



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

## FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

MADUREZ GONADAL Y FECUNDIDAD DEL PEPINO DE MAR  
*PARASTICHOPUS PARVIMENSIS*  
(ECHINODERMATA:HOLOTHUROIDEA) EN LA BAHÍA TODOS  
SANTOS, ENSENADA, B.C., MÉXICO.



TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

ANA GABRIELA ENCINAS GARCÍA

ENSENADA, B.C. MARZO DE 1997

## Resumen

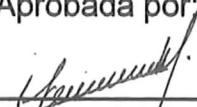
Se estudió el ciclo reproductivo de una población de pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea) en la Bahía Todos Santos, Ensenada, Baja California, México. Los muestreos se realizaron mensualmente de julio de 1993 a julio de 1994 por medio de buceo autónomo a una profundidad comprendida entre los 10 y 20 m. La proporción de sexos en la población analizada no difirió significativamente del equilibrio (1:1). Se obtuvo el peso húmedo de la pared corporal y de la gónada, cuando esta se encontraba presente y la relación entre estas variables biométricas resultó independiente. El tamaño de la gónada fue proporcional al tamaño de las células gaméticas e independiente al peso húmedo de la pared corporal. Tomando como base las frecuencias acumulativas de los pesos húmedos corporales se determinó un peso de primera madurez de 166g. Se calculó el Índice Gonadosomático (I.G.) a todos los organismos por arriba del peso de primera madurez, posteriormente se realizó una prueba de bondad de ajuste de I.G., los datos resultaron ser no normales por lo que se comparó por medio de la prueba no-paramétrica Wilcoxon el I.G. de machos y hembras resultando diferencias significativas en algunos meses por lo que se trabajaron independientemente. Con el I.G. se determinó un período reproductivo con desove entre los meses de junio y julio. Paralelamente se realizó un análisis histológico de las gónadas, se propusieron seis estadios de madurez y se encontró la máxima madurez en los meses de marzo a mayo y un período de desove de junio a agosto. Tanto el I.G. como el análisis histológico mostraron un ciclo reproductivo sincrónico estacional y total. La fecundidad se estimó con hembras en estadio de máxima madurez reproductiva obteniéndose un intervalo de valores de 1,292,080 a 2,838,075 ovocitos.

Palabras clave: *Parastichopus parvimensis*, Ciclo reproductivo, Índice Gonadosomático, Madurez Gonadal, Fecundidad.

MADUREZ GONADAL Y FECUNDIDAD DEL PEPINO DE MAR  
*Parastichopus parvimensis* (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA)  
EN LA BAHÍA TODOS SANTOS, ENSENADA,  
BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

T E S I S  
QUE PRESENTA:  
ANA GABRIELA ENCINAS GARCÍA

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado  
M.C. GUILLERMO TORRES MOYE

  
\_\_\_\_\_  
Sinodal Propietario  
M.C. OLIVIA TAPIA VÁZQUEZ

  
\_\_\_\_\_  
Sinodal Propietario  
DR. GORGONIO RUÍZ CAMPOS

## *Dedicatorias*

*Por todo lo que en vida significaron para mí y por que su luz  
sigue iluminando mi camino.*

- † A mi Papá.            Rodolfo Encinas González*
- † A mis Tíos.            Miguel, Adriano, Aurora y Alejandro*
- † A mi gran amigo.    Carlos*
- † A mis sobrinos.      Juan y José*
- † A mis Abuelitas.    Ernilda y Anita*
- † A mis Padrinos.     Graciela y Adolfo*

## *Agradecimientos*

- ◆ *Al M. C. Guillermo Torres Moye, director de este trabajo por todo el apoyo, paciencia y amistad incondicional.*
- ◆ *A la M. C. Olivia Tapia Vázquez por su tiempo y por que antes de ser mi sinodal es mi amiga. Gracias.*
- ◆ *Al Dr. Gorgonio Ruiz Campos por los acertados comentarios y sugerencias para la elaboración de esta tesis.*
- ◆ *A mi familia y a todos los colados por que los amo.*
- ◆ *Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico.*
- ◆ *A la Facultad de Ciencias Marinas y a todo su personal por haber contribuido a mi formación profesional.*
- ◆ *Al Centro Regional de Investigación Pesquera del Sauzal de Rodríguez por permitirme hacer uso de sus instalaciones en especial a Julián, Héctor y Olivia.*
- ◆ *A todos los que de alguna manera participaron en la elaboración de este trabajo: Biol. Dora Waumann, Oc. Guillermina Chee, M. C. Germán Pérez y M. C. Eliseo Almanza.*
- ◆ *A mis amigos por todo lo que me han enseñado y por que no tengo otra manera de agradecerles lo que han hecho por mí. Gracias: Carmen y Juan Pablo, Cristina y Chuck, Karina y Rigoberto, Lic. Julio Delgado, Familia Becerra Carrasco (en especial a Ti), amigos del Punta Morro, Rosy Romero, Familia Siqueiros, Dalis Lachance (Thank you), Moramay y Perla, Guillermo Urbina, Dr. Eduardo Santamaría, Dr. Roberto Millán, Dra. Elizabeth Orellana, M. C. Concepción Arredondo (sin ti no hubiera terminado nunca) y a todos los demás que de momento escaparon de mi mente.*
- ◆ *Gracias Doña Tere nunca la voy a olvidar.*
- ◆ *Y por último, si me permitieran compartir este trabajo con alguien, lo haría contigo. Muchísimas Gracias! Antonio Almanza.*

## índice

		<b>Página</b>
<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes	2
1.2	Objetivos	10
<b>2</b>	<b>Materiales y Métodos</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Resultados</b>	<b>20</b>
3.1	Proporción de sexos	20
3.2	Correlación de la variables biométricas	20
3.3	Temperatura	22
3.4	Peso de primera madurez	22
3.5	Indice Gonadosomático	22
3.6	Estadios de Madurez	30
3.7	Fecundidad	35
<b>4</b>	<b>Discusiones</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>Literatura Citada</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Anexo A (Microfotografías de los cortes histológicos)</b>	<b>63</b>

## Índice de Figuras

		Página
Figura 1	Anatomía interna del pepino de mar <i>Parastichopus parvimensis</i> .	5
Figura 2	Mapa de localización del Área de Estudio.	12
Figura 3	Frecuencias absolutas de organismos machos, hembras y sexualmente indiferenciados de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	21
Figura 4	Frecuencias porcentales de organismos machos, hembras y sexualmente indiferenciados de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	21
Figura 5	Temperaturas registradas en la zona de muestreo.	23
Figura 6	Peso de Primera Madurez de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	24
Figura 7	Promedios mensuales de Índice Gonadosomático de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	25
Figura 8	Frecuencia de ocurrencia de <i>Parastichopus parvimensis</i> en los diferentes intervalos de clase de I.G.	29
Figura 9	Estadios de madurez gonadal de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	31
Figura 10	Frecuencia de los valores de I.G. en los diferentes estadios de madurez para machos de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	34
Figura 11	Frecuencia de los valores de I.G. en los diferentes estadios de madurez para hembras de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	34
Figura 12	Relación peso húmedo de la pared corporal/Fecundidad de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	37
Figura 13	Relación peso húmedo de la gonada/Fecundidad de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	37

## Índice de Tablas

		Página
<b>Tabla I</b>	Descripción de los Estadios de Madurez Gonadal. Tapia-Vázquez y Castro-González (1991).	15
<b>Tabla II</b>	Prueba de Normalidad QQ ( $p < 0.05$ ) para los valores de Índice Gonadosomático de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	27
<b>Tabla III</b>	Diferencias entre los valores de Índice Gonadosomático de organismos machos y hembras de <i>Parastichopus parvimensis</i> . Prueba Wilcoxon ( $p < 0.05$ ).	28
<b>Tabla IV</b>	Resultados del análisis de Fecundidad obtenidos en hembras de <i>Parastichopus parvimensis</i> .	36
<b>Tabla V</b>	Valores calculados de las Ecuaciones de Regresión. Fecundidad/Peso húmedo de la pared corporal y fecundidad/peso húmedo de la gónada.	36

Madurez gonadal y fecundidad del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea) en la Bahía Todos Santos, Ensenada, Baja California, México.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la costa noroeste de la Península de Baja California existen pesquerías tradicionales basadas en la extracción de recursos como anchoveta, atún, abulón, langosta, almejas y algas marinas entre otros. Algunas de éstas pesquerías, fluctúan interanualmente de manera importante, mostrando sus capturas tendencias descendentes sin lograr su explotación sostenible, y, en algunas ocasiones, han sido afectadas por la sobreexplotación (Rocha, 1985). En consecuencia, ha sido necesaria la apertura de nuevos mercados a partir del desarrollo de pesquerías ribereñas de especies comerciales no tradicionales, entre las cuales destacan algunas de equinodermos como el pepino de mar (*Parastichopus parvimensis*), el cual actualmente soporta una creciente pesquería con escasa información de tipo técnico-científico que permita su aprovechamiento racional.

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento de algunos aspectos relacionados con la reproducción de *P. parvimensis*, para proporcionar información que permita su aprovechamiento sustentable.

## 1.1 ANTECEDENTES

En el Estado de Baja California alrededor del año de 1988, se inició una pequeña pesquería del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*), en la región del Golfo de California, y subsecuentemente en 1989 se reportan los primeros desembarques de *Parastichopus parvimensis* para el litoral del Pacífico. Toda la producción de pepino de mar en Baja California se procesa y se exporta en diferentes presentaciones (entero, sin vísceras y seco, cocido, semi-congelado y como músculo fresco crudo) a los Estados Unidos en donde es enviado al mercado de Oriente.

Debido a que esta pesquería ribereña es realizada por buceo autónomo, no se tienen bitácoras confiables con información detallada sobre el esfuerzo pesquero (número de buzos), tiempo total de buceo, número de botes que desembarcan, zonas o distritos de captura, etc.; así como también la falta de estudios sobre esta especie hicieron que la pesquería permaneciera hasta recientemente sin regulación. En 1992 y 1993 se notó un declive en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y en la captura total. Se observó que el recurso estaba siendo sobreexplotado, por lo cual en 1994 se adoptaron medidas para delimitar la temporada de captura, estableciendo una del 1 de octubre al 30 de abril. Esta veda estacional fue diseñada para permitir la reproducción del recurso. Así mismo se propusieron diferentes tallas límite (26

a 23 cm y de 24 a 21 cm) y límites de peso drenado (550 a 400 g y 350 a 250 g) para especímenes enteros y eviscerados de *Isostichopus fuscus* y *Parastichopus parvimensis* respectivamente.

Las recomendaciones para los niveles de pesca total y de CPUE son: captura total menor de 1000 ton/año (temporada de captura) con un tamaño de flota de 50 embarcaciones y 14 permisos. Estas regulaciones no han sido puestas en vigor y en Mayo de 1994 el Instituto Nacional de Ecología declaró a *Isostichopus fuscus* como una especie en peligro de extinción a lo largo de la Costa del Pacífico Mexicano, lo cual significa una prohibición sobre la pesca de esta especie en toda el área (Salgado-Castro, 1992).

Desde tiempos muy remotos el hombre ha utilizado algunas especies de holoturoideos como alimento principalmente en los países asiáticos (China, Indonesia y Filipinas) donde, una vez secos y ahumados son consumidos bajo el nombre de "bêche de mer o trepang", al cual se le atribuyen propiedades afrodisiacas (Mottet, 1976). Asimismo se han utilizado con éxito como integrantes de piensos artificiales para aves (Bakus, 1973). En la actualidad se conoce que las toxinas de ciertas holoturias actúan como agentes anticancerígenos, la holoturina, una saponina extraída de algunas holoturias suprime el crecimiento de algunos tumores e incrementa la actividad fagocítica de los leucocitos; algunas holotoxinas muestran una alta actividad in vitro contra varios hongos (Theodorides, 1980).

Los pepinos de mar pertenecen al Phylum Echinodermata y a la clase Holothuroidea, dado que carecen de brazos y la boca y el ano se encuentran situados en polos opuestos, su eje polar es muy largo, de lo cual resulta el cuerpo alargado en forma de pepino, su esqueleto se ha reducido a oscículos microscópicos y sus pies bucales se han modificado formando un círculo de tentáculos alrededor de la boca (FAO, 1986).

La mayoría de los pepinos de mar son dioicos y la gónada se localiza en la parte anterior del celoma, debajo del interambulacro dorsal medio (Figura 1). La gónada esta compuesta de un gran racimo de túbulos simples o ramificados que se unen en el gonoducto, y terminando en un orificio genital (gonoporo) que se abre al exterior por donde son expulsadas las células gaméticas (Barnes, 1977).

Los Holoturoideos de amplia distribución latitudinal, habitan diferentes y contrastantes tipos de biotopos, desde aguas costeras someras hasta grandes profundidades. Son considerados bentónicos, aunque existen excepciones pelágicas. Se encuentran asociados a substratos duros como arrecifes de coral, formaciones rocosas o en epibiosis con plantas y algunos invertebrados (FAO, 1986).

La especie *Parastichopus parvimensis* pertenece a la familia Stichopidae (Ricketts *et al.*, 1985), y se distribuye desde Point Conception en California, E.U.A., a Punta San Bartolomé, Baja California (Deichman, 1973 en

Yingst, 1982). Alcanza una longitud de 25 a 50 cm y ocurre en el submareal con fondos rocosos, arenosos o lodosos a lo largo de la costa oeste de Norteamérica y prefieren aguas someras de hasta 30 m de profundidad.

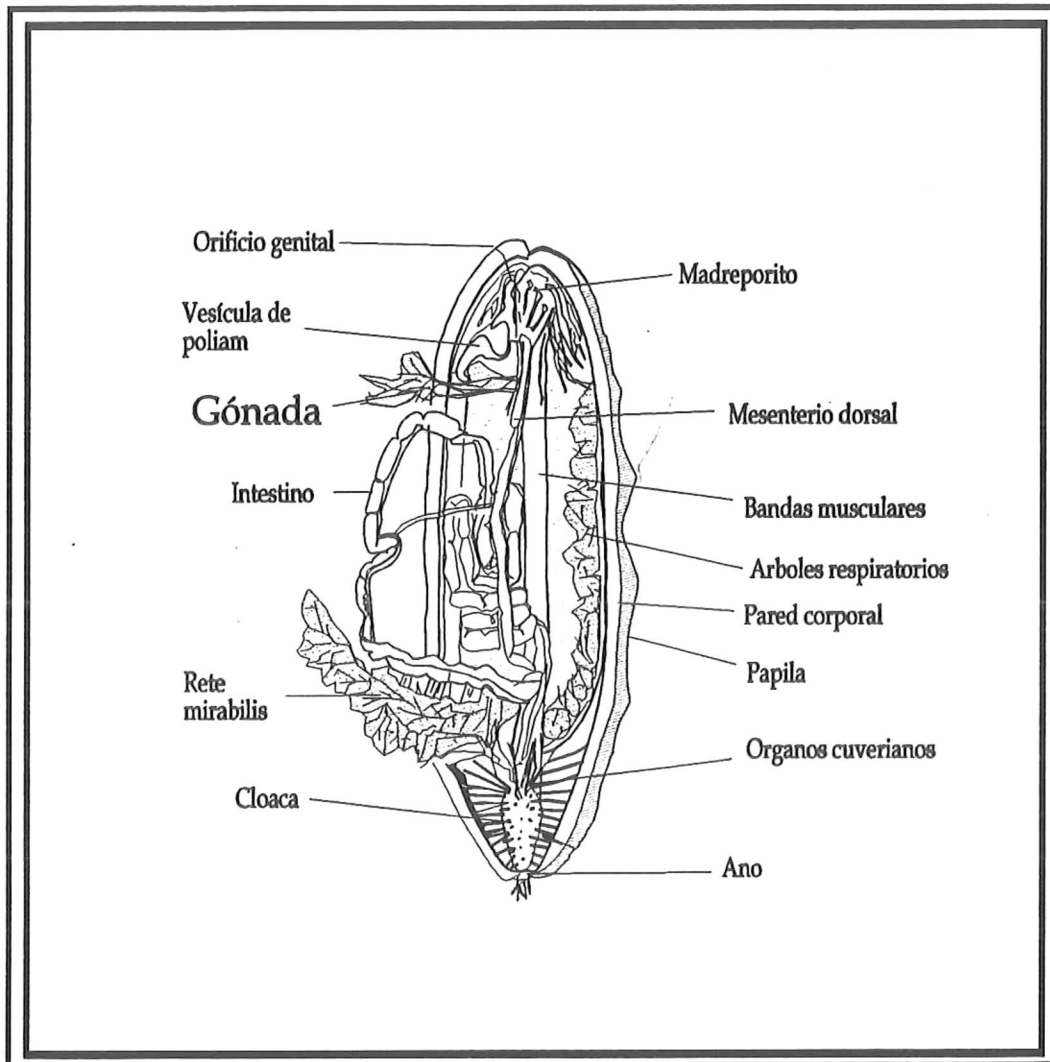


Figura 1.- Anatomía interna del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Tomado de FAO, 1986).

