



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FES ZARAGOZA

Algunos aspectos reproductivos de la almeja gigante *Panopea generosa* de Bahía Magdalena Baja California Sur, México

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

ANA ADALIA MORALES GOMEZ

TUTOR DE TESIS: DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
FES ZARAGOZA

COMITÉ TUTOR: DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ
FES ZARAGOZA

DRA. MARIA GEORGINA GLUYAS MILLAN
CRIP

MÉXICO, D.F.

JUNIO, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FES ZARAGOZA

Algunos aspectos reproductivos de la almeja gigante *Panopea
generosa* de Bahía Magdalena Baja California Sur, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

ANA ADALIA MORALES GOMEZ

TUTOR DE TESIS: DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
FES ZARAGOZA

COMITÉ TUTOR: DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ
FES ZARAGOZA

DRA. MARIA GEORGINA GLUYAS MILLAN
CRIP

MÉXICO, D.F.

JUNIO, 2013



Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del SubComité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 6 de mayo de 2013, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** de la alumna **MORALES GÓMEZ ANA ADALIA** con número de cuenta **92170265** con la tesis titulada **"ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LA ALMEJA GIGANTE *Panopea generosa* DE BAHÍA MAGDALENA BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"**, realizada bajo la dirección del **DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE**:

Presidente: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
Vocal: M. EN C. RAFAEL CHÁVEZ LÓPEZ
Secretario: DR. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE
Suplente: DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA
Suplente: DRA. MARÍA GEORGINA GLUYAS MILLÁN

El Comité Académico, aprobó que la integración del jurado se realizara a solicitud de la alumna, con base en lo establecido en el **Artículo 25** y acogiéndose al **Artículo QUINTO TRANSITORIO** del Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 31 de Mayo de 2013.

María del Coro Arizmendi
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, por brindarme la oportunidad de seguir estudiando para tener una sólida educación.

Al CONACyT por la beca otorgada (Registro 198220), ya que con ella pude realizar mis estudios.

A los proyectos PAPIIT IN201105-3, bajo la responsabilidad y corresponsabilidad del Dr. José Luis Gómez Márquez y del Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, respectivamente y PAPIIME PE205407, bajo la responsabilidad del Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte.

A COMITÉ TUTOR:

Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por aceptarme como su alumna de posgrado y darme los conocimientos necesarios para mi formación académica. Es un honor haber trabajado con uno de los mejores investigadores de la UNAM en el área de Biología ambiental y reconocido experto en el área de bioestadística; por haber brindado su apoyo académico y resolver todas mis dudas.

Dra. Georgina Gluyas Millán por aceptarme como alumna de posgrado y brindar toda la ayuda necesaria para que se llevase a cabo este trabajo sin su ayuda simplemente no se hubiese realizado este valioso trabajo, así como agradezco acertados consejos sobre el estudio y manejo de la almeja *Panopea generosa*.

Dr. José Luis Gómez Márquez, experta en biología pesquera, por el tiempo, la paciencia y la disposición de enseñarme, le agradezco profundamente.

Dra. Bertha Peña Mendoza, experta en el área de biología pesquera por su valiosa aportación y los atinados consejos que realizó a este trabajo.

A mi muy apreciado maestro M. en C. Rafael Chávez López, experto en el área de manejo de recursos pesqueros por sus inestimables contribuciones y acertados consejo y sobre todo por brindarme su valioso tiempo.

Al Dr. Luis A. Ayala Pérez por los acertados comentarios y correcciones a este trabajo. Agradezco profundamente su disposición para revisar este trabajo.

A la muy querida M. en C. Esther Uría Galicia, agradezco profundamente su apoyo incondicional, su tiempo, disposición y sus acertados consejos académicos a este trabajo. Sin usted no hubiera terminado este trabajo.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz-INAPESCA, en particular a los investigadores: Dra. María Georgina Gluyas Millán, miembro del Comité Tutor, así como al Biól. José Antonio Masso Rojas, ambos expertos en el manejo de recursos pesqueros, por su apoyo en la obtención de las muestras biológicas de la especie estudiada y por y al Dr. Abraham Navarrete del Prío y al Biól. Luis Beléndez Moreno Directores Generales de Investigación Pesquera del INAPESCA, por facilitar las gestiones para llevar a cabo una estancia técnica. A todos ellos por proporcionarme la información necesaria para llevar con éxito este trabajo.

Al laboratorio de Histología y laboratorio de Microscopia electrónica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional por haberme prestado sin ningún contratiempo y la mejor disposición el equipo requerido para el tratamiento de las muestras biológicas. Especialmente a la M en C, Esther Uría Galicia.

A la coordinación de Posgrado de la FES Zaragoza, en especial al Dr. German Calva por su paciencia, tiempo y disposición por estar siempre pendiente y atento a los trámites necesarios para la obtención de grado y la Sec. Maricela Cabrera por su tiempo y siempre buen ánimo para atender cualquiera de mis dudas y ayudarme con los trámites de titulación. Gracias

AGRADECIMIENTOS A TITULO PERSONAL

A La UNAM en particular a la FES Zaragoza, por proporcionarme los instrumentos que me han formado académicamente y profesionalmente.

A Dios por darme la oportunidad de poder permitirme haber cursado el Posgrado en Ciencias Biológicas y de darme la bendición de haber podido trabajar en este proyecto que disfrute tanto y por concederme que finalmente y a pesar de todos los contratiempos por los que pase concluyera este trabajo.

Gracias por enseñarme que todo lo que pasa en este mundo es porque tienes un propósito para la humanidad y que si se mueve el sol y los demás planetas es simplemente porque tú lo dispones así y porque es tu voluntad.

“Enseñame de tal modo a contar mis días, que traiga a mi corazón sabiduría” Sal 39.4

Por qué nuevas son tus misericordias cada mañana; grande es tu fidelidad Lam 3:23

A mí querida mama por su paciencia, ánimo y fortaleza que plasmo en mi corazón y sobre todo por enseñarme a vivir con esperanza. Y enseñarme que sin la voluntad de Dios yo simplemente no puedo hacer nada que este fuera de su voluntad.

A mi Padre Alfredo Morales por enseñarme que el esfuerzo, empeño y sacrificio trae grandes recompensas.

A mi hermano Josué por enseñarme lo que vale la paciencia y a Efraín enseñarme lo que vale la persistencia y pelear por mis sueños.

A mi zarza, especialmente a Liz Ontiveros, a mis queridas tías, Bety y July, a Liz y Chela Volantin, a Faby alegría, y a mi amiga Nancy, a Selene por su apoyo, paciencia y sus oraciones para conmigo. Los amo a todos.

A mi muy querido Pastor Gilberto Gutiérrez Lucero. Usted me ha enseñado mucho, pero algo que ha conmovido mi corazón con su testimonio de vida es:

“En el amor no hay temor, sino que el perfecto amor echa fuera el temor, porque el temor involucra castigo, y el que teme no es hecho perfecto en el amor.” Juan 4:18

*“El hombre bueno, **del** buen tesoro **de** su corazón saca lo bueno; y el hombre malo, **del** mal tesoro **de** su corazón saca lo malo; porque **de la abundancia del** corazón **habla la boca**” Luc 6:45*

Y a todos los maestros, técnicos y amigos que de alguna forma han influido en mí para que con ánimo y ahínco realizara los estudios de posgrado.

GRACIAS.

Bendice, alma mía, a Jehová,
Y bendiga todo mi ser su santo nombre.
² Bendice, alma mía, a Jehová,
Y no olvides ninguno de sus beneficios.
³ Él es quien perdona todas tus iniquidades,
El que sana todas tus dolencias;
⁴ El que rescata del hoyo tu vida,
El que te corona de favores y misericordias;
⁵ El que sacia de bien tu boca
De modo que te rejuvenezcas como el águila.
⁶ Jehová es el que hace justicia
Y derecho a todos los que padecen violencia.
⁷ Sus caminos notificó a Moisés,
Y a los hijos de Israel sus obras.
⁸ Misericordioso y clemente es Jehová;
Lento para la ira, y grande en misericordia.
⁹ No contendrá para siempre,
Ni para siempre guardará el enojo.
¹⁰ No ha hecho con nosotros conforme a nuestras iniquidades,
Ni nos ha pagado conforme a nuestros pecados.
¹¹ Porque como la altura de los cielos sobre la tierra,
Engrandeció su misericordia sobre los que le temen.
¹² Cuanto está lejos el oriente del occidente,
Hizo alejar de nosotros nuestras rebeliones.
¹³ Como el padre se compadece de los hijos,
Se compadece Jehová de los que le temen.
¹⁴ Porque él conoce nuestra condición;
Se acuerda de que somos polvo.
¹⁵ El hombre, como la hierba son sus días;
Florece como la flor del campo,
¹⁶ Que pasó el viento por ella, y pereció,
Y su lugar no la conocerá más.
¹⁷ Mas la misericordia de Jehová es desde la eternidad y hasta la
eternidad sobre los que le temen,
Y su justicia sobre los hijos de los hijos;
¹⁸ Sobre los que guardan su pacto,
Y los que se acuerdan de sus mandamientos para ponerlos por
obra.
¹⁹ Jehová estableció en los cielos su trono,
Y su reino domina sobre todos.

²⁰ *Benedicid a Jehová, vosotros sus ángeles,
Poderosos en fortaleza, que ejecutáis su palabra,
Obedeciendo a la voz de su precepto.*

²¹ *Benedicid a Jehová, vosotros todos sus ejércitos,
Ministros suyos, que hacéis su voluntad.*

²² *Benedicid a Jehová, vosotras todas sus obras,
En todos los lugares de su señorío.
Bendice, alma mía, a Jehová.*

Salmos 103

ÍNDICE

Resumen.....	i
Abstract.....	ii
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	5
3. Justificación.....	8
4. Objetivo General.....	9
...4.1. Objetivos particulares.....	9
5. Marco teórico.....	10
...5.1 Posición taxonómica de <i>Panopea generosa</i>	10
...5.2 Área de Estudio.....	11
...5.3 Distribución.....	13
...5.4 Consideraciones generales sobre el área.....	13
6. Material y Métodos.....	16
6.1. Actividades de campo.....	16
6.2. Actividades de gabinete.....	17
...6.2.1. Relación Peso-longitud.....	17
...6.2.2. Análisis de Frecuencia de talla.....	19
...6.2.3. Estimadores de densidad.....	21
...6.2.4. Prueba de Multimodalidad de Silverman.....	24
...6.2.5. Reproducción.....	25
...6.2.6. Estimación de longitud y ancho de los ovocitos.....	26
6.3. Actividades de laboratorio.....	29
...6.3.1. Técnica Histológica.....	29
...6.3.2. Descripción de la técnica.....	30
...6.3.3. Descripción del Análisis Histológico.....	33
...6.3.4. Índice de madurez.....	34
7. Resultados.....	35
...7.1 Relación peso-longitud.....	35
... 7.2. Distribución de frecuencia de tallas.....	38
... 7.3. Estimadores de densidad.....	39
... 7.4. Reproducción.....	47

...7.4.1 Caracterización de los estadios de madurez.....	48
...7.4.2. Caracterización histológica de los estadios de madurez de los machos de <i>Panopea generosa</i>	48
...7.4.3. Caracterización histológica de los estadios de madurez de los hembras de <i>Panopea generosa</i>	50
...7.4.4. Índice de madurez.....	64
... 7.4.5 Estimación de la longitud y ancho de los ovocitos.....	65
8. Análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA).....	75
9. Discusión.....	82
... 9.1. Relación Peso-longitud.....	82
... 9.2. Distribución de frecuencia de tallas.....	82
...9.3 Reproducción.....	83
... 9.4. Análisis Multivariado de Covarianza	84
10. Conclusiones.....	88
11. Bibliografía.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS.....Paginas

Fig. 1. Almejas del género *Panopea* en una pecera esperando ser compradas para su consumo.....4

Fig. 2. Almeja gigante *Panopea generosa* fuera del estanque donde se almacenan antes de ser llevadas al laboratorio del CRIP.....10

Fig. 3. Esquema anatómico de *Panopea generosa*.....11

Fig. 4. Zona de estudio en Bahía Magdalena, ubicación de los puertos de descarga de la pesquería de pelágicos menores en la zona.....12

Fig. 5. Foto Satelital de la Zona de estudio en Bahía Magdalena en la que se observa el polígono del área de estudio.....13

Fig. 6. Patrones de corrientes del Pacifico Este Central en Abril (según Baumgartner y Christensen en 1985)15

Fig.7. Disección de la almeja *Panopea generosa* en la cual se pueden observar el músculo abductor, las branquias, el pie y el manto.....16

Fig. 8. Preparación para la disección de *Panopea generosa*32

Fig. 9. Disección de la almeja *Panopea generosa* en la que se observa la masa visceral.....33

Fig. 10. Relación peso-longitud de la almeja gigante mediante análisis de regresión lineal *Panopea generosa* para los Machos capturados en los 13 meses de muestreo.....37

Fig. 11. Relación peso-longitud de la almeja gigante mediante análisis de regresión lineal *Panopea generosa* para los Hembras capturados en los 13 meses de muestreo.....37

Fig. 12. Frecuencia suavizada observada de (EDK) y componentes gaussianos estimados para los datos del peso de la masa visceral de <i>Panopea generosa</i>	40
Fig.13. EDK's mensual para la variable longitud de <i>Panopea generosa</i>	45
Fig.14.EDK's mensual de la variable: peso de la masa visceral.....	46
Fig. 15 . <i>Panopea generosa</i> . Estadio I Indiferenciado, cordón celular (cc), Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina Eosina(10x).....	52
Fig. 16. <i>Panopea generosa</i> . Estadio I Indiferenciado, grupo celular (gc), Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina Eosina(10x).....	52
Fig. 17. <i>Panopea generosa</i> . Estadio II Espermatogenesis, Se distinguen los túbulos (tu), espermatogonias (eg) espermatocitos primarios (epp) y secundarios (eps), Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....	53
Fig 18. <i>Panopea generosa</i> . Estadio II Espermatogenesis, Se distinguen los túbulos (tu), espermatocitos (ep), Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....	53
Fig 19. <i>Panopea generosa</i> . Estadio II Desarrollo. Tejido conjuntivo (Tc), cordón celular (cc), Téc. Hematoxilina-Eosina(100x).....	54
Fig 20. <i>Panopea generosa</i> . Estadio III Madurez, se observan los conductos (cd) conteniendo espermatozoides (ez), los túbulos (tu) presentan espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), espermatides (et) y espermatozoides (ez) Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....	54
Fig. 21. <i>Panopea generosa</i> . Estadio III Madurez, se observan los conductos (cd) conteniendo espermatozoides (ez), los túbulos (tu) presentan espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), espermatides (et) y	

espermatozoides (ez) Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....55

Fig. 22. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), y espermatozoides (ez), espermatides (et), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)55

Fig. 23. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y conducto (cd), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....56

Fig. 24. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y conducto (cd), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....56

Fig. 25. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), y espermatozoides (ez), espermatides (et), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....57

Fig. 26. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), y espermatozoides (ez), espermatides (et), Téc. Hematoxilina-Eosina(100x).....57

Fig. 27. *Panopea generosa*. Estadio IV Desove, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y células gametogénicas (cg) Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....58

Fig. 28. *Panopea generosa*. Estadio IV Desove, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y tejido conjuntivo (tc) Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....58

Fig. 29. *Panopea generosa*. Estadio V Reabsorción, túbulos vacíos (tu) y tejido conjuntivo (tc) Téc. Hematoxilina-Eosina(10x).....59

Fig. 30. *Panopea generosa* Fase II ovogénesis. Se observan folículos con ovocitos (fo), tejido conjuntivo (tc), técnica de Hematoxilina- Eosina.(40x)...59

Fig. 31. <i>Panopea generosa</i> Fase II ovogénesis. Se observan folículos con ovocitos en desarrollo (fo), tejido conjuntivo (tc), técnica de Hematoxilina-Eosina.(40x).....	60
Fig. 32. <i>Panopea generosa</i> Fase III Madurez. Se distinguen los folículos (fo), llenos de ovocitos de forma piriforme y pocos ovocitos primarios y secundarios técnica de Hematoxilina- Eosina (10x).....	60
Fig. 33. <i>Panopea generosa</i> Fase III Madurez. Se distinguen los folículos (fo), llenos de ovocitos de forma piriforme y pocos ovocitos primarios y secundarios técnica de Hematoxilina- Eosina (40x).....	61
Fig. 34. <i>Panopea generosa</i> Fase III Madurez. Se distingue la pared del folículo (fo), con ovocitos de forma piriforme y ovocitos primarios y secundarios, técnica de Hematoxilina- Eosina (100x).....	61
Fig. 35. <i>Panopea generosa</i> Fase IV de desove parcial Los folículos contienen ovocitos maduros, el lumen es muy grande, tejido conectivo escaso (tc). Técnica de Hematoxilina- Eosina (40x).....	62
Fig. 36. <i>Panopea generosa</i> Fase IV de desove parcial Se observa un folículo conteniendo ovocitos maduros, el lumen es muy grande, y tejido conectivo escaso. Técnica de Hematoxilina- Eosina (40x).....	62
Fig. 37. <i>Panopea generosa</i> Fase IV de desove parcial. Se observan folículos conteniendo ovocitos maduros, y tejido conectivo escaso. Técnica de Hematoxilina- Eosina (40x).....	63
Fig. 38. <i>Panopea generosa</i> Fase IV de desove parcial Se observan folículos conteniendo ovocitos maduros, y tejido conectivo escaso. Técnica de Hematoxilina- Eosina (100x).....	63
Fig. 39. Índice de madurez de <i>Panopea generosa</i>	64

Fig. 40. EDK's anuales para la variable ancho-célula en la que se muestra una distribución unimodal para casi todos los meses.....	68
Fig. 41. EDK's anuales para la variable largo-célula en la que se muestra una distribución unimodal para casi todos los meses, y para los meses de febrero, marzo y abril se observa una distribución polimodal.....	69
Fig. 42. EDK's anuales para la variable largo-núcleo en la que se muestra una distribución bimodal para todos los meses.....	70
Fig. 43. EDK's anuales para la variable ancho-núcleo en la que se muestra una distribución unimodal y bimodal para todos los meses.....	71
Fig. 44. Variables transformadas (logaritmo natural) consideradas para el análisis: de <i>Panopea generosa</i>	77
Fig. 45. ANMUCOVA para organismos indiferenciados en el que se ve una diferencia significativa de la variable Peso bola entre los meses de noviembre-diciembre.....	78
Fig. 46. ANMUCOVA para machos en el que se ven diferencias significativas de la variable Peso bola entre los meses de diciembre-enero, febrero-marzo y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de febrero-marzo, marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado marzo-abril y abril-mayo.....	79
Fig. 47. ANMUCOVA para hembras en el que se observan diferencias significativas de para las variables: peso bola para los meses de marzo-abril y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado de abril-mayo.....	80
Fig. 48. ANMUCOVA para individuos en reabsorción en el que se observan diferencias significativas de para las variables: peso bola para los meses de	

octubre-noviembre; peso total para los meses de octubre-noviembre y para la
variable peso eviscerado de octubre-noviembre.....81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. Longitud mínima y máxima para la almeja gigante <i>Panopea generosa</i> durante el periodo de estudio, septiembre de 2005 y septiembre de 2006.....	35
Tabla. 2. Peso mínimo y peso máximo de la almeja gigante <i>Panopea generosa</i> durante el periodo de estudio de septiembre de 2005 y septiembre de 2006.....	36
Tabla. 3. Tabla comparativa entre machos y hembras de <i>Panopea generosa</i> de datos morfométricos	38
Tabla. 4. Morfometría (mínimas y máximas) para los machos de <i>Panopea generosa</i>	38
Tabla. 5. Morfometría (mínimas y máximas) para las hembras de <i>Panopea generosa</i>	39
Tabla. 6. Amplitudes de banda sugeridas por la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado) para la longitud total de la almeja gigante en cada uno de los 12 meses de muestreo	40
Tabla. 7. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros	41
Tabla. 8. Amplitud de bandas críticas y niveles estimados de significancia para el peso de la masa visceral de <i>Panopea generosa</i> para el mes de Septiembre 2005, así como los valores óptimos y esperados de Silverman y Scott.....	41
Tabla. 9. Valores de p de la prueba de Silverman de la variable masa visceral, sugiriendo muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2, 3 y 5 modas para algunos meses.....	42

Tabla.10. Valores de p de la prueba de Silverman de la variable longitud sugiriendo muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2 y 3 modas para algunos meses.....	42
Tabla. 11. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros de todo el periodo de estudio de <i>Panopea generosa</i> de la variable Peso de la masa visceral	43
Tabla. 12. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros de todo el periodo de estudio de <i>Panopea generosa</i> de la variable longitud.....	44
Tabla. 13. Número de individuos por fecha de muestreo considerado, incluye también fases; de desarrollo gonádico de <i>Panopea generosa</i> y proporción sexual	48
Tabla. 14. Valores del índice de madurez y estadios de madurez de la almeja gigante <i>Panopea generosa</i>	65
<i>Tabla.15. Valores de P para todo el ciclo de estudio, correspondiente a la variable: Longitud-célula.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla.16. Valores de P para todo el ciclo de estudio correspondiente a la variable: Ancho-célula.....</i>	<i>66</i>
Tabla.17. Valores de p de la prueba de Silverman para la variable: longitud-núcleo.....	67
Tabla.18. Valores de p de la prueba de Silverman para la variable: ancho-núcleo.....	67
Tabla.19. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros para la variable ANCHO NÚCLEO para todo el ciclo de estudio.....	72

Tabla. 20. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros para la variable LARGO NÚCLEO para todo el ciclo de estudio.....	72
Tabla. 21. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros de la variable ANCHOCELULA para todo el periodo de estudio.....	73
Tabla. 22. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros para la variable LARGO CELULA para todo el periodo de estudio.....	74
Tabla. 23. Resumen estadístico de la variable ancho-célula.....	74
Tabla. 24. Resumen estadístico de la variable ancho-núcleo.....	75
Tabla. 25. Resumen estadístico de la variable largo-célula.....	75
Tabla. 26. Resumen estadístico de la variable largo-núcleo.....	75
Tabla. 27. Valores de significancia de las variables de los organismos indiferenciados: peso bola durante los meses de noviembre-diciembre.....	78
Tabla. 28. Valores de las diferencias significativas de los machos para las variables: peso bola para los meses de diciembre-enero, febrero-marzo y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de febrero-marzo, marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado marzo-abril y abril-mayo.....	79
Tabla. 29. Valores de diferencias significativas de las hembras para las variables: peso bola para los meses de marzo-abril y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado de abril-mayo.....	80
Tabla. 30. Valores de las diferencias significativas de los organismos en reabsorción para las variables: peso bola para los meses de octubre-noviembre; peso total para los meses de octubre-noviembre y para la variable peso eviscerado de octubre-noviembre.....	81

RESUMEN

En la costa oeste Mexicana un alto porcentaje en la demanda de los recursos pesqueros está concentrado en los moluscos bivalvos. La almeja gigante *Panopea generosa* es considerada un recurso potencialmente explotable con un alto valor comercial. Esta especie se distribuye desde el norte del Pacífico de Canadá, los Estados Unidos de América, hasta Baja California Sur, México. Debido a la carencia de información biológica y al incremento en la demanda principalmente para exportación, se ha establecido como objeto de estudio de esta investigación la caracterización del ciclo reproductivo por medio del análisis histológico de la gónada, y fases de la madurez sexual.

Las almejas fueron colectadas mensualmente desde septiembre de 2005 hasta septiembre de 2006 en Bahía Magdalena en Baja California Sur. Con el fin de seleccionar las submuestras para el estudio histológico, se llevó a cabo un análisis de frecuencias de tallas y pesos del total de organismos por medio de los estimadores de densidad por kernel con el ancho de banda de la prueba de multimodalidad de Silverman. Los estimadores de frecuencia obtenidos con un número significativo de modas por mes permitieron caracterizar los componentes gaussianos por medio del método de Bhattacharya. Posteriormente la masa visceral fue extraída y fijada para llevar a cabo la técnica histológica. Con el análisis histológico se determinaron cinco fases de desarrollo gonádico fueron observadas: indiferenciado, en desarrollo, madurez, parcialmente desovado y consumo. La fase de indiferenciación se presentó en septiembre y octubre; la fase de desarrollo estuvo presente en noviembre y diciembre; la fase de madurez fue observada en enero, febrero y marzo; en abril y mayo se presentó la fase de parcialmente desovada y de junio, julio a agosto ocurrió la fase de consumo.

ABSTRACT

In the Mexican western coast a high percentage of the demand for fishing resources is concentrated in the bivalve mollusks. The giant clam *Panopea generosa* is considered a potentially exploitable resource with high commercial value; this species is distributed from the north of the Pacific of Canada, the United States of America to South Baja California, Mexico. Due to the lack of biological information and to the increasing demand mainly for exportation, it has being established as the study objective of this research the characterization of the reproductive cycle by means of the histological analysis of the gonad and the comparison of gonadic maturity phases with the organism's sizes to establish the reproduction size. The clams were collected from September, 2005 to September to 2006 in Magdalena Bay at South Baja California. In order to select a subsample for histological study, the analysis of frequency of sizes and weights of the total of organisms was made by means of kernel density estimators with the bandwidth from the Silverman multimodality test; the frequency estimators obtained with a significant number of modes per month permitted the characterization of Gaussian components by Bhattacharya method. Consecutively the visceral mass was extracted and fixed to carry out the histological analysis technique. With the histological analysis five phases of development were observed: undifferentiated, developing, ripe, partially spawned and spent; the undifferentiated phase occurred in September and October; the phase of development was present in November and December; the ripe phase was observed in January, February and March; by April and May, the phase of partially spawned was observed and from June, July and August occurred the spent phase. This stage sequence is in agreement with the climatic seasons: autumn, winter, spring and summer indicating the growth, reproduction and recruitment periods respectively.

