007). En *P. generosa* se han realizado modelos alométricos basados en el estudio de las edades entre las diferentes variables biométricas, estos modelos han permitido observar que la edad de esta especie está relacionada directamente con el crecimiento en el peso y la longitud total de la concha (Sloan y Robinson, 1984; Bureau *et al.*, 2003).

La alometría ha sido también definida como los cambios de proporciones corporales que se puedan observar en los organismos. Estos cambios de forma están asociados a los cambios en el tamaño corporal (Reiss, 1989; Bonner y Horn, 2000). Para calcular esta relación alométrica se ha utilizado la ecuación potencial ( $Y = aX^b$ ) Donde “a” es el intercepto y “b” es la pendiente. “Y” es la variable dependiente o las partes cuyos cambios de la proporción se quiere evaluar y “X” la variable independiente o parte del cuerpo que se toma de referencia, como longitud total de los organismos. Posteriormente, para facilitar la estimación de la pendiente “b” se realiza una transformación logarítmica de los datos de la ecuación, convirtiéndola en una recta (Reiss, 1989; Bonner y Horn, 2000; Gaspar *et al.*, 2001; Del Rio-Portilla y Miranda-Velasco, 2007) (Fórmula 3). La ecuación alométrica está basada en la relación que existe en las tendencias de las diferentes variables morfométricas de los organismos. Lo que determina si existe una relación isométrica o alométrica en la proporcionalidad de la variable con respecto a la variable independiente. El valor de “b” para indicar isometría depende de las variables a relacionar. En el caso de dos longitudes  $b=1$ , en la superficie contra la longitud  $b=2$ , en el caso de volumen contra longitud  $b=3$ . Como el peso puede ser considerado una medida de volumen en la relación peso

contra longitud el valor para isometría será  $b=3$ . Si la inclinación de la pendiente “b” es mayor al valor esperado ( $b>1$  o  $b>3$ ) se observa una relación alométrica positiva y cuando este valor es menor ( $b<1$  o  $b<3$ ) esta relación presenta una alometría negativa. “Y” es isométrica cuando la pendiente genera una recta ( $b=1$  o  $b=3$ ) donde cada una de las variables incrementan proporcionalmente una con otra (Bonner y Horn, 2000).

$$Y = aX^b \quad (3)$$

### 1.7.2.3. Índice gonadosomático convencional

Se han empleado varios métodos que han permitido estimar un índice gonadosomático (IGS) en los moluscos bivalvos el cual indica el estado de la gónada. En *P. generosa* se han utilizado IGS “aparentes” para evaluar el ciclo reproductivo de esta especie, tomando en cuenta a lo que se llamaría “gónada”, compuesto no solo por la gónada sino también por la glándula digestiva, branquias y manto) y el cuerpo está compuesto por el sifón, manto músculos aductores y pie. Esta relación es expresada en porcentajes (Sloan y Robinson, 1984; Marshall *et al.*, 2012) (Fórmula 4).

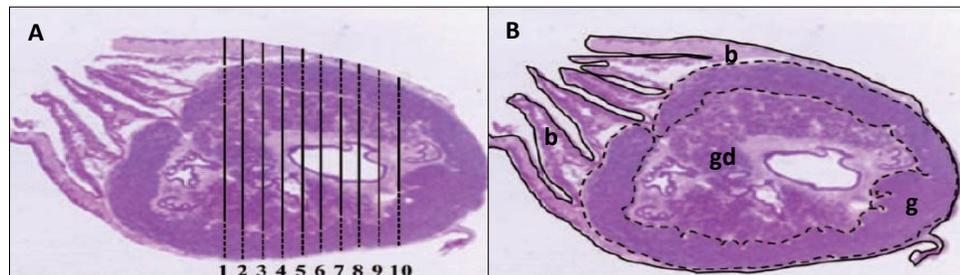
$$\text{Índice gonadosomático(IGS)} = \frac{\text{Peso gónada}}{\text{Cuerpo} + \text{Peso gónada}} \times 100 \quad (4)$$

De igual forma, Arámbula-Pujol *et al.*, (2008) reportaron un IGS para evaluar el ciclo reproductivo en *P. globosa*, ellos utilizaron el peso de la “gónada”, donde también se considera a la glandula digestiva, branquias y manto entre el peso de las “partes blandas”, que corresponden al tejido restante entre el espacio de las dos balvas sin considerar el sifón. Estos datos se expresan en porcentajes (Fórmula 5).

$$\text{Índice gonadosomático (IGS)} = \frac{\text{Peso gónada}}{\text{Peso partes blandas}} \times 100 \quad (5)$$

#### 1.7.2.4. Índice gonadosomático utilizando análisis de imágenes

El análisis de imágenes se ha utilizado como un método alternativo para tratar de establecer un IGS en los moluscos bivalvos que permita obtener un análisis cuantitativo rápido del estado de la gónada de estos organismos. El análisis de imágenes se ha validado con observaciones histológicas de las diferentes etapas del desarrollo gonádico y se ha utilizado para determinar el desarrollo gonádico del ostión del este *Crassostrea virginica* (Kennedy y Battle, 1964; Supan *et al.*, 2001; Quintana *et al.*, 2011). La mayoría de estos métodos utilizan una imagen fotográfica digital del corte histológico de la masa visceral, las branquias y en ocasiones el manto. Uno de estos métodos, es el de transeptos el cual consiste en trazar líneas verticales desde la parte dorsal a la ventral de la masa visceral. Cada línea trazada determina la relación entre la gónada (líneas punteadas), la glándula digestiva y las branquias consideradas como parte restante del cuerpo (líneas solidas) (Figura 3A). Otro de los métodos, consiste en medir el contorno de la gónada, glándula digestiva y el cuerpo. Este método calcula las área de cada uno de los contornos, por la cual se obtiene la relación que existe entre la gónada/cuerpo (Figura 3B).



**Figura 3.** Imagen histológica de la masa visceral de *Crassostrea virginica* mostrando los dos métodos de análisis de imágenes. A, método de transeptos; B, método del contorno de cada área. Gónada (g), glándula digestiva (gd), branquias (b). Línea continua, cuerpo; línea punteada gónada. Tomado de Quintana *et al.*, (2011).

Estos métodos han sido utilizados para indicar el estado y el incremento del grosor de la gónada con relación a las otras partes del cuerpo durante las diferentes etapas del desarrollo gonádico. Estas etapas reflejan el comienzo de la inmadurez hasta el desove y expulsión de los gametos (Kennedy y Battle, 1964; Supan *et al.*, 2001; Quintana *et al.*, 2011).

### 1.8. Justificación

A pesar de que existen trabajos de biología reproductiva de *Panopea generosa* en Washington, Estados Unidos, para *P. generosa*, distribuida en las costas de Baja California, sólo se han realizado estudios acerca de comparaciones morfológicas y genéticas entre algunas especies de este género (Calderón-Aguilera *et al.*, 2010b; Rocha-Olivares, 2010; Leyva-Valencia, 2012).

En el Diario Oficial de la Federación publicado el 23 de marzo de 2012 por la SAGARPA, se dio a conocer el Plan de Manejo para la pesquería de las especies de almejas *P. globosa* y *P. generosa* que habitan en las costas de Baja California, México. En este Plan, se indicó la importancia ecológica, reproductiva y económica. Así como también, el otorgamiento de permisos de pesca para estas dos especies en el Golfo de California (*P. globosa*) y en las costas del Pacífico del Baja California (*P. generosa*). Para los permisos de pesca de *P. generosa*, se tomó como referencia los estudios acerca de los comportamientos reproductivos y poblacionales realizados con la especie de *P. generosa* de Estados Unidos y Canadá. Por lo tanto, habría que determinarse si estas referencias están acordes a las poblaciones de Baja California para generar un programa de Manejo para la especie *P. generosa* de México, ya que son lugares que presentan ambientes totalmente diferentes. En la actualidad no se han realizado estudios sobre la biología reproductiva sobre la especie *P. generosa* Baja California, México. Es por ello, que con este estudio se pretende evaluar el comportamiento reproductivo de *P. generosa* a través de un ciclo anual que permita identificar si este

comportamiento es diferente a las poblaciones de *P. generosa* encontrada al norte de Estados Unidos y Canadá. Asimismo, este estudio permitirá ayudar a establecer programas de manejo para la pesquería de *P. generosa* en Punta Canoas y la generación de medidas que regulen la explotación de este recurso. Además se obtendrá información que podrá ser utilizada para si en las costas del Pacífico se encuentran poblaciones genéticamente diferentes. De igual forma, este trabajo asentará las bases para el desarrollo posterior de la actividad acuícola. El resultado final se verá reflejado en el buen manejo y mejoramiento de la producción.

### *1.9. Hipótesis*

El desarrollo gonadal de la almeja *Panopea generosa* de las costas de Punta Canoas, Baja California México es igual al registrado en las poblaciones de las costas norteñas del Pacífico.

### *1.10. Objetivos*

#### *1.10.1. Objetivo general*

Determinar el desarrollo gonadal de la almeja *Panopea generosa* encontrada en Punta Canoas Baja California, México.

#### *1.10.2. Objetivos específicos*

Evaluar el índice de condición de la almeja *P. generosa* en la localidad de Punta Canoas, Baja California, México.

Evaluar el índice gonadosomático de la almeja *P. generosa* en la localidad de Punta Canoas, Baja California, México.

Determinar el ciclo reproductivo de la almeja *P. generosa* en la localidad de Punta Canoas, Baja California, México.

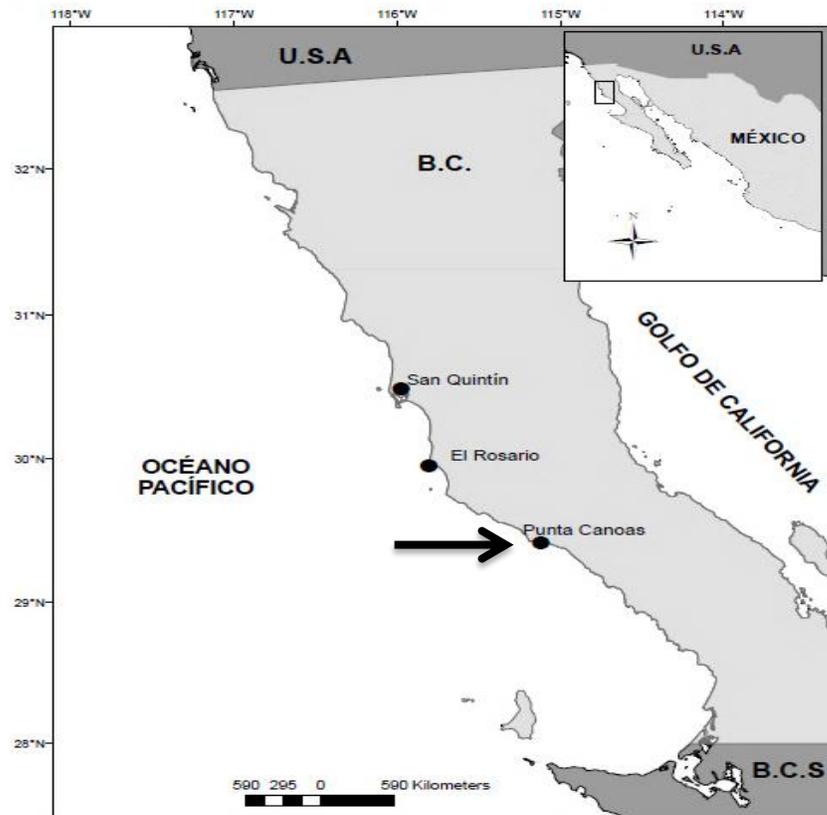
Determinar la temporada de la liberación de gametos de la almeja *P. generosa* en la localidad de Punta Canoas, Baja California, México.

## 2. Materiales y Métodos

---

### 2.1. Zona de muestreo

Mensualmente se capturaron alrededor de 30 organismos de la costa del Pacífico de Baja California en la localidad de Punta Canoas (longitud de  $29^{\circ} 25' 12''$ , y una altitud de  $115^{\circ} 7' 12''$ ) (Figura 4). La captura fue realizada por los pescadores artesanales de la Sociedad de Producción Rural "Punta Canoas".



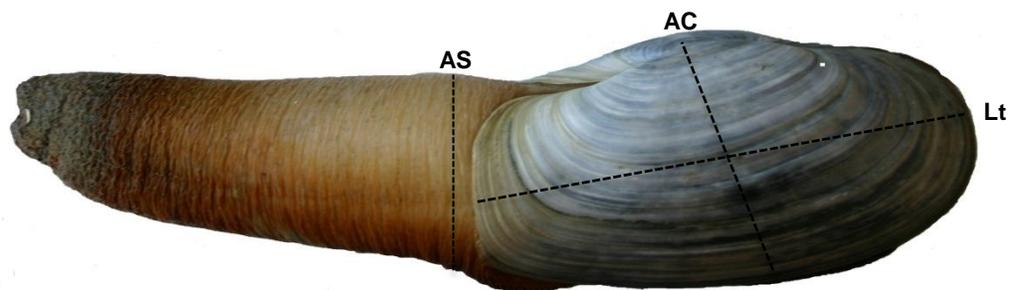
**Figura 4. Ubicación de la zona de Punta Canoas donde se llevó a cabo la recolección de la almeja *P. generosa*. Tomado del programa AR GIS versión 10.0**

## 2.2. Obtención de organismos

Las almejas se capturaron entre los 14 y 17 metros de profundidad. La extracción se realizó mediante el uso de buceo autónomo. Los buzos extrajeron a los organismos con la ayuda de pistolas de aire y posteriormente, los organismos se colocaron en cajas de poliuretano, para luego ser trasladados al Centro Regional de Investigaciones Pesqueras en Ensenada, B.C. (CRIP). Una vez en el CRIP los organismos fueron preparados para su análisis como se indica a continuación.