La información disponible sobre la biología reproductiva de los pepinos de mar ha aumentado considerablemente a través de los años. Las épocas de reproducción de algunas especies de *Parastichopus* sp. de sistemas templados y árticos son generalmente reguladas por las variables ambientales (Booolootian, 1966). Lo contrario, a pepinos de mar de áreas tropicales donde los efectos de la estacionalidad no son tan marcados.

Algunos holoturoideos poseen ciclos reproductivos anuales con desoves favorecidos por el incremento de la temperatura en verano (Chantal, 1981; Engstrom, 1980; Costelloe, 1985); sin embargo, Rutherford (1973) registró el desove de *Cucumaria pseudocurata* durante el invierno (diciembre y enero).

La madurez para algunas especies de áreas tropicales se ha determinado bajo análisis microscópicos estableciendo cinco etapas de madurez sexual (Chantal, 1981; FAO, 1986).

Para especies de importancia comercial como *Parastichopus californicus*, se han realizado una gran cantidad de estudios biológicos como los de Smiley y Cloney (1985), Smiley (1986; 1988) y McEuen (1988) sobre comportamiento y procesos de reproducción; Cameron y Fankboner (1986, 1989) sobre comportamiento ecológico ontogénico, reclutamiento, biología reproductiva, procesos de alimentación y atrofia visceral.

Existen pocos trabajos sobre *Parastichopus parvimensis*, como el de Dimock (1977) quien estudió el efecto de evisceración sobre su tasa metabólica. Yingst (1982) destacó el importante papel de estos organismos en la remoción de la materia orgánica en diferentes tipos de sedimento; Muscat (1983) en el sur de California, describió fuertes fluctuaciones estacionales (agosto a noviembre) en la densidad poblacional, así como una marcada diferencia en la preferencia de hábitat entre juveniles y adultos, y un ciclo reproductivo bien definido con desoves de mayo a junio. Tapia-Vázquez *et al.*, (1994) describieron la madurez gonadal en dos poblaciones de *P. parvimensis* en Baja California (Bahía de Todos Santos y Bahía de El Rosario) e indicaron un crecimiento gametogénico sincrónico, con una proporción de sexos activos de 1:1 y reportan al mes de junio como aquel en donde se presenta la fase reproductiva. Recientemente, Pérez-Plascencia (1995), examinó el crecimiento y reproducción de una población de *P. parvimensis* en la Bahía Todos Santos y registró similarmente, un ciclo reproductivo anual y sincrónico, con un peso de primera madurez de 160 g.

Uno de los parámetros biológico-pesqueros que aportan información sobre la dinámica poblacional, es la fecundidad. La fecundidad como parte del fenómeno reproductivo, es uno de los mecanismos de autorregulación del crecimiento poblacional y se ajusta automáticamente al suplemento de alimento exógeno por medio del metabolismo. La importancia de los estudios

sobre fecundidad reside fundamentalmente en su relación con las estimaciones de productividad de los recursos pesqueros y puede utilizarse como un indicador del potencial biótico de una especie (Baqueiro *et al.*, 1992). La fecundidad puede definirse como el número total de células gaméticas, previo a su liberación (Molina-Martínez, 1983), o bien, en condiciones en las que la liberación se haya efectuado, pero en mínima cantidad.

La fecundidad puede expresarse como:

- \* **Fecundidad absoluta: número total de células gaméticas por organismo.**
- \* **Fecundidad relativa: número de células gaméticas expresado por unidad de longitud o peso del organismo.**

La cuantificación de huevos como medida de fecundidad es utilizada por algunos autores para relacionar épocas reproductivas y de desove, lo que ha permitido establecer regulaciones para algunas pesquerías como la de moluscos en Baja California como *Haliotis midae* (Newman, 1967); *Haliotis rufescens* (González-Avilés y Ortiz-Quintanilla, 1986); para la lapa *Megathura crenulata* (Barajas-Santinelli, 1993); en crustáceos decápodos como *Callinectes sapidus* Rathbun y *Panulirus argus* (Latreille) (Ros y Menocal-Rojas, 1978); para la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) (Pineda-Barrera *et al.*, 1981) y para el holoturoideo *Cucumaria*

*pseudocurata* (Rutherford, 1973). Todos los autores anteriores utilizan el método de conteo directo de células gaméticas para determinar la fecundidad absoluta y la fecundidad relativa de los diferentes organismos. Sin embargo, para organismos como *P. parvimensis* no se han realizado este tipo de estudios.

## 1.2 OBJETIVOS

### Objetivo general:

Determinar algunos aspectos de la biología reproductiva de una población del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* localizada en las Islas Todos Santos, Baja California, México.

### Objetivos particulares:

Describir los cambios en el desarrollo reproductivo de *P. parvimensis* a través de un ciclo anual, expresado mediante el uso de un Índice Gonadosomático y mediante las variaciones microscópicas de los diversos estadios de madurez gonadal.

Estimar la fecundidad absoluta y relativa de los organismos, como un indicador del potencial reproductor de la población.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se recolectaron en las Islas Todos Santos (Figura 2) ubicadas en la Bahía de Todos Santos situada sobre la costa Oeste de la Península de Baja California (31°40' y 31°56'N; 116°36' y 116°56'W) (Secretaría de Marina, 1974).

Los organismos (*Parastichopus parvimensis*) se obtuvieron mensualmente de julio de 1993 a julio de 1994 en la región del sublitoral, utilizando buceo autónomo a una profundidad comprendida entre 10 y 20 m, se extrajeron aproximadamente 30 organismos por muestreo. En el mes de Abril no se realizó el muestreo por condiciones climáticas adversas.

Para relacionar el comportamiento reproductivo con los cambios estacionales de temperatura, en cada muestreo se midió la temperatura superficial y de fondo con un termómetro protegido (precisión 0.5 °C).

Los organismos se llevaron a la superficie con redes en forma de bolsa y una vez allí se colocaron de manera individual en bolsas de plástico con agua de mar preparada con cristales de mentol (aprox. 1g/l) para relajarlos y evitar evisceración, así como para facilitar su manejo y disección. Los especímenes fueron transportados al laboratorio para su análisis.

El procesamiento de las muestras se realizó en el laboratorio del Grupo de Estudios Básicos Aplicados a Pesquerías (GEBAP) dentro del proyecto

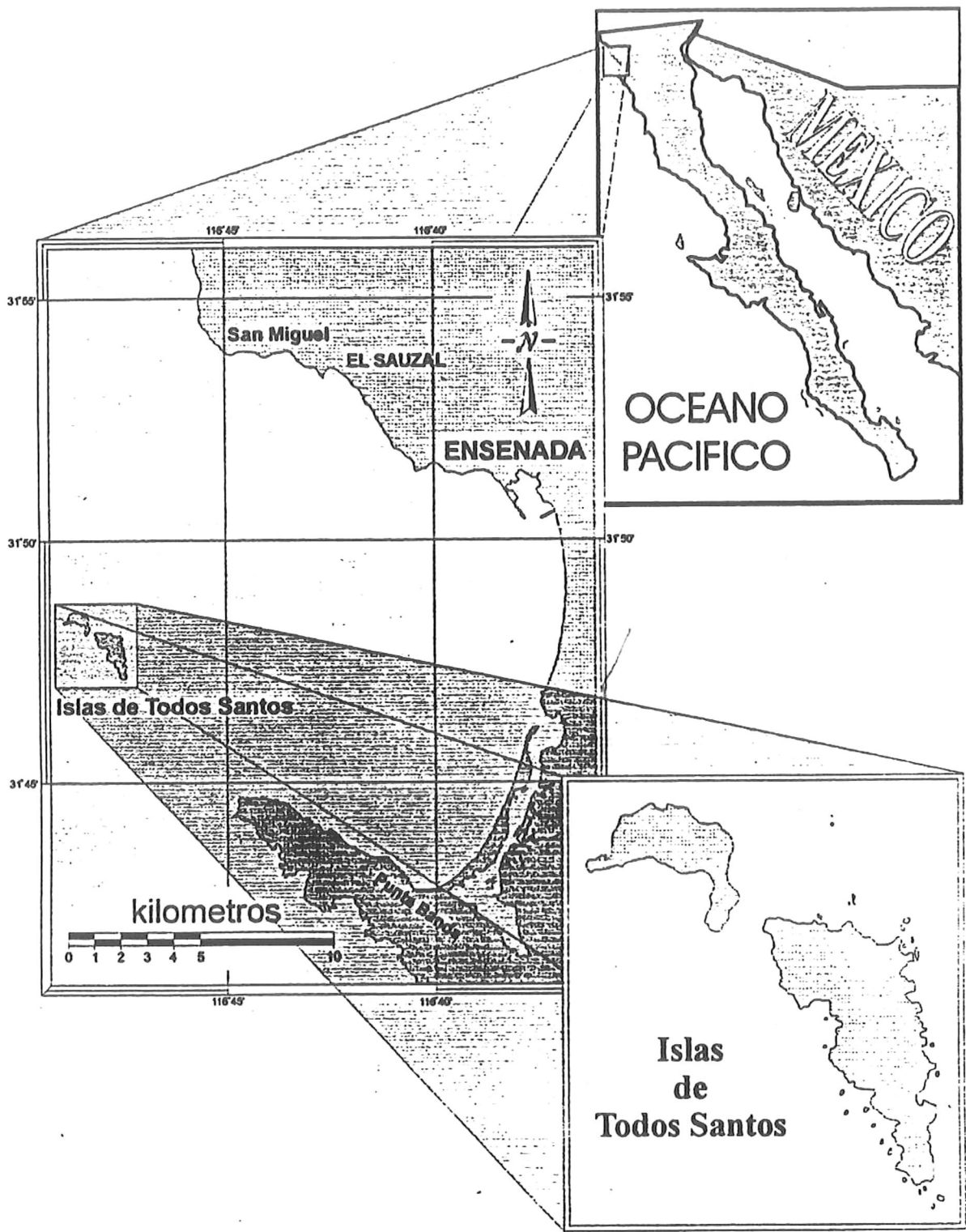


Figura 2.- Localización del área de estudio.

"Biología Pesquera y Potencial Acuacultural del Pepino de Mar" de la Facultad de Ciencias Marinas.

Con la ayuda de una cinta métrica (precisión 1 mm) se midió la longitud total del organismo en estado de relajación, colocando a éste sobre una charola de disección, midiendo desde el borde externo de la corona tentacular hasta el año.

En una balanza analítica (precisión 0.1 g) se midió el peso húmedo total drenado de los organismos, eliminando el fluido de la cavidad corporal por medio de un pequeño corte en la parte dorsal. Después se colocó al organismo sobre la suela ventral y se terminó con el corte desde el ano hasta la corona bucal, se obtuvo el tracto digestivo, las vísceras y la gónada, cuando ésta se encontraba presente, y se registró el peso húmedo de la pared corporal y el peso húmedo de la gónada.

Para los propósitos de este trabajo, se tomaron en cuenta solamente dos variables (peso húmedo de la pared corporal y peso de la gónada) y se verificó su relación mediante un análisis de regresión lineal.

Se realizó una primera determinación del sexo de manera macroscópica, considerando forma y coloración (Cameron y Fankboner, 1986), utilizando ocasionalmente un microscopio estereoscópico para corroborar dichas determinaciones. Se calcularon entonces los números relativos y las frecuencias porcentuales de organismos machos, hembras y sexualmente

indiferenciados (organismos sin gónada) a través del tiempo del muestreo. Inmediatamente, las gónadas fueron preservadas con formaldehído (4%) para su endurecimiento (Newman, 1967; Hayashi, 1980). Después de 48 horas se realizó el análisis microscópico de las gónadas en el laboratorio del proyecto Investigaciones Histológicas de Recursos Pesqueros del Pacífico Norte del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de El Sauzal de Rodríguez, Ensenada, B.C.; aplicando la técnica histológica de deshidratación de Theilacker (1985) e inclusión en ammeraffin, mediante el uso de un procesador automático de tejidos (Histo-Kinett). Se realizaron cortes de 5 a 7 micras de espesor empleando un microtomo de rotación marca American Optical modelo 820, los cortes fueron sometidos a una desparafinación antes del proceso de tinción, bajo la técnica topográfica Hematoxilina-Eosina (H-E), montando por último los cortes en resina sintética.

Se determinó la proporción de sexos muestral aplicando una prueba Ji-cuadrada de bondad de ajuste (95% de confianza) y se sometió a prueba la hipótesis nula de homogeneidad en la proporción de sexos (1:1), sin tomar en cuenta los organismos sexualmente indiferenciados.

Para describir los cambios en la madurez gonadal de los organismos se establecieron para ambos sexos cinco estadios (Tabla I).

Tabla I.- Descripción de los Estadios de Madurez Gonadal (Tapia-Vázquez y Castro-González, 1991).

Estadios		Características
<b>Estadio 0</b>	Indiferenciado	Ausencia de gónadas
<b>Estadio I</b>	Inmaduro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sin gametas (etapa virgen). Células primordiales (no se distinguen sexos).</li> <li>b) Con gametas. Células en reabsorción (ovocitos o espermatozoides).</li> </ul>
<b>Estadio II</b>	Maduración inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Inicia la gametogénesis en ambos sexos.</li> <li>b) Presencia de células primordiales.</li> <li>c) Ovocitos y espermatoцитos primarios y secundarios.</li> </ul>
<b>Estadio III</b>	Maduración avanzada	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) En hembras: ovocitos no vitelados en menor proporción (primarios y secundarios), con dominancia de ovocitos secundarios.</li> <li>b) En machos: espermatoцитos primarios y secundarios, dominando la presencia de espermátides y espermatozoides.</li> </ul>
<b>Estadio IV</b>	Maduro o reproductivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ovocitos vitelados (maduros).</li> <li>b) Espermatozoides.</li> </ul>
<b>Estadio V</b>	Desove o expulsión	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Células en reabsorción.</li> <li>b) Fagocitos o amebocitos.</li> <li>c) Gónada colapsada.</li> </ul>

Se tomaron microfotografías mediante un fotomicroscopio Microstart American Optical, para identificar las características de los diferentes tipos de células gaméticas en machos y hembras en cada uno de los estadios de madurez, (Anexo A).

A partir de la función de las frecuencias acumulativas de los pesos húmedos de la pared corporal de todos los organismos sexualmente diferenciados, se estimó de forma gráfica la talla de primera madurez, tomando como criterio el punto sobre la curva en donde se encontró el 50% de los organismos.

El Índice Gonadosomático (I.G.), se calculó para todos los organismos cuyo peso estuviera por arriba del peso de primera madurez siguiendo la fórmula propuesta por Engstrom (1982):

$$\text{I.G.} = \left\{ \frac{\text{Peso gonadal}}{\text{Peso gonadal} + \text{Peso corporal}} \right\} (100)$$

Para obtener una aproximación del comportamiento reproductivo y conocer la época de desove, los valores del I.G. se graficaron contra los meses de muestreo para machos, hembras y de manera global.

Se puso a prueba la bondad de ajuste a una distribución normal de todos los datos de I.G. para machos y hembras mensualmente, se aplicó la prueba QQ al 95% de confianza, para saber si era válido manejar los datos de

manera global y se realizaron pruebas de contraste no-paramétricas entre machos y hembras.

Se analizaron posteriormente los índices gonadosomáticos para machos y hembras por separado.

Para determinar en que mes existía un mayor aporte del I.G. y referirlo como un indicador del comportamiento del ciclo reproductivo, se graficaron las frecuencias de ocurrencia del I.G. a través del tiempo para machos y hembras.

El comportamiento del ciclo reproductivo observado con el I.G. se comparó con las frecuencias de ocurrencia de los organismos en los diferentes estadios de madurez.