1. Introducción

Una de las fuentes potenciales de alimentos para México, está representada en la riqueza faunística de sus mares; en particular los moluscos, abundantes en las costas mexicanas, han sido aprovechados de manera creciente a nivel nacional y regional, tanto por su valor alimenticio, como por la belleza de sus conchas, los hace ser muy apreciados por coleccionistas y artesanos (Muñoz, 1989).

Geográficamente, el litoral oeste de México forma parte del Océano Pacífico, y comprende desde el norte de la península de Baja California hasta el sur del Golfo de Tehuantepec, abarcando dos terceras partes de las costas mexicanas. (Muñoz, 1989).

La situación geográfica del Océano Pacífico, como la accidentada fisiografía de sus costas y las variadas condiciones marinas, han propiciado el establecimiento de grandes poblaciones de pelecípodos, abarcando zonas templadas y zonas tropicales de las costas mexicanas. (Muñoz, 1989).

Los principales cambios oceanográficos; como las surgencias, y las corrientes marinas traen consigo gran cantidad de nutrientes, propiciando que la zona sea altamente productiva y haya gran diversidad y abundancia de los moluscos. (Muñoz, 1989).

Los principales cambios oceanográficos que ocurren en esta zona costera de América, son motivados principalmente por la confluencia de la Corriente de California, la Contracorriente Ecuatorial y las aguas del Golfo de California, que interactúan en el área comprendida entre Cabo San Lucas, Baja California Sur y Cabo Corrientes, Jalisco, produciendo una circulación compleja y variable, influenciada también por la acción de los vientos. La corriente de California, que transporta aguas frías del Norte, es una manifestación de la parte oriental del giro anticiclónico general del Pacífico Noreste, y abarca desde el norte de Estados Unidos hasta un poco más al sur del extremo de la península de Baja California. La Contracorriente Ecuatorial circula a la altura del Ecuador

arrastrando aguas cálidas en sentido Oeste-Este, lo cual provoca un aporte de agua del Pacífico Ecuatorial al sur de México, por medio de la llamada corriente de Costa Rica. Dentro del Golfo de California, los vientos del Noreste durante el invierno impulsan las aguas superficiales hacia el Suroeste produciendo surgencias en las costas de Sonora y Sinaloa y, en verano, vientos del Suroeste empujan el agua superficial hacia el Noreste produciéndose surgencias en el litoral de Baja California. Este importante intercambio de aguas superficiales aporta gran cantidad de nutrientes y oxígeno a esta zona, haciéndola altamente productiva. A diferencia, la región Sur del Pacífico mexicano se caracteriza por una lenta renovación de aguas superficiales y una consecuente baja en la concentración de oxígeno disuelto (Muñoz, 1989).

Los moluscos se distinguen de otros Phyla por presentar cuerpos blandos, con órganos cubiertos por una extensión de tejido llamada manto, además de presentar estados larvales semejantes. Los moluscos bivalvos tienen el cuerpo lateralmente comprimido y encerrado, en una concha rígida calcárea formada por dos piezas llamadas valvas unidas dorsalmente mediante una articulación llamada charnela que pueden abrirse y cerrarse y la presencia de un ligamento elástico. Todos los moluscos bivalvos presentan un pie que le sirve como medio de locomoción, un sistema nervioso simple con fibras nerviosas y ganglios, sistema circulatorio, digestivo y sistema reproductivo.(Keen, 1971).

Se encuentran a profundidades de 110 metros a lo largo de la costa de Norte América desde Alaska hasta Baja California y en Japón (Andersen 1971; Bernard 1983; Goodwin & Pease 1987); es muy abundante en Puget Sound, Washington y la Columbia Británica donde el stocks subtidal soporta una importante pesquería (Goodwin & Pease 1987).

La *Panopea* es una de las almejas más grandes del mundo que habita en madrigueras, presentan una valva cuya longitud es de al menos 212 mm y su peso vivo es de 3.25 Kg (incluyendo la valva) (Goodwin & Pease 1987).

Las almejas *Panopea* tienen sexos separados. Las hembras maduras pueden tener varios millones de huevos y alcanzar hasta 2 millones de huevos durante un evento de desove (Goodwin & Pease 1989).

El promedio de la edad de madurez varía de 2 a 3 años (Campbell & Ming 2003), de 3 a 8 años (Goodwin & Pease 1989), de 10 a 15 años (DFO 2000) dependiendo del lugar y alcanza una talla de Mercado a los 12 años (DFO 2000) y puede vivir hasta 180 años (DFO 2000)

Larvas planctónicas permanecen en la columna de agua 16 a 47 días, se asientan como postlarvas en sustratos y posteriormente se entierran en sustratos adecuados (King 1986, Goodwin & Pease 1989) en Campbell (2004).

La *Panopea* se alimenta filtrando las partículas de alimentos de agua de mar (Goodwin & Pease 1989). El crecimiento es variable, dependiendo de una variedad de factores ambientales, sin embargo, crece más rápido durante sus primeros 10 años (Goodwin & Shaul 1984, Goodwin & Pease 1991, Harbo *et al.* 1983, Bureau *et al.* 2002, Noakes & Campbell 1992, Hoffmann *et al.* 2000). Además de ser muy longeva, llegando a alcanzar una edad de 168 años (Bureau *et al.*, 2002). El reclutamiento es considerablemente bajo (Breen & 1983 escudos, Harbo *et al.* 1983), sin embargo, estudios recientes de frecuencias de edad han sugerido eventos de reclutamiento de las poblaciones de adultos geoduck en BC desde 1988 (Bureau *et al.*, 2002, Bureau *et al.* 2003).

La explotación de almeja gigante *Panopea generosa* en las costas de Baja California es una actividad nueva, esta pesquería inició en años recientes bajo el estatus de pesca de fomento. La almeja se encuentra incluida en la Carta Nacional Pesquera del 2004, ubicada entre una gran variedad de almejas del Océano Pacífico y del Golfo de California. A partir del año 2000, se han realizado estudios puntuales de prospección y evaluación de las poblaciones de la almeja generosa en áreas específicas del litoral de Baja California. (Arambula, 2005)

Existe para este recurso diferentes presentaciones que van desde producto vivo hasta enlatado o congelado, un gran mercado potencial, siendo principalmente de exportación a países asiáticos. En Puerto San Carlos, B.C.S se aprovecha comercialmente la almeja generosa, auspiciado por el trabajo Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de La Paz, que es la instancia que da seguimiento y evalúa a la población para una futura pesquería, (Arambula, 2005)

Las almejas del género *Panopea* son conocidas como “geoduck”. Este vocablo viene de la palabra india “nisqualli” que significa cavar en el fondo, connotación con la cual es conocida esta almeja en los Estados Unidos de América y Canadá. Se le nombra gráficamente como “almeja trompa de elefante” por los chinos debido a su sifón grande y carnoso. En México, en bahía Magdalena, Baja California Sur, se le conoce como almeja “chiluda” o almeja “gigante”. Es apreciada por su sabor increíblemente dulce y textura crujiente. Se exporta viva y es muy popular en China, Hong Kong, y Japón donde se consideran como una delicia exótica, como se observa en la figura 1. (Arambula, 2005)

Por lo anterior se destaca la importancia del estudio de esta especie para lo cual en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos.



Fig. 1. Almejas género *Panopea* en una pecera esperando ser compradas para su consumo

2. Antecedentes

Andersen (1971) Encontró que la madurez sexual en la almeja *Panopea* es variable. La talla de la madurez sexual es de 45 mm de longitud (longitud de la valva) El 50% de las almejas colectadas estaban maduras a los 75 mm, edad que Anderson estimó en 3 años. Sin embargo Goodwin & Shaul (1984) encontraron que los rangos de crecimiento en Puget Sound variaban geográficamente, pero indicaron que las almejas pueden alcanzar una longitud de 75 mm de 2 a 8 años. Los sexos están separados, los machos generalmente maduran en tallas pequeñas y más tempranas que las hembras.

Goodwin & Pease (1989) analizaron el ciclo reproductivo de *Panopea abrupta* en en Puget Sound, Washington y en la Columbia Británica, establecen que el ciclo gametogénico inicia en septiembre y las almejas desovan de Marzo a Julio en el Pacífico canadiense, los machos se encuentran sexualmente maduros durante todo el año, y estos maduran antes que las hembras. Los juveniles y adultos se alimentan por filtración de partículas obtenidas del agua marina (fitoplancton), el crecimiento en longitud de la concha es variable pero más rápido durante los 10 primeros años, después el crecimiento de la longitud de la concha se reduce grandemente, el ancho de la concha y la masa corporal continúan creciendo a una tasa menor. También determinaron que *Panopea abrupta* llega a vivir hasta 140 años, la fecundación es externa; desovan cientos de huevecillos al agua, de los cuales la mayoría no llegan a la etapa adulta porque son ingeridos por organismos de la misma especie y otros depredadores. (Campbell & Ming, 2003).

Douglas (1989) analizó el crecimiento de la *Panopea abrupta* calculando que llegan a vivir de 100 a 120 años de edad, señalando que la combinación de un anillo oscuro y un anillo blanco, representa un ciclo anual de crecimiento.

Breen *et al.*, (1991) evaluaron el crecimiento, la reproducción, la edad y mortalidad de la almeja gigante *Panopea zelandica*, de Nueva Zelanda. Para el análisis histológico de la gónada se usó la técnica de hematoxilina-Eosina,

usando también la solución de Davidson para la fijación y la parafina para seccionar el tejido; con ello se identificaron cinco estadios gametogénicos.

Bower & Blackbour (2003) analizaron el ciclo reproductivo de *Panopea abrupta* en Vancouver, Canadá y en la Columbia británica en Washington.

Griben & Creese (2003) Demostraron que los individuos de *Panopea zelandica* son protandricos, inicialmente maduran como machos al tercer año de edad y luego se convierten a hembras, en la que se encontraron un alto porcentaje de hembras de tallas grandes.

Campbell (2004), evaluó la densidad, el reclutamiento por edad, la mortalidad natural y el crecimiento de *Panopea abrupta* en 2 áreas experimentales en el sur de la Columbia británica, durante un periodo de 9 años; cabe resaltar que cada área tiene una extensión de 50 x 50 metros, como resultados obtuvo que la tasa de crecimiento, mortalidad y reclutamiento están estrechamente relacionadas con factores ambientales y biológicos asociados con diferentes hábitats (por ejemplo, profundidad, tipo de sustrato, temperatura, exposición a la actividad del oleaje del agua, contaminación, disponibilidad de alimento) (Breen & et al 1983, Harbo et al. 1983, Goodwin & Shaul 1984, Goodwin & Pease 1991 Noakes & Campbell 1992, Hoffmann et al. 2000, Bureau et al. 2002. Campbell (2004).

Gosling (2004) estableció los intervalos de salinidad donde habita *Panopea generosa* en condiciones silvestres, de 20 ppm a 30 ppm, y temperaturas de 5 °C a 25°C y estableció la temperatura mínima de desove de 7° C.

Arambula (2005) analizó el ciclo reproductivo, estableció la fecundidad y las características morfológicas de *Panopea globosa* en el empalme de la costa de Sonora en el golfo de California. Esta especie inicia su periodo reproductivo en octubre, la madurez se presenta en diciembre y el desove se presenta en enero y febrero.

Griben & Creese (2005) analizaron el ciclo biológico de *Panopea zelandica* determinando la edad, el crecimiento y la mortalidad de diferentes poblaciones de *Panopea zelandica* en dos sitios diferentes de Nueva Zelanda en la bahía de Kennedy se encontraron almejas con edades desde los 2 hasta los 34 años de edad, una longitud máxima de 111.5 mm y un peso de 275.5 g; y en la bahía de Shelly las almejas presentaron edades desde los 3 hasta los 85 años de edad, una longitud máxima de 103.6 mm y un peso de 223.1 g; también establecieron que el crecimiento es rápido en los primeros 10 a 12 años y muy lento después. Este estudio es el primero en confirmar que las bandas de la valva de *Panopea zelandica* son depositadas anualmente y que pueden ser usadas para determinar la edad de estas especies. Finalmente encontraron que esta almeja presenta bajos intervalos de mortalidad y longevidad de *Panopea zelandica*; el manejo de esta pesquería necesita ser tratada con cuidado por la factibilidad de la cosecha de esta especie.

Vadopalas & Cyrus (2005) Analizaron el IGS de *Panopea zelandica*, usando un analizador de imágenes de la gónada para calcular el índice gonadosomático de cada individuo. Esta herramienta les permitió establecer que los individuos que tienen edades entre 1.5 a 2.2 años el 23% presento evidencia de desove y el 71% fueron maduros; por el contrario individuos que presentaron edades de 4.5 a 5.0 años el 68% presento evidencia de desove y el 89% fueron maduros. También se estimo que el 50% de la población estaban en la fase de maduración los cuales presentaron una longitud de la valva de 64 mm.

3. Justificación

La generación del conocimiento del ciclo biológico de los bivalvos puede permitir incorporar nuevas especies a la actividad pesquera y acuícola. Por ello con la realización de esta investigación se obtendrá información relevante sobre la biología reproductiva de la almeja gigante *Panopea generosa*. Esto contribuirá en un futuro establecer las fechas de veda, las zonas de reproducción y de captura y la cuota de captura entre otras cosas; con el fin de obtener un correcto aprovechamiento del molusco bivalvo, en Bahía Magdalena en Baja California Sur, México.

4.

Objetivo General

Caracterizar y determinar el ciclo reproductivo por medio de un análisis microscópico de las gónadas de *Panopea generosa* de Bahía Magdalena, Baja California Sur .

4.1 Objetivos particulares

- Describir el desarrollo gonádico
- Determinar el ciclo reproductivo
- Establecer la época de reproducción de la especie en Bahía Magdalena
- Establecer la temporada reproductiva por medio del análisis de la variación temporal en la proporción de fases de madurez
- Analizar los valores medios de los datos biológicos obtenidos del Análisis Multivariado de Covarianza (ANMUCOVA)
- Analizar la distribución de la frecuencia de las tallas de la población de *Panopea generosa* por medio de los estimadores de densidad por Kernel (EDKs).

5. Marco teórico

5.1 Posición taxonómica de *Panopea generosa*

Reino: Animal

Phylum Mollusca,

Clase Bivalvia (Linnaeus)

Subclase: Heterodonta (Neumayr, 1884)

Orden: Myoida (Goldfuss, 1820)

Suborden: Myina (Stoliczka, 1870)

Superfamilia: Hiatellacea (J. E. Gray, 1824)

Familia: Hiatellidae (Gray, 1824)

Género *Panopea* (Menard, 1807)

Especie: *Panopea generosa*, (Gould, 1850), en Stilwell (2000)

La *Panopea* es la más grande de las almejas en su área de extensión que abarca desde Alaska y la Columbia Británica en el estado de Washington, hasta Baja California Sur y en el Golfo de California, México así como en las costas de Argentina y Nueva Zelanda. La concha de *Panopea generosa* es generalmente de forma rectangular con un bordo anterior redondo. Las dos valvas son simétricas y no alcanzan a envolver la musculatura de la manta del enorme sifón fusionado (Arambula, 2005).



Fig. 2. Almeja gigante *Panopea generosa* fuera del estanque donde se almacenan antes de ser llevadas al laboratorio del CRIP

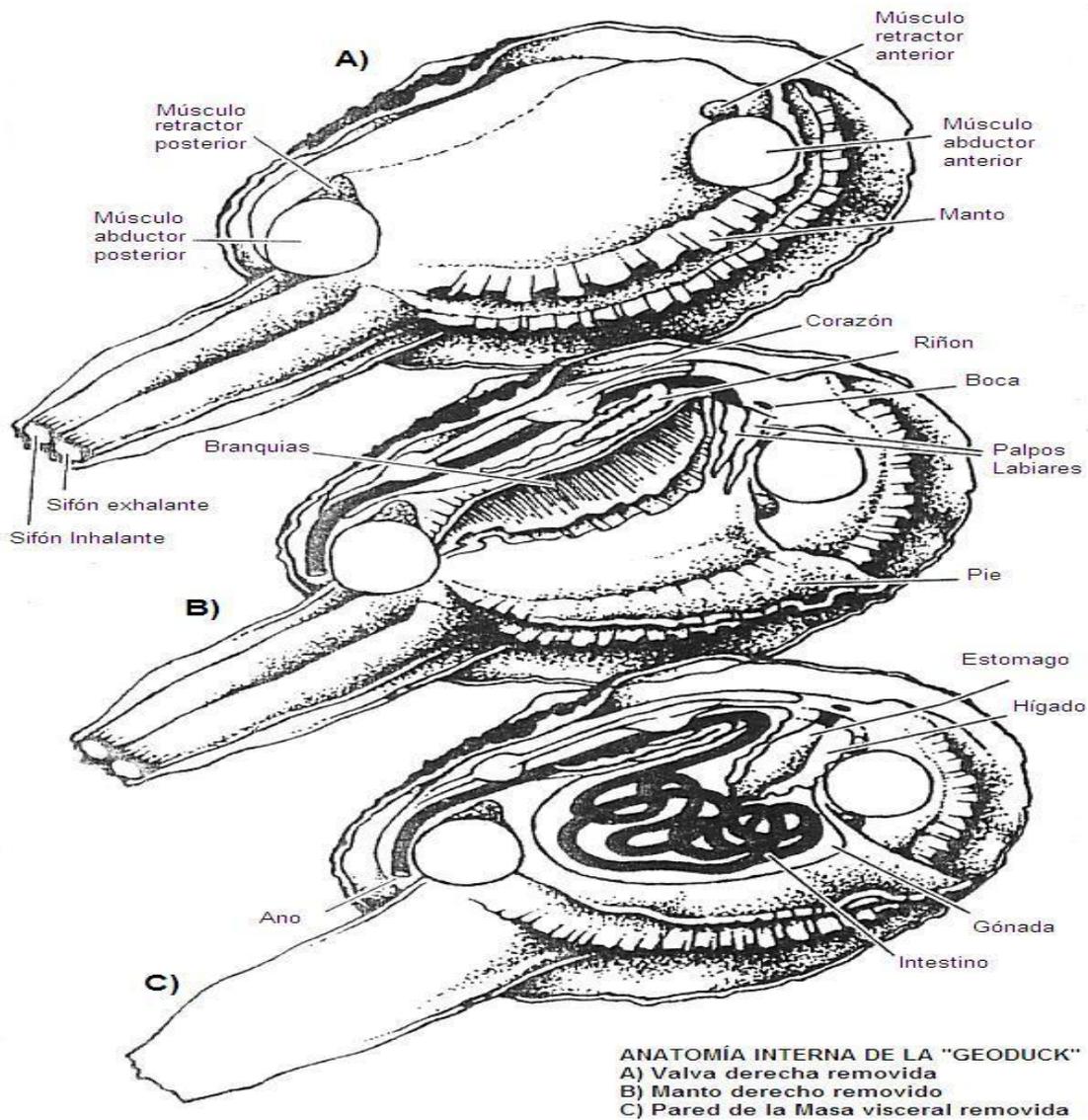


Fig. 3. Esquema anatómico de *Panopea generosa*

5.2 Área de Estudio

Las estaciones de muestreo fueron seleccionados al azar, en total se programaron 35 estaciones de muestreo ubicadas con ayuda de un GPS, marca Garmin modelo 48 y un sonar digital, para registrar la profundidad y la temperatura superficial del agua.

En cada estación de muestreo se realizaron 5 transectos de 14m de longitud por 0.50m de ancho. De esta manera, se consideró como unidad de muestreo el área equivalente a 7.5m². Utilizando equipo de buceo autónomo se contabilizó el número de almejas en cada transecto, así como el tipo de fondo.

Para la ubicación y delimitación de los bancos de la almeja gigante *Panopea generosa*, se procedió con ayuda de la experiencia de los pescadores a recorrer la zona de estudio. El recorrido de la zona se inició saliendo de los lugares conocidos como Puerto San Carlos. El tipo de fondo, profundidad y las observaciones de la presencia de la almeja gigante *Panopea generosa*, fue considerado para delimitar los polígonos para cada banco. De éste, se seleccionaron 14 estaciones de muestreo, tomándose un total de 70 unidades de muestreo de 7.5 m² .c/u. La profundidad promedio fue de 17 metros. En esta zona el tipo de sustrato es lodoso

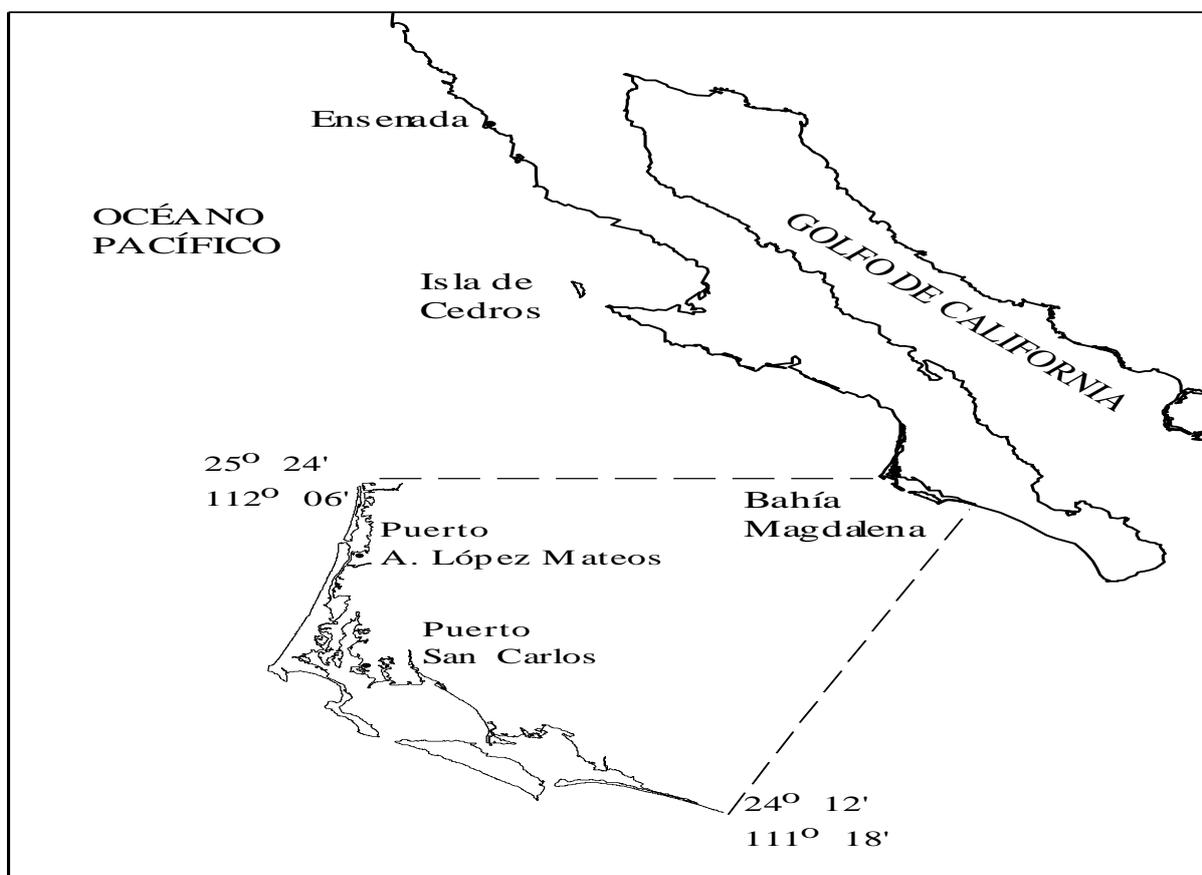


Fig. 4. Zona de estudio en bahía Magdalena ubicación de los puertos de descarga de la pesquería de pelágicos menores en la zona.

5.3 Distribución

La zona de estudio se encuentra entre las coordenadas: Latitud 25°10'48" - 24°26'24" N y longitud 112°11'24" - 111°33'00" W

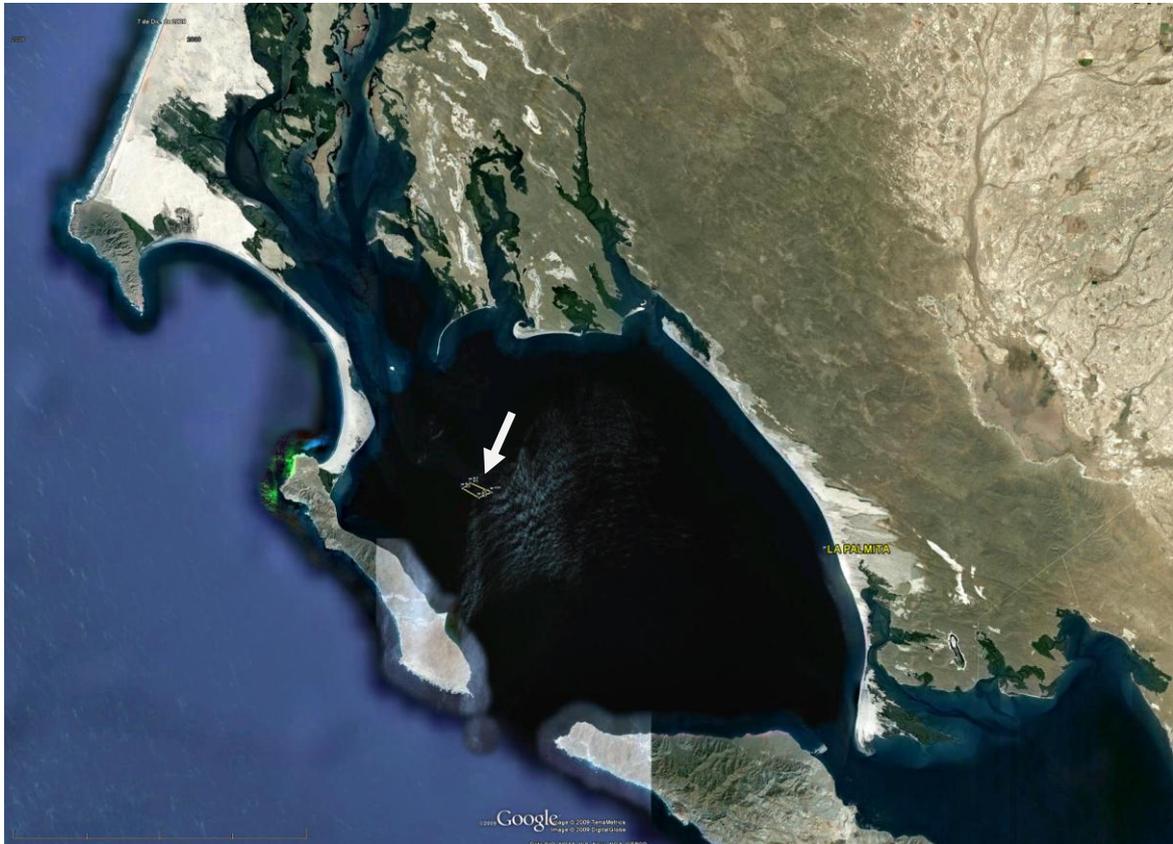


Fig. 5. Foto satelital en la zona de estudio en Bahía Magdalena, en la que se observa el polígono del área de estudio

5.4 Consideraciones generales sobre el área

La zona de estudio se encuentra en el Pacífico centro-oriental forma parte de la gran región zoogeografía del Pacífico oriental, que se extiende desde Punta Barrow hasta el estrecho de Magallanes, a lo largo de la costa occidental de América, cubriendo aproximadamente 127° 30' de latitud. Se divide a su vez en 5 unidades o bloques que están directamente relacionados con los patrones climáticos locales y las corrientes oceánicas y costeras. Cada bloque aloja a una fauna propia, caracterizada por un alto grado de endemismo, que va enriqueciéndose en especies en dirección hacia el ecuador, alcanzando, al

igual que en otras grandes regiones del mundo, su diversidad máxima en la franja tropical. Los límites de la zona tropical de interés para este trabajo se localizan en dos zonas de mezcla de aguas de origen ecuatorial y templado que colindan al norte con la corriente de California y al sur, con la corriente del Perú. El impacto de estas dos corrientes frías, así como la intensidad de la contracorriente norecuatorial varían según el periodo del año esta última corriente alcanza su máxima influencia en septiembre-octubre, cuando su extensión hacia el este sobrepasa la longitud de 90° W y contrarresta el avance de la corriente de California hacia el sur (más allá de bahía Magdalena al mismo tiempo se desarrolla una fuerte corriente costera que fluye hacia el norte El límite norte de la zona de mezcla está situado a la altura de bahía Magdalena, en la porción suroeste de la Península de Baja California. Su extensión es también variable, por lo cual suele reconocerse allí una zona intermedia “templado tropical” que abarca desde Punta Eugenio hasta cabo San Lucas. (Fisher, 1995).