## 2.3. Biometría

Inmediatamente a la llegada de los organismos al CRIP, se registró el peso total (Pt en g); longitud total de la concha (Lt en mm); ancho de la concha (AC en mm); ancho del sifón (AS en mm) (Figura 5); peso de la concha (PC en g); peso de la masa visceral (PMV en g); peso del sifón y manto (PSM en g) Los pesos se registraron con una balanza digital (OHAUS REF Scott pro de 0.1 g de precisión). La longitud total de la concha, ancho de la concha y ancho del sifón, se midieron con un vernier manual de 0.1 mm de precisión. Una vez realizadas las mediciones, se extrajeron la masa visceral, parte del tejido branquial y el manto. Posteriormente se colocó la masa visceral en un recipiente con solución fijadora Davison's para su posterior análisis histológico.



**Figura 5.** Esquema de las diferentes medidas biométricas registradas en *P. generosa*, durante el muestreo en Punta Canoas. Longitud total de la concha (Lt), ancho de la concha (AC), ancho del sifón (AS).

#### 2.4. Registro de la temperatura

Se obtuvieron registros semanales de temperatura en el lugar de muestreo por medio de un software satelital (GeoEye's *Seastar*<sup>®</sup> *Fisheries Information Service*). Este software ha sido utilizado para procesar información de la localización pesquera alrededor del mundo por embarcaciones de pesca. El software combina información oceanográfica y meteorológica, y permite detectar temperaturas a 30 y 50 metros de profundidad.

#### 2.5. Índices de condición (IC)

Con los datos obtenidos de las biometrías se calculó mensualmente el índice de condición (IC) de *P. generosa* de acuerdo a la fórmula 6 descrita por Walne y Mann, (1975).

$$\text{Índice de condición (IC)} = \frac{\text{Pt} \times 100}{S} \quad (6)$$

Donde: Pt = peso total en gramos de masa visceral (glándula digestiva, gónada), las branquias, el manto y el músculo aductor, S = peso húmedo de la concha

##### 2.5.1. Relación alométrica

Con los datos biométricos obtenidos, se analizó la relación que existe entre las diferentes variables biométricas con la con la longitud total mediante la una relación alométrica, se realizó una transformación logarítmica para la linearización de la pendiente. Con esto se obtuvo una recta lo que facilita para determinar los valores de "a" y "b" (Fórmula 7):

$$Y = aX^b \rightarrow \text{Log} (Y) = \log (a) + b \cdot \log (X) \quad (7)$$

Donde: Y = peso total (Pt), peso de masa visceral (PMV), peso de sifón y manto (PSM), peso de la concha (PC), ancho de la concha (AC) y el ancho del sifón (AS), X = longitud total de la concha (Lt), a = punto de origen (intercepto) del eje de la ordenadas, b = la pendiente de la curva.

### 2.6. Índice gonadosomático calculado con el método convencional

El Índice gonadosomático (IGS) para *P. generosa* se calculó con la fórmula 8 descrita por Sloan y Robinson (1984).

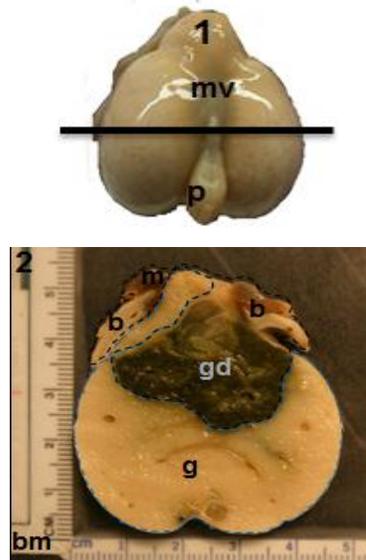
$$\text{Índice gonadosomático(IGSc)} = \frac{\text{PMV}}{\text{Cuerpo} + \text{PMV}} \times 100 \quad (8)$$

Dónde: PMV = Peso de la glándula digestiva y gónada, cuerpo = sifón, manto, y el pie.

### 2.7. Índice gonadosomático calculado con el método de análisis de imágenes

El índice gonadosomático se determinó calculando la relación que existe entre el área de la gónada y el área del cuerpo (Quintana et al., 2011). Una vez que se extrajo la masa visceral, las branquias y el manto, se realizó un corte en la parte media ventral de la masa visceral donde se encuentra la gónada de *P. generosa*. Posteriormente se capturó una imagen fotográfica del corte en una base milimétrica con una cámara fotográfica (Canon Rebel 300), para después procesarlas y medirlas por medio de en un software de análisis de imágenes (Sigma Scan Pro Versión 5). Este software permite calcular distancias y áreas de diferentes imágenes. Lo cual permitió medir el área correspondiente a la gónada y de la glándula digestiva, las branquias y el manto que corresponden al resto del cuerpo de *P generosa* (Figura 6). Estas mediciones fueron corroboradas con

cortes histológicos y las diferentes etapas del desarrollo gonádico para su validación.



**Figura 6. Representación esquemática del método de análisis de imágenes realizado en *P. generosa*: 1. Masa visceral (mv), pie (p), 2. Corte transversal de media de la masa visceral (línea sólida horizontal), branquias (b), manto (m), glándula digestiva (gd), gónada (g) y la base milimétrica (bm).**

## 2.8. Desarrollo gonádico

### 2.8.1. Análisis histológico

Una vez realizada las biometrías y haber tomado los datos para el análisis de los índices, se prepararon las muestras para su análisis histológico. Después de obtener el corte de la parte media del cuerpo, éste se colocó en un casete histológico para ser fijado en solución Davison's (Apéndice 1). Posteriormente se deshidrataron con ayuda de un Histoquinet (Leica TP 1020) en una serie de alcoholes de diferentes grados (Apéndice 1). Después de la deshidratación, las muestras fueron incluidas en parafina utilizando un procesador (Leica GC 1160). Una vez incluidas las muestras, se realizaron cortes de entre 5 y 6 micras en un

micrótomo (Spencer 820, USA). La preparación de las muestras fueron realizadas en el Laboratorio de Sanidad y Patología del Departamento de Acuicultura.

Los cortes se colocaron en portaobjetos para su posterior desparafinación y tinción con la técnica topográfica de Hematoxilina-Eosina (H-E) (Apéndice 1). Una vez teñidas las muestras, se agregó un medio de montaje a base de resina sintética de baja densidad (Cytoseal™ 60). Posteriormente, las muestras preparadas se observaron en un microscopio (Nilkon eclipse 80i) conectado a una cámara (Evolution VF) con los objetivos de 4X, 10X, 20X. El desarrollo gonádico se clasificó de acuerdo a las categorías descritas por Tapia-Vázquez *et al.* (2010), la cual se encuentra dividida en 2 etapas. La etapa de inactividad se encuentra subdividida en los estadios I. indiferenciado y II. Gametogénico. La etapa activa, se encuentra subdividida, en los estadios de III. maduración, IV. reproductivo y V. desove y expulsión de gametos (Apéndice 2).

## 2.9. Análisis de datos

Antes del análisis estadístico se efectuó una prueba de normalidad y homocedasticidad de la varianza. Para detectar diferencias en la temperatura con respecto a los meses de muestreo se realizó una ANOVA de una vía. Para determinar si había un efecto entre los meses de muestreo y sexo sobre las variables biométricas, los índices de condición, los índices gonadosomáticos convencional y el obtenido por el análisis de imágenes se realizaron ANOVA de dos vías. Se utilizó una prueba a posteriori Tukey con un nivel de significancia de 0.05 para detectar diferencias específicas entre medias. En el análisis alométrico se realizó una prueba *t*-student para verificar si las pendientes presentaron una relación isométrica o alométrica, y un ANCOVA para observar las diferencia en cada una de las pendientes. Para el análisis de los datos en las categorías del desarrollo gonádico, se utilizaron porcentajes de frecuencia en cada mes de todos los individuos en cada etapa. Para determinar la relación entre machos y

hembras, se utilizó una prueba binomial de proporciones con un nivel de significancia de 0.05.

Se realizó una regresión lineal simple entre los índices gonadosomáticos y el índice de condición, para determinar el tipo de relación. Los datos porcentuales fueron transformados a la raíz cuadrada del arcoseno antes de su análisis. Para el manejo de todos los datos se utilizó hojas de cálculos de Excel y un software estadístico (STATISTICA versión 7.0, Stat Soft. Inc., 2007).

### 3. Resultados

---

#### 3.1. Obtención de organismos y datos morfométricos

Durante todo el muestreo, se analizaron un total de 304 almejas de las cuales 157 fueron machos, 145 hembras y 2 indiferenciados. Debido a las condiciones ambientales no favorables del lugar de muestreo, no se obtuvieron organismos en los meses de diciembre de 2011, febrero y marzo de 2012.

#### 3.2. Biometría

La longitud total (Lt) de la concha tuvo diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) entre los meses de muestreo pero no entre sexos. En el mes de julio se registraron las Lt máximas para ambos sexos ( $123.84 \pm 7.09$  mm en las hembras y  $119.37 \pm 13.86$  mm en los machos). Las Lt más bajas se obtuvieron en el mes de junio para ambos sexos ( $105.00 \pm 13.07$  mm para las hembras y  $104.00 \pm 8.94$  mm para los machos), al momento de la expulsión de los gametos los organismos alcanzaron una talla promedio de  $115.69 \pm 10.84$  mm en las hembras y  $116.29 \pm 11.69$  mm en los machos (Tabla 2).

Se encontraron diferencias significativas en el ancho concha (AC) entre los meses de muestreo ( $P < 0.001$ ) y entre los sexos ( $P < 0.001$ ). En las hembras, el AC promedio más alto ( $75.84 \pm 5.18$  mm) se presentó en el mes de julio y el más bajo en mayo ( $65.88 \pm 7.01$  mm). En los machos el AC promedio más alto ( $72.75 \pm 7.3$  mm) se obtuvo en el mes de julio y el más bajo en el mes de abril ( $63.73 \pm 5.13$  mm) (Tabla 2). Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en el ancho del sifón (AS) entre los meses pero no entre los sexos. En julio se registraron los AS máximos para ambos sexos ( $74.30 \pm 8.09$  mm en las hembras y

76.37 ± 9.10 mm en los machos). En septiembre se registraron los AS más bajos para ambos sexos (46.47 ± 7.13 mm en las hembras y 46.38 ± 6.73 mm en los machos) (Tablas 2).

Tabla 2. Valores promedio y desviaciones estándar de la longitud total de la concha (Lt), ancho concha (AC), ancho del sifón (AS) de *P. generosa* registrados en los meses de muestreo. Letras distintas indican diferencias significativas, hembra (H), macho (M), y sexos (S).

Meses de Muestreo	S	Lt (mm)	AC (mm)	AS (mm)
Marzo (2011)	H	118.06 ± 11.86 <sup>abc</sup>	70.87 ± 7.07 <sup>ab</sup>	59.78 ± 5.32 <sup>b</sup>
	M	111.50 ± 11.18 <sup>abc</sup>	70.07 ± 6.07 <sup>ab</sup>	60.00 ± 7.85 <sup>c</sup>
Abril	H	108.64 ± 9.29 <sup>bc</sup>	67.07 ± 5.21 <sup>b</sup>	57.80 ± 10.18 <sup>b</sup>
	M	104.00 ± 9.35 <sup>c</sup>	63.73 ± 5.13 <sup>b</sup>	61.57 ± 5.35 <sup>bc</sup>
Mayo	H	107.47 ± 11.29 <sup>c</sup>	65.88 ± 7.01 <sup>b</sup>	59.84 ± 7.05 <sup>b</sup>
	M	113.00 ± 13.50 <sup>abc</sup>	70.15 ± 9.38 <sup>ab</sup>	58.47 ± 4.95 <sup>c</sup>
Junio	H	105.00 ± 13.07 <sup>c</sup>	69.00 ± 7.21 <sup>ab</sup>	56.36 ± 8.10 <sup>b</sup>
	M	104.13 ± 8.94 <sup>c</sup>	64.73 ± 6.08 <sup>b</sup>	56.90 ± 6.22 <sup>c</sup>
Julio	H	123.84 ± 7.09 <sup>a</sup>	75.84 ± 5.18 <sup>a</sup>	76.37 ± 9.10 <sup>a</sup>
	M	119.37 ± 13.86 <sup>a</sup>	72.75 ± 7.23 <sup>a</sup>	74.30 ± 8.09 <sup>a</sup>
Agosto	H	115.25 ± 4.67 <sup>abc</sup>	70.50 ± 2.64 <sup>ab</sup>	62.94 ± 9.43 <sup>b</sup>
	M	110.29 ± 9.22 <sup>abc</sup>	68.05 ± 6.26 <sup>ab</sup>	62.58 ± 3.87 <sup>bc</sup>
Septiembre	H	115.69 ± 10.84 <sup>abc</sup>	71.92 ± 6.58 <sup>ab</sup>	46.47 ± 7.13 <sup>c</sup>
	M	116.29 ± 11.69 <sup>a</sup>	71.29 ± 8.34 <sup>ab</sup>	46.38 ± 6.73 <sup>d</sup>
Octubre	H	112.53 ± 15.02 <sup>abc</sup>	71.27 ± 7.35 <sup>ab</sup>	59.86 ± 8.37 <sup>b</sup>
	M	112.73 ± 15.45 <sup>abc</sup>	69.66 ± 7.87 <sup>ab</sup>	60.40 ± 9.75 <sup>bc</sup>
Noviembre	H	120.38 ± 10.72 <sup>ab</sup>	71.83 ± 5.37 <sup>ab</sup>	55.58 ± 6.20 <sup>bc</sup>
	M	113.00 ± 9.08 <sup>abc</sup>	67.00 ± 5.67 <sup>ab</sup>	62.00 ± 6.65 <sup>bc</sup>
Diciembre	H	-	-	-
	M	-	-	-
Enero (2012)	H	118.41 ± 14.06 <sup>abc</sup>	72.65 ± 6.89 <sup>ab</sup>	63.21 ± 8.58 <sup>b</sup>
	M	111.07 ± 12.33 <sup>abc</sup>	70.14 ± 8.14 <sup>ab</sup>	67.94 ± 7.25 <sup>ab</sup>
Totales	H	114.52 ± 10.79	70.68 ± 6.85	59.82 ± 7.94
	M	111.54 ± 11.46	68.75 ± 7.01	61.05 ± 6.67

(-) No registro de datos

El peso total (Pt), peso de la concha (PC), peso sifón y manto (PSM) de *P. generosa* fueron diferentes significativamente ( $P < 0.001$ ) entre los meses de muestreo, pero no entre los sexos. En las hembras, el Pt promedio más alto ( $669.30 \pm 95.03$  g) se encontró en julio, y el más bajo ( $413.63 \pm 125.61$  g) en junio. En los machos, el Pt promedio más alto ( $626.76 \pm 184.58$  g) se encontró en julio y en abril el más bajo ( $377.09 \pm 124.00$  g) (Tabla 2). En el mes de julio se obtuvieron los PC promedios más altos en ambos sexos ( $75.22 \pm 28.45$  g en los machos y  $89.74 \pm 24.70$  g en las hembras). En el mes de abril se obtuvieron los PC promedios más bajos en ambos sexos ( $46.50 \pm 12.99$  g en los machos y  $51.75 \pm 11.17$  g en las hembras) (Tabla 3). Igualmente, los PSM más altos se encontraron en el mes de julio y los más bajos en el mes de abril para ambos sexos. En las hembras el PSM promedio más alto fue de  $362 \pm 45.16$  g y el más bajo de  $226.45 \pm 55.41$  g). En los machos el PSM promedio más alto fue de  $340.11 \pm 107.30$  g y el más bajo de  $214.69 \pm 50.30$  (Tabla 3).