Con el propósito de analizar si existía una correlación entre la determinación histológica (estadios de madurez) del ciclo reproductivo de los organismos y los valores de I.G., se realizó una prueba de ajuste de todos los valores de I.G para cada estadio a una distribución normal aplicando la prueba QQ al 95% de confianza, pero debido a la amplia dispersión de los valores de I.G. por estadios y a la tendencia polimodal de los mismos, no se pudo establecer una medida de tendencia central representativa para cada estadio.

La fecundidad fue estimada para 10 gónadas en estadio IV (maduro o reproductivo), dicho tamaño de muestra se determinó con una prueba de comparación de medias (t de student) hasta que las diferencias entre las medias no fueran estadísticamente significativas. Se tomaron 10 porciones de

0.01g de cada una de las gónadas y se preservaron en líquido de Gilson (modificado) agitando continuamente hasta lograr el desprendimiento de los tejidos y la penetración del preservador. Después de 48 horas de agitación vigorosa los ovocitos se soltaron del tejido y se procedió al conteo con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Se calcularon los estadísticos descriptivos para cada gónada y se calculó la fecundidad per capita o individual de acuerdo a la siguiente ecuación (Holden y Raitt, 1974):

$$F = ( nG/g )$$

donde: **F** = Fecundidad per capita

**n** = Número de células gaméticas en la submuestra

**G** = Peso de la gónada (g)

**g** = Peso de la submuestra (g)

Para determinar la fecundidad relativa se establecieron relaciones entre la fecundidad y el peso húmedo de la pared corporal y entre la fecundidad y el peso húmedo de la gónada mediante análisis de regresión (González-Avilés y Ortiz-Quintanilla, 1986), dada por las ecuaciones:

$$F = aPCb$$

$$F = aPGb$$

donde:

**F** = Fecundidad estimada

**PC** = Peso corporal (g)

**PG** = Peso de la gónada (g)

**a y b** = constantes de la regresión

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Proporción de sexos**

Se recolectó un total de 311 organismos de los cuales se encontraron 86 machos, 91 hembras y 134 organismos sexualmente indiferenciados.

La proporción sexual fue significativamente similar ( $\chi^2=0.0036$ ,  $p>0.05$ ), esto es que se aproxima a una proporción esperada de 1:1. En la figuras 3 y 4 se presentan las frecuencias en número y las frecuencias porcentuales de organismos machos, hembras y sexualmente indiferenciados e inmaduros. La proporción de machos y hembras se mantuvo en equilibrio durante todo el tiempo de muestreo con excepción de los meses de septiembre a diciembre, en donde se presentaron solamente organismos sexualmente indiferenciados.

#### **3.2 Correlación de las variables biométricas**

El resultado del análisis de regresión aplicado a los datos de peso húmedo de la pared corporal y peso húmedo de la gónada mostró que ambas variables son independientes ( $r=0.2728$ ,  $p>0.05$ ).

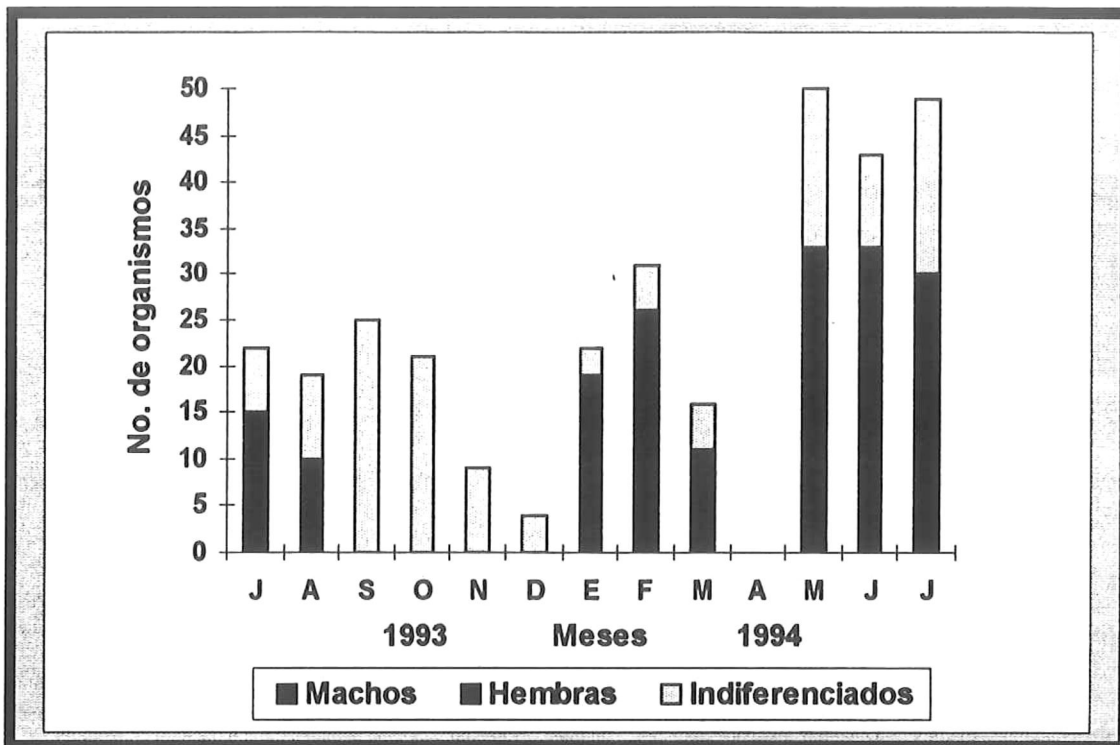


Figura 3.- Frecuencias absolutas de organismos machos, hembras y sexualmente indiferenciados de *Parastichopus parvimensis*.

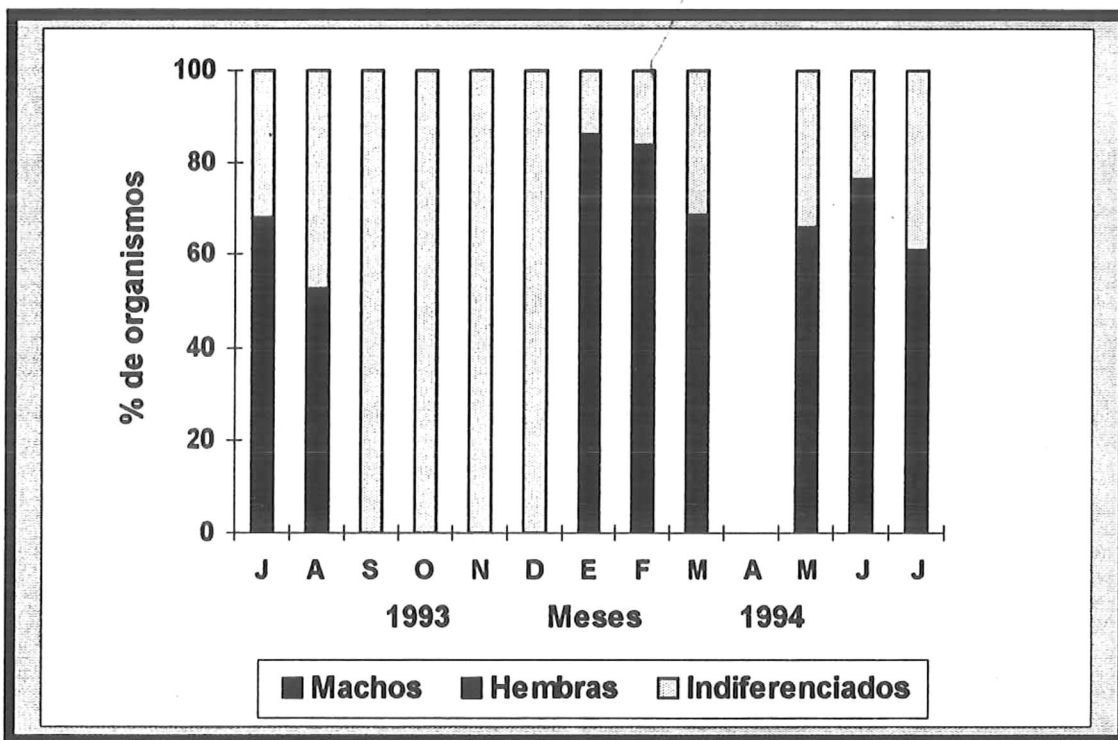


Figura 4.- Frecuencias porcentuales de organismos machos, hembras y sexualmente indiferenciados de *Parastichopus parvimensis*.

### **3.3 Temperatura**

En la figura 5 se muestran los valores de temperaturas obtenidos mensualmente durante el período de muestreo, los cuales representan el típico patrón de cambio estacional de temperaturas para la Bahía Todos Santos (Pérez-Plascencia, 1995). A finales de primavera y verano, así como a principios de otoño, se notó una estratificación térmica desde la superficie, lo cual contrasta con la homogeneidad de la columna de agua debida a los procesos de mezcla presentes durante el invierno.

### **3.4 Peso de primera madurez**

En la figura 6 se muestra la gráfica de las frecuencias acumulativas del peso húmedo de la pared corporal de todos los organismos sexualmente diferenciados, a partir de la cual se encontró que el peso de primera madurez fue de 166 g.

### **3.5 Índice Gonadosomático**

En la figura 7 se presentan los resultados del índice gonadosomático calculado para machos, hembras y de manera global para ambos sexos (incluyendo a los organismos sexualmente indiferenciados con peso superior al peso de primera madurez). El patrón general fue de disminución de julio a

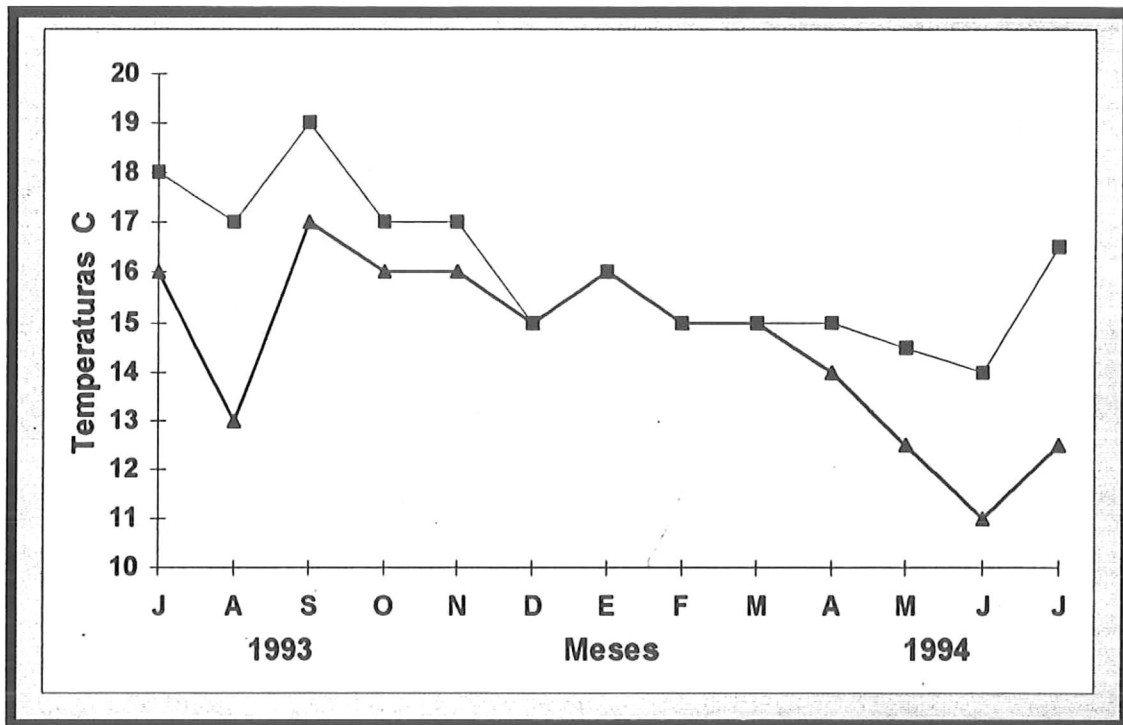


Figura 5.- Temperaturas registradas en la zona de muestreo (Islas Todos Santos). Temperaturas superficiales (■) y temperaturas de fondo (◊).

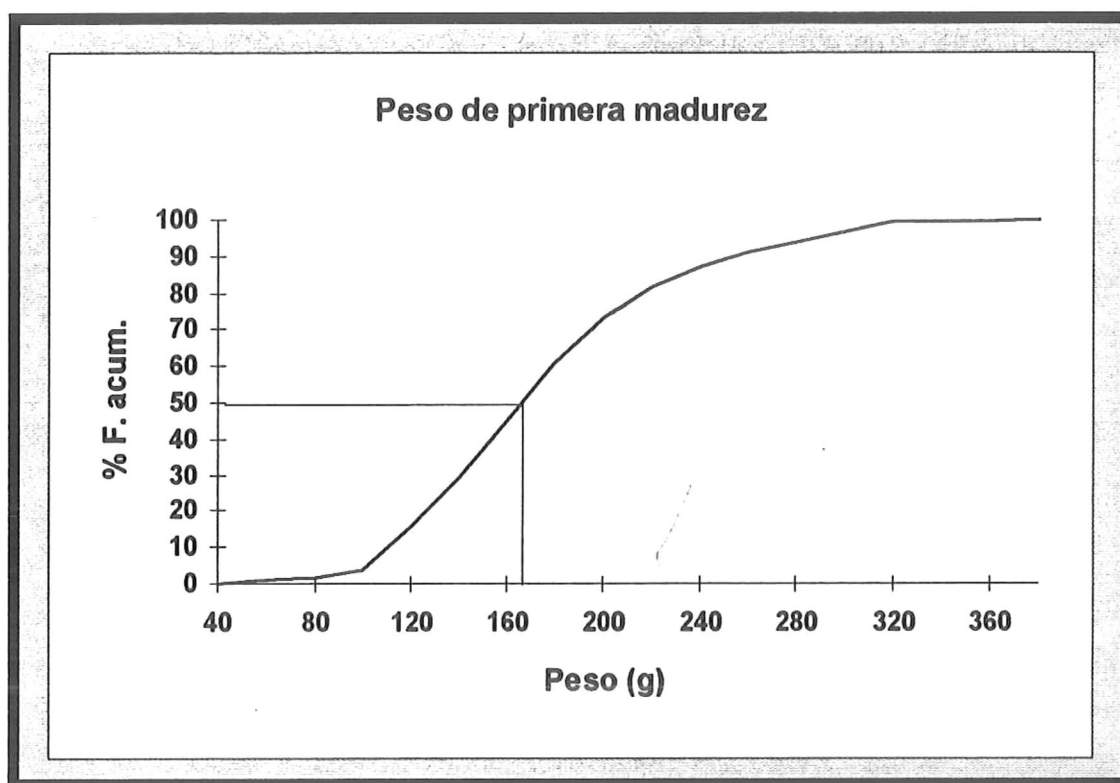


Figura 6.- Porcentaje de las frecuencias acumuladas de los pesos húmedos de la pared corporal de *Parastichopus parvimensis*.