El endemismo ha llevado a la división de esta área en provincias caracterizadas por su alto grado de endemismo. Una de ellas es la Provincia de Cortez, desde bahía Magdalena hasta bahía Banderas, incluyendo la totalidad del golfo de California. (Fisher, 1995).

En ciertos años, la zona costera del Pacífico centrooriental experimenta notables modificaciones de sus condiciones climáticas y oceanográficas: se trata del evento llamado “El Niño”, que originalmente fue descrito como una incursión de aguas tropicales cálidas en la zona de afloramientos frente a la costa de Perú. Actualmente, “El Niño” es considerado como una manifestación de cambios globales en todos los océanos tropicales del mundo. (Fisher, 1995).

Otra de las características propias de la costa occidental del continente americano es la proliferación de extensas zonas de surgencias (“upwelling”) o afloramientos en las cuales las aguas profundas, ricas en nutrientes, suben a la superficie para reemplazar el agua costera que ha sido alejada por vientos que soplan del noroeste. De hecho el pacífico oriental incluye dos de los cinco

sistemas de surgencias costeras más importantes del planeta, ubicados respectivamente, frente a California- México y Perú-Chile.

Las surgencias son fenómenos de suma importancia para las pesquerías, ya que el aporte masivo de nutrientes pone en marcha cadenas productivas intensivas que benefician el reclutamiento y crecimiento de especies comerciales. (Fisher, 1995).

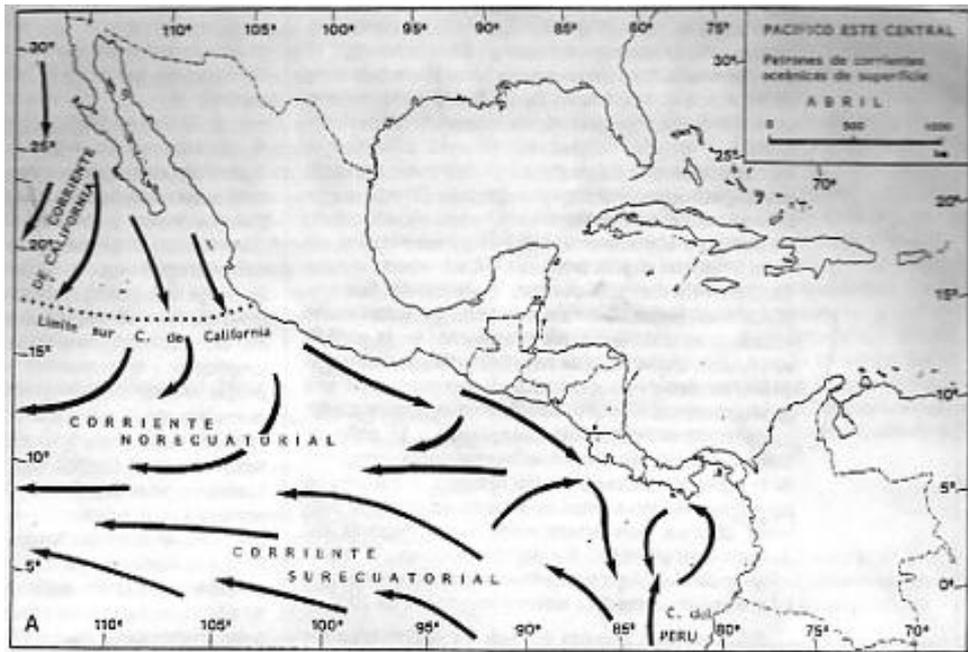


Fig. 6. Patrones de corrientes del Pacífico Este Central en Abril según (Baumgartner y Christensen en 1985).

6. Material y Métodos

6.1 Actividades de campo

El sitio de colecta se ubica en Bahía Magdalena en Baja California Sur. Las almejas están enterradas en fondos arenosos, para ponerlas en evidencia, se retira la arena que cubre el sifón succionando con una manguera que está conectada a un compresor que esta a bordo de una embarcación menor, estas se localizan a profundidades que van desde las 3 hasta las 10 brazas. Un buzo baja la manguera al fondo, localiza los orificios del sifón y las saca. Las almejas fueron colectadas durante el periodo comprendido entre los meses de septiembre de 2005 y septiembre de 2006; Cabe señalar que en el mes de Julio no se realizó la colecta debido a las condiciones adversas del clima debido al fenómeno del niño lo que ocasiono que el agua estuviera turbia, lo que impidió ver el sifón y por lo tanto no se pudieron extraer las almejas; además las que se lograron observar presentaban el sifón flácido debido al aumento de la temperatura por el mismo fenómeno.

Se capturaron entre 25 y 40 individuos por mes; los cuales fueron conservados en hielo para su traslado al laboratorio donde se llevar a cabo la morfometría correspondientes como el largo, ancho, alto, peso total, peso de concha y peso sin vísceras. Para un total de 324 organismos.

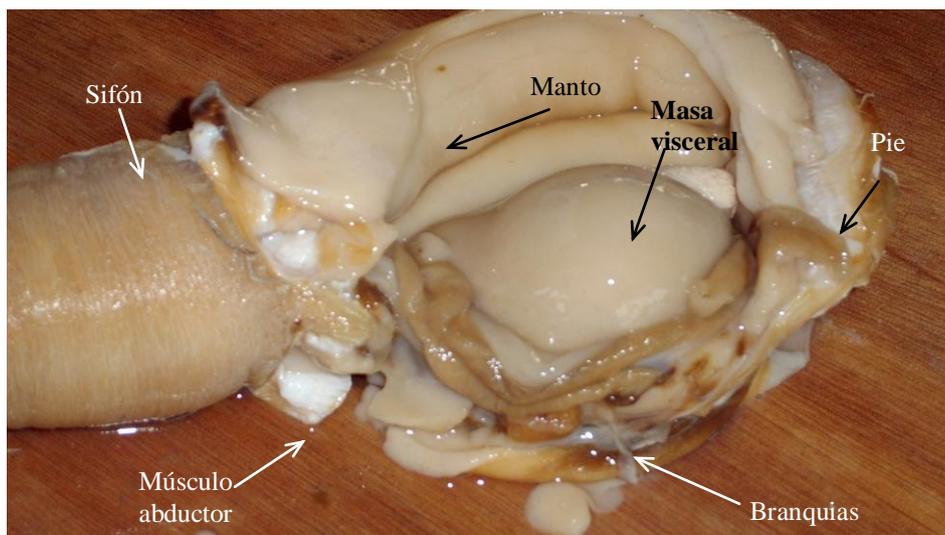


Fig. 7. Diseción de la almeja *Panopea generosa* donde se observar la masa visceral, el músculo abductor, las branquias, el pie y el manto.

6.2 Actividades de gabinete

6.2.1 Relación Peso-Longitud

En los organismos, al igual que en todos los seres vivos, el tamaño del cuerpo está estrechamente relacionado con la edad, y a medida que pasa el tiempo los organismos van aumentando de tamaño al mismo tiempo que aumenta la edad.

Este cambio o aumento de tamaño no es constante a lo largo de toda la vida del organismo.

El crecimiento en longitud describe normalmente una curva de tipo exponencial. El crecimiento en peso sigue en cambio un patrón diferente, ya que describe una curva del tipo sigmoideo.

Varios son los autores que han tratado de describir el crecimiento animal en forma matemática y, entre ellos, ha sido von Bertalanffy (1938) quien ha logrado desarrollar la formulación matemática que satisface mejor ciertas condiciones primordiales como son, por ejemplo, el que la expresión matemática sea coherente con el proceso biológico del crecimiento, tener una formulación que puede ser incorporada fácilmente en los modelos de dinámica de poblaciones y de administración de recursos pesqueros y, lo más importante, que la ecuación se ajuste bien a la mayor parte de los datos observados sobre crecimiento en animales.

Al tratar de relacionar la velocidad de incremento en longitud del animal con su propia longitud se obtendrá normalmente una regresión lineal con una pendiente negativa, donde el incremento en longitud se va haciendo cada vez menor, aproximándose a cero a medida que la longitud del animal sea próxima a la longitud teórica máxima (L_{∞}) o longitud asintótica. Esta relación lineal entre la velocidad de incremento en longitud y la longitud, puede ser representada por la ecuación diferencial:

$$\frac{dl}{dt} = k(L_{\infty} - l) \text{ o también } \frac{dl}{dt} = kL_{\infty} - k1$$

La relación entre el peso y la longitud para cualquier organismo en una población puede ser analizada para medir el peso y la longitud del mismo organismo repetidamente a través de su periodo de vida, o para medir los pesos y las longitudes de una muestra de moluscos en un tiempo particular.

La relación entre estas variables está dada por una ecuación de un tipo potencial de la forma:

$$P = aL^b$$

Donde:

- P = peso del individuo
- L = longitud del organismo
- a y b = constantes, estimadas por análisis de regresión lineal de logaritmos (base 10 o neperianos) por lo que se tiene:
- $\log P = \log a + b \log L$

Donde b es una constante que determina la proporcionalidad de los incrementos de la longitud respecto al peso.

El valor de esta constante fluctúa en especies pesqueras entre 2 y 4. En el caso de los peces si este retiene la forma de su crecimiento de manera isométrica, entonces el valor de b es igual a 3. Un valor significativamente menor o mayor de 3.0 indica un crecimiento alométrico. Un valor menor de 3 muestra que el organismo es menos pesado para la longitud que alcanza; un exponente mayor de 3 indica que el pez llega a ser más pesado para su longitud conforme incrementa en talla. Para calcular el valor de t que puede ser usada para probar si un valor de b calculado por medio de la relación peso-longitud es significativamente diferente de 3. La ecuación utilizada para obtener el estadístico de t es:

$$t = \frac{e.s._x}{e.s._y} * \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} * \sqrt{n-2}$$

donde = **e.s** (x) es la desviación estándar del logaritmo de L y **e.s** (y) es la desviación estándar del logaritmo del peso; n es el número de peces utilizados en el análisis y r es coeficiente de correlación de la relación peso-longitud. El valor de B es diferente de 3 si t es más grande que el valor de tablas de t para n-2 grados de libertad (Pauly, 1984).

Cuando se quiere obtener la relación peso-longitud para una población, se debe hacer un gran esfuerzo para capturar a los peces de un amplio intervalo de tallas, incluyendo la edad 0 (a menos que las crías pertenezcan a diferentes tasas de crecimiento). Cuando solamente un corto intervalo de tallas de organismos se encuentra disponible, los parámetros estimados pueden estar

desviados de los valores de la población por efecto de la variabilidad del muestreo (Ricker, 1979)

6.2.2 Análisis de frecuencia de tallas

Cuando es posible medir el tamaño de un gran número de individuos muestreados de un stock de organismos es posible analizar en detalle la distribución estadística de sus tamaños. Tradicionalmente, para esta tarea se han venido utilizando el histograma o polígono de frecuencia. No obstante, en años recientes se ha propuesto el uso de histogramas mejorados denominados estimadores de densidad por kernel por ser uno de los métodos estadísticos más apropiados para el análisis de las distribuciones de tallas animales (Salgado-Ugarte *et al.* 1993, 1995a, 1995b, 1997). Si los eventos reproductivos de la especie son de naturaleza discreta y periódica, será posible seguir a los grupos o clases dominantes de talla como modas en la distribución de tamaños. Si la reproducción ocurre a intervalos regulares de tiempo, puede ser posible aproximar las edades de cada uno de los grupos de tamaño (King, 1995).

El número de grupos de organismos con edad semejante puede estimarse con mucha precisión gracias a la disponibilidad de poderosos procedimientos asociados a los EDKs tales como aquellos que permiten la elección de la mejor amplitud de banda (intervalo) y que se derivan de reglas prácticas (óptimas y sobresuavizadas), así como de métodos estadísticos de cómputo intensivo como la validación cruzada por mínimos cuadrados y sesgada) y la prueba de bootstrap para multimodalidad. (Salgado, 2005)

Una vez que se ha obtenido una distribución multimodal es posible concebir a cada grupo como una distribución gaussiana. Los componentes individuales en esta distribución mezclada pueden determinarse utilizando algún método para caracterización de distribuciones normales, como por ejemplo el procedimiento de Bhattacharya. Estas modas representan grupos de organismos con edad semejante (cohortes). Las distribuciones gaussianas quedan determinadas por dos parámetros, media aritmética y desviación estándar. Con las medias

estimadas para cada cohorte y suponiendo ó conociendo el periodo de tiempo que las separa, es posible entonces estimar los parámetros de crecimiento de la función de von Bertalanffy, la más utilizada en evaluaciones de recursos pesqueros. (Salgado, 2005)

La determinación de los grupos de talla se realizó mediante el análisis de frecuencia de tallas utilizando estimadores de densidad por kernel (Gaussiano), para lo cual, se realizó la evaluación no paramétrica de la multimodalidad de los datos (Silverman, 1981; Salgado-Ugarte, *et al.* 1997). Estas distribuciones permitieron caracterizar los componentes gaussianos (media, desviación estándar y tamaño), mediante el método de Bhattacharya, 1967); una vez identificados los componentes, estos se delimitaron tanto en el gráfico de diferencias logarítmicas como en el estimador de densidad correspondiente, además se determinó la correlación entre la suma de los componentes gaussianos estimados con la frecuencia suavizada original. (Salgado, 2005)

Todos estos procedimientos fueron realizados con los programas de (Salgado-Ugarte, *et al.*, (1993, 1994, 1995, 1997, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005) implementados para Stata (Stata Corp, 1999, 2001, 2003) (Salgado, 2005)

El método de Bhattacharya para descomposición gaussiana (Bhattacharya, 1967) se llevó a cabo por medio de versiones actualizadas (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) de los programas incluidos en Salgado-Ugarte, *et al.* (1994.). Estos programas primero calculan las diferencias logarítmicas del histograma utilizado y dibuja la gráfica con el numero de par ordenado como símbolo de graficación con el fin de definir a partir de puntos consecutivos tendencias lineales con pendiente negativa. Cada una de estas líneas representa un componente gaussiano individual en la distribución mezclada Fig 14. (Salgado, 2005)

Este procedimiento permite la caracterización de los componentes gaussianos ajustados a las frecuencias observadas reportando estimaciones de sus parámetros: media y desviación estándar así como el número de individuos que comprende cada uno. El resultado se presenta en forma de cuadro y se grafica

la curva gaussiana resultante sobre las frecuencias observadas. La tabla 8. resume los parámetros de los dos componentes determinados los cuales se presentan también en la Fig.14 (Salgado, 2005)

6.2.3 Estimadores de densidad

Para analizar datos de frecuencia de tallas se han empleado usualmente histogramas y polígonos de frecuencia (Petersen, 1892) y procedimientos estadísticos para mostrar la distribución de las longitudes. Los histogramas y polígonos de frecuencia son estimadores de la distribución de densidad del conjunto de datos (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005). El número de modas es una característica de los datos pero depende de la amplitud del intervalo (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005) La mayor parte de las veces en estos procedimientos gráficos el eje vertical representa el número de observaciones (frecuencia) que pertenecen a un intervalo o clase en las que pueden utilizarse escalas de porcentajes o fraccionarias. Otra forma menos conocida de representar el eje de las ordenadas es la escala de densidad definida como la frecuencia del intervalo dividida por el producto del número total de observaciones con la amplitud de clase. (Salgado, 2005)

A pesar de su amplio uso, estos estimadores de densidad pueden ser muy burdos para propósitos detallados del análisis de la distribución (Tarter & Kronmal, 1976) Existen cuatro problemas cuando se usan histogramas (Fox, 1990): (Salgado, 2005)

- a) Dependencia en el origen
- b) Dependencia en la amplitud y número de intervalos
- c) Discontinuidad
- d) Amplitud fija de intervalo

Los problemas del origen y discontinuidad son superados al calcular la densidad local en cada punto de datos y no en las marcas de clase (Salgado-Ugarte, *et al.*, 2005)

La discontinuidad es atacada al considerar funciones ponderales de variación gradual, como la función gaussiana. De esta forma es posible emplear una figura en forma de campana centrada en cada valor de datos y sumar estas curvas individuales para obtener el resultado final (Salgado-Ugarte, *et al*, 2005)

Para la selección de la amplitud del intervalo existen varias sugerencias en literatura para los histogramas. En general se usan intervalos de 0.5 cm para especies pequeñas o menores a 30 cm y 1 o 2 cm para especies mayores. (Wolff, 1989) propuso una fórmula derivada empíricamente para la determinación del ancho óptimo con base en el tamaño máximo observado y el número estimado de clases de edad en la muestra; (Caddy, 1986) sugiere que la amplitud del intervalo debería ser lo suficientemente angosto para que los picos de frecuencia sucesivos queden separados por cinco o seis clases. En su estudio (Erzini, 1990) menciona que el tamaño óptimo de intervalo para el agrupamiento de datos de longitud es una función del tamaño de muestra y las características biológicas tales como la variabilidad de la longitud a cierta edad, patrones de reclutamiento, tasa de crecimiento y tamaño máximo afecta claramente la definición de las modas. Los estimadores de densidad por kernel una serie de reglas empíricas para la elección de ancho de banda y varios procedimientos de cómputo intensivo para determinar el ancho de intervalo (banda) más adecuado (Salgado-Ugarte *et al.*, 1995; Salgado-Ugarte, 2002).

Los estimadores de densidad por kernel, atribuidos a (Rosenblatt, 1956) usan amplitudes fijas de banda. Esta característica hace que las estimaciones sean sensibles al “ruido” en las colas o cualquier otro intervalo de la distribución con frecuencia baja. Para solucionar el inconveniente, de reducir la amplitud de banda donde la concentración es baja, se pueden emplear estimadores de amplitud de banda variable (Jones, 1990), proporcionando detalle donde se concentran las observaciones, eliminando fluctuaciones ruidosas donde los datos son escasos (Salgado-Ugarte, *et al*, 2005).

Aunque son resueltos algunos de los problemas presentados por los histogramas la elección de la amplitud del intervalo permanece. Por lo cual la teoría estadística proporciona alguna guía en la selección de una amplitud de

banda óptima. Siguiendo a Tukey, (1977), Scott, (1979) y Silverman (1978, 1986) la distribución gaussiana puede emplearse como referencia estándar. (Salgado, 2005).

Este ajuste proporciona resistencia a colas densas y trabaja bien para un amplia gama de densidades pero tiende a sobresuavizar distribuciones muy segadas multimodales (Silverman, 1986) Si este último es el caso, la amplitud óptima de banda puede considerarse como un punto de partida para un ajuste fino posterior (Salgado-Ugarte, 2002).

Los EDKs resuelven algunos de los problemas del histograma y son adecuados para el análisis de datos de frecuencia de longitudes.

La función kernel se escoge con base en el esfuerzo de computo requerido para su cálculo (Silverman, 1986). (Salgado-Ugarte, *et al*, 2005)

Al trabajar con estimadores de densidad por kernel, el efecto del origen en la estimación desaparece, sin embargo el problema de la elección del parámetro de suavización (amplitud de banda) permanece. No obstante, existen varias estrategias para enfrentar este problema: reglas empíricas (fórmulas) y procedimientos de cómputo intensivo (validación cruzada y bootstrap). (Salgado, 2005)

En las distribuciones mezcladas, existen varios componentes Gaussianos, cada uno con parámetros diferentes tales como la media y la desviación estándar. Por lo que parece apropiado el uso de EDKs de amplitud de banda variable, los cuales ajustan el intervalo para proporcionar detalle (decreciendo la amplitud (h) en regiones de alta concentración de datos) y eliminan el ruido (incrementando la amplitud (h) donde la cantidad de observaciones es escasa). (Salgado, 2005)

Por lo que, para evaluar la distribución de frecuencias en la almeja gigante la conclusión del análisis fue usar el EDK de amplitud de banda variable puesto que no depende del algún origen, ajusta la amplitud de banda de acuerdo con el numero de observaciones y de esta forma revela más detalles lo que permite

una mejor separación de las modas en comparación con las estimaciones de ancho fijo de banda. (Salgado-Ugarte, et al, 2005)

Los EDKs proporcionan varias formas de evaluar la multimodalidad (para detalles ver Silverman, 1981b, 1983, 1986) (Salgado, 2005)

6.2.4 Prueba de multimodalidad de Silverman

En la literatura estadística se han publicado varias pruebas para detectar la multimodalidad de una distribución; por ejemplo Silverman, (1981) combinó la estimación de densidad por kernel con un procedimiento de prueba jerárquico de muestreo repetitivo (bootstrap). Este método no es paramétrico y es derivado de los datos y de cómputo intensivo. (Salgado, 2005)

En la estimación de la densidad, uno de los problemas centrales es la elección de la amplitud de intervalo (de clase o de banda). Hay varias formas de seleccionar apropiadamente un ancho de banda para los estimadores de densidad por kernel (EDKs). Estas reglas, en conjunto con las amplitudes sobresuavizadas (Terrel, 1990) constituyen un conjunto de herramientas poderosas para elegir la amplitud de banda de estimadores de densidad por kernel (Scott, 1992).

La prueba de Silverman utiliza al EDK Gaussiano de acuerdo a los siguientes pasos: a) identificación de las bandas críticas compatibles con la hipótesis de un número de modas dado; b) obtención de una muestra de bootstrap suavizada para cada amplitud crítica de banda; c) estimación de las densidades correspondientes; d) cálculo de la significancia (valor de P) para el número de modas como la fracción resultante de contar las estimaciones que muestran más modas que el número indicado por la banda crítica usada para dividir las entre el número total de repeticiones (muestras bootstrap). (Salgado, 2005)

6.2.5 Reproducción

La reproducción es un tópico fundamental en las ciencias pesqueras. El proceso reproductivo a menudo presenta ritmos endógenos controlados por un reloj biológico interno y factores ambientales.

En especies que desovan en otoño o al inicio del invierno, la madurez gonádica es favorecida por fotoperiodos cortos y temperaturas bajas. La temperatura juega un papel importante en el ciclo sexual de algunas especies. Las temperaturas bajas promueven la maduración sexual a pesar del fotoperiodo. Se ha reportado que la temperatura es más importante que el fotoperiodo debido a la acción directa sobre la gametogénesis la cual está determinada generalmente por factores ambientales externos como el fotoperiodo, la temperatura y la disponibilidad de alimento; lo que provoca el disparo y la sincronización de los diferentes estadios de madurez gonádica (Lubet 1983, Gallardo 1989).

Los efectos de la temperatura sobre la gametogénesis y el ciclo de desove de los seres vivos son complejos, y dependen totalmente de la estrategia reproductiva y el intervalo de la temperatura ambiental que soportan los organismos.

Las estrategias reproductivas de los organismos están relacionadas con las diferencias anatómicas entre los sexos.

La conducta reproductiva en la mayoría de los animales es anual y una vez que han comenzado con él continúan hasta que mueren, este proceso se denomina semilparidad. También existen otras especies que desovan más de una vez en un año y más o menos continuamente. A este proceso se le denomina iteroparidad.

En la mayoría de las especies los óvulos y los espermatozoides son formados en individuos separados (dioicos) y los gametos son enviados al ambiente circundante, donde la fertilización se realiza. La reproducción bisexual consiste

en que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en los individuos masculinos y femeninos por separado (gonocoristas).

La mayoría presenta desoves cíclicos por lo que los ovarios tienen diferentes apariencias durante el ciclo reproductivo se describen tres tipos de desarrollo de las gónadas: sincrónicos, sincrónicos por grupo y asincrónicos.

Sincrónico

Para este patrón sincrónico una vez que las especies empiezan a madurar todos los óvulos o espermatozoides que van a ser emitidos por cada organismo en un solo periodo de reproducción se desarrollan simultáneamente.