El peso del sifón y el manto (PMV) mostró diferencias significativas durante los meses de muestreo ( $P < 0.001$ ) y entre los sexo ( $P < 0.001$ ). En las hembras el PMV más alto ( $74.75 \pm 13.79$  g) se obtuvo en el mes de julio y el más bajo ( $55.81 \pm 14.24$  g) en el mes de octubre; los machos tuvieron el PMV promedio más alto ( $73.43 \pm 19.70$  g) en julio y el más bajo ( $49.18 \pm 13.69$  g) en enero (Tabla 3).

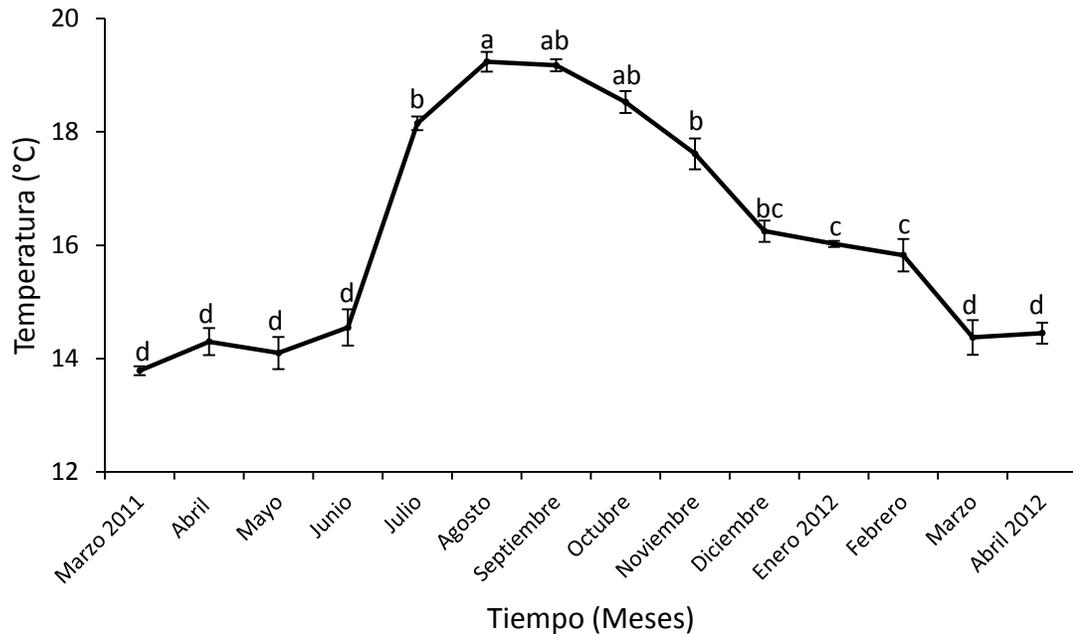
Tabla 3. Valores promedio y desviaciones estándar del peso total (Pt) peso de la concha (PC), peso del sífon manto (PSM) y peso de la masa visceral (PMV) de *P. generosa* registrados en los meses de muestreo. Letras distintas indican diferencias significativas. Hembras (H), machos (M) y sexos (S).

Meses de Muestreo	S	Pt (g)	PC (g)	PSM (g)	PMV (g)
Marzo (2011)	H	590.04 ± 150.36 <sup>ab</sup>	67.75 ± 27.87 <sup>abc</sup>	285.70 ± 85.95 <sup>abc</sup>	67.10 ± 17.10 <sup>ab</sup>
	M	536.47 ± 134.66 <sup>ab</sup>	59.67 ± 15.32 <sup>abc</sup>	242.25 ± 55.36 <sup>bc</sup>	58.59 ± 20.12 <sup>abc</sup>
Abril	H	413.63 ± 125.61 <sup>c</sup>	51.75 ± 11.17 <sup>c</sup>	226.45 ± 55.41 <sup>c</sup>	66.66 ± 15.30 <sup>ab</sup>
	M	390.63 ± 98.51 <sup>cd</sup>	46.50 ± 12.99 <sup>bc</sup>	214.69 ± 50.30 <sup>bc</sup>	55.56 ± 15.99 <sup>abc</sup>
Mayo	H	456.65 ± 96.93 <sup>c</sup>	60.13 ± 21.97 <sup>bc</sup>	247.73 ± 54.53 <sup>bc</sup>	58.76 ± 13.30 <sup>ab</sup>
	M	528.60 ± 162.33 <sup>ab</sup>	70.63 ± 20.87 <sup>abc</sup>	291.12 ± 89.00 <sup>abc</sup>	69.29 ± 19.84 <sup>ab</sup>
Junio	H	428.90 ± 151.73 <sup>c</sup>	57.27 ± 26.83 <sup>bc</sup>	240.18 ± 71.10 <sup>bc</sup>	64.54 ± 24.53 <sup>ab</sup>
	M	377.09 ± 124.00 <sup>d</sup>	48.27 ± 18.28 <sup>c</sup>	209.82 ± 65.31 <sup>c</sup>	55.31 ± 13.01 <sup>bc</sup>
Julio	H	669.30 ± 95.03 <sup>a</sup>	89.74 ± 24.70 <sup>a</sup>	362.20 ± 45.16 <sup>a</sup>	74.75 ± 13.79 <sup>a</sup>
	M	626.76 ± 184.58 <sup>a</sup>	75.22 ± 28.45 <sup>a</sup>	340.11 ± 107.30 <sup>a</sup>	73.43 ± 79.70 <sup>a</sup>
Agosto	H	548.25 ± 62.30 <sup>abc</sup>	62.92 ± 7.91 <sup>abc</sup>	318.98 ± 63.79 <sup>ab</sup>	63.82 ± 9.13 <sup>ab</sup>
	M	473.47 ± 112.04 <sup>bc</sup>	55.49 ± 18.08 <sup>abc</sup>	273.45 ± 60.32 <sup>abc</sup>	53.43 ± 11.52 <sup>bc</sup>
Septiembre	H	472.46 ± 118.104 <sup>bc</sup>	68.35 ± 24.25 <sup>abc</sup>	285.71 ± 57.99 <sup>abc</sup>	64.31 ± 14.70 <sup>ab</sup>
	M	473.02 ± 156.83 <sup>bc</sup>	64.32 ± 25.81 <sup>abc</sup>	295.15 ± 95.60 <sup>ab</sup>	62.34 ± 17.61 <sup>abc</sup>
Octubre	H	542.14 ± 186.12 <sup>abc</sup>	68.91 ± 27.50 <sup>abc</sup>	298.78 ± 111.60 <sup>abc</sup>	55.81 ± 14.24 <sup>b</sup>
	M	560.48 ± 215.40 <sup>ab</sup>	69.64 ± 29.38 <sup>abc</sup>	288.45 ± 103.95 <sup>abc</sup>	52.80 ± 18.50 <sup>bc</sup>
Noviembre	H	600.11 ± 136.69 <sup>ab</sup>	68.97 ± 19.81 <sup>abc</sup>	316.55 ± 81.26 <sup>ab</sup>	65.44 ± 14.20 <sup>ab</sup>
	M	488.60 ± 131.05 <sup>bc</sup>	55.54 ± 16.59 <sup>abc</sup>	266.21 ± 74.64 <sup>abc</sup>	53.80 ± 13.25 <sup>abc</sup>
Diciembre		-	-	-	-
Enero (2012)	H	557.51 ± 156.98 <sup>abc</sup>	81.07 ± 26.81 <sup>ab</sup>	262.12 ± 70.94 <sup>bc</sup>	56.94 ± 13.89 <sup>b</sup>
	M	507.25 ± 139.64 <sup>b</sup>	71.78 ± 24.16 <sup>ab</sup>	242.46 ± 73.04 <sup>bc</sup>	49.19 ± 13.69 <sup>c</sup>
Total	H	527.91 ± 127.99	67.69 ± 21.86	284.44 ± 69.77	63.81 ± 15.02
	M	496.24 ± 145.90	61.71 ± 20.99	266.37 ± 77.48	58.38 ± 16.33

(-) No registro de datos

### 3.3. Registro de la temperatura

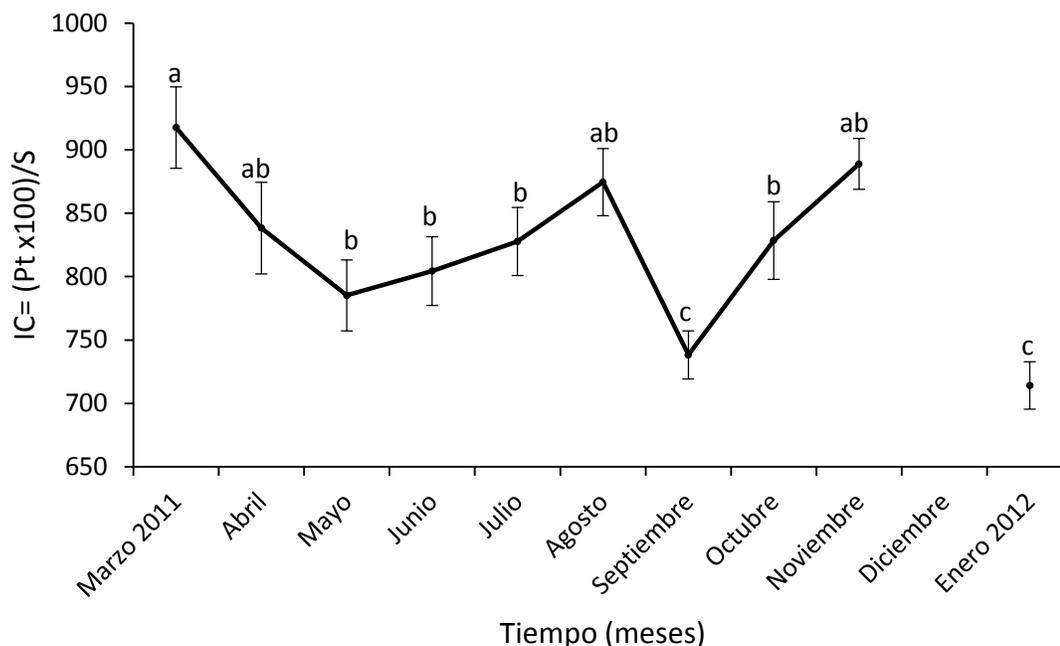
La temperatura en el área de muestreo se registró desde marzo de 2011 hasta abril de 2012. Se encontraron diferencias significativas entre los meses de muestreo ( $P < 0.001$ ). Los promedios de temperaturas más altos ( $19.23 \pm 0.49^\circ\text{C}$ ) se obtuvieron en agosto y los más bajos ( $13.78 \pm 0.22^\circ\text{C}$ ) en marzo (Figura 7).



**Figura 7. Temperaturas (promedio  $\pm$  error estándar) registradas en el lugar de muestreo de *P. generosa*. Letras distintas indican diferencias significativas.**

### 3.4. Índices de condición

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.001$ , apéndice 3) en los meses de marzo, abril, mayo, agosto, septiembre y enero. El IC más alto ( $917.62 \pm 32.16$ ) fue encontrado en marzo y el más bajo ( $738.28 \pm 18.74$ ) en septiembre (Figura 8). No fueron encontradas diferencias significativas en el IC entre ambos sexos ( $P > 0.05$ ).



**Figura 8. Índice de condición (promedio  $\pm$  error estándar) de *P. generosa*, registrados durante los meses de muestreo. Peso total (Pt) de la masa visceral (glándula digestiva, gónada) mas las branquias, el manto y el músculo aductor, entre el peso húmedo de la concha (S). Letras distintas indican diferencias significativas.**

#### 3.4.1. Índice de condición calculado por medio de relaciones alométricas

En todos los casos se encontró que las variables biométricas incrementan proporcionalmente con la longitud total, ajustándose a un modelo de tipo isométrico, donde se comprobó que la pendiente (b) fue significativamente igual a 1 y 3 ( $P > 0.05$ ), obteniendo en la mayoría de los casos un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) mayor a 0.5. Sin embargo, en la relación Lt vs. AS tanto para hembras como para machos y en la Lt vs. PMV en las hembras, el  $r^2$  fue menor a 0.5 (Tabla 4). En la comparación de las pendientes (b), intercepto (a) entre ambos sexos no mostraron diferencia significativas ( $P > 0.05$ ); sin embargo, entre el PSM y el PMV vs Lt, presentaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) (Tabla 4).