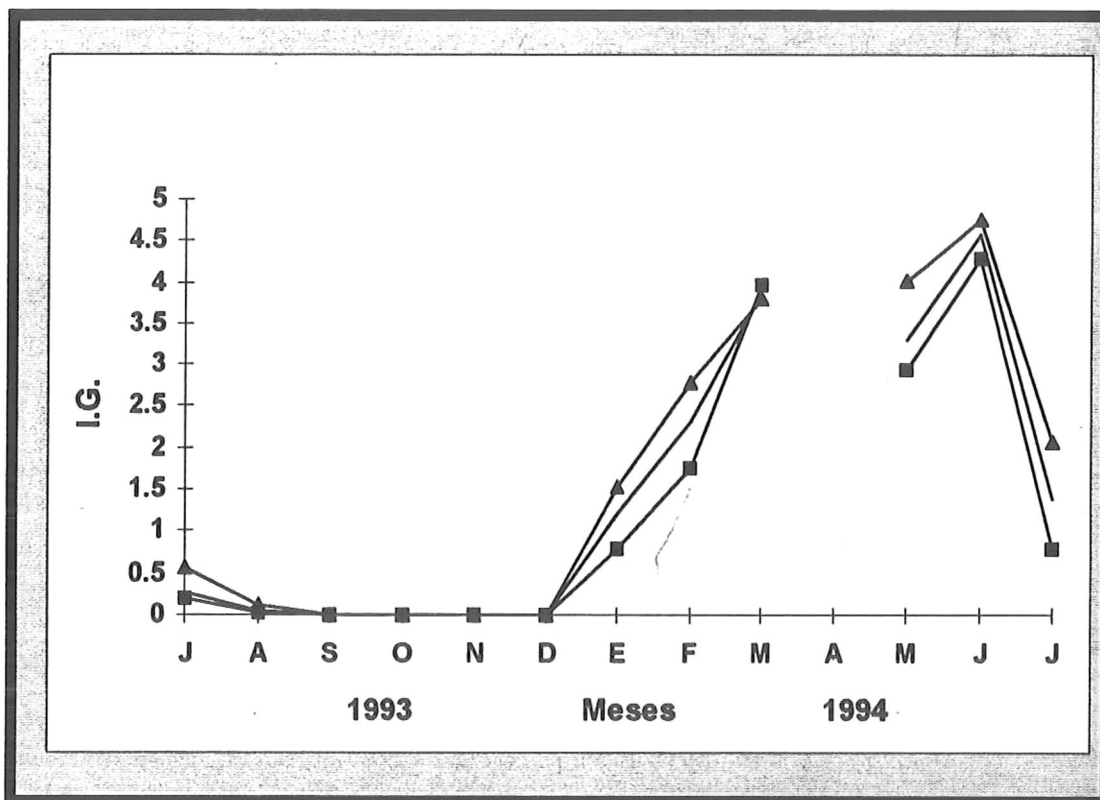


Figura 7.- Promedios mensuales de Índice Gonadosomático para *P. Parvimensismachos* (■), hembras (◆) y global (sexos combinados, incluyendo organismos sexualmente indiferenciados, con peso > peso de primera madurez).

septiembre, permaneciendo con valores de cero hasta diciembre, seguido por un incremento hasta el máximo del mes de junio y volviendo a disminuir en el mes de julio del siguiente año.

La prueba QQ para verificar la normalidad de los datos mostró que en algunos meses (Febrero-Machos, Junio-Machos, y Hembras y Julio-Hembras) no se cumple con el requisito de normalidad (Tabla II).

La prueba Wilcoxon aplicada para los valores del índice gonadosomático de machos y hembras, mostró que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los meses de julio y agosto de 1993 y enero, mayo, junio y julio de 1994 (Tabla III).

Por lo anterior, se dejaron por separado el promedio mensual de machos y hembras (Figura 7).

En la figura 8, se puede apreciar que el aporte de I.G. en los meses de julio y agosto de 1993 es muy pequeño y la frecuencia de organismos machos es mayor que la frecuencia de hembras. De enero a mayo de 1994, los valores de I.G. aumentan y la frecuencia con la que se presentan machos y hembras es similar. En junio encontramos los valores más altos de I.G. con muy pocos organismos de ambos sexos y nuevamente en el mes de julio empiezan a decrecer los valores de I.G. y la presencia de hembras es menor que la de los machos.

Tabla II.- Prueba de Normalidad QQ ( $p < 0.05$ ). Para valores de Índice Gonadosomático de *P. parvimensis* en la Bahía Todos Santos.

Sindiferencias significativas (N.S). Significativamente diferentes (\*\*). No se realizó el análisis (---).

Meses	Machos	Hembras
Julio 1993	N.S.	N.S.
Agosto	N.S.	N.S.
Septiembre	---	---
Octubre	---	---
Noviembre	---	---
Diciembre	---	---
Enero 1994	N.S.	N.S.
Febrero	**	N.S.
Marzo	N.S.	N.S.
Abril	---	---
Mayo	N.S.	N.S.
Junio	**	**
Julio	N.S.	**

Tabla III.- Diferencias entre los valores de Índice Gonadosomático de organismos machos y hembras de *P. parvimensis* en la Bahía Todos Santos. Prueba Wicoxon ( $p < 0.05$ ).

Sin diferencias significativas (N.S). Significativamente diferentes (\*\*). No se realizó el análisis (---).

Meses	Machos/Hembras
Julio 1993	**
Agosto	**
Septiembre	---
Octubre	---
Noviembre	---
Diciembre	---
Enero 1994	**
Febrero	N.S.
Marzo	N.S.
Abril	---
Mayo	**
Junio	**
Julio	**

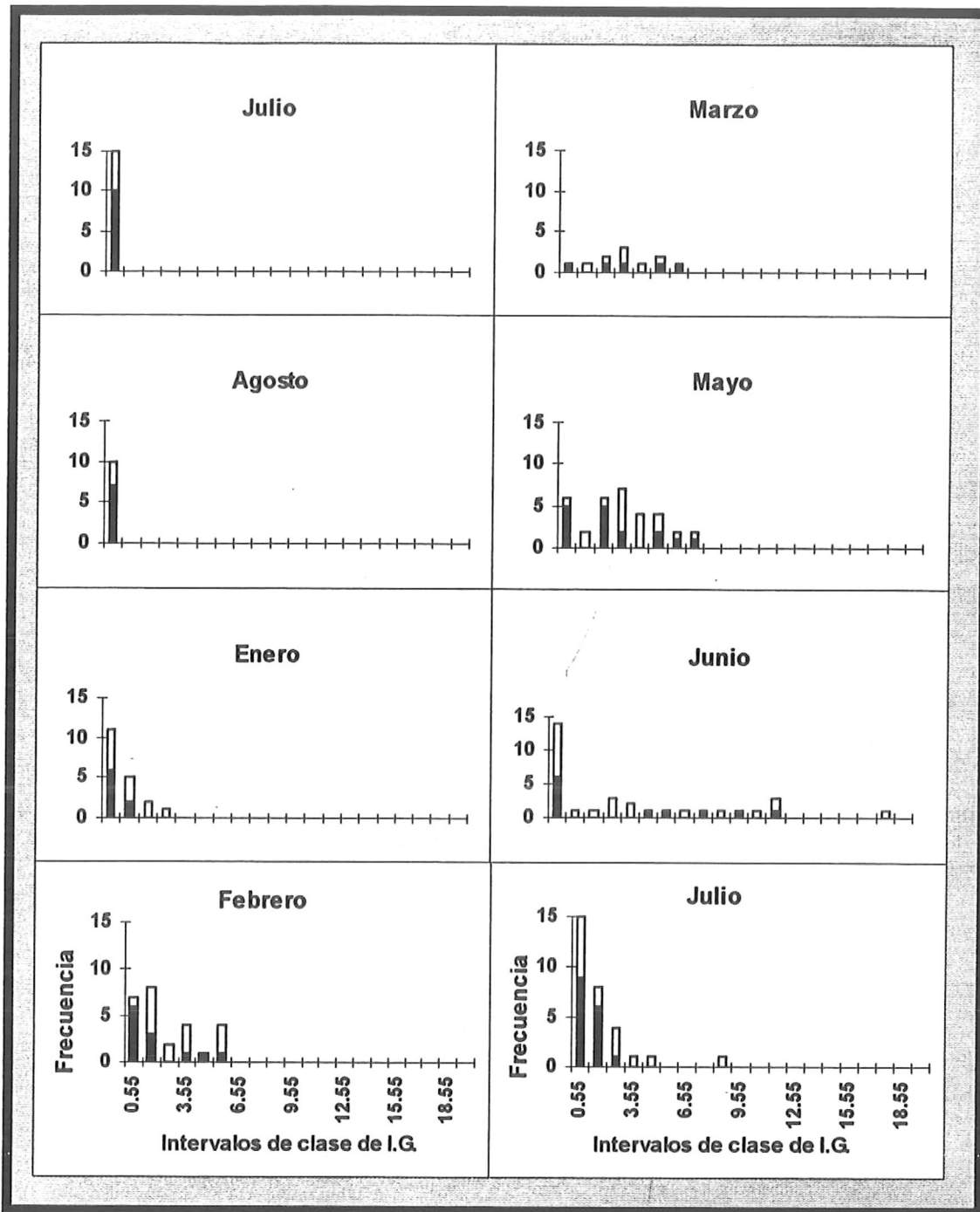


Figura 8.- Frecuencia de ocurrencia de organismos de *P. parvimensis* en los intervalos de clase de I.G.. Barras negras machos, barras blancas hembras.

### 3.6 Estadios de madurez

Para comparar el comportamiento del ciclo reproductivo observado empleando el I.G., se graficaron las frecuencias de ocurrencia de los organismos en los diferentes estadios de madurez (Figura 9). Se trabajaron 6 estadios para caracterizar adecuadamente el desarrollo de las gónadas a través del tiempo y poder describir de esta manera el ciclo reproductivo.

El estadio O (organismos que no presentan ninguna estructura que pueda diferenciarlos sexualmente) se presentó con un 100% durante los meses de septiembre a diciembre, período coincidente con la atrofia visceral.

En el estadio I (organismos en etapa virgen) no existen células gaméticas que los puedan hacer sexualmente diferenciables. Cuando estas se presentan aparecen como células primordiales rodeadas por epitelio folicular pegadas a las paredes de los túbulos, estos individuos representan un 10% de los organismos en el mes de julio de 1993.

En el estadio II (maduración inicial) se inicia la gametogénesis, todavía se observan células primordiales, en las hembras las paredes de los túbulos son más gruesas y a lo largo del epitelio germinal se aprecian ovocitos primarios y algunos ovocitos previtelogénicos; en los machos las paredes de los túbulos comienzan a ser más delgadas, con espermatogonias a lo largo

del epitelio germinal y presencia de espermatocitos y espermatides (células viteladas), estos organismos representaron un 30% en el mes de enero.

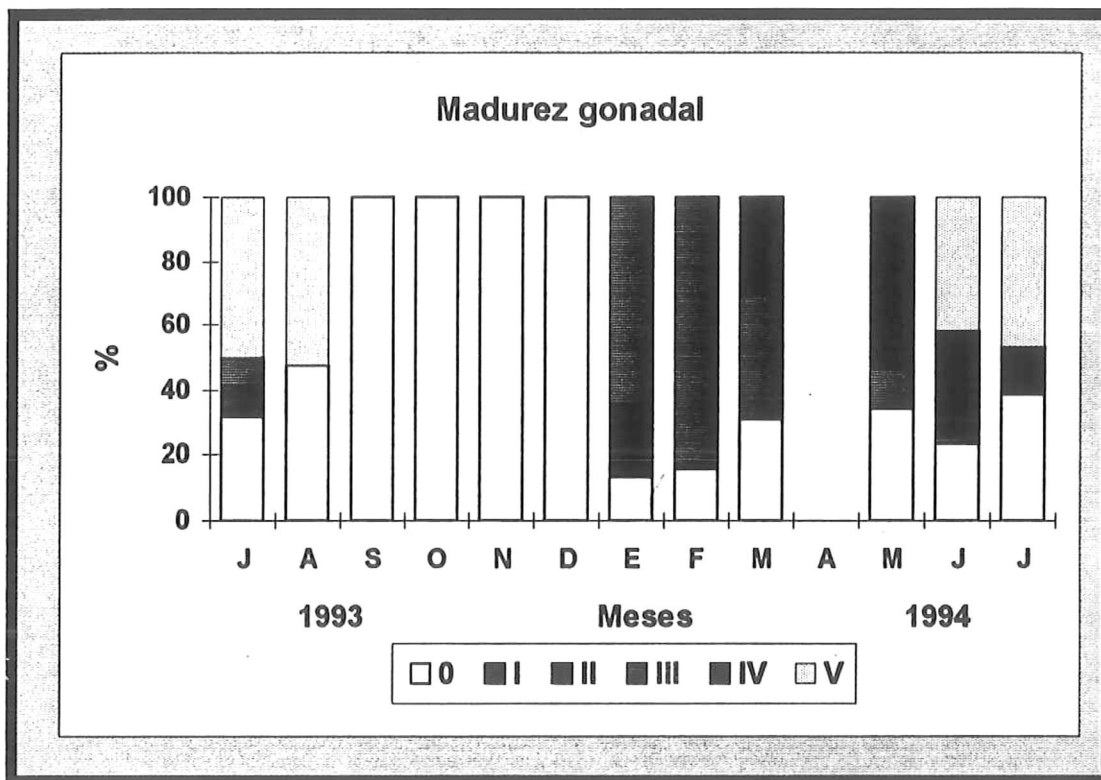


Figura 9.- Estadios de madurez gonadal. 0: Organismos indiferenciados sexualmente, I: Inmaduros, II: Maduración inicial, III: Maduración avanzada, IV: Maduros o reproductivos y V: Organismos en desove.

La maduración avanzada (estadio III) se caracteriza para ambos sexos por una alta actividad en la producción de gametos, las paredes de los túbulos son más delgadas, dominan en las hembras los ovocitos secundarios y en los machos los espermatozoides. Organismos en esta etapa aparecen desde el mes de enero, presentando un alto porcentaje en el mes de febrero.

En los meses de marzo a julio aparecen los organismos en estadio IV (maduros o reproductivos), en ambos sexos, los túbulos están completamente llenos de células maduras (ovocitos vitelados y espermatozoides). Los ovocitos son grandes y se observa por lo menos un núcleo bien definido, en ningún caso se observan células inmaduras.

Finalmente, en los organismos en estadio V (Desove o Expulsión) en ambos sexos, se observan células en reabsorción y comienzan a aparecer fagocitos nutritivos o amebocitos adyacentes a las células foliculares que rodean a los ovocitos residuales en las hembras, también en los machos se aprecian algunos espermatozoides que quedan retenidos después de la expulsión o desove. Estos organismos representaron un 50% en los meses de julio y agosto de 1993 y julio de 1994 y en el mes de junio de 1994 un 40%.

Para determinar alguna posible correlación entre las dos formas de determinación del ciclo reproductivo se elaboraron las gráficas de las figuras 10 y 11. para machos y hembras por separado. Aquí se observa de manera general que la dispersión de los valores de I.G. aumenta con el estadio de

madurez sexual. Los organismos se concentran con valores de I.G. muy bajos que pueden presentarse en la mayoría de los estadios de madurez, sin embargo estadios de madurez mayores pueden corresponder a una gama más amplia de valores de I.G..

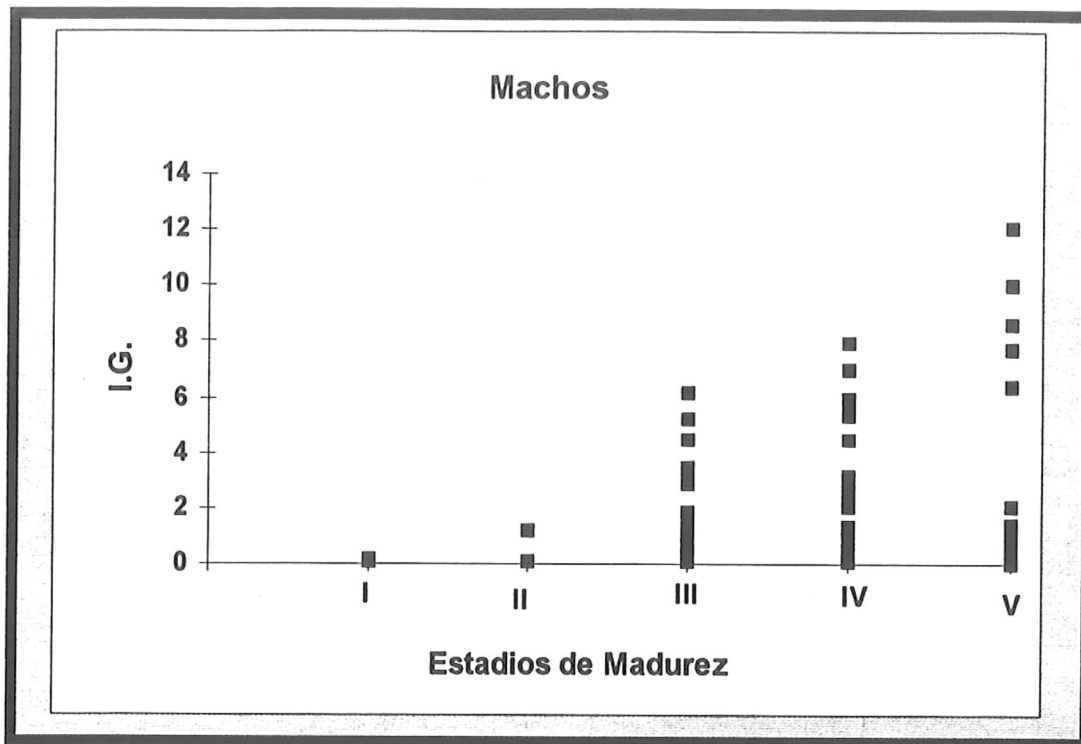


Figura 10.- Frecuencia de los valores de Índice Gonadosomático (I.G.) en los diferentes estadios de madurez para machos de *P. parvimensis*.