Grupo sincrónico

Dos o más grupos de ovocitos se encuentran en el mismo grado de desarrollo y cada grupo en diferente etapa.

Estos patrones permiten tener múltiples y distintos patrones ovulatorios típicos de los ciclos estacionales, lunar o diurna.

Patrones asincrónicos

Contienen ovocitos en todas las etapas de maduración y por consiguiente desove continuo. (Redding y Patiño, 1993).

Los ovarios maduros de algunas especies usualmente presentan tres clases de óvulos. Los más numerosos son pequeños, blancos y opacos, y son algunas veces llamados el stock del reclutamiento.

6.2.6 Estimación de la longitud y ancho de los ovocitos

Otra medida cuantitativa que refleja el grado de madurez es el diámetro de los ovocitos. El análisis del tamaño de los ovocitos, soporta y facilita la interpretación del ciclo reproductivo tomando como base que conforme avanza el desarrollo de los ovocitos su tamaño aumenta (Gaspar-Soria *et al.* 2002).

Para estudiar el ciclo reproductivo de los individuos se han establecido varios métodos para llevar a cabo este objetivo los cuales van desde procedimientos

histológicos detallados hasta índices derivados de medidas corporales. Estos índices morfofisiológicos están basados en la morfometría tales como: el peso total y eviscerado, de gónadas hígado y la longitud corporal. En general estas medidas están correlacionadas positivamente con el tamaño y se utilizan para estimar otros procesos relacionados. De esta formas, el peso de las gónadas está relacionado con la madurez y el desove, talla individual, temporada del año, etc.

El peso total o eviscerado se usa para estimar la condición (robustez o grado de bienestar de los animales) suponiendo que los individuos más pesados a una longitud dada están en mejor condición. El peso corporal es un reflejo de los procesos fisiológicos involucrados en la reproducción y sobrevivencia (García –Berthou & Moreno - Amich, 1993).

Salgado-Ugarte, (1995) menciona que la condición somática durante la estación de desove es una observación común en muchas especies de organismos e indica que el crecimiento somático es limitado debido al desarrollo de las gónadas.

Además de la disminución en la condición ha sido atribuida a una disminución de las reservas del cuerpo durante la maduración de las gónadas.

Salgado-Ugarte, (1995) al tomar en cuenta los comentarios de (García – Berthou & Moreno - Amich, 1993), cita que el uso del análisis multivariado de covarianza presenta algunas ventajas.

Por ejemplo, un análisis preliminar del índice gonadosomático clásico, muestra una clara heterocedasticidad lo cual hace difícil las comparaciones y por otro lado, la comparación de los valores medios adyacentes permite evaluar la significancia de la variación de las medias (ajustadas por longitud) a lo largo del periodo del estudio.

La importancia de la aplicación del ANMUCOVA a este tipo de estudios sirve como herramienta de apoyo que facilita la interpretación simultánea de la tendencia de las medias, ya que hace posible la comparación de las medias

ajustadas por la covariada en una escala similar, eliminando el efecto del tamaño individual (en longitud), el incremento en la variabilidad cuando se compararan variables por medio de una proporción y las características anómalas estimando los valores medios verdaderos de la proporción (García – Berthou & Moreno - Amich, 1993).

Patterson (1992) propuso que la condición pudiera estudiarse mejor utilizando un solo modelo para analizar simultáneamente la respuesta del peso del pez a varios factores. Este enfoque se beneficia de la simplicidad de usar un análisis integrado y evita los problemas.

De las distribuciones sesgadas de los cocientes. En su método, todas las variables independientes que afecten el peso se incluyen al mismo tiempo que la longitud de los peces para obtener una solución por mínimos cuadrados. La evaluación de la significancia de las variables se hace mediante un análisis de covarianza. El coeficiente de cada parámetro se usa entonces como una medida de su efecto en la condición del pez. Su cálculo puede efectuarse por medio de programas estadísticos capaces de estimar modelos lineales generalizados.

En el presente estudio se presentará el uso del ANMUCOVA para describir el ciclo reproductivo de la almeja gigante *Panopea generosa*.

Se seleccionó a los individuos para la submuestra histológica se utilizó la evaluación de frecuencia de longitud y peso de la masa visceral y peso total de los ejemplares completos por medio de los estimadores de densidad por kernel (EDKs) considerando para ello la amplitud de banda de la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado), la cual indica el número significativo de modas en las distribuciones mensuales (Silverman, 1986; Salgado-Ugarte *et al.* 1997). Posteriormente se utilizó el método de Bhattacharya para caracterizar los componentes Gaussianos en las distribuciones multimodales (Salgado-Ugarte *et al.* 1993; 1994). Para calcular los estimadores de densidad por Kernel se utilizaron los programas incluidos en Salgado-Ugarte *et al.* (1993, 1995a, 1995b). Estos programas permiten estimar

la distribución de densidad utilizando procedimientos y funciones kernel diferentes mediante implementaciones discretizadas y por el promedio de histogramas desplazados. Para un total de 207 individuos.

También se realizó un análisis de frecuencia de tallas para el tamaño de los ovocitos midiéndose el largo y ancho de los ovocitos y el largo y ancho del núcleo usando estimadores de densidad por kernel (EDKs) considerando para ello la amplitud de banda de la prueba de multimodalidad de Silverman (Silverman, 1986; Salgado-Ugarte *et al.* 1997). Luego se utilizó el método de Bhattacharya para caracterizar los componentes Gaussianos (Salgado-Ugarte *et al.* 1993; 1994). Para calcular las estimaciones de densidad por Kernel se utilizaron los programas incluidos en Salgado-Ugarte *et al.* (1993, 1995a, 1995b).

6.3 Actividades de laboratorio

6.3.1 Técnica histológica

Para el análisis histológico se siguió con el proceso de la técnica histológica que incluye varios procedimientos (Uría, *et al.* 1996), como: lavado, deshidratación inclusión, obtención de cortes de 5 μ m y tinción con la técnica de Hematoxilina y Eosina (H-E).

La técnica histológica se refiere a una serie de pasos que conducen a la elaboración de laminillas o preparaciones histológicas. Sus fundamentos y procedimientos se revisarán ampliamente a continuación.

Para realizar el estudio microscópico de los componentes de un organismo (órganos, tejidos y células) se recurre a varios procedimientos dependientes de la naturaleza del material y de las necesidades de dicho estudio. Por ejemplo: elaboración de cortes, frotis, células y tejidos de cultivos, materiales disociados, microincineración y coloraciones vitales.

En el caso de los cortes, hay un conjunto de manipulaciones a las que –junto con sus fundamentos teóricos– se les conoce como técnicas Histológicas; este

es un proceso que lleva a la obtención de cortes de órganos preparados adecuadamente para poder efectuar el estudio microscópico de sus componentes: tejidos y células.

6.3.2 Descripción de la técnica.

La técnica de Hematoxilina-Eosina maneja una coloración regresiva en la que intervienen dos colorantes: la Hematoxilina (colorante básico) que es un colorante nuclear aunque no exclusivo, pues tiñe también ribonúcleo proteínas citoplásmicas, mielina, etc. El otro colorante es la Eosina (colorante ácido), que se usa para teñir el citoplasma en un color de contraste (coloración de fondo).

La hematoxilina ($C_{16}H_{14}O_6$) es un colorante natural obtenido del árbol tropical Hematoxilina *Campechianum linn*, leguminosa la llamada Hematoxilina de Harris.

Los pasos principales en esta técnica de coloración son una coloración nuclear, una diferenciación o eliminación del exceso de colorante y una coloración citoplásmica.

Primero; se disecciona a los organismos y se obtiene cuidadosamente la gónada; luego se procede a fijar el tejido, sumergiendo dicho órgano en solución Davidson durante 24 horas, luego al término del proceso de fijación los organismos son transferidos a una solución de alcohol etílico (50 - 70%) para su almacenaje hasta su procesado.

La Fijación. Es un proceso que consiste en la conservación de los tejidos y su propósito es mantener los tejidos de la forma más parecida a su estado normal, previniendo la posible autólisis, para ello se usó la solución Davidson AFA (Humanson 1972), el cual asegura una correcta fijación.

Luego la gónada se disectó con un bisturí, obteniendo porciones las cuales fueron colocadas en un "cassette" de plástico que contuvo las muestras durante todo el procesado hasta la preparación de los bloques, posteriormente todos los "cassettes" preparados fueron introducidos en alcohol al 70%.

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

Inclusión en paraplast. Después de la infiltración en paraplast se realiza la inclusión de los tejidos en paraplast I y paraplast II luego se coloca la pieza orientada por el lado que será cortada por la cuchilla del micrótopo, después se almacenan en un refrigerador a una temperatura de 5°C para facilitar el corte.

Corte. Una vez elaborados los bloques se procedió a cortar en el micrótopo a un grosor de entre 5 μm y 8 μm dependiendo si el tejido podía soportar un corte de 5 o de 8 μm , los cortes se extienden en un baño de inclusión con agua a 25°C y con 5gr de grenetina pura por litro, luego se seleccionó el listón de cortes de mejor apariencia en relación a la presencia de tejido bien conservado (sin roturas o dobleces), posteriormente se montó sobre un portaobjetos previamente señalado con la clave correspondiente a la muestra y luego se llevó a la estufa para el secado, a una temperatura de 60°C por un tiempo mínimo de 30 min.

Tinción. La rutina de tinción, comprende los diferentes procesos en los que se encuentran: desparafinación, hidratación, tinción, fijación del colorante, y deshidratación para su posterior montaje:

Los reactivos colorantes son sustancias que permiten distinguir detalles estructuralmente invisibles, o poco aparentes al microscopio, por su capacidad de fijarse en ciertas partes de los tejidos con matrices de variada intensidad. Estas sustancias son de dos tipos generales:

- a) Colorantes naturales, extraídos de productos animales o vegetales, como el carmín, la hematoxilina, la orceína y la safranina y

-
- b) Colorantes artificiales, conocidos como colorantes de anilina, colorantes de carbón o colorantes sintéticos.

Montaje. El montaje del tejido fue el último paso que concretó la preparación de las muestras, para ello primero se tomó el portaobjetos que contenía la muestra y se le añadió tres gotas de Entellan, luego el cubreobjetos fue adherido lenta y suavemente al portaobjetos dejándolos empalmar suavemente para evitar que le salieran burbujas, se hizo una pequeña presión para retirar el exceso de resina y se alinearon correctamente dejándolos secar a temperatura ambiente.

Una vez listas las laminillas fueron observadas en un microscopio de campo claro con cámara integrada, conectada a una computadora con digitalizador de imágenes en aumentos de 10x, 20x y 40x, y 100x a fin de analizar e interpretar cada una de ellas.



Fig. 8. Preparación para la disección de la almeja *Panopea generosa*

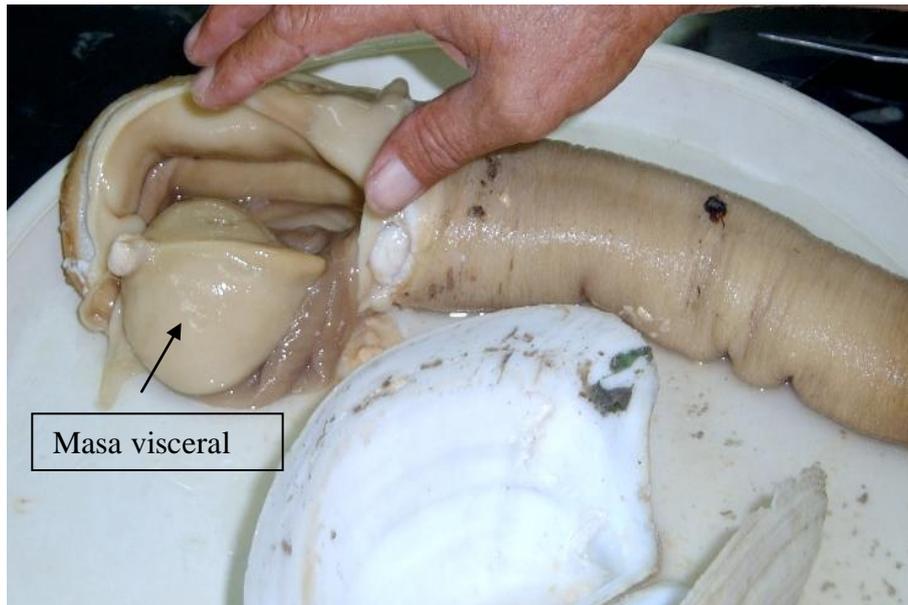


Fig. 9. Disección de la almeja *Panopea generosa* en la que se observa la masa visceral.

6.3.3 Descripción del análisis histológico

Para establecer los estadios de desarrollo gonádico de la almeja gigante *Panopea generosa* se consideraron los criterios de (Domínguez y Uría 2004) quienes tienen una amplia experiencia sobre el estudio reproductivo de muchos moluscos bivalvos esencialmente en el estado de Baja California Sur y Veracruz, México.

Para el análisis e interpretación de los cortes histológicos se utilizó un microscopio compuesto (Zeiss, Mod. CHS, 10x, 40x y 100x) y se hizo una descripción microscópica de la gónada con el fin de elaborar una escala de etapas de madurez gonádica con los siguientes aspectos tomados en consideración: tamaño y forma de los folículos y túbulos; grado de desarrollo folicular; presencia de gametos residuales; tamaño de los ovocitos; tamaño del núcleo de los ovocitos, espacio que ocupan los gametos en los folículos y túbulos y abundancia y tipo de tejido conjuntivo.

6.3.4 Índice de madurez

Se obtuvieron datos numéricos para poder hacer un análisis cuantitativo del ciclo reproductivo de *Panopea generosa*, se calculó el índice de madurez de acuerdo a Heffernan *et al.* (1989). A través de este índice es posible resaltar numéricamente el estado de madurez o la fase de desarrollo gonádico de cada una de las muestras mensuales. Este procedimiento se hizo utilizando un sistema numérico arbitrario, en el cual se asignó un valor específico de acuerdo a la fase de desarrollo del organismo. De tal manera que encontramos como valor más bajo dentro de la escala numérica arbitraria, un valor de 0, el cual corresponde a los organismos en posdesove (IV); valor de 1 a los organismos que se encontraron en desove (III), un valor de 2 a los que se encontraron en desarrollo (I); y a los organismos maduros (II) se les asignó el máximo valor con el número 3.

En la figura 17 se observa claramente un aumento en el valor del índice de madurez, para los meses de noviembre, diciembre y enero, lo cual coincide con el análisis histológico que establece que el estadio de madurez comienza en el mes de noviembre y termina entre el mes de enero y febrero, comenzando con el estadio de posdesove y por lo tanto una disminución en la cantidad de ovocitos o espermatozoides maduros.

El valor mensual del índice de madurez se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$IM = nI(2) + nII(3) + nIII(1) + nIV(0) / Nt$$

Donde:

IM= Índice de madurez

n= número de individuos en cada fase de desarrollo I, II, III, IV

Nt= número total de individuos en la muestra

7. Resultados

7.1 Relación peso total-longitud total

La relación entre el peso y la longitud es importante en biología pesquera por que proporciona información sobre la condición de los organismos.

Mediante un análisis de regresión lineal se estableció la relación entre los datos observados de peso total y longitud total (en escala logarítmica); este análisis definió con un 95% de confianza el intervalo en el cual se encontraba el valor de la pendiente en la relación lineal (exponente en la relación potencial), por tanto al incluir al tres dentro de este, se consideró el crecimiento mostrado por ambas variables es de tipo isométrico, por el contrario si dentro del intervalo no quedaba incluido el tres, entonces el crecimiento sería considerado alométrico positivo o negativo (Rickter, 1975). Así mismo, se desarrolló un análisis de covarianza para establecer las diferencias entre sexos para estas variables.

De los muestreos mensuales realizados en la Bahía Magdalena en Baja California Sur, los datos morfométricos indican que la longitud total mínima observada fue de 129 que se presentó en el mes de enero y la longitud máxima fue de 200 en el mes de agosto y 195 que se presentó en los meses de octubre y diciembre de 2005.

Tabla. 1. Longitud mínima y máxima para la almeja gigante *Panopea generosa* durante el periodo de estudio, septiembre de 2005 y septiembre de 2006

FECHA DE COLECTA	MEDIA	LONGITUD MINIMA	LONGITUD MAXIMA
SEPTIEMBRE 2005	115.15	130	178
OCTUBRE 2005	161.04	137	195
NOVIEMBRE 2005	163.11	134	192
DICIEMBRE 2005	167.69	138	195
ENERO 2006	161	129	185
FEBRERO 2006	156.8	141	185
MARZO 2006	161.45	136	186
ABRIL 2006	165.68	94	190
MAYO 2006	160.96	153	186
JUNIO 2006	156.5	137	190
AGOSTO 2006	171.2	141	200
SEPTIEMBRE 2006	163.84	140	186

Así como el peso total máximo fue 3035 g que se presentó en el mes de diciembre de 2005 y 2910 para el mes de abril de 2006 y el peso total mínimo fue de 100 g para el mes de abril y 560 para el mes de abril.

Tabla. 2. Pesos mínimas y pesos máximos de la masa visceral de la almeja gigante *Panopea generosa* durante el periodo de estudio de septiembre de 2005 y septiembre de 2006

FECHA DE COLECTA	MEDIA	PESO MASA VISCERAL MINIMO	PESO MASA VISCERAL MAXIMA
SEPTIEMBRE 2005	145.6	77	224
OCTUBRE 2005	168.4	76	319
NOVIEMBRE 2005	156.19	50	264
DICIEMBRE 2005	182.96	81	280
ENERO 2006	148.16	58	219
FEBRERO 2006	149.6	64	213
MARZO 2006	170.08	96	286
ABRIL 2006	110	11	228
MAYO 2006	119.32	67	190
JUNIO 2006	107.64	45	261
AGOSTO 2006	114	50	250
SEPTIEMBRE 2006	112.96	66	212

De los datos obtenidos del peso total y la longitud total de todos los organismos capturados se estimó la relación entre estas, mediante un análisis de regresión lineal, encontrándose un valor relativamente bajo para el coeficiente de determinación, $r^2= 0.6326$ de tal forma que el tipo de relación, es de tipo lineal. Los valores estimados del análisis de regresión lineal indican que el valor del exponente es igual a 2.593, por lo cual el crecimiento mostrado por todos los organismos es de tipo alométrico negativo, es decir, los organismos crecen más en longitud que en peso.

Para conocer la relación que existe entre la longitud total y el peso total de los organismos en los diferentes periodos de estudio, se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA) para determinar si existían diferencias entre sexos en las regresiones lineales de las variables en escala logarítmica. El análisis mostró que existen diferencias significativas entre sexos y para la mayoría de los periodos.

Los gráficos de la relación longitud- peso muestran una tendencia hacia un crecimiento alométrico negativo para ambos sexos.

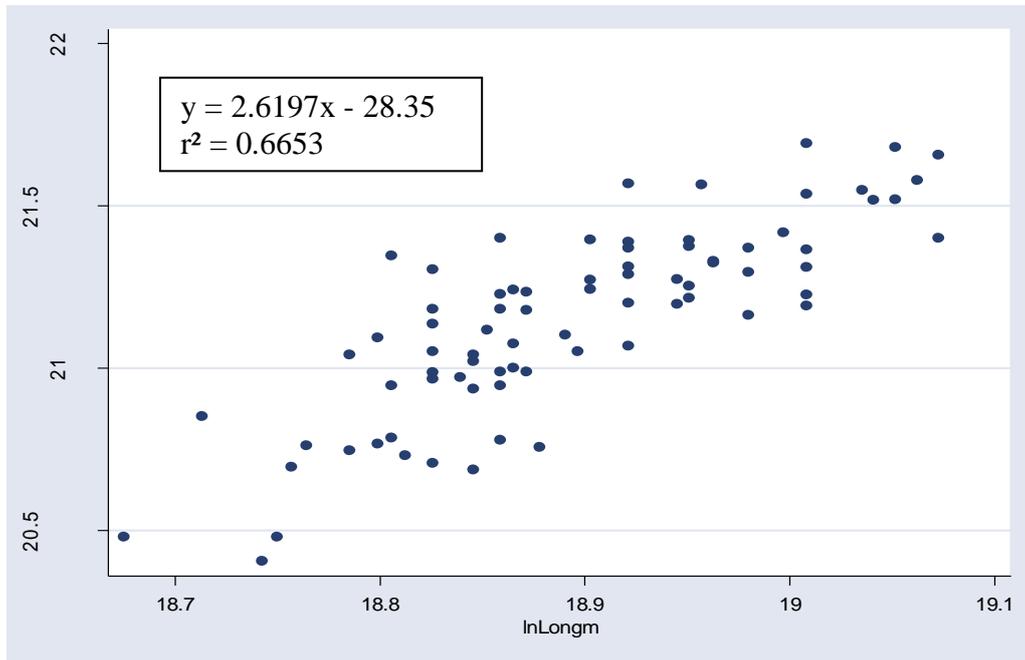


Fig. 10. Relación peso-longitud de la almeja gigante mediante análisis de regresión lineal *Panopea generosa* para los Machos capturados en los 13 meses de muestreo

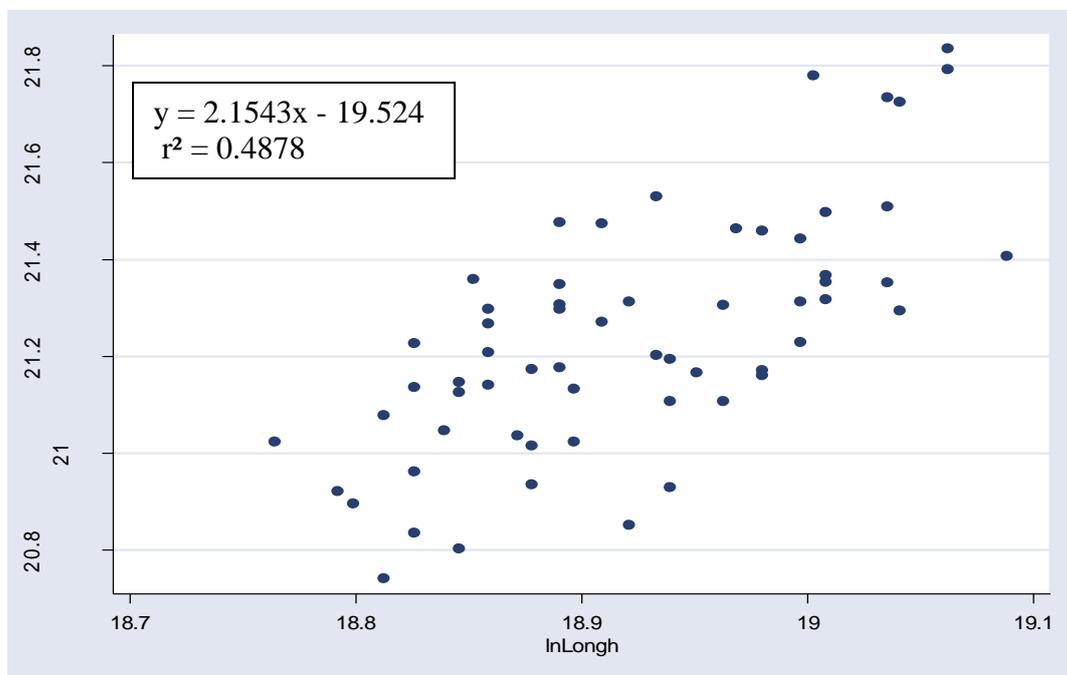


Fig. 11. Relación peso-longitud de la almeja gigante mediante análisis de regresión lineal *Panopea generosa* para los Hembras capturados en los 13 meses de muestreo

Como se observa en los gráficos, los valores estimados del análisis de regresión lineal indican que el valor del exponente esta entre 2.15 para las hembras, 2.68 para los machos y 2.593 para el total de la muestra analizada, por lo cual el crecimiento mostrado por todos los organismos es de tipo alométrico negativo, es decir, los organismos crecen más en longitud que en peso. Figuras 10 y 11 respectivamente.

En la tabla 4 se observan los resultados de la prueba para obtener valor de F, r cuadrada, r ajustada, pendiente y ordenada al origen.

Tabla. 3. Tabla comparativa entre machos y hembras de *Panopea generosa* de datos morfométricos

Sexo	# de Observaciones	Valor de F	Prob > F	R-squared	Adj R-squared	Pendiente	Ordenada al origen
Hembras	61	56.19 (8.66)	0.000 (0.046)	0.487	0.4791	2.154	-19.52
Machos	78	151.04 (3.18)	0.000 (0.078)	0.665	0.660	2.61	-28.34

7.2 Distribución de Frecuencia de Tallas

Para esta investigación se obtuvieron muestras en periodos aproximadamente mensuales de septiembre de 2005 a septiembre de 2006, en Bahía Magdalena en Baja California Sur de la almeja gigante *Panopea generosa*, una especie de importancia comercial.

Para el análisis de frecuencia de tallas se ocuparon los datos de 324 individuos: 78 machos, 61 hembras, 26 indiferenciados, 32 en etapa de reabsorción y 127 de sexo no determinado.

Tabla. 4. Morfometria (mínimas y máximas) para las machos de *Panopea generosa*

Ptotal mín.	Ptotal máx.	Ppulpa mín.	Ppulpa máximo	Pconcha mín.	Pconcha máx.	Pevisc mín.	Pevisc máx.	Pbola mín.	Pbola máx.	largo mín.	Largo máx.
1218	3035	802	1265	169	299	580	971	93	280	141	195
mayo	dic	nov	Dic	Mayo	Dic	mayo	dic	mayo	dic	nov	dic

Tabla 5. Morfometría (mínimas y máximas) para las hembras de *Panopea generosa*

Ptotal mín.	Ptotal máx.	Ppulpa mín.	Ppulpa máximo	Pconcha mín.	Pconcha máx.	Pevisc mín.	Pevisc máx.	Pbola mín.	Pbola máx.	Long mín.	Long máx.
726	2536	439	1472	105	389	293	1224	50	239	129	192
Dic	nov	ene	Dic	Ene	Nov	ene	Nov	nov	dic	ene	nov

Como se observa en los datos anteriores, destaca la presencia de valores altos para el mes de diciembre lo cual coincide con la temporada alta de reproducción de la almeja *Panopea generosa* en el macho y también se observan valores bajos para el mes de mayo el cual coincide con la época de desove y reabsorción; sin embargo para la hembra varía un poco, ya que los valores altos se presentan principalmente en el mes de noviembre y solo para las variables peso pulpa y peso bola, coincide con la temporada reproductiva del macho; y los valores mínimos se presentan principalmente en el mes de enero.