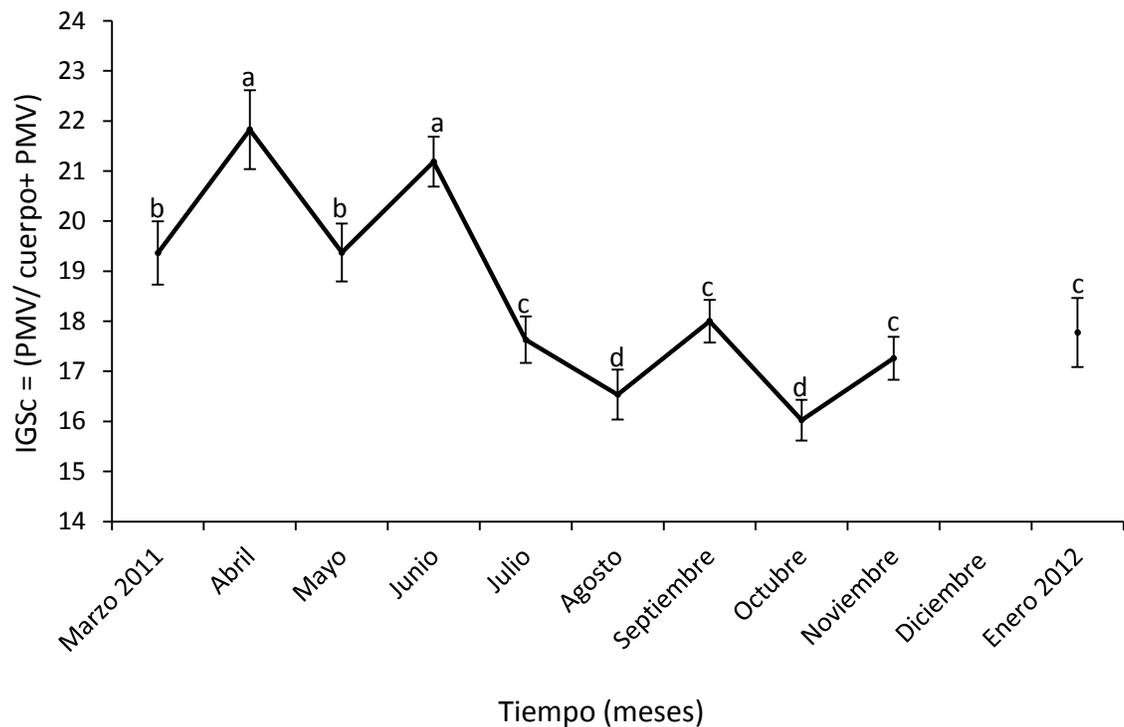
Tabla 4. Relación alométrica entre la longitud total de la concha (Lt), contra el ancho de la concha (AC), ancho del sifón (AS), peso total total (Pt), peso de la concha (PC), peso del sifón y manto (PSM), peso masa visceral de (PMV), de los machos, hembras y la población total de *P. generosa*, durante el periodo de muestreo. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ), punto de origen del eje de la coordenadas (a), pendiente (b), número de organismos (n).

Sexos	Variables	$r^2$	a	b	Relación
Machos (n = 157)	AC vs Lt	0.7236	1.3300 <sup>ns</sup>	0.8368 <sup>ns</sup>	=
	AS vs Lt	0.2101	1.4715 <sup>ns</sup>	0.7835 <sup>ns</sup>	=
	Pt vs Lt	0.6963	0.0021 <sup>ns</sup>	2.6114 <sup>ns</sup>	=
	PC vs Lt	0.7456	0.0404 <sup>ns</sup>	2.9179 <sup>ns</sup>	=
	PSM vs Lt	0.6675	0.0020 <sup>***</sup>	2.4922 <sup>***</sup>	=
	PMV vs Lt	0.6412	0.0013 <sup>***</sup>	2.2654 <sup>***</sup>	=
Hembras (n = 145)	AC vs Lt	0.6762	2.3205 <sup>ns</sup>	0.7202 <sup>ns</sup>	=
	AS vs Lt	0.2281	2.2781 <sup>ns</sup>	0.6920 <sup>ns</sup>	=
	Pt vs Lt	0.6305	0.0141 <sup>ns</sup>	2.2141 <sup>ns</sup>	=
	PC vs Lt	0.6276	0.0002 <sup>ns</sup>	2.6649 <sup>ns</sup>	=
	PSM vs Lt	0.6276	0.0452 <sup>***</sup>	2.0764 <sup>***</sup>	=
	PMV vs Lt	0.4349	0.0145 <sup>***</sup>	1.5235 <sup>***</sup>	=
Población total (n = 304)	AC vs Lt	0.7072	1.6800	0.7072	=
	AS vs Lt	0.2260	1.7539	0.7466	=
	Pt vs Lt	0.6731	0.0049	2.4382	=
	PC vs Lt	0.6953	0.0001	2.8012	=
	PSM vs Lt	0.6559	0.0047	2.3142	=
	PMV vs Lt	0.5566	0.0054	1.9657	=

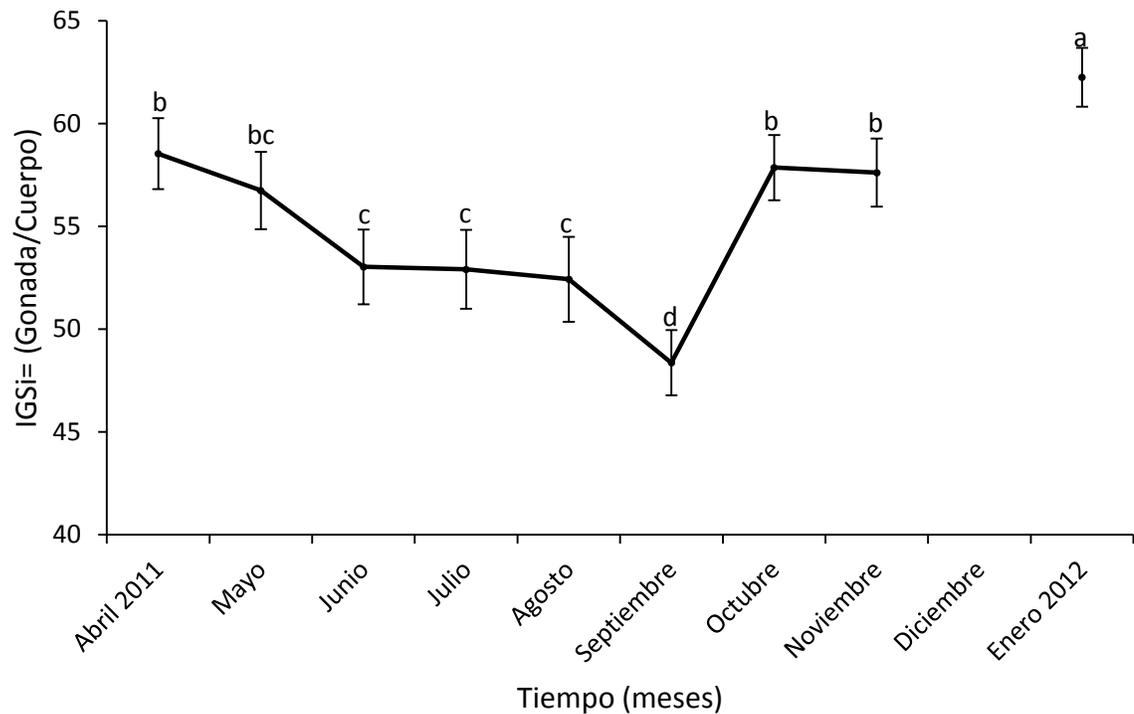
No se incluye organismos indiferenciados en ambos sexos (n = 2), isométrico (=), no significativo (ns)  $P > 0.05$ , significativo (\*\*\*)  $P < 0.001$

### 3.5. Índice gonadosomático obtenido con el método convencional y con el método de análisis de imágenes

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ , apéndice 3) en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre diciembre y enero. El índice gonadosomático convencional (IGSc) más alto ( $21.82 \pm 0.70$ ) fue encontrado en el mes de abril y el más bajo ( $16.02 \pm 0.40$ ) en octubre (Figura 9). No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el IGSc entre sexos. También se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.001$ , apéndice 3) en el índice gonadosomático analizado por medio de análisis de imágenes (IGSi) en los meses de junio, julio, agosto y septiembre (Figura 10). El IGSi más alto ( $58.53 \pm 1.72$ ) fue encontrado en enero y el más bajo ( $48.36 \pm 1.58$ ) en septiembre. De igual forma, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los sexos.



**Figura 9. Índice gonadosomático convencional (IGSc) (promedio ± error estándar) de *P. generosa*, registrados durante los meses de muestreo. Peso masa visceral (PMV), letras distintas indican diferencias significativas.**



**Figura 10.** Índice gonadosomático analizado mediante análisis de imágenes (promedio  $\pm$  error estándar) de *P. generosa*, registrados durante los meses de muestreo. Este método fue encontrado y aplicado desde el mes de abril. Letras distintas indican diferencias significativas.

### 3.6 Desarrollo gonádico

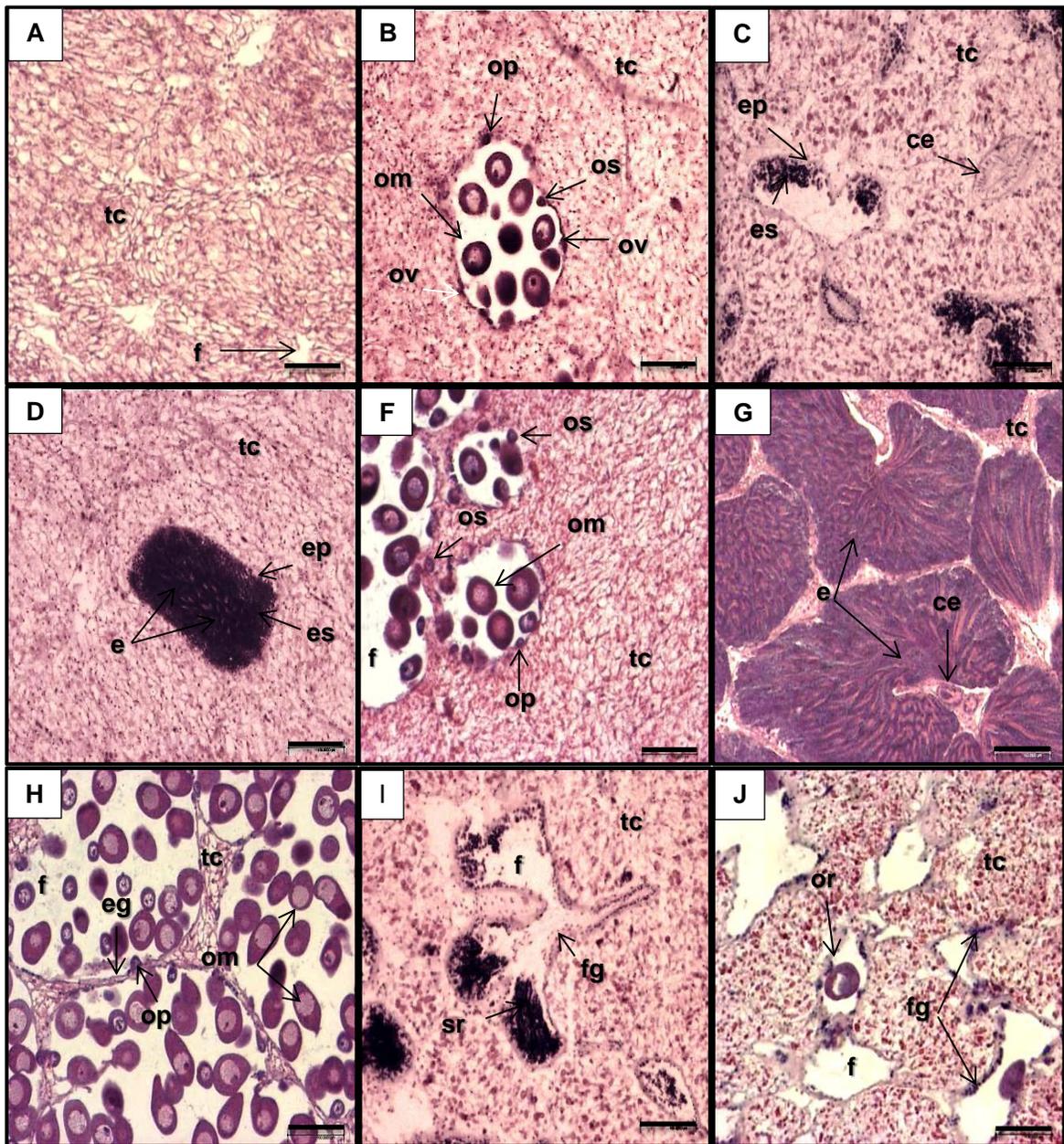
#### 3.6.1. Estadios del desarrollo gonádico

La etapa del desarrollo gonádico más significativa registrada fue la etapa IV o reproductiva, donde ~ 82 % de los organismos analizados durante los meses de muestreo se encontraron en esta etapa, la cual se caracterizó por contener gametos maduros en su gran mayoría listos para ser liberados (Tabla 5) (Figura 11 G y H). A partir del mes de mayo se empezó a registrar organismos en la etapa V o expulsión de gametos. El porcentaje incrementó de un 40% en mayo hasta el 100% en septiembre. Después de la expulsión de los gametos, el 72 % de los organismos fueron registrados en la etapa III, caracterizada por contener una

gónada con gametos en proceso de maduración. Los porcentajes más importantes fueron registrados en octubre (72%) y noviembre (60%). En enero el 94% de los organismos presentaron una gónada en estado reproductivo (etapa IV) (Tabla 5) (Figura G y H). Las etapas tempranas como inmadurez o reposo, gametogénico, se observaron en menor porcentaje durante los meses de junio y octubre (Tabla 5) (Figura 11, A, B y C).

Tabla 5. Porcentaje de frecuencia de sexos de *P. generosa* y las diferentes etapas del desarrollo gonádico registrado durante los meses de muestreo. Inmaduros (I), machos (M), hembras (H), no registro de datos (-).