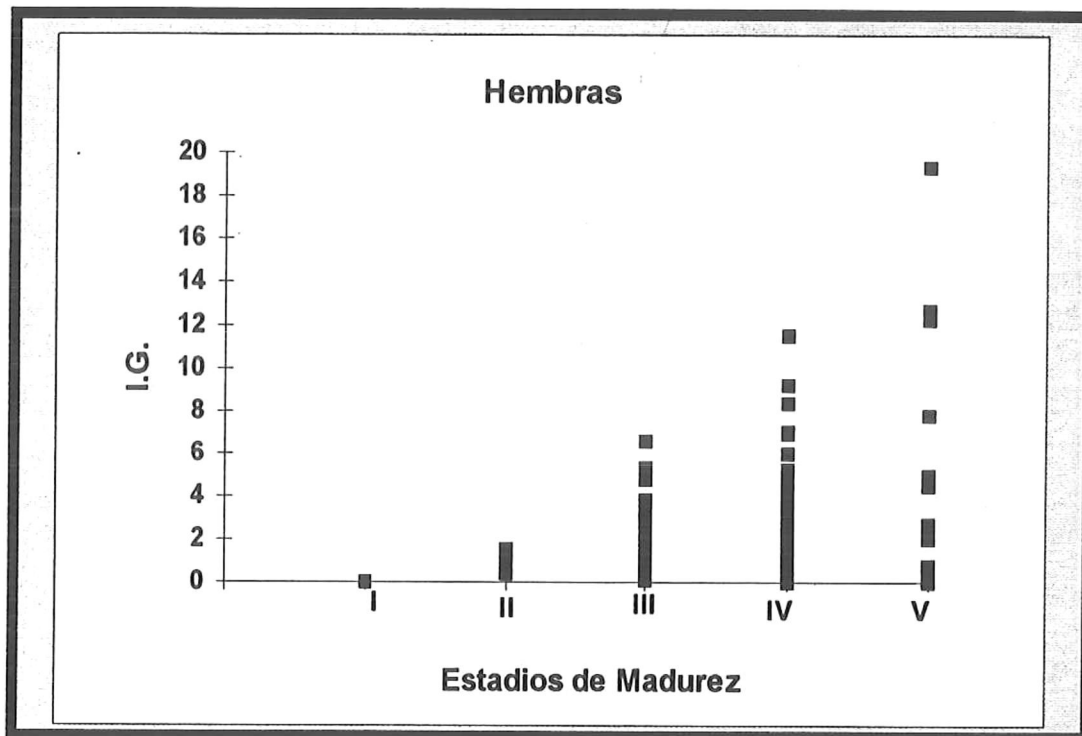


Figura 11.- Frecuencia de los valores de Índice Gonadosomático (I.G.) en los diferentes estadios de madurez para machos de *P. Parvimensis*.

### 3.7 Fecundidad

Los intervalos del peso corporal y del peso gonadal para las 10 gónadas utilizadas en el análisis de fecundidad estuvieron entre los 95 y 184 g y 4 y 8.12 g respectivamente, con un promedio de peso corporal de 146.75 g y de peso gonadal de 6.64 g. Los valores de fecundidad absoluta o individual se muestran en la tabla (IV), en donde se observa que la fecundidad máxima fue de 2,838,503.5 ovocitos en un organismo de 150 g de peso corporal y 7.91 g de peso de gónada y la fecundidad mínima fue de 1,292,080 ovocitos en un organismo de 95 g de peso corporal y 4 g de gónada.

En la tabla V y figuras 12 y 13 se presentan los valores de las relaciones entre la fecundidad con el peso húmedo de la pared corporal y el peso húmedo de la gónada de los organismos. En ambas figuras se observa la relación entre la fecundidad y el peso húmedo de la pared corporal y entre la fecundidad y el peso húmedo de la gónada, la cual puede representarse con las ecuaciones de la tabla V con correlaciones superiores a 0.9 en ambos casos.

Tabla IV.- Resultados del análisis de fecundidad obtenidos para *P. parvimensis*, en la Bahía de Todos Santos, B.C., México.

Organismo	Peso (g)		Número promedio de ovocitos	Fecundidad número total de ovocitos
	Corporal	Gonadal		
1	95.00	4.00	3230.2	1'292,080.0
2	104.00	4.30	3499.7	1'504,871.0
3	119.00	5.10	3392.9	1'730,379.0
4	138.00	6.37	3402.7	2'167,519.9
5	145.82	7.25	3138.3	2'275,267.5
6	184.00	7.57	2943.5	2'228,229.5
7	178.36	7.90	3592.5	2'838,075.0
8	150.00	7.91	3588.5	2'838,503.5
9	185.00	7.95	3361.4	2'672,313.0
10	168.36	8.12	3392.1	2'754,385.2

Tabla V.- Valores calculados de la Ecuación de Regresión Fecundidad/Peso Corporal y Fecundidad/Peso Gonadal de *P. Parvimensis*.

Fecundidad	Coefficiente de Correlación	$r^2$
$F = 5.007PC^{1.079}$	0.91483	83.7%
$F = 6.536PG^{0.987}$	0.97676	95.4%

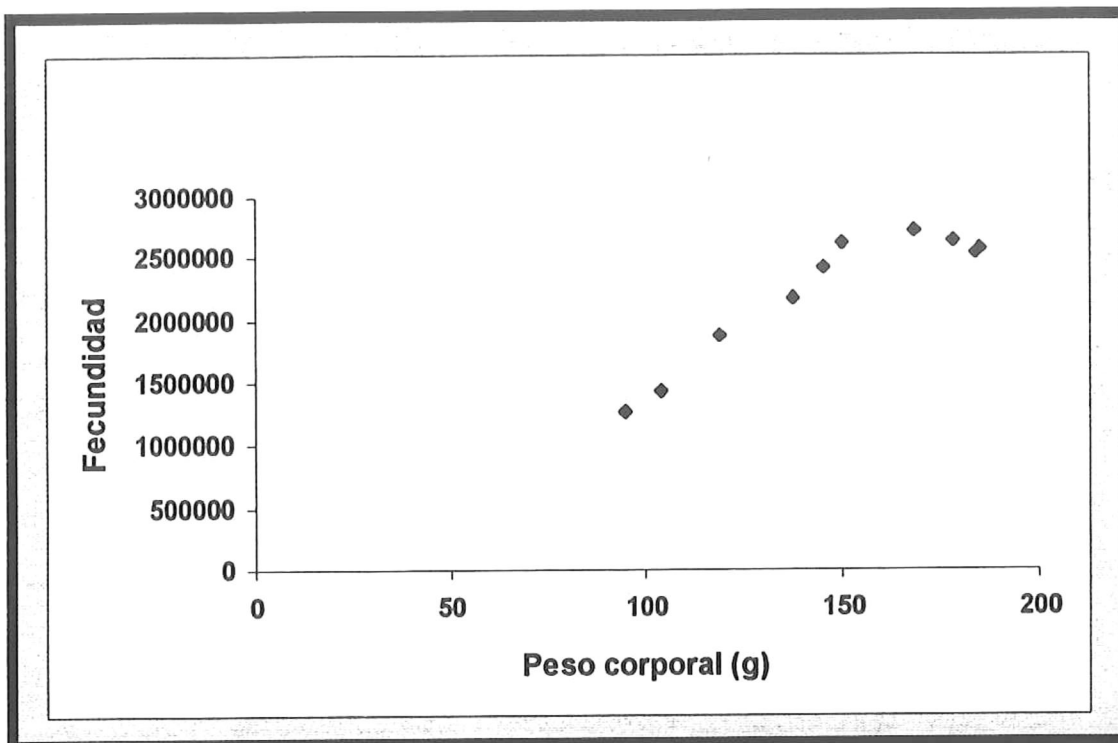


Figura 12.- Relación Peso húmedo de la pared corporal/Fecundidad de *Parastichopus parvimensis*

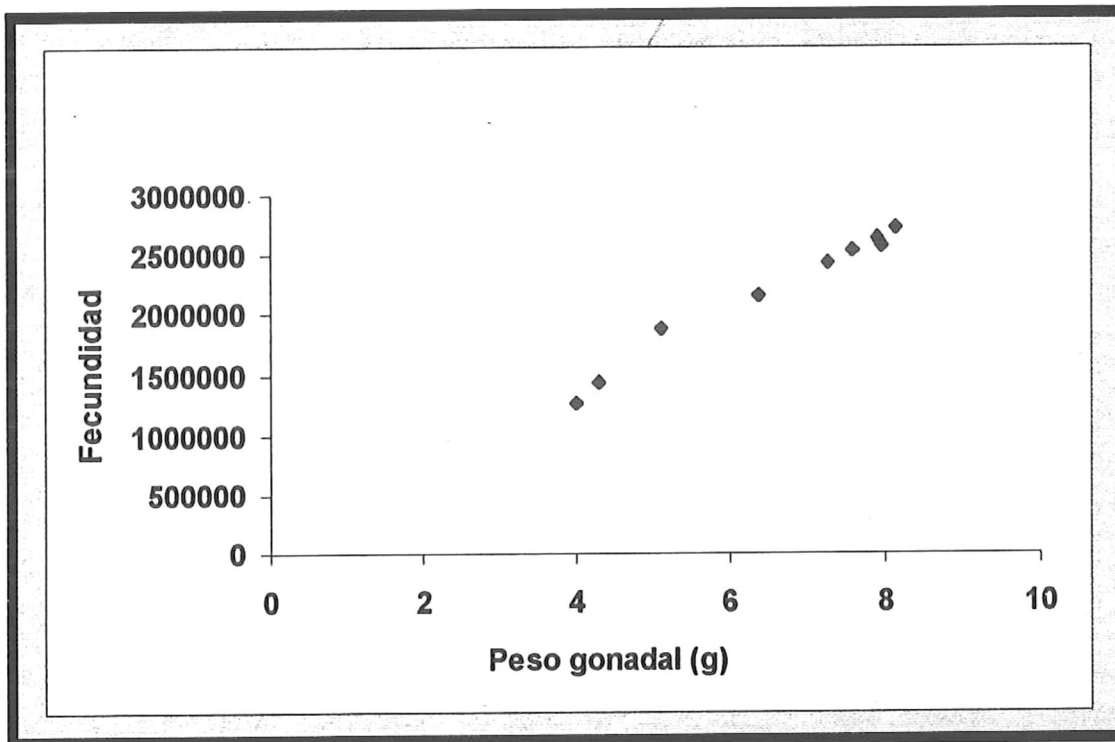


Figura 13.- Relación Peso húmedo de la gónada/Fecundidad de *Parastichopus parvimensis*

#### 4. DISCUSIONES

Los resultados sobre la proporción sexual (1:1) obtenidos en el presente trabajo son similares a los registrados para otros holoturoideos epibentónicos, tales como: *Actinopyga echinites* en el Pacífico tropical, *Cucumaria lubrica* en Puget Sound y *Holothuria mexicana* (Ludwig) (Conand, 1982; Engstrom, 1982; Mosher 1982).

Cameron y Fankboner (1986) encuentran la misma relación para el caso de *P. californicus* (pariente cercano de *P. parvimensis*) y mencionan que esta proporción de sexos dentro de una población distribuida al azar, como lo demostraron Da Silva *et al.* (1986) debería ser homogénea (1:1) con el fin de aumentar la probabilidad de que exista una buena mezcla de gametas en el desove, especialmente en especies que no observan una agregación de organismos durante el tiempo de desove, lo cual ocurre en la población analizada de *P. parvimensis* (Pérez-Plascencia comunicación personal).

Los pepinos de mar poseen cinco bandas musculares longitudinales que aunadas a un microesqueleto formado por oscículos calcáreos, les otorga la característica de alta contractibilidad (Hyman, 1955; Boolotian, 1966), lo que presenta un problema adicional en todos los estudios sobre la biología de estos organismos, pues resulta difícil medir la longitud y el grosor de los organismos y establecer clases de talla (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985).

Tradicionalmente, se emplean reglas de mano más o menos flexibles, midiendo la longitud total, desde la boca al ano. Aunque por lo general, cada autor lo resuelve a su manera intentando que las medidas sean lo más sistemáticas posibles. Engstrom (1982) mencionó haber secado previamente sus pequeños especímenes de *Cucumaria lubrica* enrollándolos en toallas de papel durante cinco minutos. El mismo autor (Engstrom, 1980) al estudiar los ciclos reproductivos de *Holothuria floridana* y *H. mexicana*, midió la longitud de los individuos cuando éstos presentaban la máxima contracción después de haber sido disecados y de haberles extraído las gónadas. Yingst (1982) realizó mediciones in situ (bajo el agua), también de la longitud total y la anchura sobre los pepinos contraídos, considerando como máxima contracción la alcanzada después de haberlos apretado. Hammond (1982a) utilizó como longitud la media de varias medidas realizadas también en inmersión, pero procurando no molestar a los ejemplares al medirlos con el fin de que no se contrajeran. Otros autores como Sloan (1980) prefirieron utilizar biomasa como medida de talla antes que medidas lineales y, Tyler y Gage (1983), renuncian a extraer conclusiones sobre la estructura de la población a partir de especímenes fijados de *Ypsilothuria talismani* debido a la forma irregular que presentan.

En el presente estudio, el medir la longitud de los organismos no fue la mejor opción para utilizarla como una referencia de talla. Durante los primeros

meses del muestreo se tomaron medidas de longitud de los organismos en estado de relajación pero se encontró una alta variabilidad entre varias medidas realizadas a un mismo organismo. Sin embargo, Pérez-Plascencia (1995) en su estudio sobre crecimiento y reproducción para organismos de *Parastichopus parvimensis*, de la misma población observada en el presente estudio, obtuvo una longitud promedio de 23 cm (rango de 6.5-38 cm) a 15 m de profundidad, con un organismo de 42 cm colectado a 30 m. Por todo lo anterior se tomó la decisión de utilizar solamente el peso húmedo de la gónada y el peso húmedo de la pared corporal que puede considerarse como una variable confiable para evitar desviaciones (Tuwo y Conand, 1992), debido al peso corporal variable atribuible al aporte de las vísceras (tracto digestivo, vesícula de poli, árboles respiratorios y gónada).

Entre estas dos variables (peso húmedo de la pared corporal y peso gonadal) no se encontró ningún tipo de correlación. El tamaño de la gónada es variable en el tiempo y está regulado por el tamaño de las células gaméticas según el estadio de madurez del organismo y es independiente del tamaño corporal del mismo.

En las figuras 3 y 4 se mostró la distribución global de la población de estudio en cuanto a la frecuencia en número y porcentaje, los organismos indiferenciados se presentan con frecuencia variable en todos los meses de muestreo, sin embargo, los meses de septiembre a diciembre encontramos

solamente organismos indiferenciados sexualmente, debido a la ausencia visceral estacional registrada como un fenómeno característico en Aspidoquirotas (Byrne, 1985). Este fenómeno es considerado por algunos autores como un proceso de evisceración, forma de autotomía practicada por algunos equinodermos holotúridos que involucra la expulsión del tracto digestivo y de otros órganos internos. Los holoturias dendroquirotas evisceran anteriormente por una ruptura del introverto con pérdida de la corona tentacular, el tracto digestivo, la vesícula hemal y algunas veces la gónada. Los holoturias aspidoquirotas evisceran posteriormente, expulsando el tracto digestivo, la vesícula hemal y algunas veces la gónada y los árboles respiratorios a través de una ruptura de la cloaca (Byrne, 1985).

Para la misma población de este trabajo, Pérez-Plascencia (1995) analizó la importancia particular del tracto digestivo y reportó que existe una atrofia estacional desde septiembre (probablemente julio), afectando primero la cantidad de alimento que consume el organismo y después absorbiendo el tracto digestivo hasta su desaparición total a finales de octubre, mostrando una recuperación de 2 a 4 semanas, con lo que en diciembre el organismo se alimenta nuevamente de forma activa.

Varios autores mencionan la evisceración como el motivo de la desaparición del tracto digestivo en holotúridos. Swan (1961) menciona que existe evisceración estacional espontánea en el mes de octubre para

***Parastichopus californicus***. Dimock (1977) concluyó que la ausencia de vísceras en ***P. parvimensis*** fue resultado de evisceración. Yingst (1982) y Muscat (1983) agregan que ***P. parvimensis*** presenta evisceración masiva estacional en los meses de septiembre a octubre.