7.3 Estimadores de densidad

Los EDKs emplean amplitudes fijas de banda. Esta cualidad hace que las estimaciones sean sensibles al ruido en las colas o en cualquier otro intervalo de la distribución con frecuencia baja. Para atacar este inconveniente existen procedimientos que reducen la amplitud de banda en las regiones con alta concentración de datos y la incrementa donde la concentración es baja.

Estos EDKs de amplitud de banda variable proporcionan detalle donde se concentran las observaciones y eliminan fluctuaciones ruidosas en donde los datos son escasos.

Los EDKs se usan para analizar distribuciones de frecuencia de tallas en las cuales se usaron los datos de longitud y peso de la almeja gigante. Con una $n=324$ individuos.

Para calcular los estimadores de densidad por kernel se utilizaron los programas incluidos en Salgado-Ugarte *et al* 1993, 1995^a y 1995b)

De los datos obtenidos en cada uno de los 12 meses de muestreo para la longitud total, se determinaron las amplitudes de banda, sugeridas por la

prueba de multimodalidad de Silverman (Tabla. 8) posteriormente se trazaron los estimadores de densidad por kernel gaussiano correspondientes; estos muestran distribuciones que van desde 1 hasta 7 modas, observada en el muestreo de diciembre; siendo 1 moda, el número de modas predominante

Tabla. 6. Amplitudes de banda sugeridas por la prueba de multimodalidad de Silverman (bootstrap suavizado) para la longitud total de la almeja gigante en cada uno de los 12 meses de muestreo

Mes de muestreo	Amplitud de banda sugerida	Tamaño de la muestra
Septiembre 2005	4.69	40
Octubre	6.265	25
Noviembre	6.47	26
Diciembre	8.23	26
Enero	6.28	25
Febrero	4.98	25
Marzo	6.75	24
Abril	6.3	25
Mayo	5.69	25
Junio	4.02	28
Agosto	4.89	30
Septiembre 2006	6.65	25

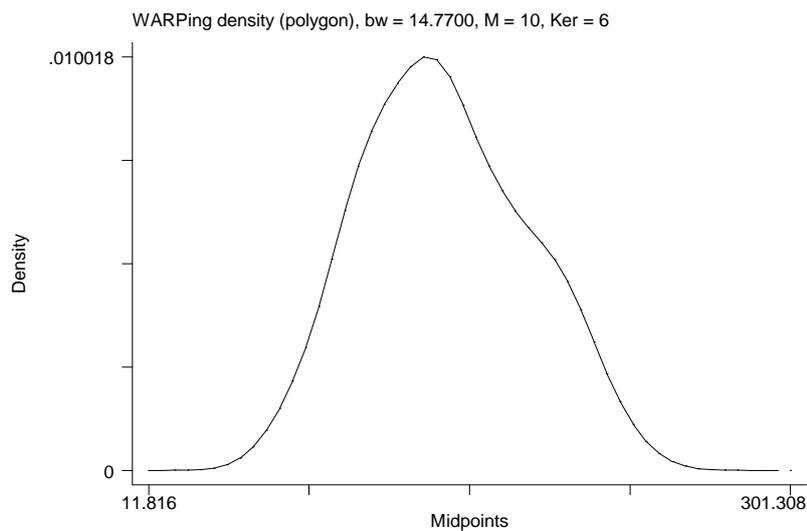


Fig. 12. Frecuencia suavizada observada de (EDK) y componentes gaussianos estimados para los datos del peso de la masa visceral de *Panopea generosa*

En la Fig. 12. se puede observar una distribución unimodal con una amplitud de banda de 14.77 obtenida a partir de la prueba de Silverman. Asimismo puede notarse la presencia de un “hombro” que sugiere la existencia de un segundo grupo en los datos.

Se incluyeron también los componentes Gaussianos estimados por el método de Bhattacharya (Bhattacharya, 1967; Salgado-Ugarte, *et al.* 1994; Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

Tabla 7. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros

No. De componente	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. estándar	Tamaño
1	13 a 26	0.9695	137.077	34.43	35
2	31 a 42	0.9585	191.2473	21.84	11

De los estimadores de densidad por kernel gaussiano se presentó el mayor número de modas en octubre (3) y agosto (3). Con respecto a la selección de individuos de la submuestra se generaron los EDKs con las bandas sugeridas por la prueba de Silverman los cuales presentan modas estadísticamente significativas por mes y en cada caso se caracterizaron componentes Gaussianos por Bhattacharya a cada grupo modal. Para ejemplificar lo antes dicho, se muestran los datos obtenidos del mes de septiembre para el peso de la masa visceral; los cuales se sometieron a la prueba de multimodalidad de Silverman utilizando los programas incluidos en Salgado-Ugarte, *et al.* (1997) y Salgado-Ugarte (2005). Los resultados de la prueba se presentan en la tabla 8.

Tabla. 8. Amplitud de bandas críticas y niveles estimados de significancia para el peso de la masa visceral de *Panopea generosa* para el mes de Septiembre 2005 para la masa visceral así como los valores óptimos y esperados de Silverman y Scott.

Septiembre 2005	Moda	A. de Banda Critica	Valor de P	Media masa visceral
Silverman = 15.56(1mo)	1	9.77	95/100 0.9500	(9.777+19.78)/2 14.775
Scott = 19.78 (1mo)	2	9.68	48/100 0.4800	

Claramente, los pesos tienen una distribución unimodal. Debido a que histogramas suavizados (EDKs) con una moda se obtienen utilizando amplitudes de banda de 9.77 a 19.78 se utilizó una amplitud intermedia para la presentación final $(9.777+19.78)/2 = 14.775$ (Tabla. 8)

Tabla. 9. Valores de p de la prueba de Silverman de la variable masa visceral, sugiriendo muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2, 3 y 5 modas para algunos meses.

Fecha de colecta	Moda	A. de Banda Critica	Valor de P	Bandas sugeridas por Silverman y Scott	Media del Peso de la masa visceral
Septiembre 2005	1	9.77	0.9500	Silverman = 15.56 (1mo) Scott = 19.78 (1mo)	14.775
Octubre de 2005	5	7.68	0.5000	Silverman = 30.81 (2mo) Scott = 39.16 (1mo)	11.995
Noviembre de 2005	1	23.62	0.6000	Silverman = 26.40 (1mo) Scott = 33.56 (1mo)	28.59
Diciembre de 2005	1	23.05	0.5200	Silverman = 26.66 (1mo) Scott = 33.89 (1mo)	28.465
Enero de 2006	2	12.94	0.4900	Silverman = 23.37 (2mo) Scott = 29.71 (1mo)	21.355
Febrero de 2006	1	13.96	0.4600	Silverman = 10.51 (2mo) Scott = 18.43 (1mo)	16.195
Marzo de 2006	1	24.67	0.5800	Silverman = 26.14 (1mo) Scott = 33.94 (1mo)	29.305
Abril de 2006	1	10.47	0.7800	Silverman = 14.56 (1mo) Scott = 18.50 (1mo)	14.485
Mayo de 2006	1	12.19	0.7900	Silverman = 16.06 (1mo) Scott = 20.42 (1mo)	16.305
Junio de 2006	3	7.46	0.7700	Silverman = 22.55 (2mo) Scott = 28.66 (2mo)	14.53
Agosto de 2006	1	19.87	0.6200	Silverman = 22.09 (1mo) Scott = 28.08 (1mo)	23.975
Septiembre de 2006	1	14.68	0.6300	Silverman = 13.31 (3mo) Scott = 22.04 (1mo)	18.36

Tabla.10. Valores de p de la prueba de Silverman de la variable longitud sugiriendo muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2 y 3 modas para algunos meses.

Fecha de colecta	Moda	A. de Banda Critica	Valor de P	Bandas sugeridas por Silverman y Scott	Media de la longitud
Septiembre 2005	1	3.84	0.7300	Silverman = 3.50 (3mo) Scott = 6.09 (1mo)	4.965
Octubre de 2005	3	3.24	0.6900	Silverman = 8.26 (2mo) Scott = 10.50 (1mo)	4.69
Noviembre de 2005	2	4.14	0.7500	Silverman = 7.88 (1mo) Scott = 10.02 (1mo)	6.265
Diciembre de 2005	1	6.73	0.6300	Silverman = 7.78 (1mo) Scott = 9.89 (1mo)	8.3
Enero de 2006	2	4.63	0.4000	Silverman = 7.02 (2mo) Scott = 8.92 (1mo)	6.285
Febrero de 2006	1	3.73	0.7100	Silverman = 3.85 (2mo) Scott = 6.23 (1mo)	4.98
Marzo de 2006	1	5.27	0.6200	Silverman = 6.47 (1mo) Scott = 8.23(1mo)	6.75
Abril de 2006	1		0.4200	Silverman = 5.39 (1mo) Scott = 7.21 (1mo)	6.3
Mayo de 2006	1	4.39	0.7100	Silverman = 5.50 (1mo) Scott = 6.99 (1mo)	5.69
Junio de 2006	1	5.12	0.6400	Silverman = 7.33 (2mo) Scott = 9.31 (1mo)	6.47

Agosto de 2006	3	3.17	0.6500	Silverman = 6.15 (1mo) Scott = 7.82 (1mo)	4.02
Septiembre de 2006	2	3.11	0.9900	Silverman = 4.55 (2mo) Scott = 7.51 (1mo)	4.89

Tabla. 11. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros de todo el periodo de estudio de *Panopea generosa* de la variable Peso de la masa visceral.

SEPTIEMBRE de 2005

No. De componente	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. Estándar	Tamaño
1	13 a 26	0.9695	137.077	34.43	35
2	31 a 42	0.9585	191.2473	21.84	11
OCTUBRE 2005					
1	9/19	0.9835	96.4553	17.7919	8
2	24/29	0.9437	142.9436	21.0641	8
3	40/46	0.9818	220.3510	14.9284	7
4	52/54	0.9995	283.8574	12.6926	1
5	60/71	0.9973	315.4154	12.2653	1
NOVIEMBRE 2005					
1	7/14	0.9985	101.7899	44.2370	14
2	23/28	0.9983	179.2967	44.8168	16
DICIEMBRE 2005					
1	9 a 23	0.8553	174.5687	72.1730	27
ENERO de 2006					
1	9/17	0.9982	98.05206	30.0272	11
2	28/34	0.9847	195.5313	26.5918	11
FEBRERO de 2006					
1	27/30	0.9902	156.0956	23.2610	21
MARZO 2006					
1	9/14	0.9949	128.2047	39.6753	17
2	26/29	0.9974	258.8426	31.8805	4
ABRIL 2006					
1	10/21	0.9761	98.9080	32.2002	24
2	26/35	0.9872	157.6806	16.1597	4
MAYO 2006					
1	8/16	0.9966	94.8212	24.9388	18
2	28/34	0.9840	172.9767	18.5925	4
JUNIO 2006					
1	8/18	0.9897	69.5914	24.0966	17
2	29/35	0.9981	145.0324	19.3224	9
3	44/56	1.000	256.8080	13.66	1
AGOSTO 2006					
1	2/15	0.9960	75.8125	28.9221	21
2	20/25	0.9287	139.7800	45.1631	13
3	34/40	0.9999	237.8733	24.26	1
SEPTIEMBRE 2006					
1	11 a 18	0.9429	99.23	30.04	21
2	28/34	0.5780	176.76	34.17	4

Tabla. 12. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros de todo el periodo de estudio de *Panopea generosa* de la variable longitud.

No. De componente	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. Estándar	Tamaño
1	13 a 26	0.9695	137.077	34.43	35
2	31 a 42	0.9585	191.2473	21.84	11

OCTUBRE 2005					
1	10 a 15	0.9853	142.7645	6.2514	9
2	29 a 35	0.9970	173.2683	6.8157	10
3	41 a 50	0.9991	194.8714	4.7478	2
NOVIEMBRE 2005					
1	6/10	0.9945	135.3629	7.2351	5
2	23/29	0.9502	169.8064	12.4076	18
DICIEMBRE 2005					
1	5 a 13	0.9955	149.1742	9.6510	9
2	27 a 35	0.9948	188.2504	9.3901	8
ENERO 2006					
1	17/22	0.9974	152.3168	10.7699	17
2	31/35	0.9995	177.2133	7.2173	8
FEBRERO 2006					
1	10/23	0.9710	154.7010	9.3876	23
2	31/37	0.9292	180.8904	6.5948	2
MARZO 2006					
1	8/17	0.9959	153.7153	12.4186	19
2	23/30	0.9622	166.3471	13.0683	15
ABRIL 2006					
1	4/12	0.9830	147.3564	7.0044	2
2	16/21	0.9904	165.1301	8.3899	15
3	26/36	0.9887	180.6058	7.6594	9
MAYO 2006					
1	9/18	0.9985	154.5820	8.6554	17
2	28/33	0.8577	172.9363	10.4051	9
JUNIO 2006					
1	28/82	0.9668	152.2790	10.8356	24
2	121/126	0.9924	183.9074	9.0433	3
AGOSTO 2006					
1	15/23	0.9970	158.4040	7.9935	15
2	30/34	0.9560	176.8185	6.6489	11
3	47/55	0.9860	197.9230	4.3334	3

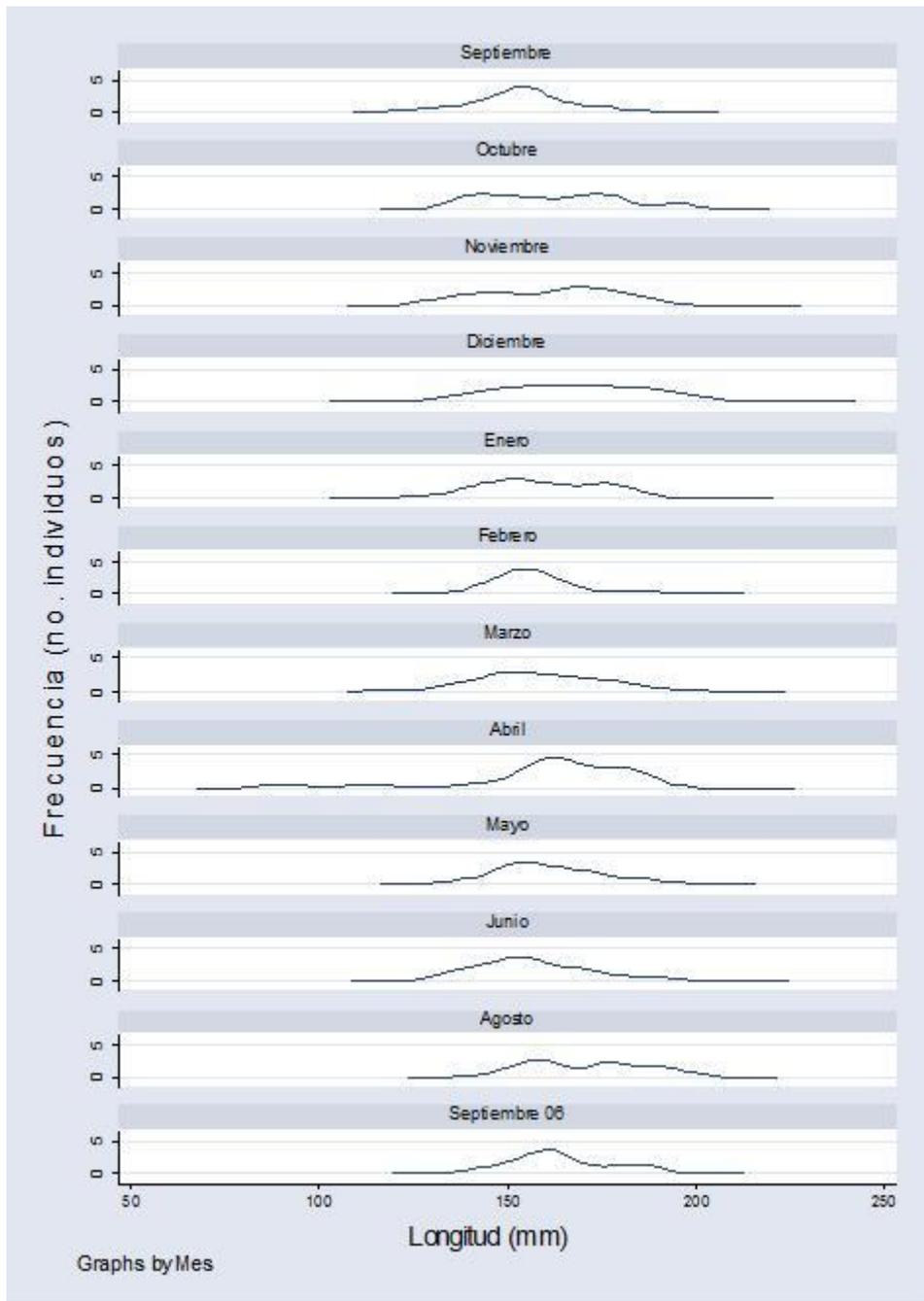


Fig. 13. EDK's mensual para la variable longitud de *Panopea generosa*

En la Fig 13 Frecuencia de tallas por mes, (todos con amplitud óptima gaussiana), la mayoría de los meses mostró una distribución unimodal algunos bimodal (enero, abril, agosto y septiembre) y solo en octubre se mostro multimodalidad.

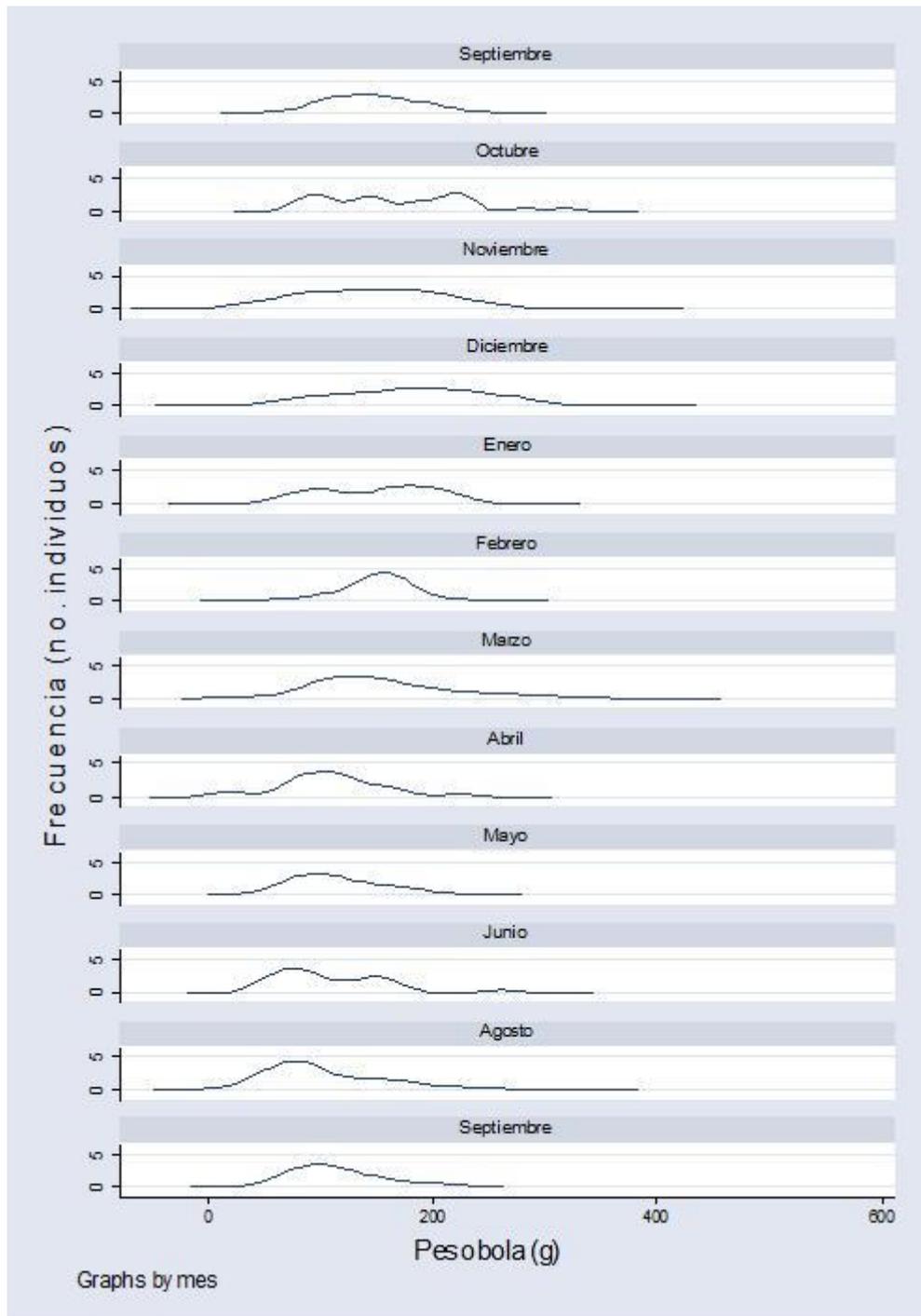


Fig. 14. EDK's mensual de la variable: peso de la masa visceral.

En la figura 14 EDKs por mes de la masa visceral (todos con amplitud óptima gaussiana), la mayoría de los meses mostró una distribución unimodal, algunos bimodal (enero y junio) y uno solo una fue multimodal (octubre)

7.4 Reproducción

La almeja gigante *Panopea generosa* es un organismo dioico; no presenta dimorfismo sexual. La gónada está incluida en la masa visceral; por lo tanto no se puede distinguir la proporción que ocupa la gónada en la masa visceral; sin embargo, en época reproductiva, la gónada comienza a expandirse alrededor de la masa visceral ocupando casi el 80% de esta.

Solo en temporada reproductiva se puede distinguir el sexo a través de la coloración del tejido gonádico; es decir, la hembra se caracteriza por presentar un tejido de textura esponjosa y una coloración blanquecina, en cambio en los machos, el tejido es de textura granulosa y coloración anaranjada, esta apariencia del tejido maduro comienza a observarse desde el mes de noviembre hasta el mes de abril. Los ovocitos y espermatozoides maduran al mismo tiempo, pero no desovan al mismo tiempo.

En las muestras histológicas se observó que la almeja se reproduce durante todo el año, ya que el análisis microscópico revela que los tejidos gonádicos observados presentaban distintas etapas de desarrollo celular en un solo corte; sin embargo presenta un pico reproductivo desde el mes de Diciembre hasta finales del mes de febrero, el cual se fortalece con el estudio del análisis histológico, ya que, al analizar las laminillas el 100% de las muestras analizadas se observaron con células maduras.

El periodo reproductivo se observó desde el mes de noviembre que corresponde al estadio II de desarrollo; posteriormente se observa un incremento en la cantidad de células maduras en los cortes histológicos para los meses de Diciembre, Enero y Febrero que corresponde al estadio III de madurez, y la parte final del periodo reproductivo corresponde al estadio IV de desove parcial; comprendiendo los meses de marzo, abril y mayo; finalmente para los meses de junio y agosto se observó la fase de consumo.

7.4.1 Caracterización de los estadios de madurez

Para determinar los estadios de madurez de machos y hembras de *Panopea generosa* se tomaron en consideración los criterios empleados por García Domínguez (1998) para los siguientes bivalvos por especies, Arambula (2005) Ortiz y Uría (2003) De acuerdo al análisis estadístico se llevó a cabo el estudio histológico de 207 ejemplares caracterizando los siguientes estadios: indiferenciado I, en desarrollo II; en madurez III, en desove IV, y en Consumo V.

Tabla .13. Número de individuos por fecha de muestreo considerado, incluye también fases; de desarrollo gonádico de *Panopea generosa* y proporción sexual

MES	Ejemplares	Reabsorción	Indiferenciados	Machos	Hembras	Sexo no determinado	Proporción sexual ♂:♀
SEP05 SEP 06	31		23	2	2	37	♂1:1♀
OCTUBRE	16		13	1	2	9	♂1:2♀
NOVIEMBRE	15			11	4	11	♂11:4♀
DICIEMBRE	25			15	10	1	♂15:10♀
ENERO	25			18	7	0	♂18:7♀
FEBRERO	19			9	10	6	♂9:10♀
MARZO	14			5	9	10	♂5:9♀
ABRIL	16			8	8	9	♂1:1♀
MAYO	18			9	9	7	♂1:1♀
JUNIO	15	15				13	
AGOSTO	17	17				13	
SEP 06							
TOTAL	324	32	36	78	61	117	♂78:61♀

7.4.2 Caracterización histológica de los estadios de madurez de los machos de *Panopea generosa*

Estadio I Indiferenciado

Se presentó en los meses de septiembre y octubre.

Anatómicamente no se distingue la gónada de la masa visceral.

Histológicamente en la zona junto a la glándula digestiva en donde se debiera encontrar la gónada solo se presenta tejido conjuntivo abundante, y escasos

cordones o grupos celulares de los cuales no es posible distinguir si corresponden a hembras o machos, (Fig 15 y 16).

Machos

II En Espermatogénesis

Anatómicamente, la gónada adquiere una coloración naranja de textura granulosa, y comienza a aumentar en volumen.

Histológicamente se observa menor cantidad de tejido conectivo, comienza la expansión de los túbulos y su pared comienza a engrosarse. Inicia la proliferación de espermatogonias pegadas a la pared del túbulo, estas presentan un núcleo evidente con la cromatina dispersa, aparecen espermatoцитos primarios y secundarios que comienzan a orientarse hacia el centro del túbulo. Los primarios presentan un núcleo de forma redondeada, en cambio los secundarios lo tienen con forma de dona.