Meses	Sexo	Etapas					Relación M:H
		Inactividad		Actividad			
		I	II	III	IV	V	
Marzo (2011)	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	-	46.67	-	
	H	-	-	-	53.33	-	
Abril	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	-	51.72	-	
	H	-	-	-	48.28	-	
Mayo	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	3.33	40.00	-	
	H	-	-	-	56.67	-	
Junio	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	27.27	30.30	6.06	
	H	-	3.03	3.03	30.30	-	
Julio	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	13.79	-	41.38	
	H	-	-	-	17.24	27.58	
Agosto	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	-	3.33	56.67	
	H	-	-	-	6.67	33.33	
Septiembre	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	-	-	56.67	
	H	-	-	-	-	43.33	
Octubre	I	6.25	-	-	-	-	1:1
	M	-	6.25	40.63	-	-	
	H	-	-	31.25	-	15.63	
Noviembre	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	30.00	10.00	-	
	H	-	-	20.00	40.00	-	
Diciembre	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	-	-	-	
	H	-	-	-	-	-	
Enero (2012)	I	-	-	-	-	-	1:1
	M	-	-	3.23	41.94	-	
	H	-	-	3.23	51.61	-	



**Figura 11. Microfotografía histológica del tejido gonádico de *P. generosa*. A, etapa I de inmadurez o reposo, B-C, etapa II gametogénico; D-F, etapa III maduración, G-H, etapa IV reproductivo, I-J, etapa V desove y expulsión de gametos. Tejido conectivo (tc), folículo (f), ovogonias (ov), espermatocitos primarios (ep), espermatocitos secundario (es), espermatozoide (e), espermatozoides en reabsorción (sr), ovocito primario (op), ovocito secundario (os), ovocito maduro (om), ovocito en reabsorción (or), epitelio germinativo (eg), conducto espermático (ce), fagocitos (fg), (escala de 100 micras-10x).**

### 3.7. Índices de condición y gonadosomáticos relacionados a las diferentes etapas del desarrollo gonádico

En las diferentes etapas, el índice de condición presentó los valores promedios altos ( $865.55 \pm 182.59$ ) durante la etapa de maduración; y el valor promedio mas bajo ( $783.10 \pm 126.80$ ) en la etapa de desove o expulsión de gametos. El IGSc el valor promedio alto ( $18.77 \pm 3.57$ ) se observó durante la etapa reproductiva; y el más bajo ( $16.90 \pm 2.79$ ) en la etapa de maduración. El IGSi obtuvo los valores promedios más altos ( $58.30 \pm 10.91$ ) durante la etapa de maduración; y el más bajo ( $48.67 \pm 20.53$ ) durante la etapa reproductiva (Tabla 6).

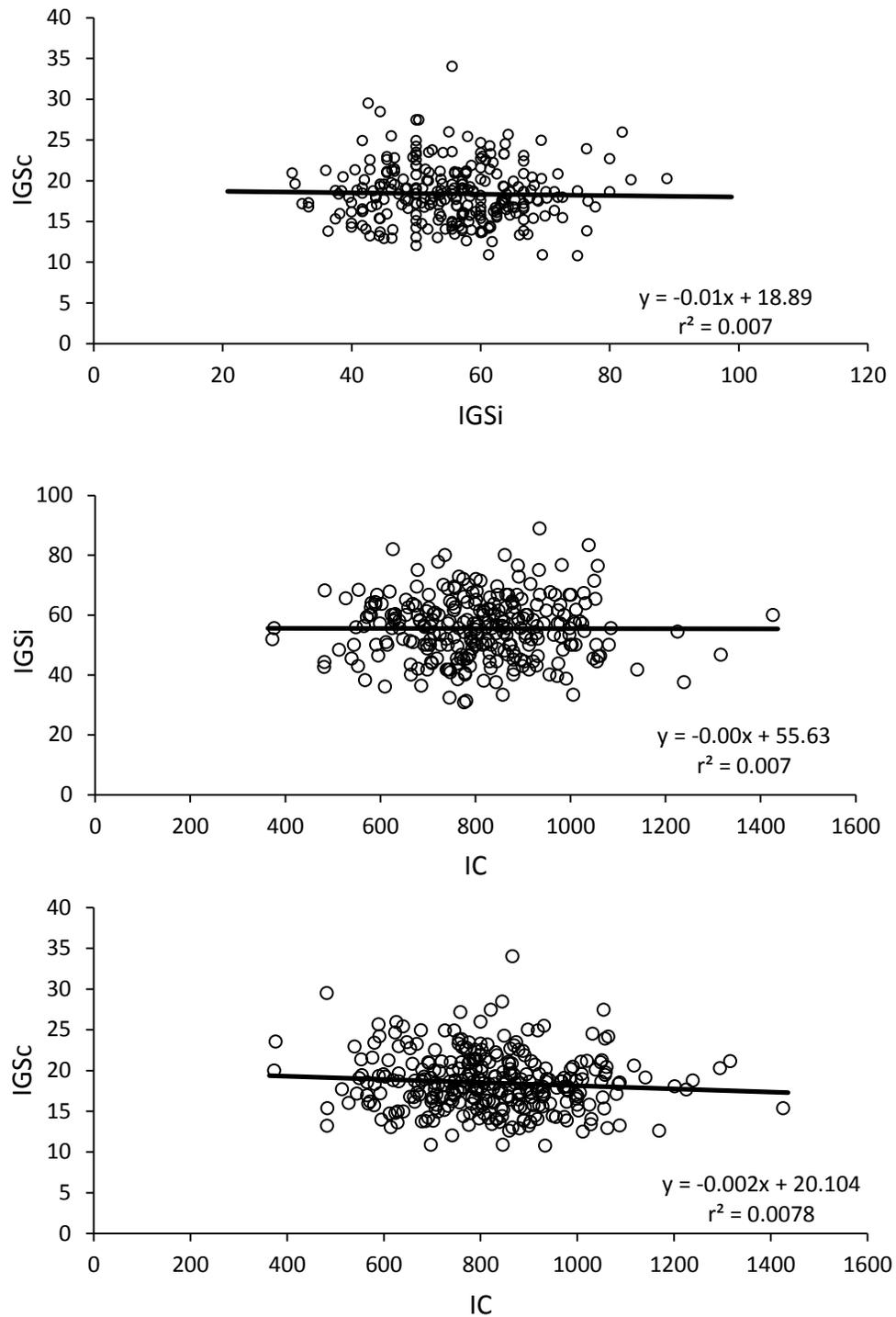
Tabla 6. Promedio y desviación estándar del índice de condición (IC), Índice gonadosomático convencional (IGSc); índice gonadosomático a través de análisis de imágenes (IGSi) en las diferentes etapas del desarrollo gonádico de *P. generosa*.

Etapas	n	IC		IGSc		IGSi	
		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Inmadurez y reposo	2	-	-	-	-	-	-
Gametogénico	2	-	-	-	-	-	-
Maduración	17	865.55	182.59	16.90	2.79	58.30	10.91
Reproductivo	249	824.65	159.94	18.77	3.57	48.97	20.53
Desove y expulsión	34	783.10	126.80	17.57	3.03	53.58	10.83

*Datos no registrados (-)*

#### 3.7.1. Relación entre índices gonadosomáticos e índice de condición

En general, no se encontró ninguna relación entre los índices calculados. Se encontró una relación negativa entre los diferentes índices gonadosomáticos (IGSc vs. IGSi), con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.0007$ . De igual forma, entre los índices gonadosomáticos y el índice de condición (IGSc, IGSi vs IC) se encontraron una relación negativa con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.007$  (Figura 12).



**Figura 12. Relaciones entre los índices gonadosomáticos (IGSc vs IGSi) y el índice de condición (IC) en *P. generosa* calculados durante los meses de muestreos.**

#### 4. Discusión

---

Los resultados biométricos obtenidos en este estudio difieren de los resultados registrados para la misma especie u otras especies de este mismo género. En general, la Lt (~113 mm), AC (~70 mm) y Pt (~500 g) de *P. generosa* registrada en Punta Canoas, Baja California es menor a las registradas para la misma especie en Washington, Canadá y en algunas poblaciones de Baja California (Hoffman *et al.*, 2000; Campbell y Ming, 2003; Calderón-Aguilera *et al.* 2010b). En general, los tamaños que se han registrado para *P. generosa* se encuentran en intervalos de Lt entre 100 - 200 mm y para AC de entre 80 - 90 mm (Goodwin y Pease, 1991; Bradbury *et al.*, 2000; Hoffman *et al.*, 2000; Bureau *et al.*, 2003; Campbell y Ming, 2003; Calderón-Aguilera *et al.* 2010b; Rocha-Olivares *et al.*, 2010). Igualmente, *P. generosa* en Punta Canoas Baja California es más pequeña que *P. globosa* quien es la especie que se encuentra en el Golfo de California (Arámbula-Pujol *et al.*, 2008) o que *P. zelandica* (Gribben y Creese, 2005). Comparando *P. generosa* con otras de las especies estudiadas se encontró que ésta tiene una mayor talla que *P. abbreviata* en Argentina (Morsán y Ciocco, 2004; Van Der Molen *et al.*, 2007; Zaidman *et al.*, 2012).

Esta gran variación en las biometrías de las poblaciones de *P. generosa* distribuidas en las costas del Pacífico puede deberse a los diferentes ambientes en los que se encuentra esta especie y que intervienen en el desarrollo y crecimiento de este organismo (Mancilla *et al.*, 1993). En general, los factores ambientales más importantes que influyen en la morfología de los moluscos bivalvos son: la disponibilidad y la calidad del alimento, la profundidad a la que se encuentran, el tipo de sedimento y la temperatura (Costa *et al.*, 2008). Por otro lado, la variación genética de las poblaciones del género *Panopea*, es otro factor que interviene en los caracteres morfológicos (Leyva-Valencia, 2012). La población de *P. generosa* de Punta Canoas, Baja California es una de las

poblaciones más sureñas comparadas con las poblaciones de Canadá y Estados Unidos, la cual se piensa que de acuerdo a lo encontrado en este trabajo, la población de *P. generosa* ubicada en Punta Canoas, Baja California pudiera ser una subespecie de las costas del Pacífico. Por lo tanto sería importante realizar estudios genéticos para probar esta hipótesis.

La temperatura del agua es un factor ambiental importante en los procesos reproductivos de los bivalvos (Sastry, 1979). Se ha establecido, que existe una correlación positiva con los cambios estacionales de temperatura y el desarrollo gonadal, así como también en el ciclo de vida de los bivalvos, (Sastry, 1979; Shumway y Parsons, 2006). Varios estudios han demostrado que las bajas temperaturas pueden estimular la actividad temprana de la gónada (ovogénesis y espermatogénesis) y que las altas temperaturas ayudarían a la expulsión de gametos maduros (Chávez-Villalva *et al.*, 2002; Jeff *et al.*, 2002). En este estudio, la temperatura promedio registrada en Punta Canoas fuera de la temporada de verano fue de 13°C y la mayoría de los organismos se encontraron en la etapa reproductiva (cuando los gametos se encontraban maduros y listos para ser liberados). En julio hubo un incremento de temperatura que alcanzó los 19°C y este cambio de temperatura indujo la expulsión de los gametos. El registro de la temperatura realizado durante el desarrollo gonadal para *P. generosa* en Canadá, mostró que los estadios más tempranos de inmadurez y el comienzo de la gametogénesis se encontraron entre los 10 y 12.5°C y que los estados de maduración y reproductivo se encontraron cuando las temperaturas eran menores a 10°C, posteriormente liberaron los gametos cuando las temperaturas fueron mayores a 10°C (Sloan y Robinson, 1984). En nuestro estudio, pocos organismos (~1%) se encontraron en etapas tempranas (estado indiferenciado o en gametogénesis). Esto pudo deberse a que en Punta Canoas no se alcanzaron temperaturas menores a los 10°C, temperatura que, de acuerdo a la literatura es necesaria para estimular etapas tempranas en el desarrollo gonadal. La temperatura mínima registrada para Punta Canoas fue de 13°C. A esta

temperatura, como se indicó anteriormente, fue suficiente para que los organismos se mantuvieran en un constante estado de maduración y actividad reproductiva en todo el año. El estado de expulsión de gametos fue un evento bien marcado en el mes de septiembre cuando la temperatura registrada fue de 19°C. Esta misma etapa se registró para *P. globosa* cuando la temperatura alcanzó los 16°C durante los meses de enero, febrero y marzo (Calderón-Aguilera *et al.*, 2010). En comparación con otras especies del hemisferio sur, se encontró que *P. zelandica* tiene una liberación total de sus gametos cuando alcanza los 18°C en agosto (Gribben *et al.*, 2004).

La temperatura no solo se ve involucrada en el desarrollo gonádico de los organismos, sino que también es importante en la condición de los mismos. Además de la temperatura, la condición de los organismos se ve influenciada por otros factores tales como la disponibilidad de alimento y las estaciones del año, mismos que se ven reflejados en cambios de temperaturas (Lucas y Beninger, 1985; Crosby y Gale, 1990). Los índices de condición son parámetros que nos ayudan a establecer la salud de los organismos con respecto a los factores que están influenciando su condición. Los resultados encontrados del IC calculado para *P. generosa* en Punta Canoas nos muestran que no tuvieron tendencias o picos significativos. Sin embargo, el IC tuvo valores altos durante los meses de marzo y abril, cuando la temperatura era ~13°C. El IC decreció gradualmente hasta el mes de septiembre, cuando la temperatura alcanzó los 19°C y el 100% de los organismos se encontraban desovados o con expulsión de gametos. Por otro lado, otros índices tales como la ecuación alométrica nos puede dar una idea de cómo se encuentran las dimensiones del cuerpo en los organismos y cómo estas dimensiones se ven influenciadas por variaciones ambientales, aspectos genéticos y reproductivos. La ecuación alométrica, ha permitido entender los efectos en los cambios de las dimensiones referentes a las partes corporales relacionados con las tallas de los organismos (Reiss, 1989; Bonner y Horn, 2000; Del Rio-Portilla y Velasco-Miranda, 2007). En este estudio, se observó que *P.*

*generosa* presentó una relación isométrica ( $b = 1$  y  $b = 3$ ), donde cada una de las variables biométricas presentaron un incremento proporcional en función de la longitud total de la concha. Este resultado es similar al encontrado por Andersen (1971) en evaluaciones morfométricas en las tasas de crecimiento en *P. generosa*, en el estado de Washington, Estados Unidos, donde reportó una relación isométrica ( $b = 3$ ) entre el Peso total vs. Longitud total. Por otra parte, la relación alométrica ha sido un indicador del estado reproductivo de muchas especies de bivalvos (Dasai y Borkar, 1989; Mudigere, y Seetharamaiah, 2009). Por ejemplo, a diferencia de los machos, las hembras presentan incremento menor en la relación en el peso de la masa visceral con la longitud total. La producción de gametos, se ha visto influenciado dentro de estos procesos en las hembras, donde la pérdida de masa corporal es menor que los machos (Ferreira-Marques, 1975). En *Panopea generosa*, el peso de la masa visceral corresponde al 70% de la gónada que en épocas reproductivas o acumulación de reservas de nutrientes, el peso de esta masa visceral, se ha relacionado isométricamente con las otras partes de cuerpo (PSM, PC, Lt, Pt) reflejándose mas en las hembras en un menor incremento (Sloan y Robinson, 1984). Estos resultados son similares a los encontrados en *Panopea generosa* en Punta Canoas, donde las hembras presentaron una relación isométrica menor que los machos. A pesar de que las pendientes ( $b$ ) presentaron valores negativos en las diferentes variables. Podríamos decir que *Panopea generosa* de Punta Canoas, durante la mayor parte de su vida, destina los mayores incrementos a desarrollar la longitud total de su concha.