En esta población, la gónada, el sistema circulatorio y los árboles respiratorios sufrieron reabsorción y reducción en su tamaño concordante a lo descrito anteriormente para el tracto digestivo (Pérez-Plascencia, 1995). Los túbulos gonadales, sin embargo, frecuentemente se desintegran en longitudes muy cortas, siguiendo el patrón de la atrofia y son procesados subsecuentemente por celomocitos fagocíticos y/o expulsados desde la cavidad celómica a través de los ductos ciliados de la cloaca (Cameron y Fankboner, 1985).

Antes de describir el ciclo reproductivo del pepino de mar ***P. parvimensis***, fue necesario determinar si el número variable de organismos considerados como indiferenciados en los distintos meses de muestreo, podrían influir en el valor del I.G. mensual de la porción sexualmente madura de la población. Por lo tanto, se estimó un peso al cual el 50% de los organismos pudieran considerarse maduros sexualmente tomando en cuenta las frecuencias acumulativas de los pesos húmedos corporales de todos los organismos, el resultado fue PC50 = 166 g, esto no excluye la posibilidad de que ***P. parvimensis*** se reproduzca a un peso menor.

Fankboner y Cameron (1985) mencionaron que *Parastichopus californicus* alcanza una edad reproductiva en su tercer año de vida. Engstrom (1980) señaló un mínimo de 2 años para que los ejemplares de *Holothuria floridana*, de talla similar a *P. parvimensis*, lleguen a reproducirse. Pérez-Plascencia (1995) mencionó como un problema el determinar si la talla de primera madurez encontrada para *P. parvimensis* (PC50 = 160 g), corresponde al primero, segundo o tercer año de vida.

La influencia de los distintos factores ambientales (corrientes dominantes, temperatura del agua o fotoperíodo, salinidad del agua, naturaleza físico-química del sustrato, etc.) en la distribución de una especie determinada de holoturia o en la composición de especies de una región, puede valorarse midiendo dichos parámetros en las áreas sometidas a estudio y estableciendo correlaciones con el comportamiento reproductivo, la densidad de individuos y la diversidad de especies en dichas zonas (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985).

El ciclo anual y el desove en verano son característicos de muchos invertebrados y ambos se encuentran sincronizados con la temperatura (Giese y Pearse, 1974). Fajardo-León *et al.* (1995) determinan que el ciclo reproductor de *Isostichopus fuscus* es anual, con desove en verano (junio a septiembre) y que el desarrollo gonádico y el I.G. se relacionan con las variaciones de la

temperatura, la máxima actividad reproductora y las cifras más altas de I.G. coinciden con los meses cálidos.

Fankboner y Cameron en 1985 en su trabajo sobre la biología reproductiva de *P. californicus*, no miden directamente la temperatura durante el período de estudio (primavera y verano), pero observan una estratificación térmica con agua cálida en la superficie, la cual fue más intensa durante el período en que se observó el máximo tamaño de la gónada y el desove. Las temperaturas de agua más altas en la superficie y en el fondo, coincidieron con los valores más altos de I.G.

Tapia *et al.* (1994) determinan para *P. parvimensis* un proceso de reproducción en marzo y abril y una época de desove que inicia en el mes de junio, para organismos de dos localidades, Bahía Todos Santos y el Rosario, B.C., utilizando únicamente análisis histológico de las gónadas de los organismos.

El uso de los I.G. es común en la determinación de los períodos reproductivos de muchas especies de holoturoideos, sin embargo, Grant y Tyler (1983) discutieron sobre la confiabilidad de estos, ya que las características biométricas de la gónada varían a lo largo del año y por lo tanto se encuentran valores de I.G. similares en los diferentes estadios de madurez sexual.

En el presente trabajo, los I.G. se utilizaron para dar una primera aproximación del comportamiento reproductivo de los organismos y su consecuente corroboración con los datos histológicos. Debido a que se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre machos y hembras en la mayoría de los meses de muestreo (excepto en febrero y marzo de 1994), se analizaron por separado los promedios mensuales de I.G. de machos y hembras, aunque ambos describen el mismo patrón reproductivo con la ligera diferencia de que el I.G. sugiere que el desove se presenta de junio a julio y en el análisis de madurez se ubica de mayo a junio (Figura 7).

Los valores de I.G. empiezan a incrementarse a partir del mes de enero cuando se presentaron gónadas pequeñas pero diferenciables sexualmente, alcanzando valores altos en el mes de marzo coincidiendo con el inicio de la primavera y la formación de la termoclina. Después de este período, el I.G. sugiere que los organismos presentan su desove en los meses de julio a agosto, posiblemente debido a los cambios de temperatura y al fotoperíodo al igual que en algunos haliótidos.

Los períodos de reproducción de los holotúridos varían según la latitud geográfica a la que se encuentran. Los holotúridos de aguas someras templadas generalmente tienen un discreto y corto período de desove en primavera o verano (Booolootian, 1966; Costelloe, 1985; Cameron y Fankboner, 1986; Smiley *et al.*, 1991), mientras que las especies tropicales presentan un

período reproductivo a finales de los meses cálidos (Chao *et al.*, 1994). Sin embargo, la mayoría de los holoturias aspidogirotas en aguas templadas y tropicales tienden a tener un ciclo reproductivo anual con desove en los meses cálidos (Hyman, 1955; Conand, 1990; Smiley *et al.*, 1991). Smiley *et al.*, (1991) atribuyen la adaptación del desarrollo de los holoturoideos indirectamente a un ciclo reproductivo en verano con la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento para el desarrollo larval planctónico.

El aporte de I.G. en cada uno de los meses de muestreo para machos y hembras se mostró en la figura 8, en los meses de julio y agosto de 1993 los valores de I.G. en ambos sexos fueron muy pequeños ya que casi todos los organismos se encontraron desovados pero probablemente no habían liberado todas sus gametas. De enero a mayo existe una sincronía entre machos y hembras en cuanto al crecimiento de la gónada, en este último mes alcanzan su tamaño máximo y valores altos de I.G. En el mes de junio del año siguiente nuevamente se inicia el decaimiento de los valores de I.G., comienza el desove pero no es de manera puntual en todos los organismos, en este mes y en los 2 o 3 meses que dura el período de desove observamos todavía organismos con altos valores de I.G. y casi todos eran hembras, lo que indica que en general las hembras presentan un I.G. promedio más alto que los machos. Algunos autores han encontrado que los ovarios de otras especies presentan I.G. más altos que los de los testículos (Costelloe, 1985; Conand,

1990). En los holoturoideos los ovarios son de mayor tamaño que los testículos debido al volumen que alcanzan por el tamaño de los ovocitos y no tanto por la cantidad de éstos (Booolootian, 1966). Cameron y Fankboner (1986) observan que los testículos de *Parastichopus californicus* y *Psolus fabricii* presentan I.G. más altos que los de los ovarios debido a la gran cantidad de túbulos presentes y no al diámetro de los mismos.

El análisis histológico de las gónadas, dividió al ciclo reproductivo en 6 estadios de madurez como ya se mencionó en la metodología, sin embargo, algunos autores mencionan 5 como los estadios básicos: gametogénesis, madurez, desove, postdesove y reposo (Booolootian, 1966; Costelloe, 1985; Cameron y Fankboner, 1986). Giese y Pearse (1974) mencionan que la información que se obtiene de esta manera es muy subjetiva, puesto que cada autor analiza criterios diferentes de acuerdo al ciclo reproductivo y a los tipos celulares presentes en el organismo estudiado. Sin importar el número de estadios propuestos, es necesario seguir la descripción que se hace para cada uno de ellos como se hizo en el presente trabajo con el fin de evitar errores de subjetividad.

En los resultados de madurez gonadal encontramos individuos con actividad gametogénica de enero a mayo. El desove comienza en el mes de junio sin tener evidencias de donde termina ya que en este mes y en julio de 1994 encontramos en menor proporción organismos en maduración avanzada

y organismos maduros (activos), debido nuevamente a la sincronía relativa del ciclo reproductivo de *Parastichopus parvimensis*. En algunos casos el diferenciar las características de las células gaméticas entre cada uno de los 6 estadios propuestos en el presente trabajo no fue sencilla, por lo que podrían agruparse en organismos indiferenciados (sin ninguna estructura que los haga diferenciables sexualmente), organismos maduros (organismos que presenten algún grado de actividad gametogénica) y organismos desovados (presencia de células en reabsorción y fagocitos nutritivos o amebocitos) que aunque no deja de ser relativo puede facilitar la descripción del ciclo reproductivo y en especial de la fase de desove que para cuestiones de manejo de una población, la cual es más importante en la toma de decisiones para establecer algunas medidas de regulación pesquera como los períodos de veda.

A pesar de los resultados del análisis de correlación entre la determinación del ciclo reproductivo por I.G. y por técnicas histológicas, pudimos llegar a determinar el mismo patrón de reproducción para *Parastichopus parvimensis*, sin embargo, el uso de I.G. no es muy confiable, cuando no se tiene la precaución de separar a los organismos por debajo de la talla de primera madurez que se haya determinado, además por las variaciones en el peso de los organismos según la cantidad de agua existente en las cavidades del cuerpo o por los cambios en el número o biomasa de tejido nutritivo contenido en las gónadas sin que este corresponda a un cambio

en el tejido gametogénico, como es el caso de los erizos de mar (Giese y Pearse, 1974).

Sin embargo, la estimación del ciclo reproductivo de cualquier población es más rápida con el I.G. y su ventaja es que por la facilidad para calcularlo, su valor generalmente toma en consideración un tamaño de muestra mayor al de la población natural a diferencia de los estudios de madurez los cuales, por costos y tiempos reducen el número de organismos sobre los cuales se realiza el análisis.

Además de la madurez, la fecundidad es un parámetro importante para la interpretación de la dinámica poblacional, su evaluación determina el potencial de regeneración de una especie, sobre todo si esta evaluación se realiza de manera continua para obtener el registro histórico de una pesquería. Al estudiar y determinar la fecundidad de cualquier especie, es factible encontrar las relaciones biométricas entre la fecundidad y el peso visceral (partes blandas), o bien el de la gónada y la longitud del organismo para determinar la fecundidad relativa (González-Avilés y Ortíz-Quintanilla, 1986). Al analizar los resultados de las relaciones fecundidad-peso corporal y fecundidad-peso gonadal podemos observar que existe una clara tendencia. Conforme los organismos son más grandes o tienen un mayor peso gonadal el número de huevos totales aumenta de manera proporcional, esto concuerda con lo descrito por Rutherford (1973), para *Cucumaria pseudocurata* en

California (EUA), el número de huevos por hembra es principalmente una función del tamaño del cuerpo, las hembras más grandes o largas (presumiblemente más viejas) muestran el más alto número de huevos producidos y viables. El número de ovocitos producidos por las hembras de *P. parvimensis* presentó un rango de 1,292,080 a 2,838,503.5 comparado por lo reportado para *C. Pseudocurata* (1 a 340) es bastante alto por la diferencia en el tamaño de peso corporal en ambas especies. Los valores mayores en el coeficiente de determinación se obtuvieron de la relación fecundidad-peso húmedo de la gónada, ya que el tamaño de la gónada está regulado por el tamaño de las células gaméticas, entonces las gónadas más grandes contendrán más cantidad de ovocitos maduros, esta relación podría cambiar levemente a lo largo del año si se estimara la fecundidad para hembras en estadios de madurez II y III en donde empiezan a aparecer los ovocitos primarios, previtelogénicos y secundarios.

El pepino de mar *P. parvimensis* es un recurso de importancia comercial para el cual es necesario establecer las medidas que permitan el manejo adecuado de la especie.

El ciclo reproductivo, el período de desove, la cantidad de huevos desovados y la proporción de sexos de la población en estudio, deben ser considerados como atributos bioecológicos de las poblaciones estudiadas,

esto con el fin de contar con las herramientas adecuadas para la toma de decisiones orientadas al manejo del recurso.

## 5. CONCLUSIONES

La proporción de sexos en la población de *Parastichopus parvimensis* en la Bahía Todos Santos similar no difirió significativamente del equilibrio (1:1).

No existió relación entre las variables biométricas establecidas en el presente estudio (peso húmedo de la pared corporal y peso húmedo de la gónada). Así mismo, el tamaño de la gónada fue proporcional al tamaño de las células gaméticas e independiente del peso húmedo corporal de los organismos.

El peso de primera madurez estimado fue de 166 g.

Los valores del Índice Gonadosomático (I.G.) para la determinación del ciclo reproductivo de *Parastichopus parvimensis* fueron consistentes con los cambios encontrados en los estadios de madurez encontrados mediante el análisis histológico de las gónadas. Con una mayor dispersión de valores de I.G. en organismos en estadios de madurez avanzados.

*Parastichopus parvimensis* inicia el proceso reproductivo de forma sincrónica en los meses de primavera (marzo, abril y mayo) y presenta un desove en los meses de verano (junio, julio y agosto) coincidiendo con los valores más bajos de la temperatura superficial y de fondo.

La fecundidad en *P. parvimensis* tiende a incrementarse con el tamaño de la gónada, registrándose en el estadio IV un intervalo en el número total de ovocitos por hembra entre los 12,920,800 y 28,385,035.

## 6. LITERATURA CITADA

- Bakus, J. G.**. 1973. Biology and Ecology of Tropical Holothurians. En O. A. Jones y R. Endean (eds.). Biology and Geology of Coral Reefs. Academic Press, New York. 2:325-367.
- Baqueiro-Cárdenas, E., Avilés-Quevedo, A., Masso-Rojas, J. A.; Rogers-Nieto, P. y A. Vélez-Barajas.** 1992. Estudios biológicos poblacionales. Manual de métodos de muestreo y evaluaciones poblacionales de moluscos y otros recursos bentónicos. Secretaría de Pesca: 826pp.
- Barajas-Santinelli, J.**. 1993. Descripción del ciclo reproductivo mediante la fecundidad absoluta y relativa de la lapa *Megathura crenulata*, (Sowerby, 1825) en Punta Banda, B. C. México. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Tesis de Licenciatura en Oceanología: 53pp.
- Barnes, R.D.**. 1977. Zoología de los Invertebrados. 4ta. Ed., Edit. Interamericana. México, D.F.: 1157 pp.
- Booolootian, R.A.**. 1966. Reproductive physiology. In Physiology of Echinodermata. Booolootian, R.A.(ed). Interscience Publishers, New York, London and Sydney: 561-613.
- Byrne, M.**. 1985. Evisceration behaviour and the seasonal incidence of evisceration in the Holothurian *Eupentacta quinquesemita* (Selenka). Ophelia. 24(2):75-90.

- Cameron, J. L.** and P.V. Frankboner. 1986. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). I. Reproductive periodicity and spawning behavior. Canadian Journal of Zoology. 64:168-175.
- Cameron, J. L.** and P. V. Frankboner. 1989. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). II. Observations of the ecology of development, recruitment and the juvenile life stage. Canadian Journal of Zoology: 43-67.
- Conand, C..** 1982. Reproductive cycle and biometric relations in a population of *Actinopyga echinites* (Echinodermata: Holothuroidea) from the lagoon of New Caledonia, western tropical Pacific. In Echinoderms. Proceedings of the International Conference. Tampa Bay. J.M. Lawrence (ed): 437-442.
- Conand, C..** 1990. The Fishery resources of Pacific Island countries. FAO Fisheries technical paper. Part. 2. Holothurians. FAO, Roma. 143 pp.
- Costelloe, J..** 1985. The annual reproductive cycle of the holothurian *Aslia lefevrei* (Dendrochirota: Echinodermata). Marine Biology. 88:155-165.
- Chantal C..** 1981. Sexual cycle of three commercially important Holothurian species (Echinodermata) from the Lagoon of the New Caledonia. Bulletin of Marine Science. 31(3):523-543.