III Madurez

Para los meses de diciembre, enero y febrero se presentó la fase III

Anatómicamente presenta una coloración naranja, esta turgente, y casi se deshace solo de tener contacto con ella.

Histológicamente los túbulos son más grandes y tienen una luz más amplia que en el estadio anterior, las cabezas de los espermatozoides presentan forma cónica y se encuentran orientados hacia el centro del lumen, se observan espermatogonias, espermatoцитos primarios, secundarios y las espermátides en menor cantidad en la pared del túbulo. Se observan los conductos formados por un epitelio cilíndrico simple ciliado conteniendo cantidades variables de espermatozoides; el tejido conectivo disminuye en cantidad.

IV Desove

Anatómicamente la gónada se observa flácida cambia de color naranja a crema, el espacio que ocupaban los túbulos se observan a simple vista vacíos y semitransparentes.

Histológicamente los túbulos presentan una forma irregular, sus paredes comienzan a hacerse más delgadas, su tamaño aumenta considerablemente porque se fusionan varios de ellos, se encuentran parcialmente o totalmente vacíos, dependiendo del grado del desove, y presentan principalmente abundantes espermatozoides en la luz del lumen y en menor proporción las otras células gametogénicas. El tejido conjuntivo comienza a incrementar.

V Consumo

Anatómicamente la gónada se observa flácida y de color crema.

Histológicamente los túbulos se empiezan a retraer, se observan muy pocos espermatozoides residuales; y aumenta la cantidad de tejido conectivo.

7.4.3 Caracterización histológica de los estadios de madurez de las hembras de *Panopea generosa*

Estadio II en Ovogénesis

Se presentó en el mes de noviembre.

Anatómicamente la gónada adquiere una coloración blanquecina y de textura esponjosa, y comienza a aumentar en volumen.

Histológicamente se observa menos cantidad de tejido conjuntivo, comienza la expansión de los folículos y el engrosamiento de su pared. Las ovogonias proliferan pegadas a la pared del folículo, también se observan ovocitos primarios y secundarios orientándose hacia el lumen del folículo. La mayoría de los ovocitos tiene una forma más o menos circular.

Estadio III de Madurez

Se presentó en los meses de diciembre, enero y febrero

Anatómicamente la gónada esta turgente, y continua presentando una coloración blanquecina y de textura esponjosa.

Histológicamente los folículos tienen una luz muy amplia, y contienen las mismas células que el estadio II pero además ovocitos con forma piriforme, y la mayoría se encuentra ocupando la luz del lumen, El tejido conectivo es muy escaso.

Estadio IV de desove

Se presentó en los meses de marzo, abril y mayo

Anatómicamente la gónada se observa flácida y va cambiando de color de blanquecino a crema, el espacio que ocupaban los ovocitos se observa a simple vista vacío y semitransparente.

Histológicamente los folículos presentan una forma irregular porque se fusionan con los que están continuos a ellos, sus paredes son más delgadas, su tamaño aumenta considerablemente, y se encuentran parcialmente o totalmente vacíos, dependiendo del grado del desove, comienza a incrementar el tejido conjuntivo.

Estadio V de consumo

Se presentó en los meses de junio y agosto

Anatómicamente la gónada se observa flácida y de color crema.

Histológicamente los folículos se contraen y se observan muy pocos ovocitos residuales, Se observa mayor cantidad de tejido conjuntivo.

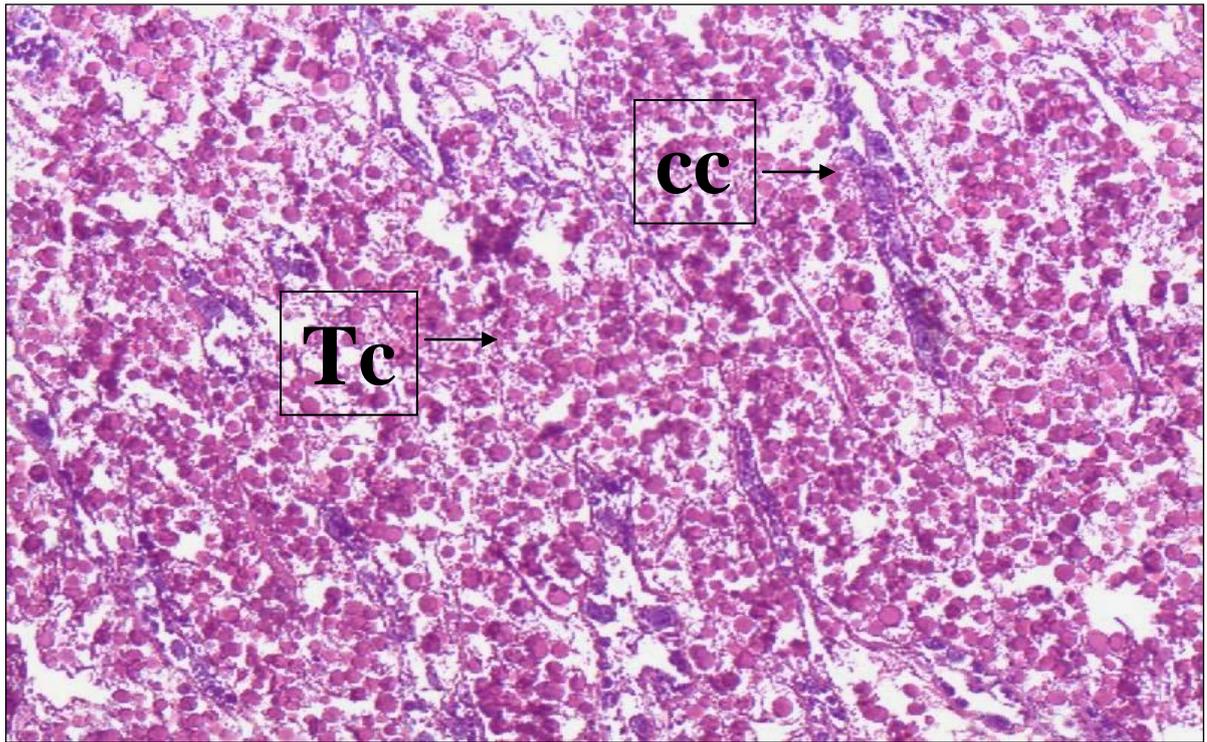


Fig 15 .*Panopea generosa*. Estadio I Indiferenciado. cordón celular (cc), Tejido conjuntivo (Tc),
Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

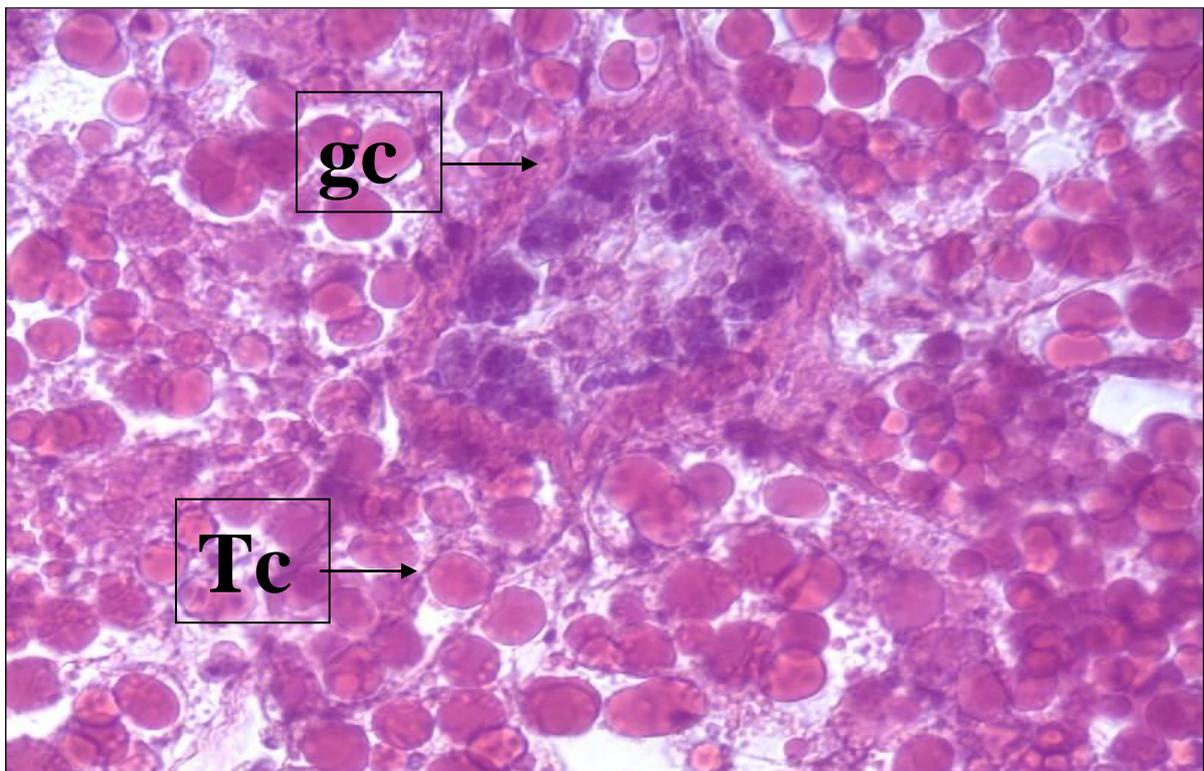


Fig.16 . *Panopea generosa*. Estadio I Indiferenciado, grupo celular (gc), Tejido conjuntivo (Tc),
Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

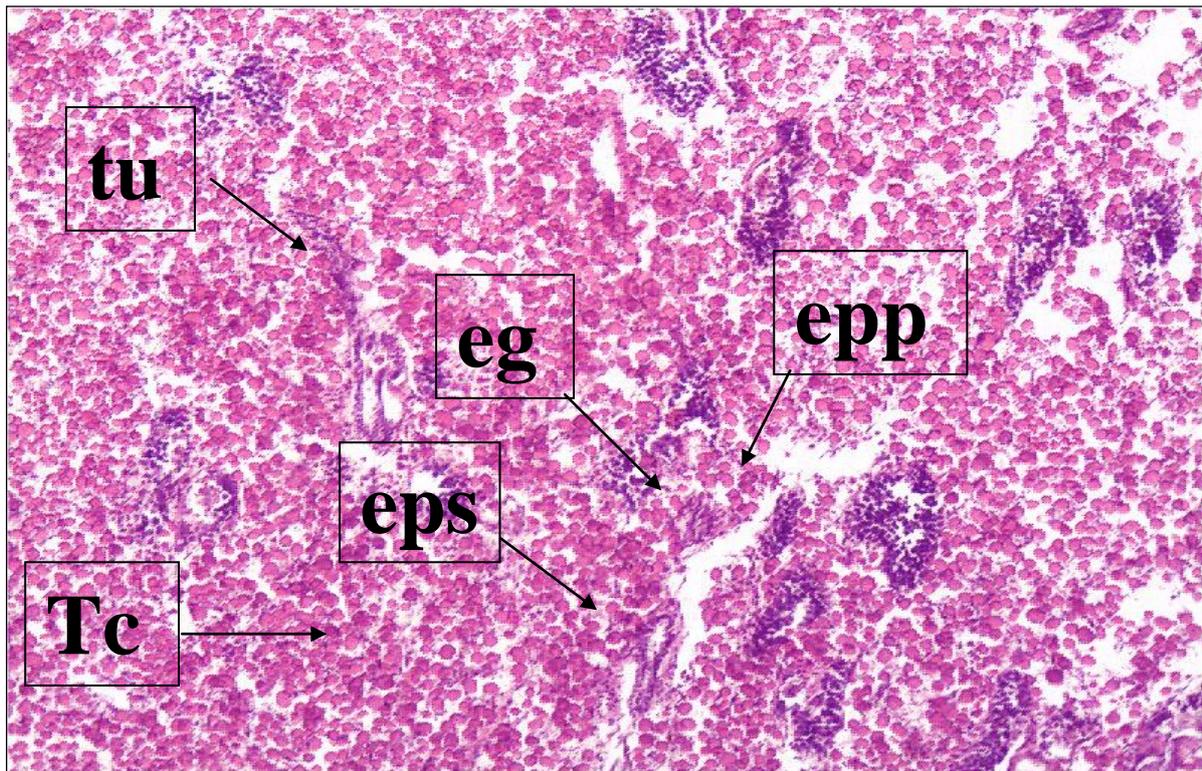


Fig 17. *Panopea generosa*. Estadio II Espermatogenesis, Se distinguen los túbulos (tu), espermatogonias (eg) espermatocitos (epp) primarios y secundarios (eps), Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

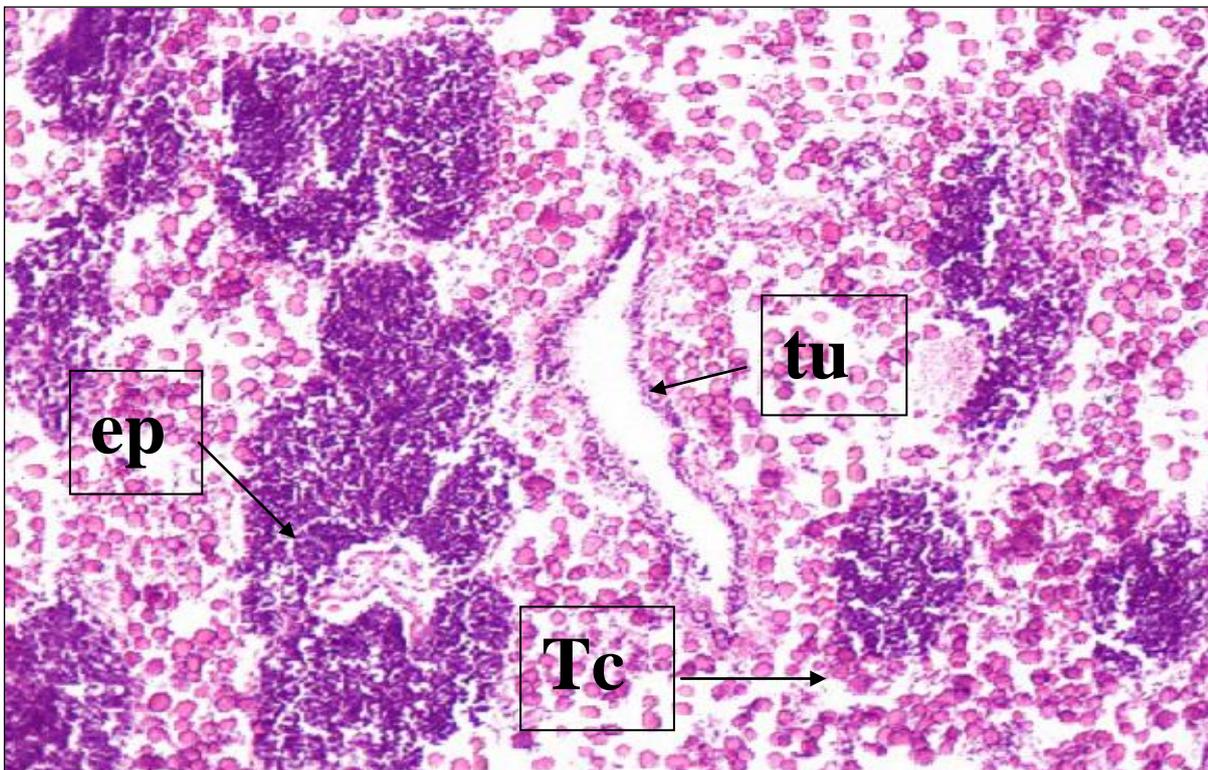


Fig 18. *Panopea generosa*. Estadio II Espermatogenesis, Se distinguen los túbulos (tu), espermatocitos (ep), Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

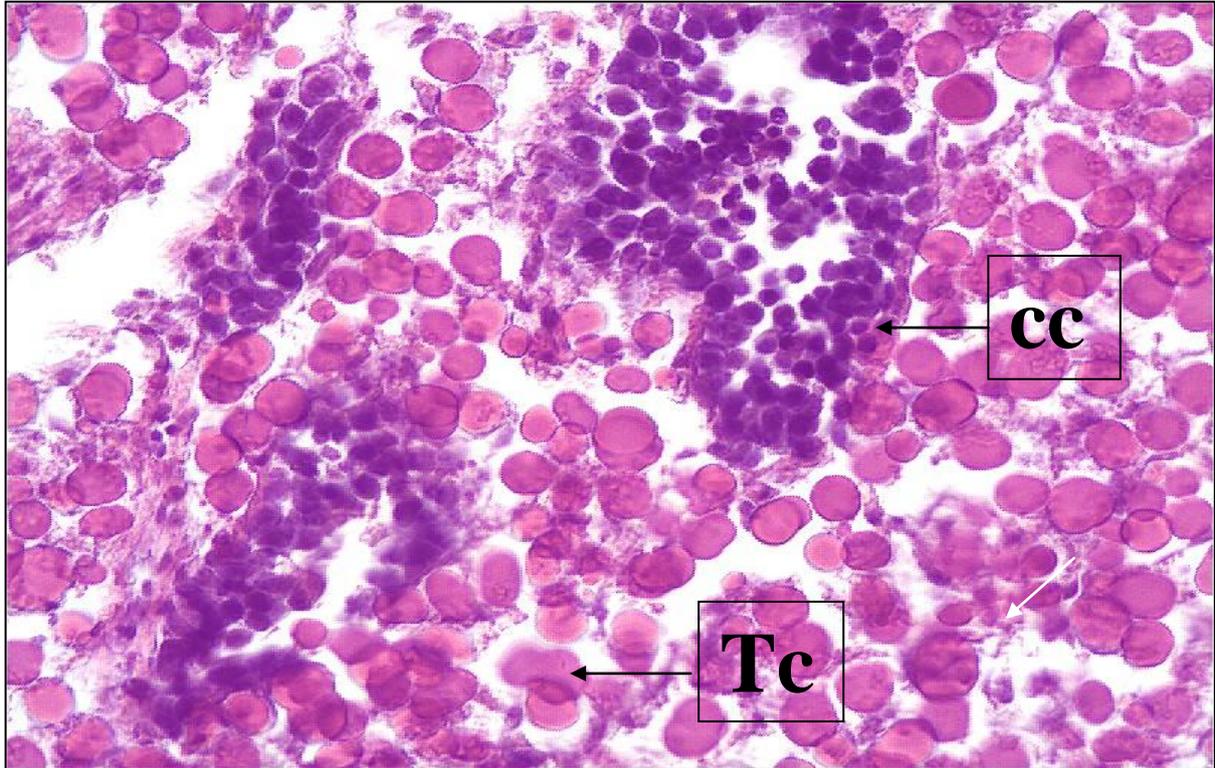


Fig 19. *Panopea generosa*. Estadio II Desarrollo. Tejido conjuntivo (Tc), cordón celular (cc), Téc. Hematoxilina-Eosina(100x)

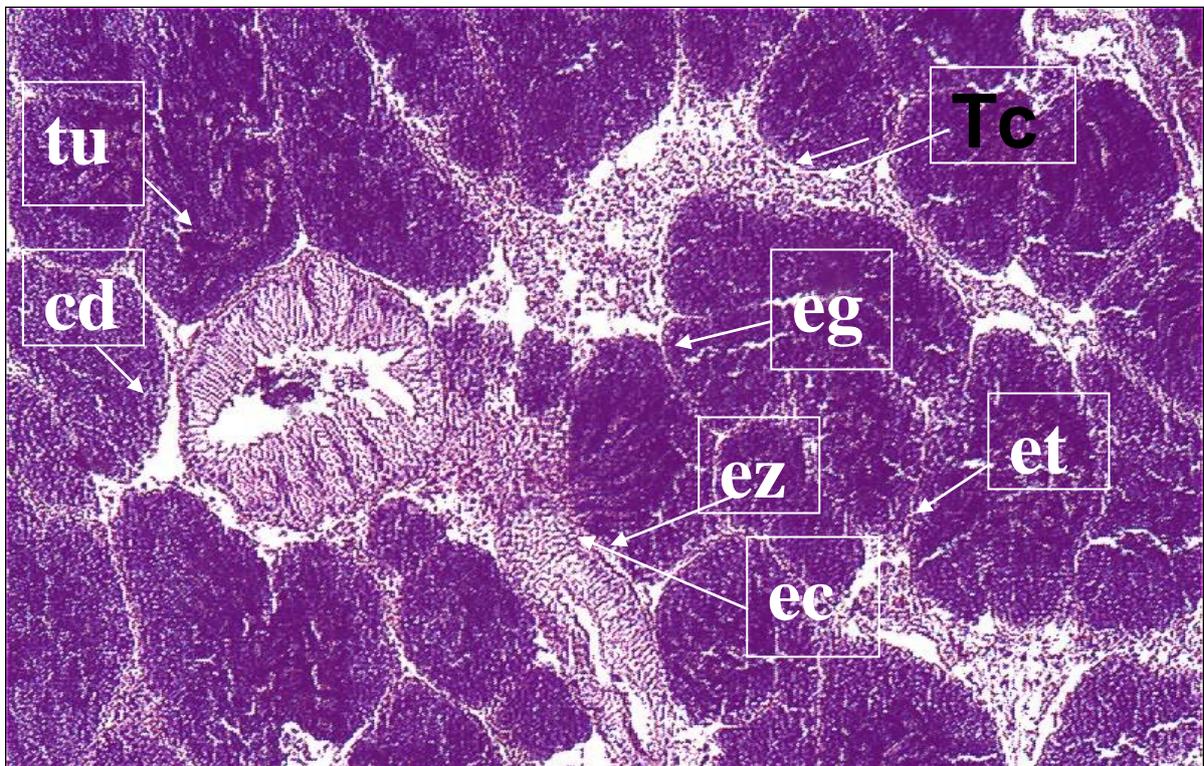


Fig 20. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, se observan los conductos (cd) conteniendo los espermatozoides (ez), los túbulos (tu) presentan espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), espermatides (et) y espermatozoides (ez) Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

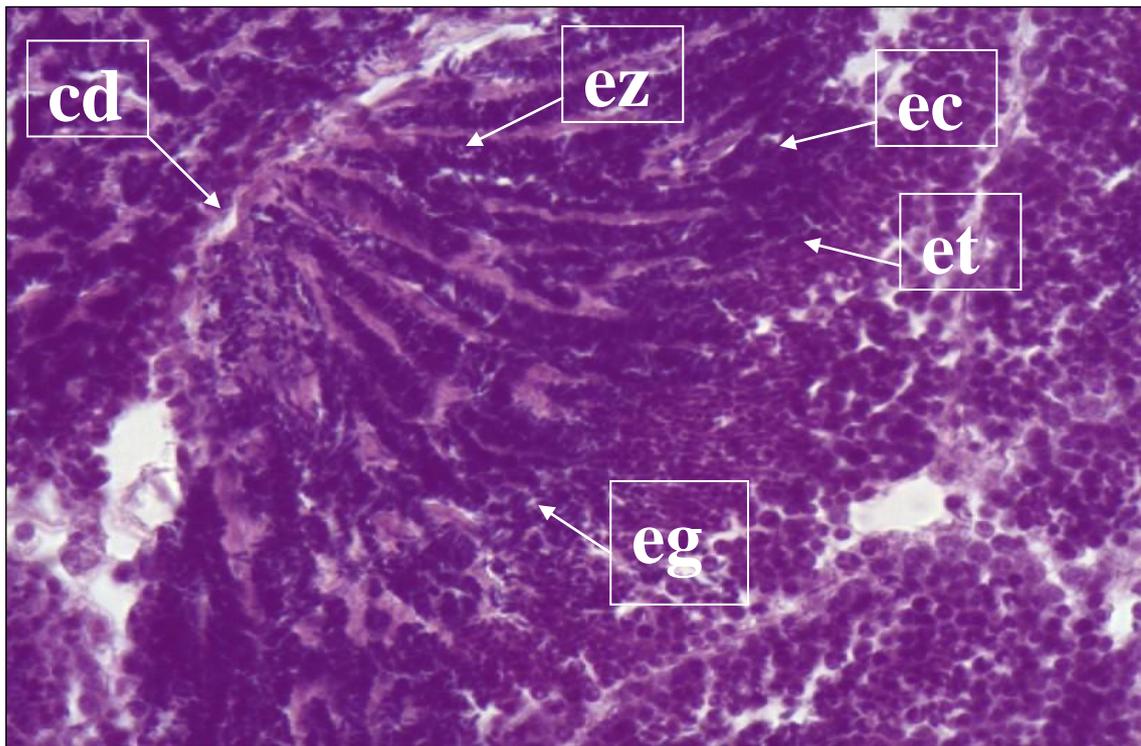


Fig 21. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, se observan los conductos (cd) conteniendo espermatocitos (ez), los túbulos (tu) presentan espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), espermatidas (et) y espermatocitos (ez) Tejido conjuntivo (Tc), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