Por otro lado, estas relaciones alométricas se han visto asociadas en las diferentes etapas de crecimiento. En algunos moluscos bivalvos (*Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*) se ha observado que en la fase juvenil, estos presentan una relación tipo isométrica, ya que durante esta fase estos organismos incrementan proporcionales entre cada una de las partes de cuerpo, debido a que los organismos se encuentran en proceso de crecimiento. A diferencia de la fase

adulta, la cual presenta una relación alométrica negativa. En esta fase, los organismos destinan el mayor crecimiento a la concha que a las partes del cuerpo (Saucedo-Lastra, 1995). Estos constantes cambios isométricos y alométricos durante el crecimiento, han sido directamente influenciados por la forma de las diferentes partes internas y externas de la mayoría de los organismos a lo largo del tiempo, donde una de estas partes, ejerce mayor dominancia que la otra (alométrica positiva o negativa) o el comportamiento mantiene una misma proporción (isométrica) (Bonner y Horn, 2000).

Existen otros índices para moluscos bivalvos que han permitido evaluar particularmente la condición gonadosomática de éstos llamados índices gonadosomáticos (IGS). Estos índices proporcionan información del estado que se encuentra la gónada durante las diferentes etapas de desarrollo gonadal. En la actualidad, los IGS aplicados a *P. generosa* han sido denominados “aparentes” (Marshall *et al.*, 2012). La gónada de las almejas generosas, a diferencia de otros moluscos bivalvos, se encuentra envolviendo a la glándula digestiva formando así una estructura globular al interior del cuerpo de la almeja, por lo que el cálculo del IGS convencional no nos estaría indicando el verdadero estado gonadosomático. Por lo general en los moluscos bivalvos el IGS se calcula mediante los pesos individuales de la glándula digestiva y la gónada sin tomar en cuenta las otras estructuras blandas de cuerpo como las branquias, el sifón, manto.

Los primeros estudios de IGS realizados en la especie *P. generosa* fueron reportados por Sloan y Robinson (1984), donde mencionan que el IGS máximo se obtuvo en marzo, durante la etapa reproductiva (gametos maduros). En los meses de junio y julio, cuando se presentó el desove y expulsión de los gametos, se encontró que el IGS fue valores bajos. El IGS calculado en este estudio para *P. generosa* en Punta Canoas, no mostró tendencias ni picos marcados. Aunque el valor más bajo se encontró en el mes de octubre, éste no concuerda con el pico de desove o expulsión de gametos más significativo que fue en el mes de

septiembre. Esto puede deberse a que *P. generosa* en Punta Canoas se encuentra en una constante producción y liberación de gametos que no permite un decremento en el tejido gonádico y glándula digestiva los cuales se utilizan en conjunto para realizar el cálculo del IGS. En un estudio donde se realizó un experimento en *P. generosa* para evaluar el desarrollo gonadal, el IC e IGS con respecto a la temperatura se encontró que a menor temperatura el IGS tuvo los valores más altos y a mayor temperatura los más bajos (Marshall *et al.*, 2012). Estos valores también coincidieron con el desarrollo gonádico indicando que los valores más altos eran indicativos de gónadas en proceso de maduración o reproductivas y los más bajos con gónadas desovadas o expulsión de gametos. Existen otros IGS, aplicados a *P. generosa*. Campbell y Ming (2003) reportaron un IGS que incrementa durante la etapa de desove y expulsión, y en la etapa reproductiva, cuando los gametos están maduros, los valores del IGS son menores. En *P. globosa*, se observó un IGS que fue menor durante la etapa de desove en el mes de diciembre, y mayor en los meses de noviembre y enero durante la época reproductiva de los gametos (Arámbula-Puyol *et al.*, 2008). Por otro lado, Gribben *et al.*, (2004) reportaron un IGS en *P. zelandica*, donde los valores menores se encontraron durante el inicio del desarrollo gametogénico, y los IGS mayores durante la etapa reproductiva. Todos estos índices (IGSc) han venido expresando resultados no tanto precisos sobre el estado exclusivo de la gónada de estos organismos, ya que se ha tomado en cuenta a las otras partes del cuerpo (branquias, glándula digestiva, manto), perdiendo el sentido de un índice gonadosomático, donde sólo se debería tomar en cuenta la proporción gonadal.

Existen otros métodos alternativos que se han utilizado para conocer las diferentes fases de la gónada en los moluscos bivalvos. Estos métodos se basan en medidas cualitativas realizadas a través de análisis de imágenes fotográficas a los cortes histológicos realizados al cuerpo blando en bivalvos. Se han utilizados diferentes procedimientos, desde medir en varios transeptos hasta medidas con

líneas continuas alrededor de la gónada y las otras partes de cuerpo. Esto ha permitido calcular el área total de la gónada, así como también evaluar en qué porcentaje esta área cambia con respecto a las diferentes etapas del ciclo gonádico. El objetivo de este método es utilizar una técnica que nos permita determinar rápidamente el estado gonadal en que se encuentra el organismo. Esta metodología se ha llevado a cabo exitosamente con el ostión del este *Crassostrea virginica* (Kennedy y Battle, 1964; Supan *et al.*, 2001; Quintana *et al.*, 2011). En nuestro estudio, el cálculo del índice gonadosomático utilizando análisis de imágenes (IGSi) indicó que la proporción de la gónada no aumentó considerablemente cuando los organismos se encontraban en un estado reproductivo activo con gónadas completamente maduras aunque si disminuyó cuando los organismos expulsaron completamente los gametos en septiembre. Esto se debe a que *P. generosa* de Punta Canoas es un organismo que tiene desoves parciales y que su gónada se encuentra activa durante todo el año y por lo tanto no se ve mucho cambio en el área de la gónada. Después de cada desove y expulsión de gametos, el tejido gonadal fue recuperado rápidamente para desarrollar gametos. El IGSi utilizado en nuestro estudio se diferencia de los índices gonadosomáticos convencionales establecidos para las almejas generosas en que, no se está considerando a la glándula digestiva como parte del tejido gonádico y que este índice mostró más cercanamente el desarrollo gonádico observado en el análisis histológico que el IGSc. Es decir se observó un pico mostrando el desove del 100% de los organismos y un incremento en el índice cuando vuelve a su estado reproductivo. Por otra parte, debido a que no se obtuvieron otras etapas definidas del desarrollo gonádico, no fue posible determinar como se ve reflejado el índice cuando se encuentra en otros estadios gaméticos.

La utilización de estos índices (IC, IGSc, IGSi) utilizado en *P. generosa* han logrado establecer en cierta forma el estado corporal de este organismo, así como también el estado gonadosomático. Sin embargo, en este estudio al comparar

estos índices, no presentaron una relación positiva. Esto debido a que cada índice se calculan utilizando diferentes componentes estructurales de esta especie como los tejidos blandos (branquias, masa visceral, músculos aductores, manto y sifón), así como el peso de la concha. Otra de las razones, es que estos índices en los organismos han sido influenciados por la disponibilidad de alimento, variaciones de temperatura y de las diferentes etapas del desarrollo gonádico (Boscolo *et al.*, 2003).

En el género *Panopea*, como en la mayoría de los bivalvos, la madurez sexual varía de una especie a otra, dependiendo de la distribución geográfica y los factores ambientales. Al igual, la gametogénesis depende de muchos factores como el tamaño de los organismos, cambios de temperatura asociados a las temporadas estacionales anuales entre otros.

El desarrollo gonadal de *P. generosa*, determinado para Punta Canoas indicó que ~82% de los organismos en ambos sexos se encontraron, durante todo el año, en las etapas de maduración o reproductiva, es decir, la gónada se encontró en proceso de maduración o con gametos maduros, listo para ser liberados y solo ~1% de los organismos se encontraron como inmaduros o en procesos de gametogénesis en meses puntuales. En el mes de septiembre se encontró el 100% de los organismos liberando los gametos. Estos resultados indican que en general *P. generosa* en Punta Canoas se comporta como un desovador parcial. Igualmente, estos resultados difieren con algunos estudios de reproducción realizados en *P. generosa* en la zona norte del Pacífico. En el estado de Washington, Estados Unidos, Andersen (1971) realizó los primeros estudios de reproducción de esta especie y encontró que el inicio de la gametogénesis inicia en septiembre, cuando en Punta Canoas esta misma especie esta en expulsión de gametos. La mayoría de los organismos se encontraron con actividad reproductiva en noviembre y junio. Posteriormente, la liberación de gametos se presentó de marzo a junio. Goodwin (1976), reportó que los desoves o expulsión

de gametos se presentan en la primavera y finales del verano y el proceso de gametogénesis en invierno. Por otro lado, Sloan y Robinson (1984), reportaron que la etapa reproductiva de *P. generosa* en Canadá, se presenta de abril a mayo, y que, los desoves o expulsión de gametos se observó durante junio y julio, algunos meses antes a la expulsión de gametos de las almejas en Punta Canoas. Otros autores, mencionan que esta liberación de gametos se presentan en mayo (Campbell y Ming, 2003). Por lo que se puede concluir que el desarrollo gonadal de *P. generosa* en Punta Canoas, Baja California es completamente distinto a lo encontrado en las poblaciones de Estados Unidos y Canadá.

Los resultados del desarrollo gonadal de *P. generosa* en Punta Canoas, también difieren con algunos estudios realizados en otras especies del mismo género. Por ejemplo, en México, el 80% de los organismos de la especie *P. globosa*, nativa del Golfo de California, se encuentran en actividad reproductiva en noviembre y ~77% de los organismos se encontraban en proceso de maduración durante octubre. En julio, agosto y septiembre cerca del 36% de los organismos se encontraron en la actividad temprana. La liberación de gametos se observó en enero en el 93% de los organismos (Tapia-Vásquez *et al.*, 2010). Además, *P. globosa* presenta picos definidos de sus etapas reproductivas. En las especies encontradas en el hemisferio sur como *P. zelandica*, la gametogénesis inicia en mayo y junio; la etapa reproductiva se observó de septiembre y octubre; los desoves o liberación de gametos se presentaron en enero y febrero (Gribben *et al.*, 2004). En *P. abbreviata*, la presencia de las diferentes etapas de la gónada, desde el inicio de la gametogénesis hasta los desoves o expulsión de los gametos, se reportaron durante toda las temporadas del año, sin tener un pico bien marcados en cada mes en ambos sexos, donde las variaciones de temperatura estuvieron fuertemente relacionadas con cada etapa del desarrollo gonádico (Van Der Molen *et al.*, 2007; Zaidman *et al.*, 2012).

La mayoría de los bivalvos son organismos que presentan sexos separados (organismos dioico), con una proporción teórica de hembras y machos de 1:1 (Mackie, 1984). Esta proporción es similar a los resultados encontrados en *P. generosa* en Punta Canoas en ambos sexos. Asimismo, Goodwin y Pease (1989) encontraron la misma proporción para la misma especie en Washington. En otros estudios, esta relación es diferente, encontrándose organismos con una relación sexual desigual por ejemplo de 1:3 (Andersen, 1971; Campbell y Ming, 2003; Sloan y Robinson, 1984; Gribben y Creese, 2005). Esto debido, a que, la madurez sexual de las hembras la alcanzan primero que en los machos o existe una mayor mortalidad de los mismos. Algunos autores sugieren que este patrón podría estar relacionado con el cambio de sexo y hermafroditismo protándrico (Gribben y Creese, 2005; Sloan y Robinson, 1984), característica general de este género (Andersen, 1971; Campbell y Ming, 2003; Sloan y Robinson, 1984). Por otra parte, se ha encontrado hermafroditismos en algunas especie de este género (por ejemplo en *P. abbreviata*). Sin embargo, el mecanismo por el cual podría haberse presentado, no esta del todo claro (Zaidman *et al.*, 2012).

En conclusión, los resultados encontrados sobre la biometría y reproducción de *P. generosa* indican que la población de Punta Canoas Baja California México difiere grandemente a las poblaciones nortteñas y a la misma especie vecina del golfo de California, *P. globosa*. El Plan de Manejo pesquero para la almeja de Baja California (*Panopea sp.*) establecido por la SAGARPA en marzo del presente año indica, dentro de algunos puntos, que la talla mínima permitida de captura será de 130 mm y que mucha de la información para la toma de decisiones está basada en los estudios realizados en *P. globosa* del golfo de California y *P. generosa* de Canadá y Washington. Sin embargo, de acuerdo a lo encontrado en este estudio, las tallas promedio para *P. generosa* de Punta Canoas no alcanzan las tallas permitidas establecidas en el plan de manejo. Por lo que es necesario retomar la información generada para la elaboración de un plan de manejo más apegado a la realidad. Por otra parte, cabe mencionar que

además de que *P. generosa* de Punta Canoas no alcanza las tallas mínimas estipuladas en el plan de manejo, tampoco tiene el mismo comportamiento reproductivo encontrado para las poblaciones norteñas en Canadá y Washington. Por lo que es importante tomar esta nueva información para optimizar el plan considerando que existe una gran posibilidad de que se tienen diferentes poblaciones desde el punto más lejano, Punta Canoas Baja California hasta el punto más norteño en Canadá.

## Conclusiones

---

En general, la Lt, AC, Pt, PC, PSM y PMV fueron mayores en las hembras que en los machos.

La talla promedio total para *P. generosa* osciló entre los 113.5 mm y es menor a la talla mínima estipulada en el Plan de Manejo para las poblaciones de *P. generosa* de Baja California.