- Chao, S. M., Chen, C. P. and P. S. Alexander. 1994. Reproduction and growth of *Holothuria atra* (Echinodermata: Holothuroidea) at two contrasting sites in Southern Taiwan. *Mar. Biol.* 119:565-570.
- Da Silva, J., Cameron, J. L. and P. V. Fankboner. 1986. Movement and orientation patterns in the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson). *Mar. Behav. Physiol.* 12:133-147.
- Dimock, R. V.. 1977. Effects of evisceration on oxygen consumption by *Stichopus parvimensis* (Echinodermata, Holothuroidea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 28:125-132.
- Engstrom, N. A.. 1980. Reproductive cycles of *Holothuria* (Haloidema) *floridana*, *H.* (H.) *mexicana* and their hybrids (Echinodermata:Holothuroidea) in southern Florida, USA. *International Journal of Invertebrate Reproduction.* 2:237-244.
- Engstrom, N. A.. 1982. Brooding behavior and reproductive biology of a subtidal Puget Sound sea cucumber *Cucumaria lubrica* (Clark, 1901) (Echinodermata:Holothuroidea). En: J. M. Lawrence (ed). *Proceedings of the International Echinoderms Conference.* Rotterdam, Balkema. 1:447-450.

- Fajardo-León, M., Michel-Guerrero, M., Singh-Cabanillas, J., Vélez-Barajas, A. y J. A. Massó-Rojas.** 1995. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, B. C. S., México. Ciencia Pesquera 11. Nueva Época: 58pp.
- Fankboner, P. V. and L. J. Cameron.** 1985. Seasonal atrophy of the visceral organs in a sea cucumber. Can. J. Zool. 63:888-892.
- Food and Agriculture Organization. 1986. The Fishery Resources of Pacific Island Countries. Part. 2. Holothurians. Fisheries Technical paper, 277, 2. Rome 143pp.
- Giese, A. C. and Pearse.** 1974. Reproduction of marine invertebrates. Academic Press. New York and London. Vol. I. 344 pp.
- González-Avilés, J.G. y M. Ortiz-Quintanilla.** 1986. Estudio sobre madurez, índice gonadal y fecundidad en abulón negro *Haliotis cracheroidii* (Mollusca: Gasterópoda), a partir de muestras colectadas en Isla de Cedros B.C. en junio de 1982. Contribuciones biológicas y tecnológico-pesqueras, Doc. Técnico Inf. No. 1. Sec. de Pesca. I.N.P., C.R.I.P.
- Grant, A. and R. A. Tyler.** 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. Inter. J. Invert. Rep. 6:259-269.

- Hammond, L. S.** 1982. Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon. Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar. Sci.* 32(2):549-571.
- Hayashi, I.** 1980. The reproductive Biology of the ormer *Haliotis tuberculata*. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 60: 415-430. McEuen, F. S., 1988. Spawning behaviors of Northeast Pacific sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata). *Mar. Biol.* 95:565-585.
- Holden, M. J. and D. F. S. Raitt.** 1974. Manual of fisheries science. Part 2. Methods of resource investigations and their application. FAO Fish. Tech. Pap. 115, Rev. 1:1-214.
- Hyman, L. H.** 1955. The Invertebrates: Echinodermata, the coelomate bilateria. Mc Graw Hill, New York. 763 pp.
- McEuen, F. S.** 1988. Spawning behaviors of Northeast Pacific sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata). *Mar. Biol.* 95: 565-585.
- Molina-Martínez, J.** 1983. Estimaciones de fecundidad en *Haliotis rufescens* de el Bajo, Bahía Rosario, B. C.. *Ciencia Pesquera; Inst. Nal. de Pesca. Sría. de Pesca, México.* 4:77-95.
- Mosher, C.** 1982. Spawning behavior of the aspidochirote holothurian ***Holothuria mexicana*** Ludwig. En Proceeding of the International Echinoderms Conference. J. M. Lawrence (ed): 467-468.

- Mottet, M. G.**. 1976. The fishery biology and market preparations of sea cucumber. Washington Department of Fisheries, Tech. Rep. No. 22.
- Muscat, A. M.**. 1983. Population dynamics and the effect on the intertidal of the deposit-feeding holothurian *Parastichopus parvimensis* (Clark). PhD thesis, University of Southern California.
- Newman, G. V.**. 1967. Reproduction of the South African abalone *Haliotis midae*. S. Afr., Div. of Sea Fish. Invest. Rep., 64:1-24.
- Pérez-Plascencia, G.**. 1995. Crecimiento y reproducción del pepino de mar *Parastichopus parvimensis*, en la Bahía Todos Santos, Baja California, México. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera. 67pp.
- Pérez-Ruzafa, A. y C. Marcos-Diego.** 1985. Técnicas de recolección y estudio en la clase Holoturoidea. I. Generalidades, sistemática, ecología, biología y comportamiento. Anales de Biología 3 (Biología animal): 13-35.
- Pineda-Barrera, J., Díaz de León, A. J. y F. Uribe-Osorio.** 1981. Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. Ciencia Pesquera. I.N.P. Departamento de Pesca. México. I(1):99-118.
- Ricketts, F. E., Calvin, J. and J. W. Hedgpeth.** 1985. Between Pacific Tides. Stanford University Press, Stanford California. Fifth Edition. 649 pp.

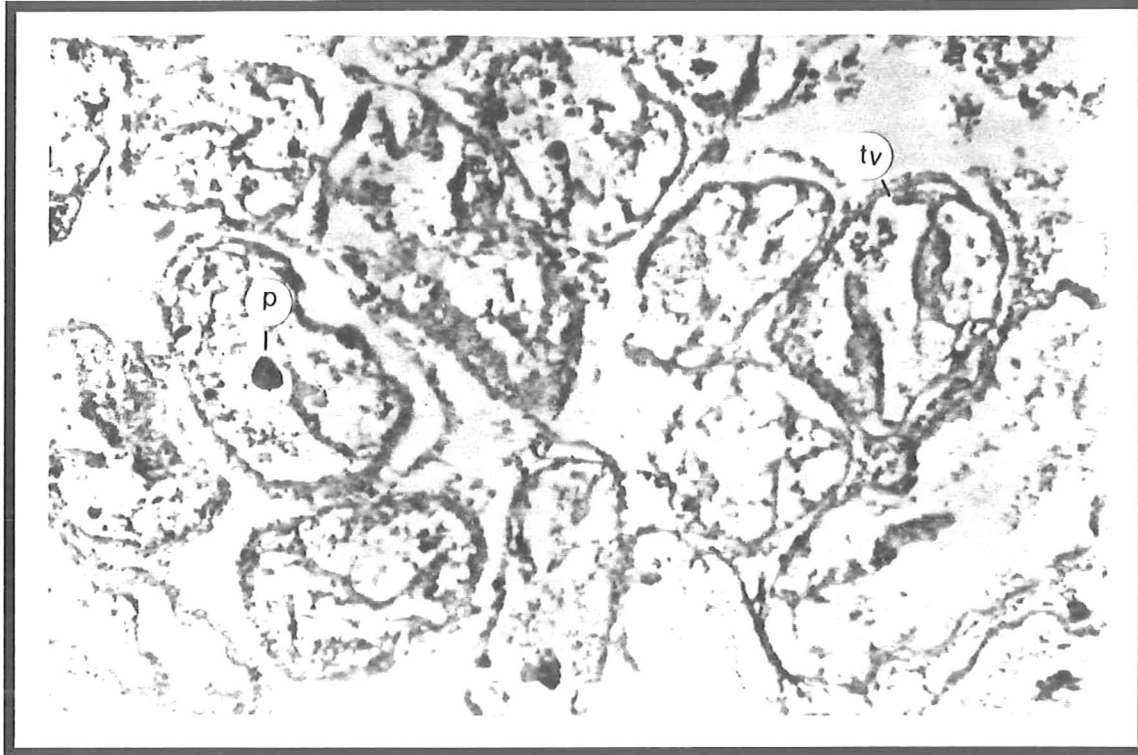
- Rocha, C. E.**. 1985. Diagnóstico de la pesquería de abulón (*Haliotis* spp.) en Baja California, de los años 1972-1982, por medio de modelos globales de rendimiento. (tesis profesional) Universidad Autónoma de Baja California. Escuela Superior de Ciencias Marinas. 191 pp.
- Ros, R. M. y R. Menocal-Rojas.** 1978. A method of determining fecundity in decapod crustaceans with an external egg mass. Center for Marine Investigations. Faculty of Biology. University of Havana.
- Rutherford, J. C.**. 1973. Reproduction, growth and mortality of the Holothurian *Cucumaria pseudocurata*. Mar. Biol. 22:167-176.
- Salgado-Castro, L. R.**. 1992. Evaluación de verano del recurso comercial pepino de mar *Isostichopus fuscus*, en la Bahía de los Ángeles y zonas adyacentes al sur y norte. Informe técnico. Proyecto Equinodermos. Subproyecto pepino de mar C.R.I.P. del Sauzal de Rodríguez, B.C., I.N.P., Secretaría de Pesca.
- Secretaría de Marina. 1974. Estudio geográfico de la región de Ensenada, B.C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. 463 pp.
- Smiley, S. and Cloney, R. A.**. 1985. Ovulation and the fine structure of the *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea) fecund ovarian tubules. Biological Bulletin. Marine Biological Laboratory, Woods Hole. 169:342-364.

- Smiley, S.** 1986. Metamorphosis of *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea) and its phylogenetics implications. Biol. Bull. 171:611-631.
- Smiley, S.** 1988. The Dynamics of oogenesis and annual ovarian cycle of *Stichopus californicus* (Echinodermata: Holothuroidea). Biol. Bull. 175: 79-93.
- Smiley, S., McEuen, F. S., Chaffe C. and Krishnan S.** 1991. Echinodermata: Holothuroidea. En: Giese AC, Pearse JS, Pearse VB (eds) Reproduction of marine invertebrates. Vol. VI. Echinoderms and lophophorates. Boxwood, California. 663-750.
- Sloan, N. A. and B. V. Bodungen.** 1980. Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Plataform. Marine Ecology-Prog. Ser. 2:257-264.
- Swan, E. F.** 1961. Seasonal evisceration in the Sea Cucumber *Parastichopus californicus*. Science. 133:1078-1079.
- Tapia, V. O. y J. J. Castro.** 1991. Análisis microscópico y determinación de la madurez gonádica del pepino de mar *Isostichopus fuscus* y *Parastichopus parvimensis*. Proyecto Investigaciones Histológicas del Pacífico Norte. Centro Regional de Investigación Pesquera del Sauzal de Rodríguez. B.C. México. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca.

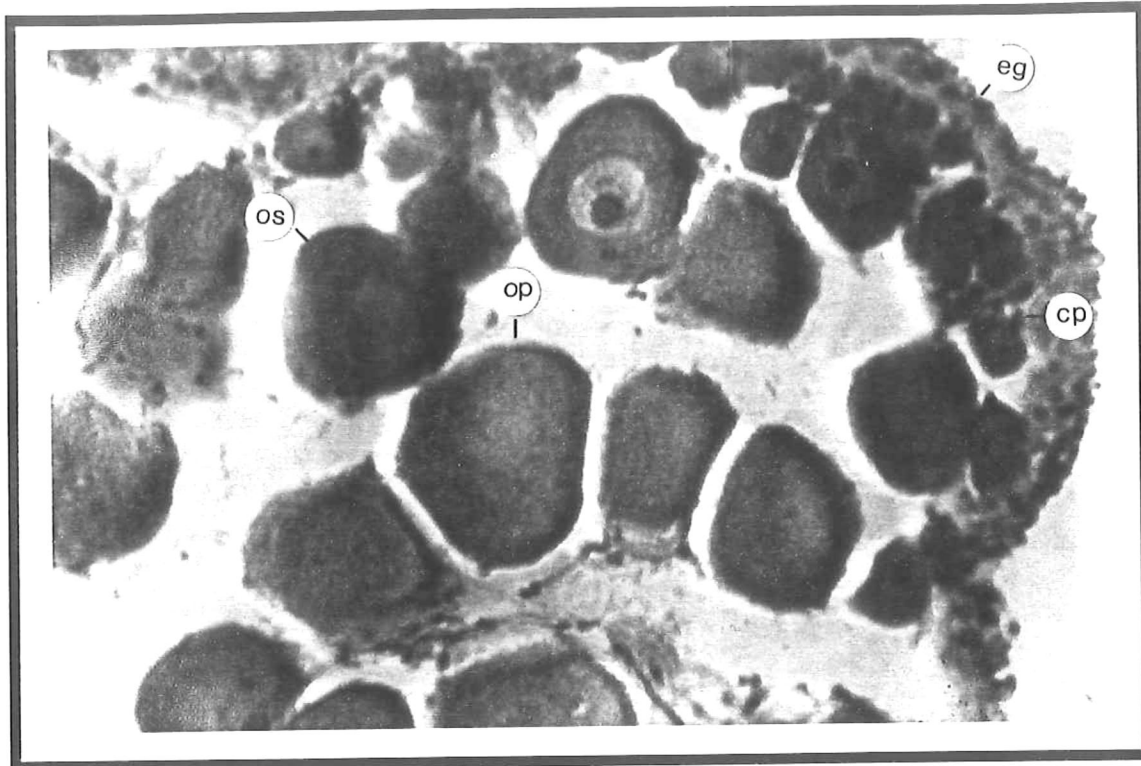
- Tapia, V. O., Castro, J. J. y H. Valles.** 1994. Determinación de la madurez gonadal de *Parastichopus parvimensis* del Pacífico Occidental. Proyecto Investigaciones Histológicas del Pacífico Norte. Centro Regional de Investigación Pesquera del Sauzal de Rodríguez. B.C. México. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca.
- Theodorides, J.** 1980. Considerations of the medical use of marine invertebrates. En: Sears. M. & Mcrriman. D. (Eds). Springer. Berlín. Oceanography. The past: 734-749.
- Theilacker, G. H.** 1985. Standar histological procedure used for the larvae and ovaries at the Southwest Fisheries Center. La Jolla, California.
- Tuwo, A. and C. Conand.** 1992. Reproductive biology of the holothurian *Holothuria forskali* (Echinodermata). J. Mar. Biol. Ass. U. K. 72:745-758.
- Tyler, P. A. and J. D. Gage.** 1983. The reproductive biology of *Ypsilothuria talismani* (Holothuroidea: Dendrochirota) from the N. E. Atlantic. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 63:609-616.
- Yingst, J. Y.** 1982. Factors influencing rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding Holothurian. Est. Coast. Shelf Sci. 141: 119-134.

## **Anexo A**

(Microfotografías de los cortes histológicos)



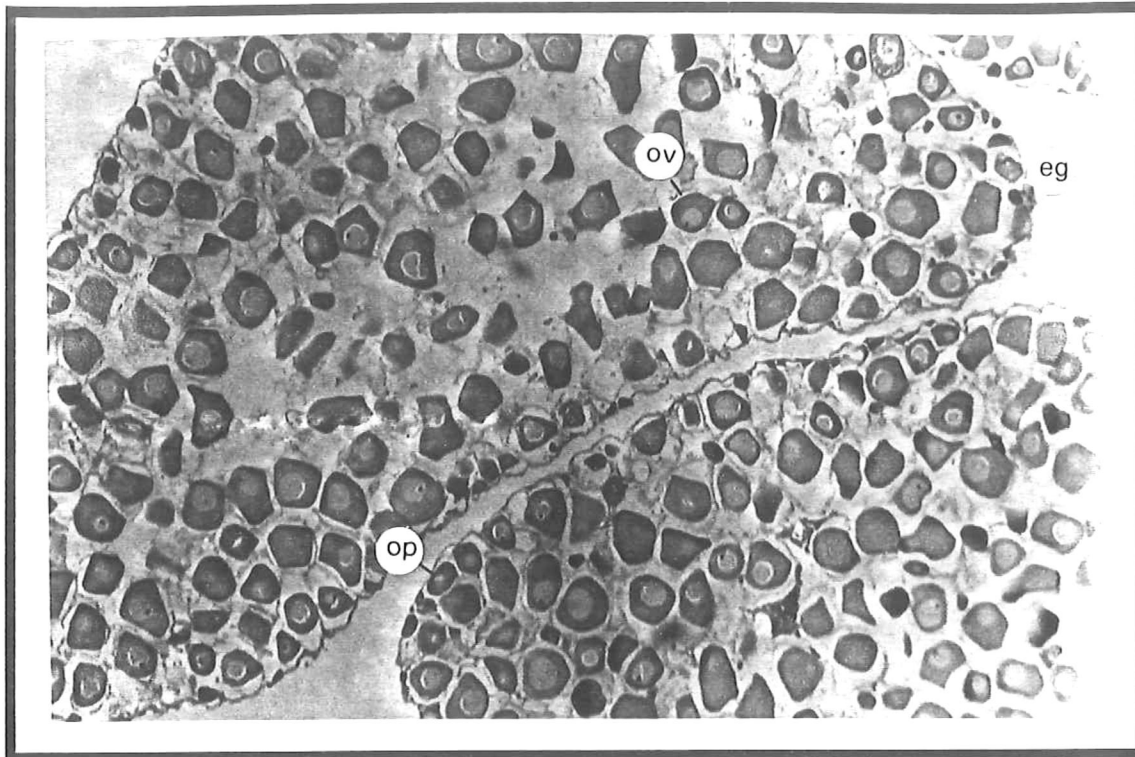
Estadio I.- Organismos Inmaduros. Los túbulos de la Gónada se encuentran vacíos (tv), (sin epitelio germinativo aparente). No se distinguen sexos y se observa la presencia de algunos parásitos (p).