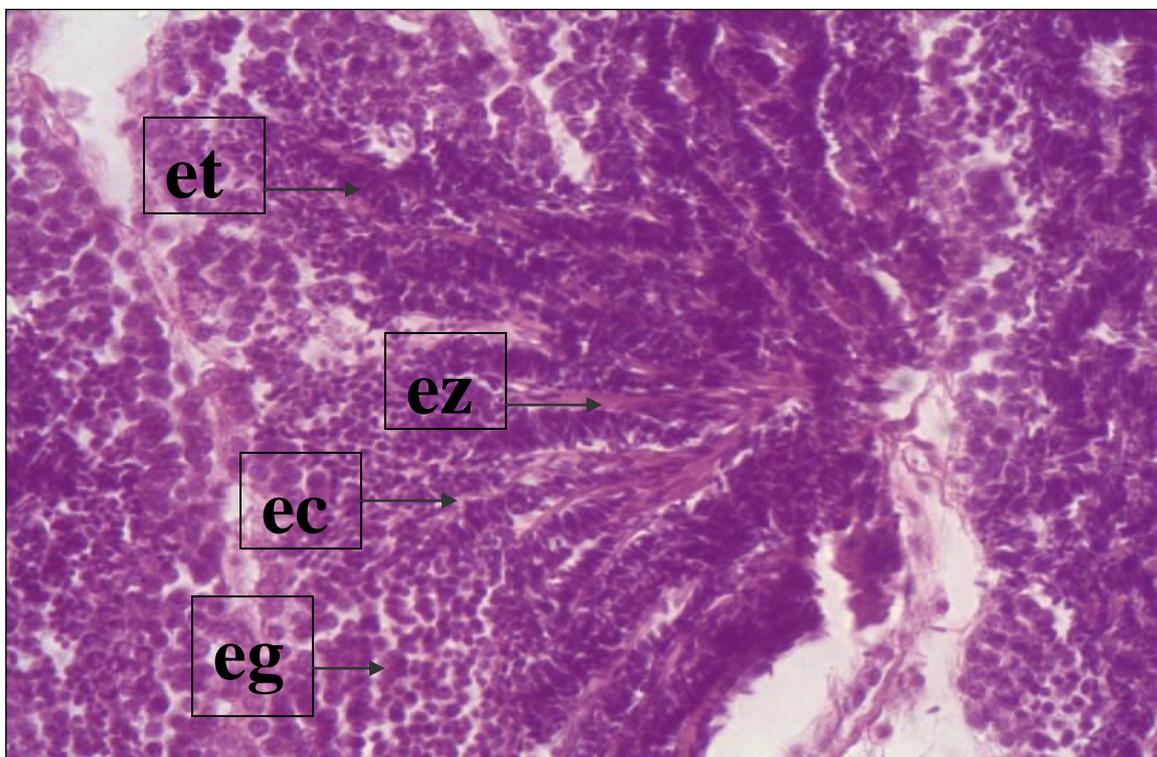


Fig 22. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatocitos (ez), espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), y espermatocitos (ez), espermatidas (et), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

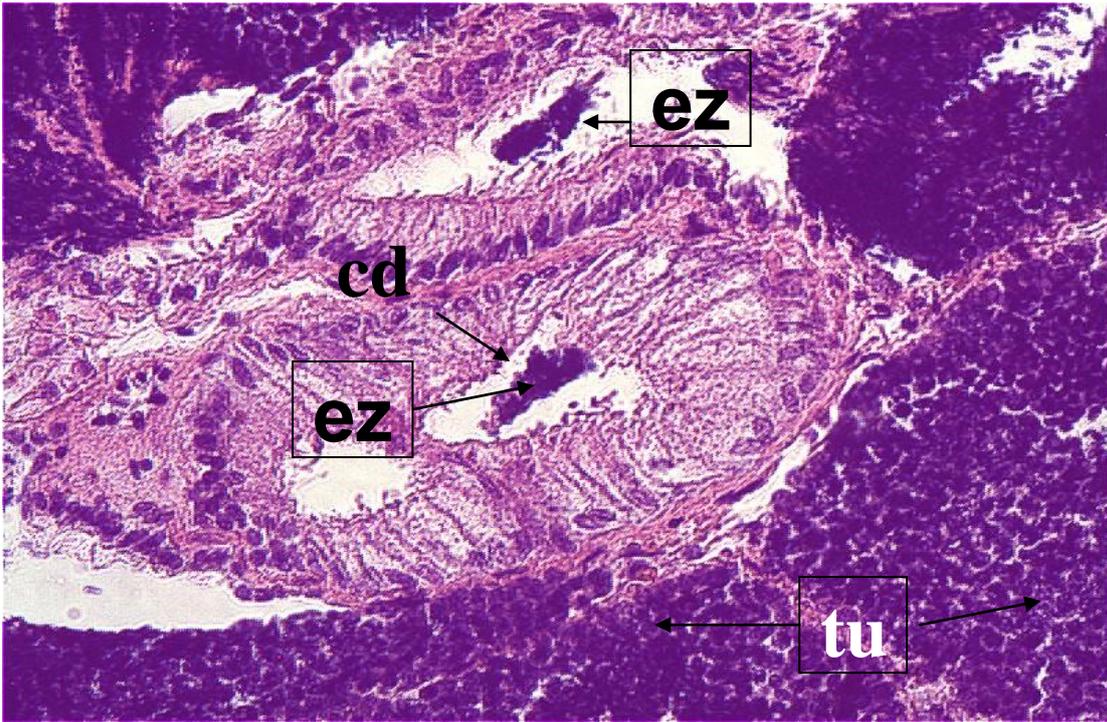


Fig 23. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y conducto (cd), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

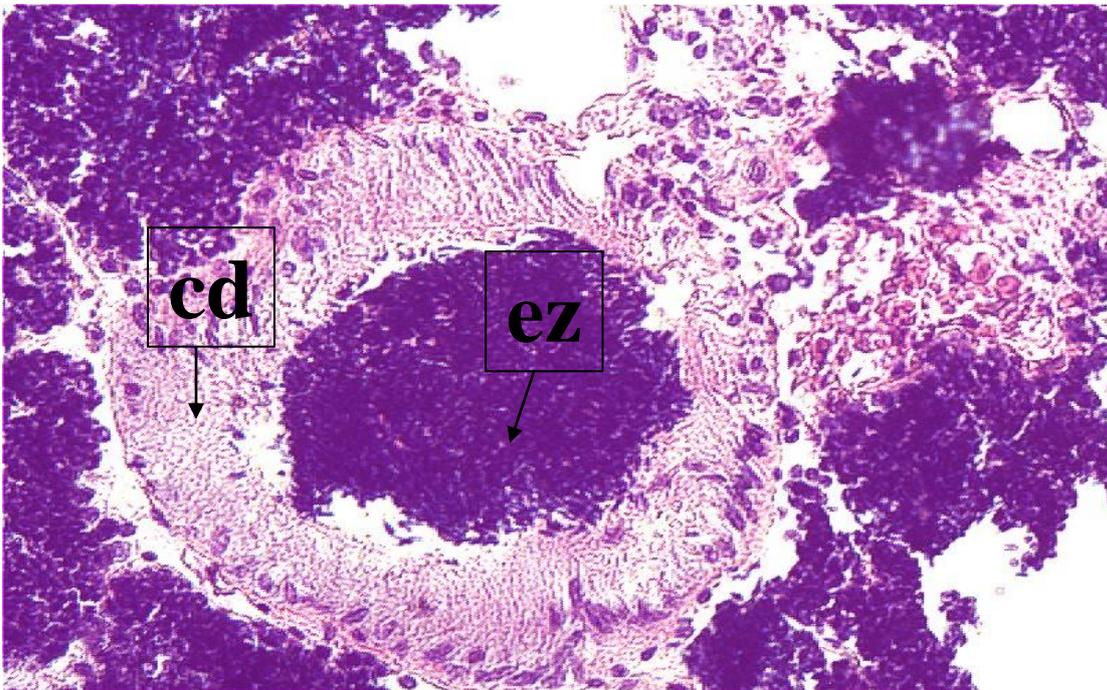


Fig 24. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y conducto (cd), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

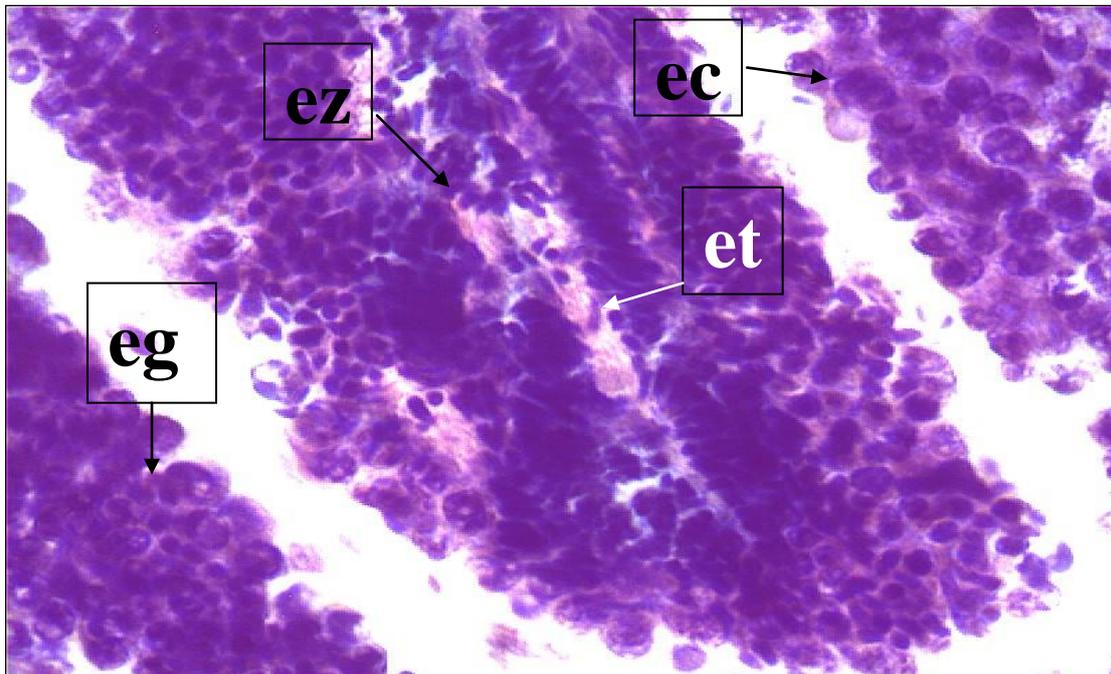


Fig 25. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), y espermatocitos (ec), espermatides (et), Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

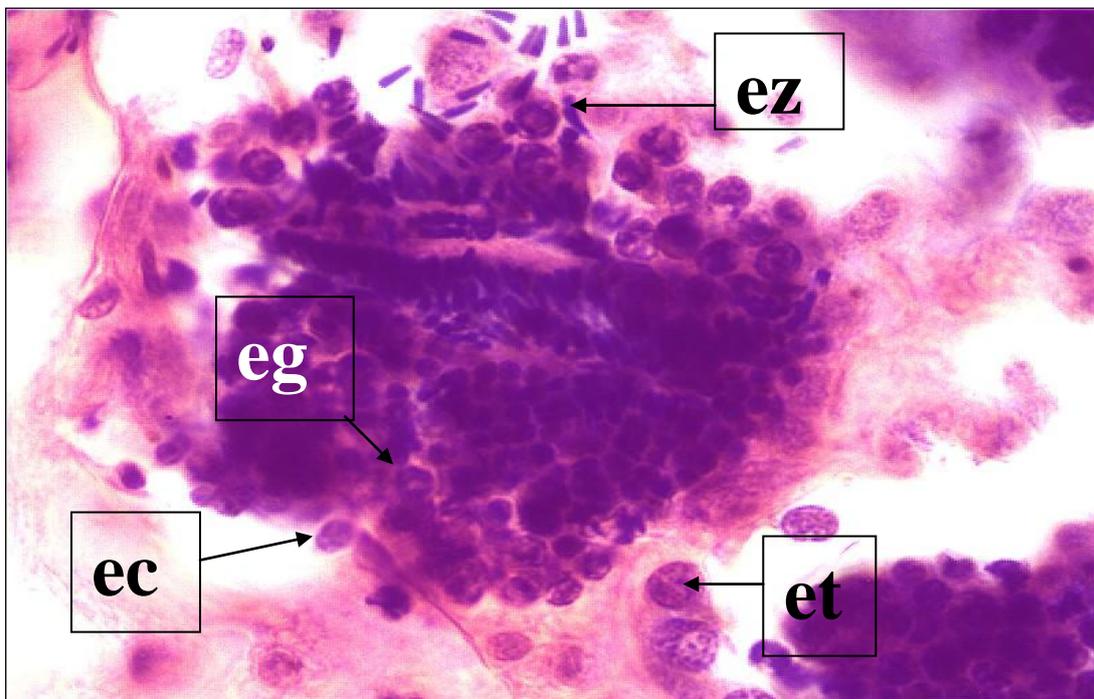


Fig 26. *Panopea generosa*. Estadio III Madurez, espermatozoides (ez), espermatogonias, (eg) espermatocitos (ec), espermatides (et), Téc. Hematoxilina-Eosina(100x)

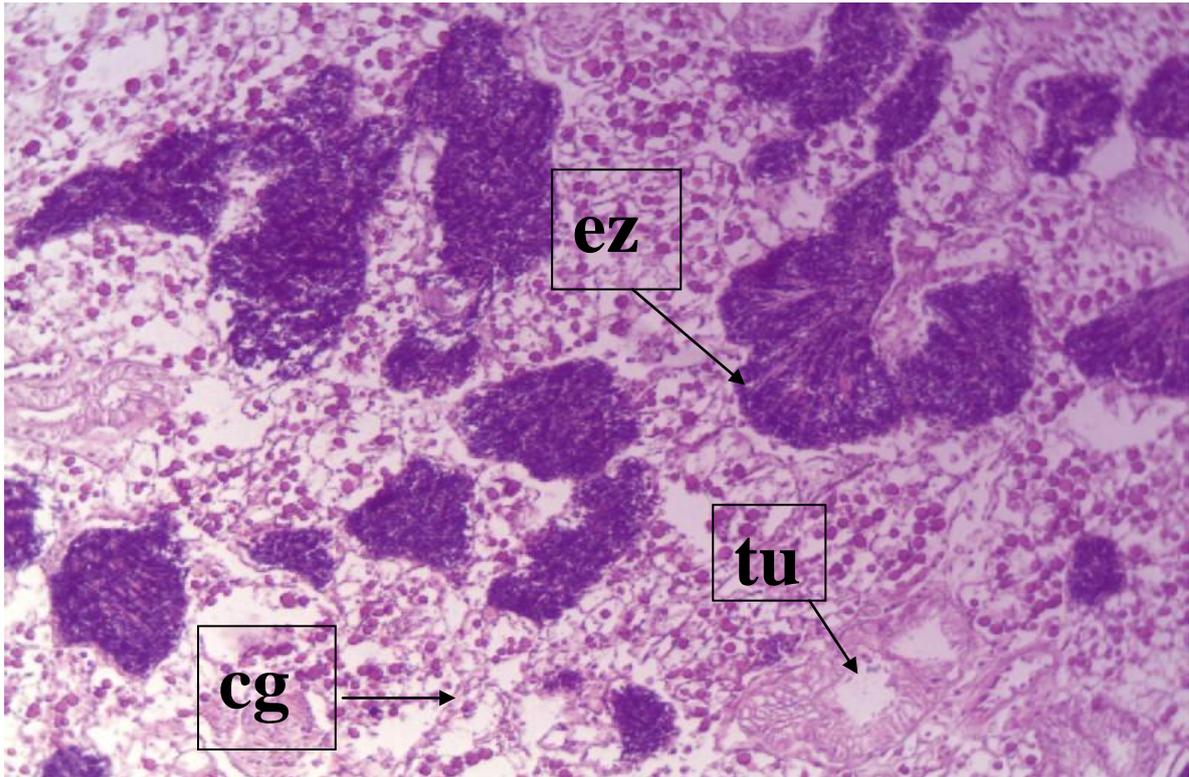


Fig 27. *Panopea generosa*. Estadio IV Desove, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y células gametogénicas (cg) Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

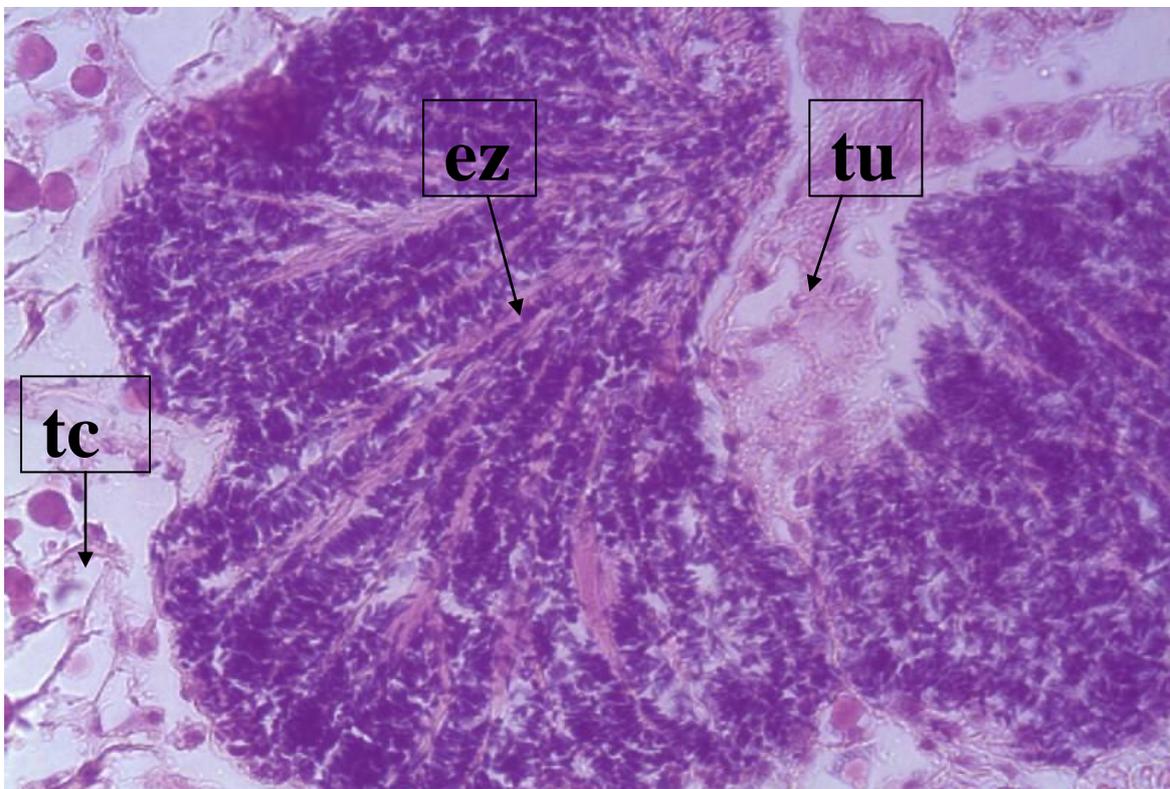


Fig 28. *Panopea generosa*. Estadio IV Desove, espermatozoides (ez), túbulos (tu) y tejido conjuntivo (tc) Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

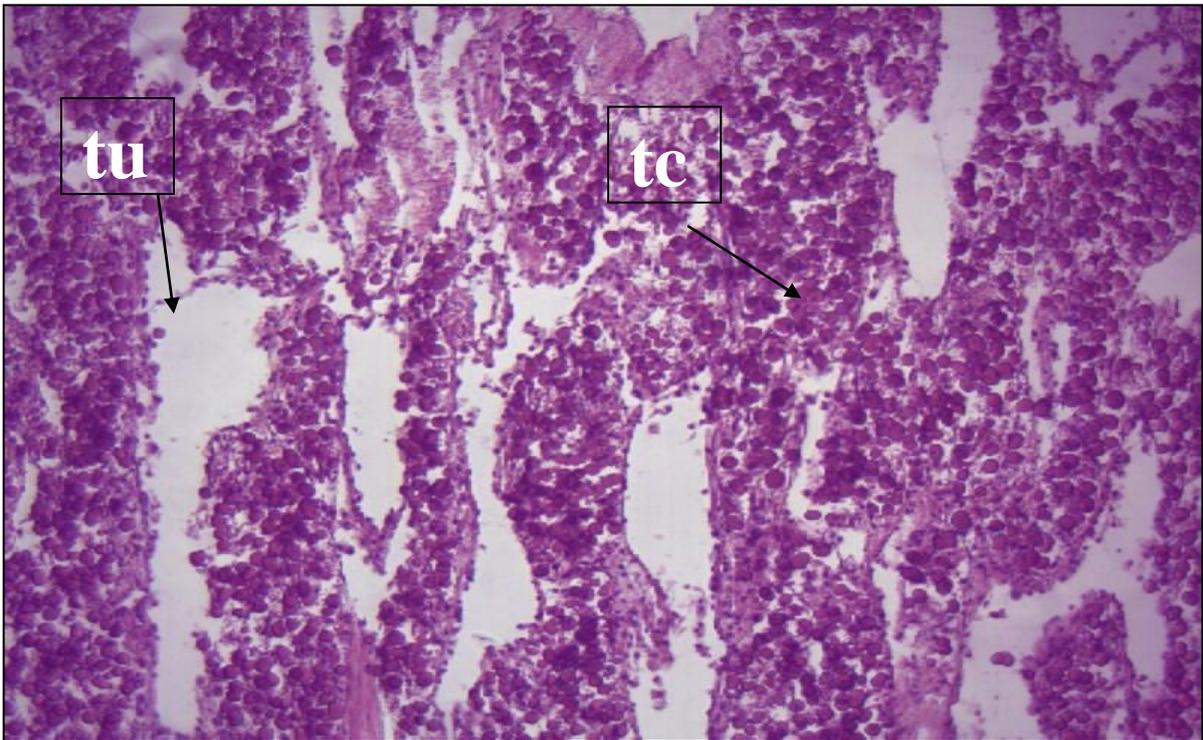


Fig 29. *Panopea generosa*. Estadio V Reabsorción, túbulos vacíos (tu) y tejido conjuntivo (tc) Téc. Hematoxilina-Eosina(10x)

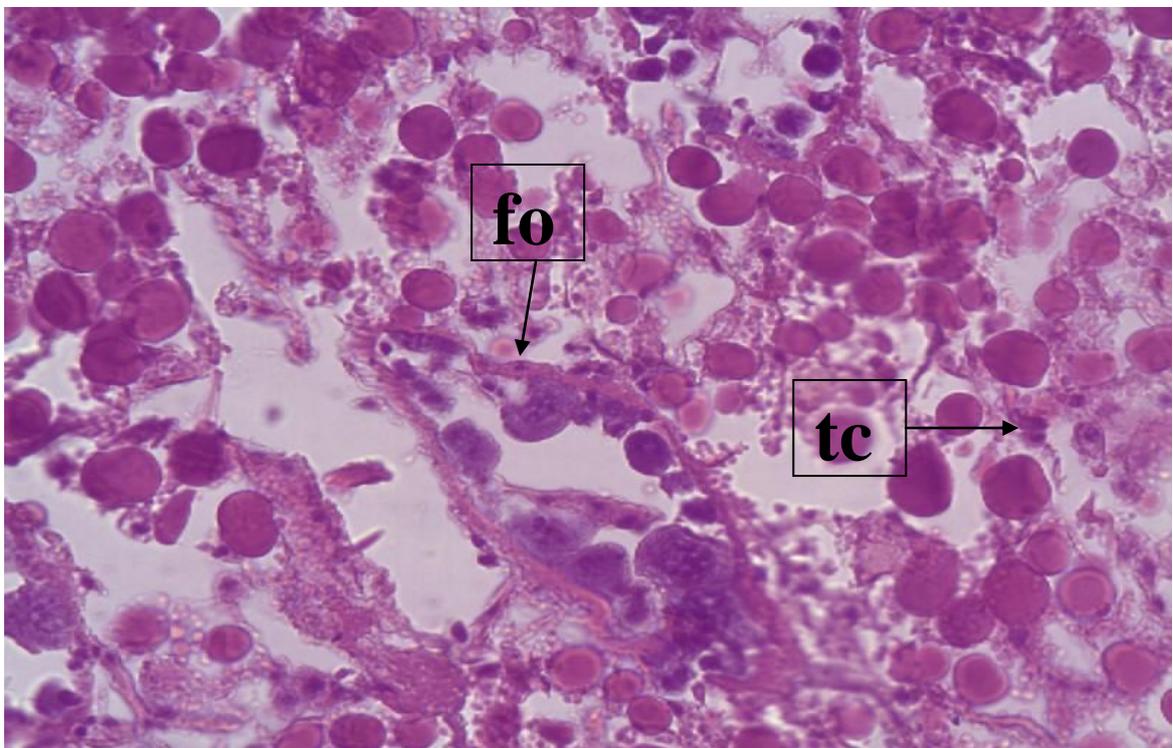


Fig. 30. *Panopea generosa* Fase II ovogénesis. Se observan folículos con ovocitos.(fo), tejido conjuntivo (tc), técnica de Hematoxilina- Eosina.(40x)

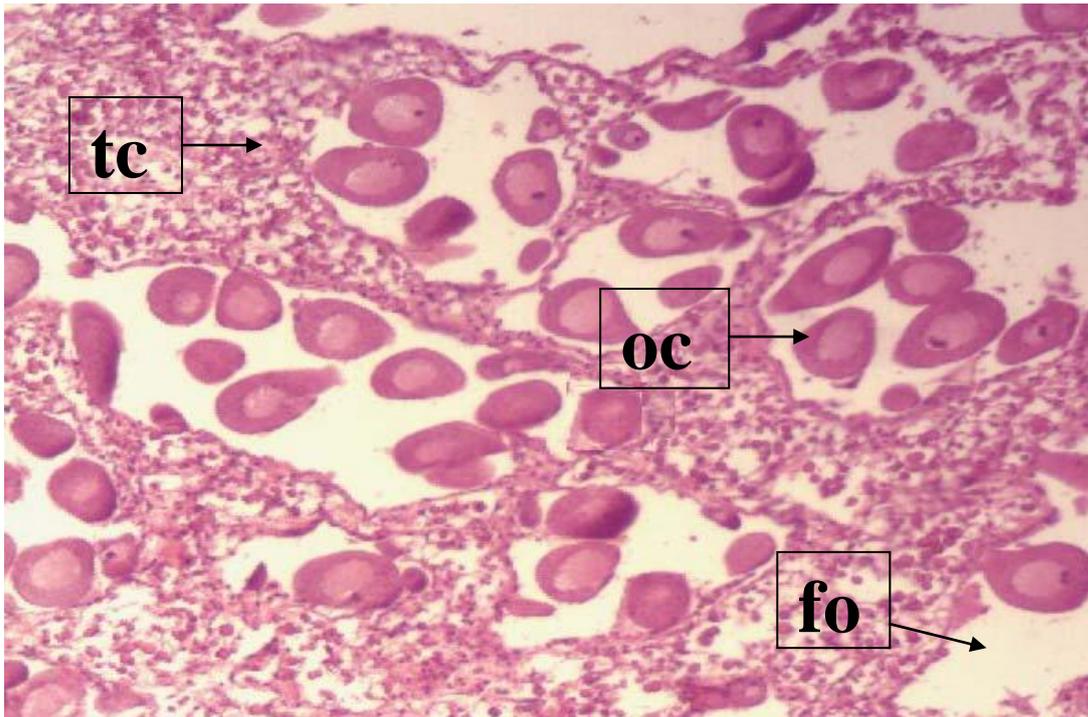


Fig. 31. *Panopea generosa* Fase II ovogénesis. Se observan folículos con ovocitos.en desarrollo (fo), tejido conjuntivo (tc), técnica de Hematoxilina- Eosina.(40x).