Las tallas alcanzadas por *P. generosa* de Punta Canoas, Baja California al momento del desove o la expulsión total de los gametos fue de ~116 mm.

El 100% de los organismos desovaron o expulsaron sus gametos en el mes de septiembre cuando la temperatura se mantuvo a 19°C.

El IC fue oscilatorio durante el ciclo anual con un pico mínimo en el mes de septiembre y enero.

Las relaciones morfométricas encontradas indican que *P. generosa* de Punta Canoas, Baja California se ajusta a un modelo de relación isométrica, aunque se debe incrementar el intervalo para incluir organismos más pequeños.

El IGSc difiere del IGSi y este no coincide con las observaciones histológicas del desarrollo gonádico el cual indica que ~82% de los organismos se encontraban en la etapa reproductiva durante todo el ciclo anual.

El IGSi pudiera ser un método alternativo para calcular el IGSi de *P. generosa* de manera rápida.

En general el ciclo reproductivo de la almeja *P. generosa* en Punta Canoas Baja California es diferente al encontrado para la misma especie en las costas norteñas

del Océano Pacífico y para la especie vecina, *P. globosa*, ubicada en el Golfo de California.

El análisis histológico indicó que la etapa más representativa fue la reproductiva y se extendió de marzo a junio, noviembre y enero.

La etapa de desove y expulsión de gametos empezó en julio encontrándose el 100% de los organismos en esta etapa en septiembre.

Los resultados obtenidos en estos estudios pueden servir para la elaboración de un plan de manejo específico para esta especie.

#### Recomendaciones

Continuar con estudios de reproducción de *P. generosa* en otras áreas de Baja California, que permita obtener mayores puntos de comparación con otras poblaciones para el mejor desarrollo de un plan de manejo específico para esta especie.

Profundizar en estudios acerca de la dinámica poblacional de *P. generosa* en Punta Canoas en cada zona y banco de pesca, para determinar cual es la variación espacial de los diferentes parámetros poblacionales como la edad y crecimiento, mismo que servirá para localizar puntos en donde el reclutamiento sea mayor y observar si estos puntos se consideran poblaciones de juveniles y adultos.

Se sugiere, replantear el Plan de Manejo propuesto por la SAGARAPA en el 2012, acerca de la talla mínima (130 mm) de captura permitida en Baja California, ya que en la talla promedio de *P. generosa* en Punta Canoas fue de ~113 mm, viéndose limitada para ejercer la captura.

Realizar estudios sobre la prospección de su biomasa y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para conocer el aprovechamiento y la abundancia de este recurso.

Establecer cuidado de los reproductores y establecer periodo de vedas para la zona de Punta Canoas Baja California de acuerdo a los resultados encontrados en este estudio.

Optimizar los métodos para el cálculo de los IGS. En especial el índice calculado por medio de análisis de imágenes ya que éste puede servir como un método rápido para determinar el desarrollo gonádico de las especies del género *Panopea*.

Utilizar la información generada para el desarrollo acuícola de *P. generosa* en baja California.

## Referencias bibliográficas

---

Andersen, A.M. 1971. Spawning, growth, and spatial distribution of the Geoduck Clam, *Panopea generosa* Gould, in Hood Canal, Washington. (Thesis of Doctor). University of Washington. Seattle, USA.

Aragón-Noriega, E.A., Chávez-Villalba, J., Gribben, P.E., Alcántara-Razo, E., Maeda-Martínez, A.N., Arámbula-Pujol, E.M., García-Juárez, A.R., Maldonado-Amparo, R. 2007. Morphometric Relationships, Gametogenic Development and Spawning of the Geoduck Clam *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) in the Central Gulf of California. *Journal of Shellfish Research*. (26), 423–431.

Aragón-Noriega, E.A., Alcántara-Razo, E., Calderón-Aguilera, L.E. y Fourcade Sánchez, R. 2012. Status of Geoduck clam Fisheries in Mexico. *Journal of Shellfish Research*. (31), 733-738.

Arámbula-Pujol, E.M., García-Juárez, A.R., Alcántara-Razo, E., Aragón-Noriega, E.A. 2008. Aspects of reproductive biology of the geoduck clam *Panopea globosa* (Dall 1898) in the Gulf of California. *Hidrobiológica* (18), 89-98.

Bradbury, A., Tagart, J.V. 2000. Modeling Geoduck, *Panopea Abrupta* (Conrad, 1849) Population Dynamics. II Natural Mortality and Equilibrium Yield. *Journal Shellfish Research* (19), 63-70.

Bonner, T. J., y Horn, H. 2000. *Allometry and Natural Selection*. En: Brown, J. H., West, G. B. (Eds.). *Scaling in Biology*. NY. Oxford University Express. pp.1- 343.

Boscolo R, Cornello M, Giovanardi O. 2003. Condition index and air survival time to compare three kinds of Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve) farming systems. *Aquaculture International*. (11), 243–254.

Breen, P. 1991. The New Zealand deepwater clams (geoducks), *Panopea zelándica* and *P. smithae*. Report, New Zeland Fisheries Assessment Research.

Bureau, D., Hajas, W., Hand, C.M., Dovey, G. 2003. Age, Size Structure and growth parameters of geoducks (*Panopea abrupta*, Conrad 1849) from seven locations in British Columbia sampled in 2001 and 2002. Report, Canadian Technical of Fisheries and Aquatic Sciences.

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), 85-90.

Calderón-Aguilera, L.E., Aragón-Noriega, E.A., Reyes-Bonilla, H., Paniagua-Chávez, C.G., Romo-Curiel, A.E., Moreno-Rivera, V.M. 2010a. Reproduction of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) and Its Relationship with Temperature and Ocean Productivity. *Journal of Shellfish Research*. (29), 135-141 p.

Calderón-Aguilera, L.E., Aragón-Noriega, E.A., M. Hand, C., Moreno-Rivera, V.M. 2010b. Morphometric Relationships, Age, Growth, and Mortality of the geoduck clam, *Panopea generosa*, along the Pacific Coast of Baja California, México. *Journal of Shellfish Research*. (29), 319-326.

Chávez-Villalba, J., Pommier, J., Andriamiseza, J., Pouvreau, S., Barret, J., Cochard, J.C., Le Penec, M. 2002. Broodstock conditioning of the oyster *Crassostrea gigas*: origin and temperature effect. *Aquaculture*. (214), 115-130.

Ciocco, N., Elías, I., Orensanz, L., Parma, A.M., Ciccarone, P., Sarsa, G., Alberto, S., Oroquieta, P. y Piñeiro, M. 2001. Explotación de la Almeja *Panopea (Panopea abbreviata)* en Chubut Consideraciones para su Manejo. Reporte, CENPAT. Chubut, Argentina

Coan, E. V., Scott, P. V., Bernard, F. R. 2000. *Bivalve seashells of Western North America. Marine bivalve mollusks from Arctic Alaska to Baja California*. 1th Ed. Santa Barbara Museum of Natural History. California, USA.

Costa, C., Aguzzi, J., Menesatti, P., Antonucci, F., Rimatori, V. 2008. Shape analysis of different populations of clams in relation to their geographical structure. *Journal of Zoology*. (276), 71-80.

Cox, R.K., Charman, E.M. 1980. A survey of abundance and distribution (1977) of the geoduck clam 'Panope generosa' in Queen Charlotte, John Stone and Georgia Straits, British Columbia. Report, Ministry of Environment.

Crosby, M.P., Gale, L.D. 1990. A Review and Evaluation of Bivalves Condition Index Methodologies with a Suggested Standard Method. *Journal of Shellfish Research*. (9), 233-237.

Dasai, P.V., Borkar, M.R. 1989. A study of allometric relationship in *Lamellidens corrianus*. *Indian Journal of Fisheries*. (36), 180-182.

Del Rio-Portilla y M. Á., Miranda-Velasco, A. 2007. Red Abalone Morphology. Implications for Breeding Programs, Mollusks. *Global Aquaculture Advocate*. México, 60-61.

Delgado, M. y Pérez, C. 2003. A study of gonadal development in *Ruditapes decussatus* (Mollusca, Bivalvia), using image analysis techniques: influence of food ration and energy balance. *Journal Shellfish Research*. (22), 435-441.

FAO. 2010. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* (SOFIA). Departamento de Pesca y Acuicultura.

FAO. 2012. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* (SOFIA). Departamento de Pesca y Acuicultura.

Ferreira-Marques C. 1975. Growth and Reproduction in Bivalves. An energy Budget approach. (Thesis of Master) Rijksuniversiteit Groningen. Portugal.

García-Cubas, A. y Reguero, M. 2007. *Catalogo Ilustrado de Moluscos Bivalvos del Golfo y Mar Caribe*. México, UNAM.

Gaspar, M.B., Santos, M. N., Vasconcelos, P. 2001. Weight - length relationship of 25 bivalves species (Mollusca: Bivalvia) from the Algarve coast (southern Portugal). *Marine Biological Association of the United Kingdom*. (81), 805-807.

Goodwin, C.L. 1973. Effects of salinity and temperature on embryos of the geoduck clam (*Panope generosa* Gould). *Proceedings of the National Shellfisheries Association*. (63), 93-95.

Goodwin, C.L. 1976. Observation on Spawning and Growth of Subtidal Geoduck (*Panope generosa*, Gould). Proceeding of the National. *Journal of Shellfish Research*. (65), 49-57

Goodwin, C.L., Pease, B. 1989. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest) Pacific geoduck clam. Report, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. 14.

Goodwin, C.L., 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), 65-77 p.

Gribben, P.E. y Hay, B.E. 2003. Larval development of the New Zealand geoduck *Panopea zelandica* (Bivalvia: Hiatellidae). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 37, 231-239.

Gribben, P.E., Helson, J., Jeffs, A.G. 2004. Reproductive Cycle of the New Zealand Geoduck, *Panopea zelandica*, in Two North Island Populations. *The Veliger*. (47) 53-65.

Gribben, P.E. y Creese, R.G. 2005. Age, Growth, and Mortality of the New Zealand Geoduck Clam, *Panopea zelandica* (BIVALVIA: HIATELLIDAE) in two North Island Population Bulletin of Marine Science. 77, 119-135 p.

Hoffmann, A., Bradbury, A., Goodwin, C.L. 2000. Modeling Geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad, 1849) Population. I. Growth. *Journal Shellfish Research*. (19), 57-62.

Holguín-Quiñones, O.E., y García-Domínguez, F.A. 2011. Sistemática y Características Biogeográficas de *Nodipecten subnodosus* (Sowerby, 1835) y *N. nodosus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia: Pectinidae). En: A. N. Maeda Martínez y C. Lodeiros Seijo (eds.). *Biología y cultivo de los moluscos pectínidos del género Nodipecten*. México, Limusa. pp. 1- 400

Jamison, D., Heggen, R., Lukes, J. 1984. Underwater video in a regional benthos survey. Proceedings North Pacific Congress on Marine Technology. Honolulu, Hawaii.

Kennedy, A.V. y Battle, H.I. 1964. Cyclic Changes in the Gonad of the american oyster, *Crassostrea virginica* (GMELIN). *Canadian Journal of Zoology*. (42), 305-32.

Leyva-Valencia, I. 2012. Diferencias Morfométricas en dos especies de almeja generosa: *Panopea generosa* (Gould, 1850) y *P. globosa* (Dall 1898) y Filogenia Molecular de cinco especie del género *Panopea*. (Tesis de Doctor). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur. 73.

Lucas, A., Beninger, P.G. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*. (44), 187-200.

Mackie, G. L. 1984. *Bivalves*. En: The Mollusca. Vol. 7. Reproduction. In: Tompa A. S. Verdonk, N. H., Van Den Biggelaar, J. A. M. (Eds). Academic Press. NY. pp. 473

Maeda-Martínez, A.N. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. En: A. Lovatelli, A. Farias y I. Uriarte (Eds.). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Roma, Italia. FAO.

Mancilla-Peraza, M., Palacios-Hernández, E., y López-Castillo, G. 1993. Variabilidad Hidrográfica de Bahía Vizcaino, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. (19), 265-284.

Marshall, R., McKinley Scott, R. y Pearse, C.M. 2012. Effect of temperature on gonad development of the Pacific geoduck clam (*Panopea generosa* Gould, 1850). *Aquaculture*. 264-273.

Ministry of Fisheries. 2009. Summarises fishery, biological, stock assessment and stock status information of New Zealand's, Report. Nueva Zelanda.

Morsan, E. y Ciocco, N.F. 2004. Age and growth model for the southern geoduck, *Panopea abbreviata*, off Puerto Lobos (Patagonia, Argentina). *Fisheries Research*. (69), 343-348.

Morsan, E., Zaidman, P., Ocampo-Reinaldo, M. y Ciocco, N. 2010. Population structure, distribution and harvesting of southern geoduck, *Panopea abbreviata*, in San Matías Gulf (Patagonia, Argentina). *Scientia Marina*. (74), 763-772.

Mudigere, M.R., Seetharamaiah, T. 2009. Allometry and condition index in the freshwater bivalve *Parreysia corrugata* (Muller) from river Kempuhole, India. *Asian Fisheries Science*. (22), 203-214.

Pacific Region Integrated Fisheries Management. 2012. Plan Geoduck and Horse Clam January 1 to December 31, Report. IFMP. Canada.

Quintana, R., Burnside, W.M., Supan, J.E., Lynn, J.W., Tiersch, T.R. 2011. Rapid Estimation of Gonad-to-Body Ratio in Eastern Oysters by Image Analysis. *North American Journal of Aquaculture*. (73), 451–455.

Reiss, M.J. 1989. *The allometry*. In: M. J. Reiss (Ed). *Growth and Reproduction*. New York, NY. University of Cambridge Press. pp.182.

Rocha-Olivares, A., Calderón-Aguilera, L.E., Aragón-Noriega, E.A., Saavedra Sotelo, N.C., Moreno Rivera, V.M. 2010. Genetic and Morphological Variation of Northeast Pacific *Panopea* clams: Evolutionary implications. *Journal Shellfish Research*. (29), 327-335.

Sastry, A.N. 1979. *Pelicyopoda (Excluding Ostreidae)*. In: Giese, A.C., Pearse, J.S. ed. *Reproduction of Marine Invertebrates*. NY. Academic Press. pp 1 - 192.