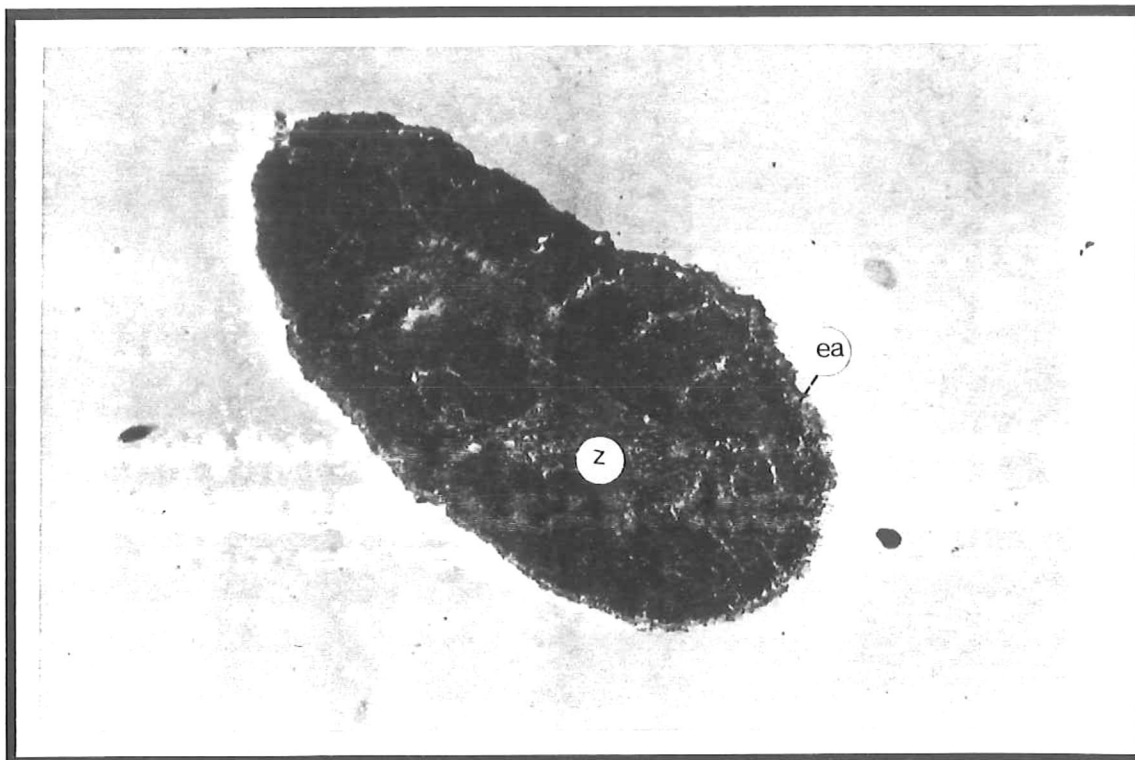
Estadio II.- Organismos en Maduración Inicial. Hembras. Túbulos con epitelio germinativo en proceso de proliferación (eg). Células primordiales abundantes (cp), ovocitos primarios (op) y secundario (os).



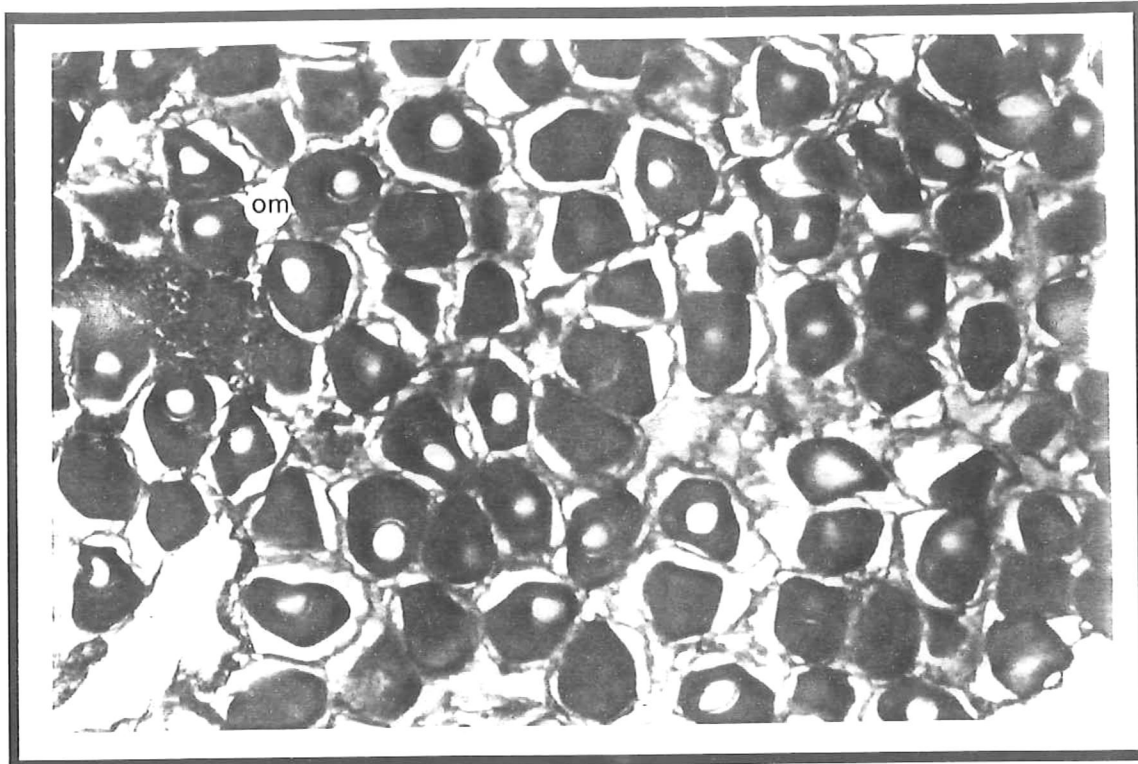
Estadio II.- Organismos en Maduración Inicial. Machos. Túbulos con epitelio germinativo en proceso de proliferación (eg). Abundantes espermatogonias (g), espermatídes (e) espermatocitos primarios (ep) y secundario (es).



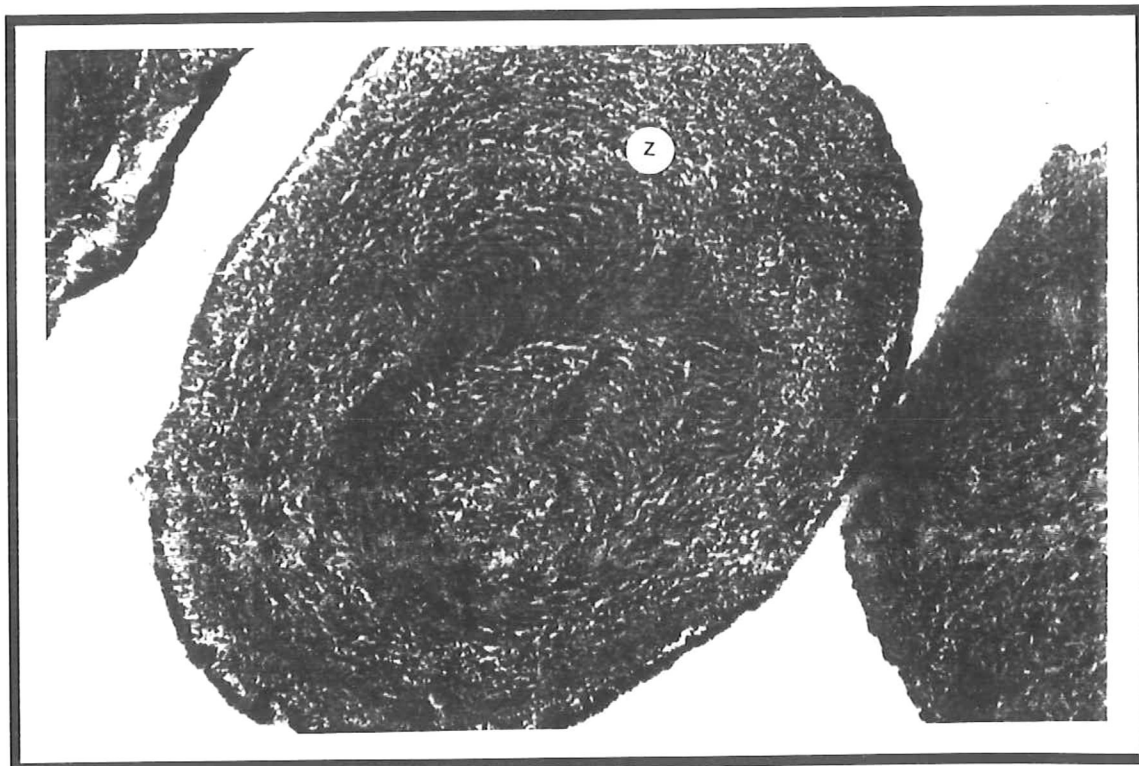
Estadio III.- Organismos en Maduración Avanzada. Hembras. Epitelio germinativo (eg) con presencia de ovocitos previtelogénicos (op) y algunos ovocitos vitelogénicos (ov).



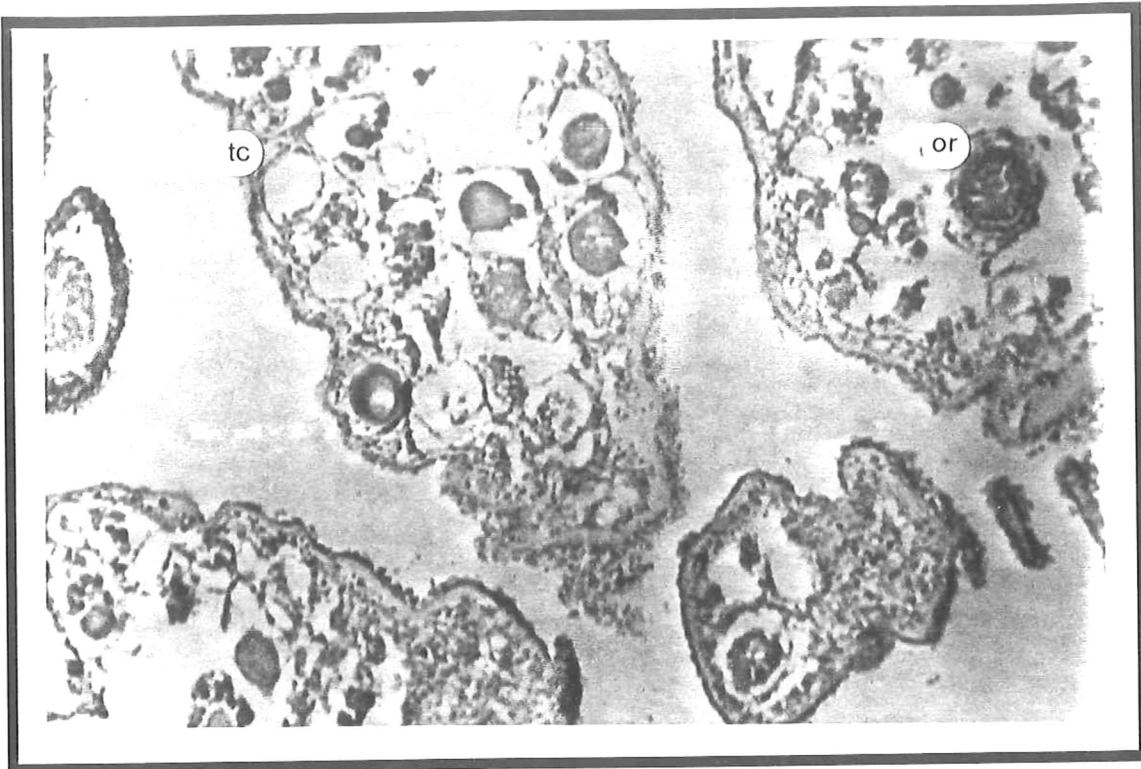
Estadio III.- Organismos en Maduración Avanzada. Machos. Epitelio germinativo con alta actividad gametogénica (ea), al centro la presencia de algunos espermatozoides (z).



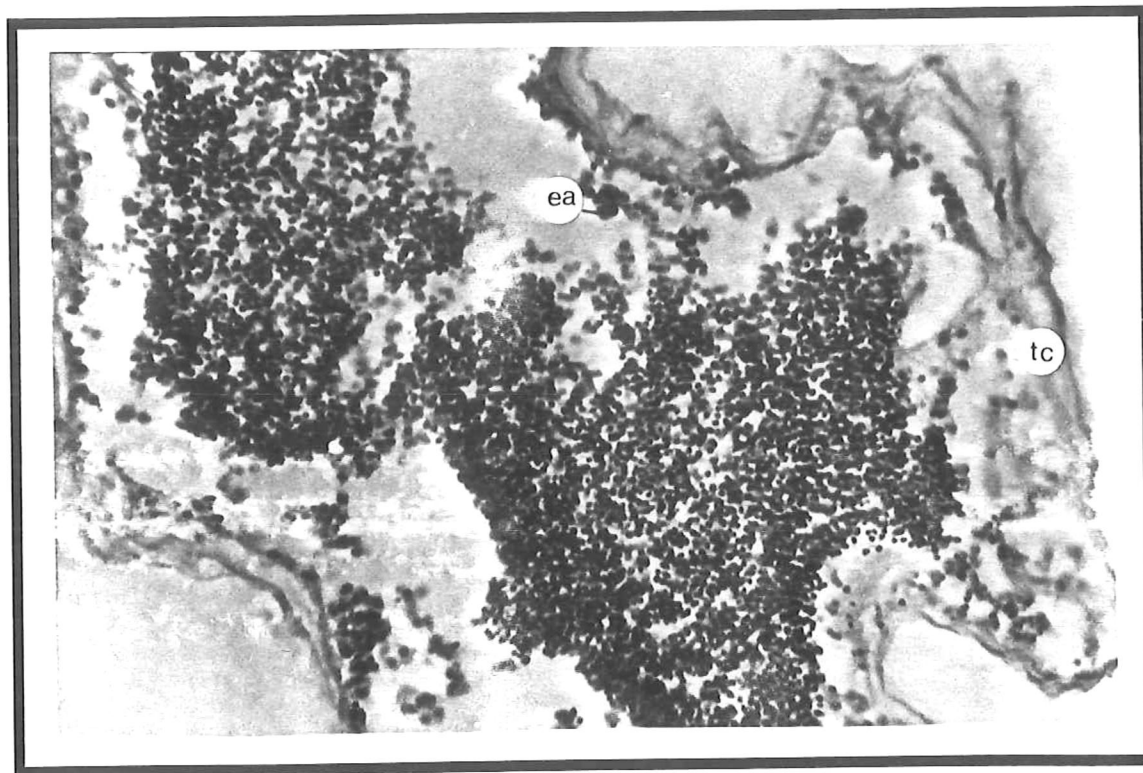
Estadio IV.- Organismos Maduros o Reproductivos. Hembras. Los túbulos de la gónada se encuentran totalmente llenos de ovocitos maduros (om).



Estadio IV.- Organismos Maduros o Reproductivos. Machos. Los túbulos de la gónada se encuentran totalmente llenos de espermatozoides (z).



Estadio V.- Organismos en proceso de desove o expulsión. Hembras. Los túbulos de la gónada se encuentran colapsados (tc) y se observan algunos ovocitos en reabsorción (or).



Estadio V.- Organismos en proceso de desove o expulsión. Machos. Los túbulos de la gónada se encuentran colapsados (tc) y se observan algunos grupos de espermatozoides formando cuerpos atrésicos (ea).