Saucedo-Lastra, P.E. 1995. Crecimiento, Relaciones Alométricas y Reproducción de Ostras Perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteridae) bajo condiciones de repoblamiento en El Merito, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. (Tesis de Maestría), Departamento de Pesquerías, Instituto Politécnico Nacional La Paz, B.C.S. México.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, de Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. 2012a. Plan de Manejo para la Pesquería de Almeja Generosa (*Panopea* sp.) en las costas de Baja California, México. SAGARPA

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2012b. Reporte de Producción Pesquera y Acuícola de Baja California. SAGARPA.

Shumway, S.E. y G. J. Parsons. 2006. *Physiology: Energy Acquisition and Utilisation*. Chapter 7. In: MacDonald B. A., Bricelj M., Shumway S. E. (Eds). *Scallops. Biology, Ecology and Aquaculture*. Development. *Aquaculture Fisheries Science*. 2nd Ed . Amsterdam. Elsevier. pp. 1460.

Sloan, N.A., Robinson, M.C. 1984. Age and Gonad Development in the Geoduck clam *Panope abrupta* (Conrad) from Southern British Columbia, Canada. *Journal Shellfish Research*. (4) 131-137.

Stat Soft. Inc. 2007. Computer Program, STATISTICA (data analysis software system). 8.0.

Supan, J.E., Wilson, C. 2001. Analyses of gonadal cycling by oyster broodstock, *Crassostrea virginica* (GMELIN), in Louisiana. *Journal of Shellfish Research*. (20), 215-220.

Tapia-Vázquez, O., M., Vázquez-Solórzano, E., Salgado-Rogel, L.M., Rodarte-Venegas, D., Pérez-Montes, I., Avalos-Haro, H., Osorio-Uribe, F., Salgado-Ortega, I. 2010. Relaciones Morfométricas y Madurez Gonádica de la almeja generosa *Panopea generosa* durante el Ciclo Reproductivo 2005-2006 de San Felipe hasta

Puertecitos, en el Alto Golfo de California, México. Reporte. SAGARAPA, INAPESCA, Ensenada, México.

Valdopalas, B., Pietsch, T.W., Friedman, C.S. 2010. The Proper Name for the Geoduck: Resurrection of *Panopea generosa* (Gould, 1850), from the Synonymy of *Panopea abrupta* (Conrad, 1849) (Bivalvia: Myoida: Hiatellidae). *Malacología*. (52), 169-173.

Van Der Molen, S., Kroeck, M., Ciocco, N. 2007. Reproductive cycle of the southern geoduck clam, *Panopea abbreviata* (Bivalvia: Hiatellidae), in north Patagonia, Argentina. *Invertebrate Reproduction & Development*. 50, 75-84.

Walne, P. R. 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. *Fisheries Investigation Series II*, (26) 1 - 35.

Walne, P.R. y Mann, R. 1975. Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. In: Barnes, H. (Ed.) Proceedings of the 9th European Marine Biology Symposium, Aberdeen University Press, Scotland. pp 587-607

Zaidman, P.C., Kroeck, M.A., Kissner Oehrens, E.M., Morsan, E.M. 2012. Reproductive pattern of Southern geoduck, *Panopea abbreviata*, at El Sótano (San Matías Gulf, Patagonia, Argentina). *Marine Biology Research*. (8), 172-181.

## Apéndice 1. Técnica Histológica

---

### 1.1. *Fijación del tejido*

La masa visceral, branquias y manto de *P. generosa* fue fijada en la solución fijadora de *Davison's*. Para preparar un litro se agregó los siguientes reactivos:

<u>Reactivos</u>	<u>ml</u>
Glicerina	100
Formaldehido	200
Alcohol (96 %)	300
Agua de mar filtrada	300
Ácido acético	100

Una vez mezclados los ingredientes, se agitó la mezcla por 5 minutos para disolver perfectamente la glicerina. Los tejidos fueron colocados en X ml de la solución fijadora por X horas antes de pasar a ser deshidratados.

### 1.2. *Deshidratación e inclusión del tejido en parafina*

Para que la parafina pueda impregnarse en los tejidos, las muestras se deshidrataron en una serie de alcoholes empezando con etanol al 70% y finalizando con benceno. La deshidratación se llevó a cabo de acuerdo a la siguiente tabla:

<u>Reactivos</u>	<u>Tiempo (horas)</u>
Etanol 70%	1
Etanol 96%	2
Etanol 96%	2
Etanol 100%	2
Etanol 100%	2
Etanol 100%-Benceno (1:1)	3
Benceno	2
Benceno	2
Benceno-Parafina (1:1)	3
Parafina	2
Parafina	2

Posteriormente a la deshidratación, los tejidos se colocaron en moldes metálicos con parafina fundida. Una vez que los tejidos estuvieron solidificados se procedió a realizar los cortes en el micrótopo. Para facilitar estos cortes, los tejidos se embebieron en una solución ablandadora preparada con 5 ml de glicerina, 25 ml de agua destilada y 70 ml de alcohol al 95% durante 24 a 48 horas.

### *1.3. Desparafinación e hidratación*

Para desparafinar las muestras, los tejidos fueron colocados en xileno. Una vez desparafinados, se procedió a rehidratar los tejidos pasándolos por diferentes grados de etanol hasta llegar al agua destilada.

<u>Reactivos</u>	<u>Tiempo (minutos)</u>
Xileno	10
Xileno	10
Etanol - 100%	2
Etanol - 100%	2
Etanol - 70%	2
Etanol - 50%	2
Etanol - 10%	2
Agua destilada	2

#### 1.4. *Tinción Hematoxilina – Eosina / Floxina*

La tinción de hematoxilina y eosina, es una tinción que permite observar las diferentes estructuras celulares en los tejidos. La hematoxilina es un colorante básico que permite teñir los componentes ácidos como el núcleo de las células, ya que estos contienen ácidos nucleicos en radicales ácidos, dando una coloración azul a negro o violeta. La eosina permite teñir el citoplasma de la célula y la mayoría de las fibras del tejido conectivo, al tener una base incolora y su parte ácida coloreada variando de rosado a rojo.

Los tejidos se sumergen en el colorante de hematoxilina. Luego el exceso de colorante se enjuaga con agua corriente, posterior a esto, se ponen en etanol ácido para la impregnación de la hematoxilina, enseguida se enjuaga de nuevo con agua corriente. Luego se sumergen en carbonato de litio, dándole la coloración azul y el cambio de pH de ácido a básico, luego se lava y enjuaga con agua corriente y agua destilada. Posteriormente, se enjuaga y se sumergen los tejidos en etanol al 96% para una preparación previa a la Eosina/Floxina (E/F). Posterior a eso, para eliminar el exceso de E/F, se sumergen los tejidos en diferentes grados de etanol (dos al 96% y dos al 100%). Finalmente se sumergen en Xileno, para transparentar los tejidos.

<u>Reactivos y procedimiento</u>	<u>Tiempo</u> <u>/Segundos (s)</u> <u>minutos (min)</u>
Hematoxilina	5 min
Agua corriente y agua destilada (lavar y enjuagar hasta eliminar colorante)	30 s
Etanol ácido (con agitación)	20 s
Lavar y enjuagar	40 s
Carbonato de litio	2 min
Lavar y enjuagar	40 s
Agua destilada	20 s
Etanol 96%	1 min
Eosina/Floxina	40 s
Etanol 96%	2 min
Etanol 96%	2 min
Etanol 100%	3 min
Etanol 100%	3 min
Xileno	10 min
Xileno	10 min

Una vez terminado este proceso, se realizó el montaje de los portaobjetos con resina sintética y se procede a su observación en el microscopio.

## Apéndice 2. Etapas de desarrollo gonádico

Para llevar a cabo el estudio del desarrollo gonádico en *Panopea generosa*, se considero las categorías propuesta por Tapia-Vásquez *et al.*, (2010) en un estudio realizado con la especie *Panopea globosa* en el Golfo de California.

ETAPA DE INACTIVIDAD	HEMBRAS	MACHOS
I. Inmadurez o reposo	Desarrollo nulo del epitelio germinativo de los folículos, observando solo una masa de tejido totalmente ocupado por sustancias de reserva en forma de inclusiones redondas acidófilas (Tec. H-E ), asociadas a senos y conductos de diferente calibre con diferencias en los epitelios de revestimientos, en cuanto a secreciones se refieren. La presencia durante este estadio de desarrollo de dichas inclusiones acidófilas, demuestra una gran actividad metabólica. En este estadio, no es posible diferenciar el sexo.	
II. Gametogénico	Con un epitelio germinal con células indiferenciadas planas y algunas de ellas formando grupo de células goniales caracterizado por la gran proliferación celular en el epitelio germinativo de los folículos, sobre todo gran cantidad de ovogonias.	En el caso específico de los machos se observa un desarrollo gameto génico, más uniforme, en donde es muy clara y abundante la presencia de espermatogonias, e inclusive se inicia la diferenciación hacia espermatocitos primarios y secundarios.
ETAPA DE ACTIVIDAD		
III. Maduración	El epitelio germinativo, muestra las diferentes fases del proceso gametogénico; iniciando a formarse gran cantidad de ovocitos; los cuales muchos de ellos aun no se desprenden del epitelio germinativo; por lo que son claras las estructuras a manera de tallos que presentan; se observan células primordiales en el epitelio germinativo. Es importante señalar que el desove debe ser inminente desde que se forman ovocitos maduros.	El epitelio germinativo, muestra las diferentes fases del proceso gametogénico; iniciando a formarse gran cantidad de espermatozoides, pero es claro y evidente el resto de fases de desarrollo gametogénico; es decir abundantes espermatogonias, espermatocitos espermatidas y espermatozoides. La expulsión de gametos inicia, dado que es posible observar esperma en conductos espermáticos superiores.
IV. Reproductivo	La masa visceral que estaba ocupado por gran cantidad de inclusiones acidófilas, es desplazada por tejido gonádico; es decir los folículos crecen a lo largo y ancho de toda la masa visceral, tocándose las paredes de los folículos entre sí, de tal forma que casi no existe tejido conjuntivo con inclusiones acidófilas entre ellos. Por lo tanto los folículos están ocupados principalmente por ovocitos maduros, sin dejar de existir sobre la membrana basal del epitelio germinativo escasa cantidad de células germinales indiferenciadas. La proporción de células maduras desovadas durante este estadio, es mayor y constante.	La masa visceral que estaba ocupado por gran cantidad de inclusiones acidófilas, es desplazada por tejido gonádico; es decir los folículos crecen a lo largo y ancho de toda la masa visceral, tocándose las paredes de los folículos entre sí, de tal forma que casi no existen tejido conjuntivo con inclusiones acidófilas entre ellos. Por lo tanto los folículos están ocupados principalmente por espermatozoides, sin dejar de existir sobre la membrana basal del epitelio germinativo escasa cantidad de espermatogonias. Al igual que en las hembras la expulsión de gametos es mayor y constante durante este estadio.
V. Desove o expulsión	El desove se caracteriza por la expulsión casi total de gametos y el cese de la actividad gaméticas en el epitelio germinativo de los folículos, que sumado a la liberación de gametos, se hace más evidente la deformación folicular, quedando ovocitos a bien restos de estos, transformándose en ovocitos atrésicos.	La expulsión de espermatozoides es casi total, quedando algunos de ellos en los conductos espermáticos; considerando la expulsión total o final cuando se encuentran colapsados los folículos y cesa el proceso de división celular en el epitelio germinativo.

### Apéndice 3. Matrices de análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza de una vía con una probabilidad de 0.05 para observar las diferencias entre los diferentes promedios mensuales en cada índice gonadosomáticos (IGSc IGSi) y el índice de condición (IC) en *P. generosa*

Estadística descriptiva del índice de condición mensual de *P. generosa*. Numero de organismos (n).

Meses	Promedios	n	Error estándar
Marzo (2011)	917.62	30	32.16
Abril	838.28	29	36.23
Mayo	785.20	30	27.96
Junio	804.42	33	27.11
Julio	827.83	29	26.87
Agosto	874.57	30	26.45
Septiembre	738.28	30	18.97
Octubre	819.73	32	29.35
Noviembre	888.96	30	20.10
Diciembre	-	-	-
Enero (2012)	714.12	31	18.74

Análisis de varianza mensual del índice de condición de *P. generosa*. Distribución F ( $F$ ), Probabilidad ( $P$ ).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F$	$P$
Meses	9	1121565	124618	5.668	< 0.001
Error	294	6464306	21987		
Total	303	7585871			

Estadística descriptiva del índice gonadosomático mensual de *P. generosa*.  
Numero de organismos (n).

Meses	Promedios	n	Error estándar
Marzo 2011	19.36	30	0.63
Abril	21.82	29	0.78
Mayo	19.37	30	0.57
Junio	21.18	33	0.49
Julio	17.63	29	0.46
Agosto	16.53	30	0.50
Septiembre	18.00	30	0.42
Octubre	16.02	32	0.40
Noviembre	17.26	30	0.42
Diciembre	-	-	-
Enero 2012	17.77	31	0.69

Análisis de varianza mensual del índice gonadosomático convencional de *P. generosa*. Distribución F (*F*), probabilidad (*P*).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	<i>F</i>	<i>P</i>
Intercepto	1	103858.7	103858.7	11216.13	< 0.001
Meses	9	1007.2	111.9	12.09	< 0.001
Error	294	2722.4	9.3		

Estadística descriptiva mensual del índice gonadosomático por análisis de imágenes de *P. generosa*. Numero de organismos (n).

Meses	Promedio	n	Error estándar
Abril	58.53	29	1.72
Mayo	56.74	30	1.88
Junio	53.02	33	1.82
Julio	52.90	29	1.95
Agosto	52.41	30	2.06
Septiembre	48.36	30	1.58
Octubre	57.85	32	1.58
Noviembre	57.61	30	1.65
Diciembre	-	-	-
Enero	62.25	31	1.42

Análisis de varianza mensual del índice gonadosomático por el método de análisis de imagen de *P. generosa*. Distribución F (*F*), Probabilidad (*P*).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	<i>F</i>	<i>P</i>
Intercepto	1	263.4367	263.4367	18350.61	< 0.001
Meses	8	0.6012	0.0751	5.23	< 0.001
Error	265	3.8043	0.0144		