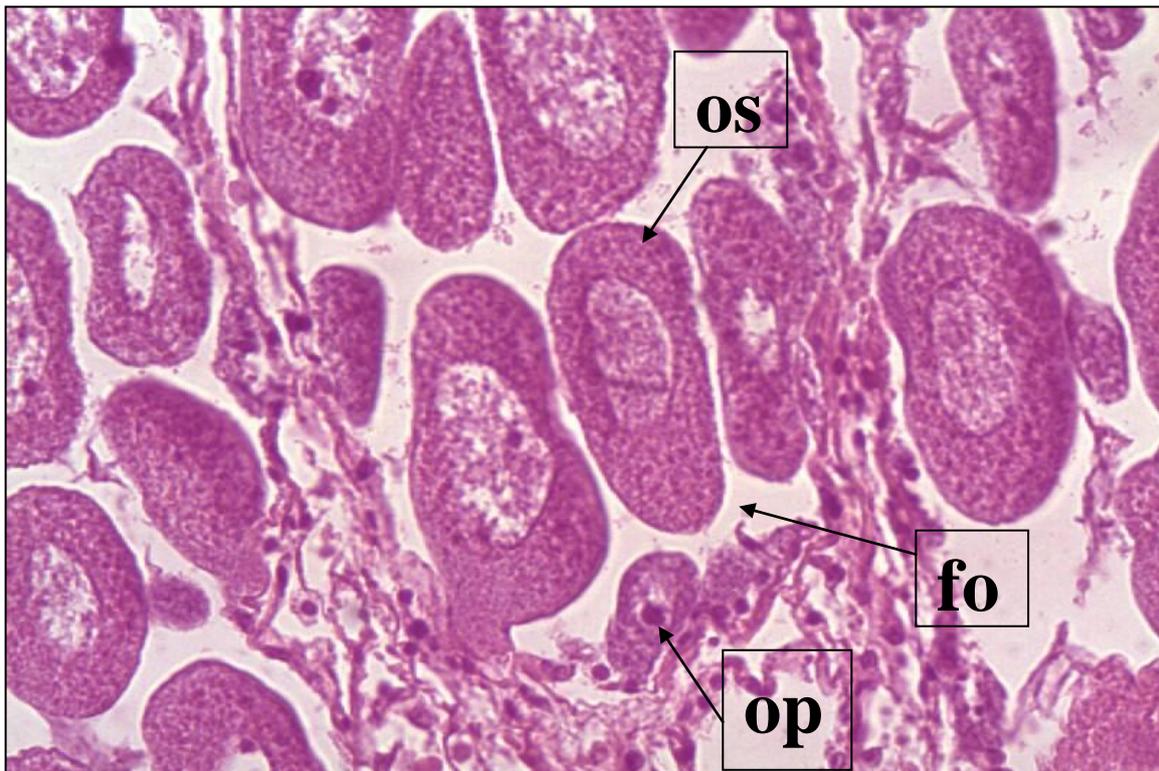


Fig. 32. *Panopea generosa* Fase III Madurez. Se distinguen los folículos (fo) ,llenos de ovocitos de forma piriforme y pocos ovocitos primarios y secundarios técnica de Hematoxilina- Eosina (10x)

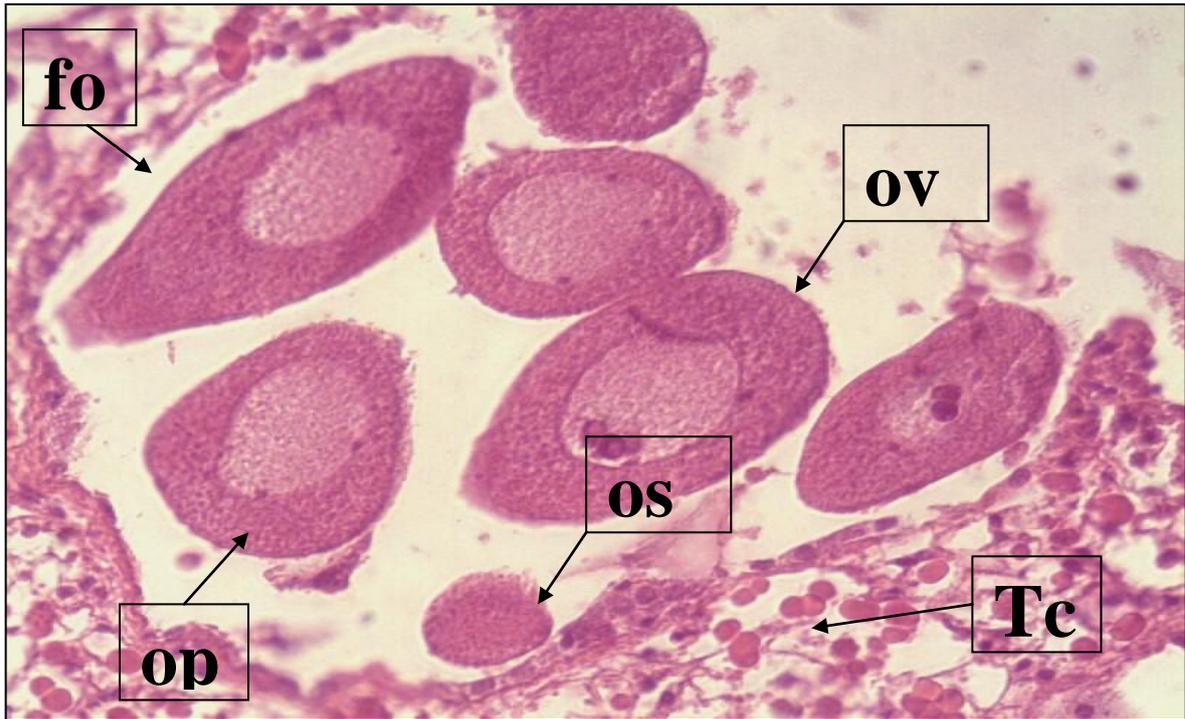


Fig. 33. *Panopea generosa* Fase III Madurez. Se distinguen los folículos (fo) ,llenos de ovocitos de forma piriforme y pocos ovocitos primarios y secundarios técnica de Hematoxilina- Eosina (40x)

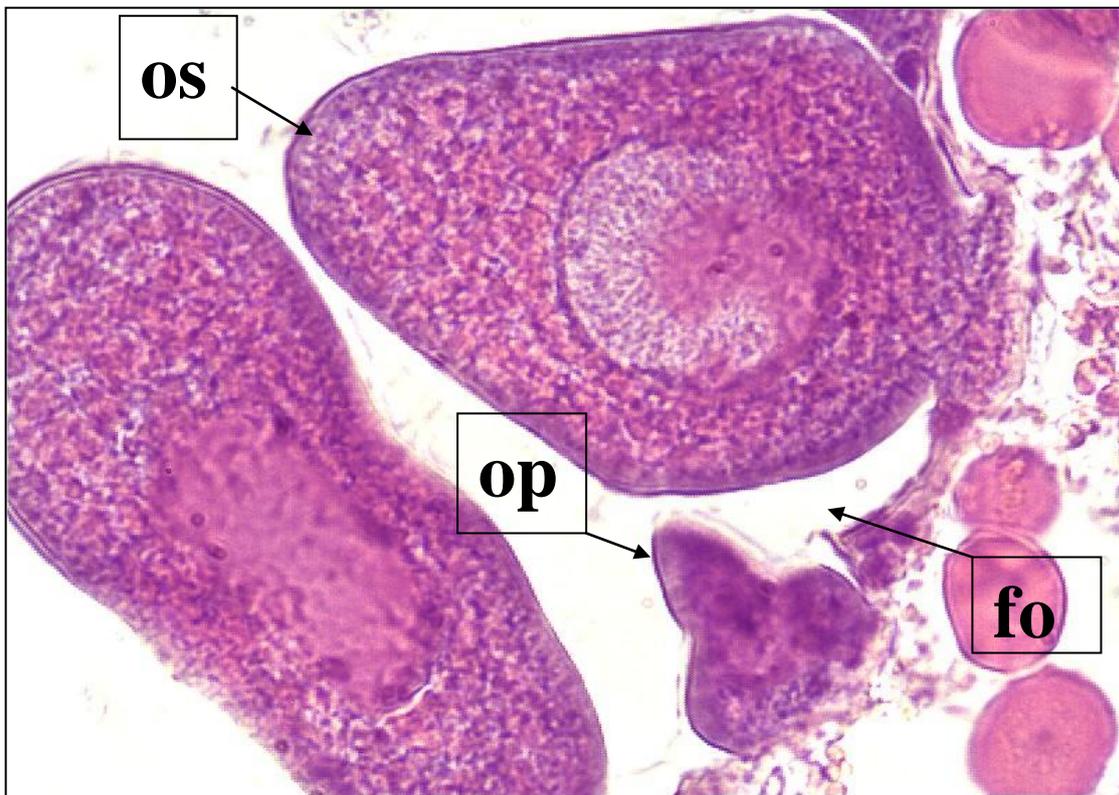


Fig. 34. *Panopea generosa* Fase III Madurez. Se distingue la pared del folículo (fo), con ovocitos de forma piriforme y ovocitos primarios y secundarios, técnica de Hematoxilina- Eosina (100x)

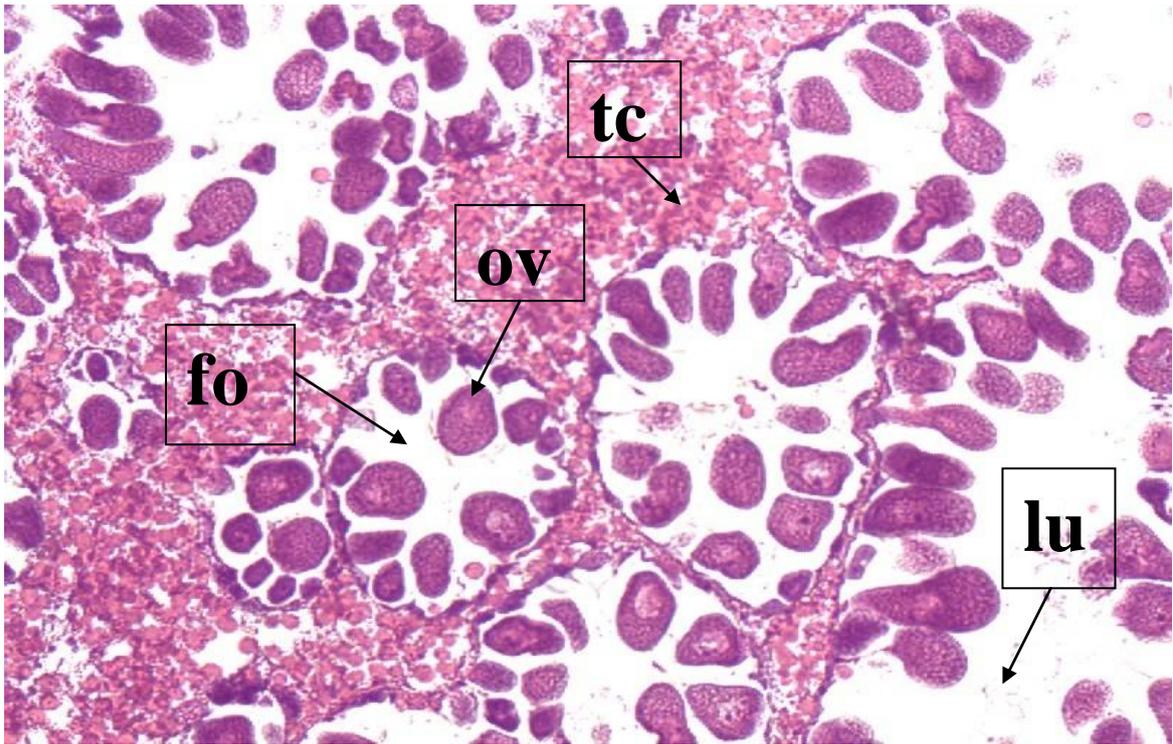


Fig. 35. *Panopea generosa* Fase IV de desove parcial Los folículos contienen ovocitos maduros, el lumen es muy grande, tejido conectivo escaso (tc). Técnica de Hematoxilina-Eosina (40x)

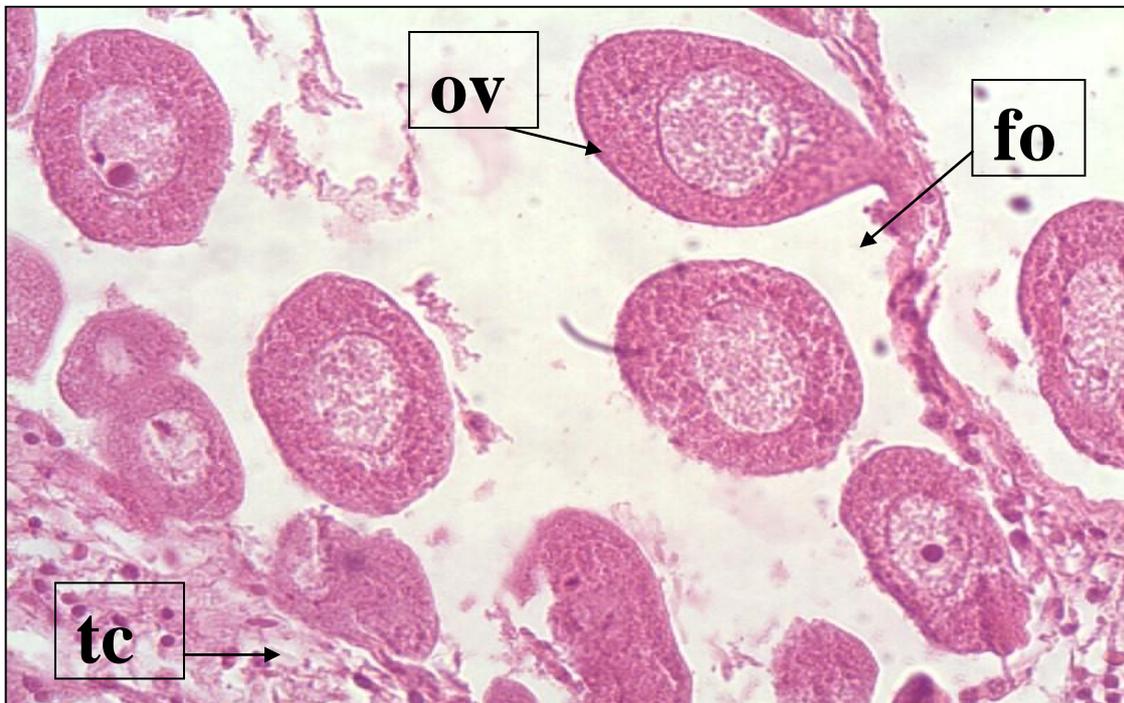


Fig. 36. *Panopea generosa* Fase IV de desove parcial Se observa un folículo conteniendo ovocitos maduros, el lumen es muy grande, y tejido conectivo escaso. Técnica de Hematoxilina- Eosina (40x)

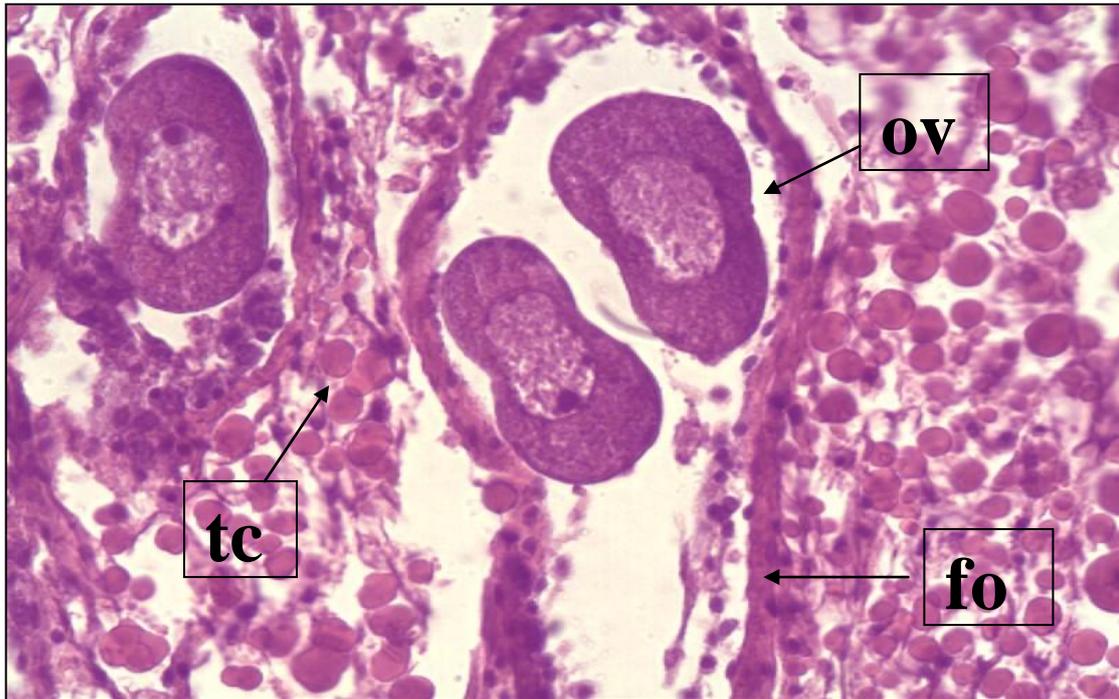


Fig. 37. *Panopea generosa* Fase IV de desove parcial Se observan folículos conteniendo ovocitos maduros, y tejido conectivo escaso. Técnica de Hematoxilina- Eosina (40x)

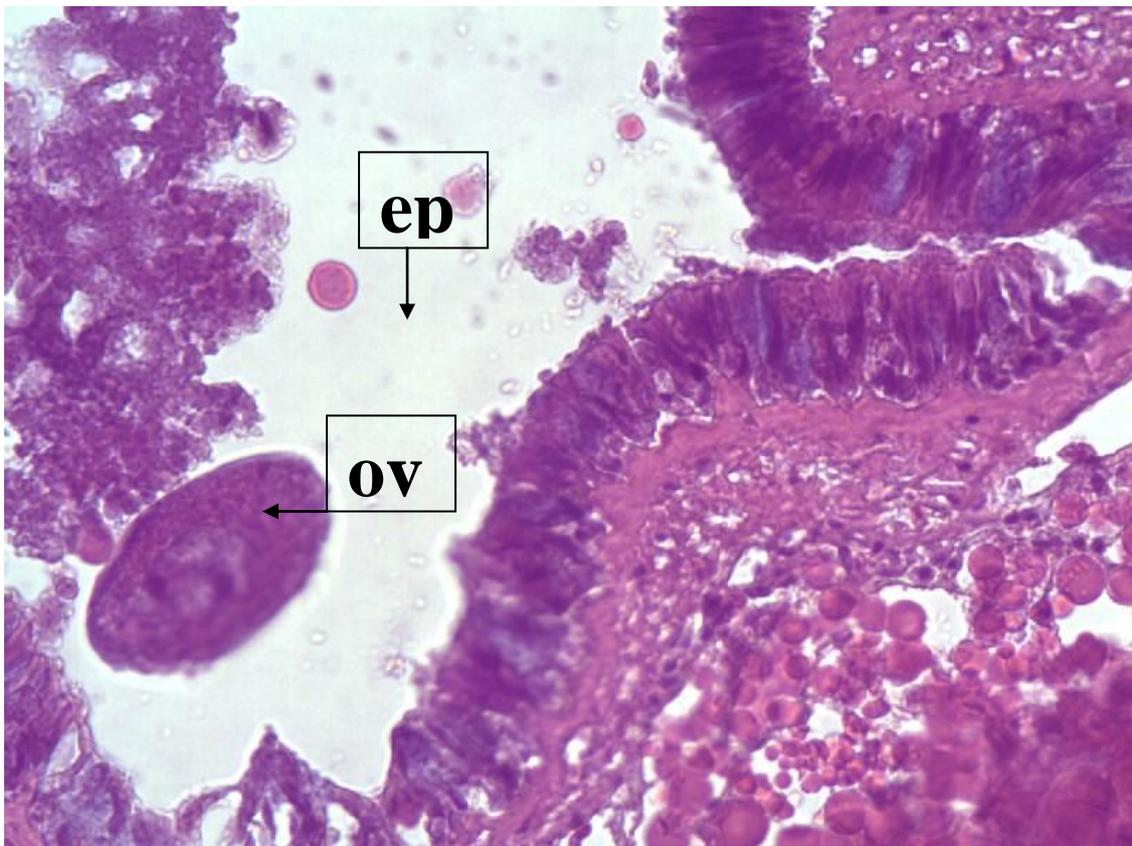


Fig. 38. *Panopea generosa* Fase IV de desove parcial Se observan folículos conteniendo ovocitos maduros, y tejido conectivo escaso. Técnica de Hematoxilina- Eosina (100x).

7.4.4 Índice de madurez

Se obtuvieron datos numéricos para poder hacer un análisis cuantitativo del ciclo reproductivo de *Panopea generosa*, se calculó el índice de madurez de acuerdo a Heffernan *et al.* (1989). A través de este índice es posible resaltar numéricamente el estado de madurez o la fase de desarrollo gonádico de cada una de las muestras mensuales. Este procedimiento se hizo utilizando un sistema numérico arbitrario, en el cual se asignó un valor específico de acuerdo a la fase de desarrollo del organismo. De tal manera que encontramos como valor más bajo dentro de la escala numérica arbitraria, un valor de 0, el cual corresponde a los organismos en posdesove (IV); valor de 1 a los organismos que se encontraron en desove (III), un valor de 2 a los que se encontraron en desarrollo (I); y a los organismos maduros (II) se les asignó el máximo valor con el número 3.

En la figura. 39. se observa claramente un aumento en el valor del índice de madurez, para los meses de noviembre, diciembre y enero, lo cual coincide con el análisis histológico que establece que el estadio de madurez comienza en el mes de noviembre y termina entre el mes de enero y febrero, comenzando con el estadio de posdesove y por lo tanto una disminución en la cantidad de ovocitos o espermatozoides maduros.

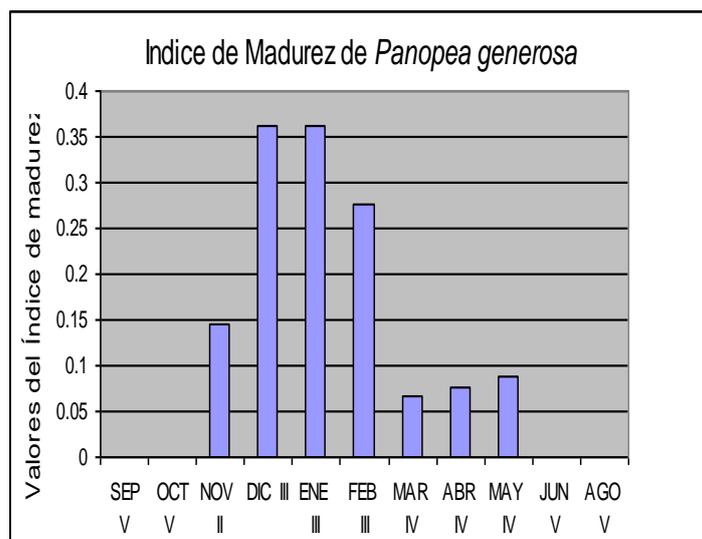


Fig.39. Índice de madurez de *Panopea generosa*.

Tabla.14. Valores del índice de madurez y estadios de madurez de la almeja gigante *Panopea generosa*.

Meses / Estadios	Valor mensual del índice de madurez	Fases de desarrollo
1/12 (I)	0	indiferenciado
2(I)	0	indiferenciado
3(II)	0.14492	desarrollo
4(III)	0.3623	madurez
5(III)	0.3623	madurez
6(III)	0.27536	madurez
7(IV)	0.067632	desove
8(IV)	0.07729	desove
9(IV)	0.08695	desove
10(V)	0	consumo
11(V)	0	consumo

7.4.5 Estimación de la longitud y ancho de los ovocitos

El ciclo gametogénico de los moluscos bivalvos puede ser evaluado por medio de la medición de muestras y a través del color de la gónada. (Mattox, 1949; Mason, 1958; Saenz, 1965; Vélez, 1976), el análisis histológico Vélez, 1977; Stephen, 1980; López & Gomes, 1982; Braley, 1984; Fournier, 1992; Barber, 1996) o más recientemente por la asociación de métodos cuantitativos e histológicos (Choi & Chang, 2003).

De tal forma, que uno de los objetivos de este trabajo fue analizar y relacionar el estado de madurez con el tamaño de los ovocitos.

A partir de imágenes digitalizadas de los cortes de la gónada. Para asegurar que se midiera el diámetro máximo, sólo se midieron ovocitos en los cuales el núcleo fue visible. Los ovocitos fueron trazados individualmente de manera manual y el área de los mismos fue medida automáticamente por el software. El diámetro se calculó utilizando la fórmula del área de un círculo. Se midieron en promedio 115 ovocitos por almeja, sin embargo, las almejas en fase de desarrollo y en posdesove no fueron consideradas de acuerdo a los criterios de Grant & Tyler (1983).

En la tabla 16, se observan los datos obtenidos para la variable: longitud-célula, el modelo de Silverman sugiere muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2, 4 y 6 meses para algunos.

Tabla.15. Se indican los valores de P para todo el ciclo de estudio correspondiente a la variable: Longitud-célula.

Fecha de colecta	Moda	A. de Banda Crítica	Valor de P	Bandas sugeridas por Silverman y Scott	Media de la longitud-célula
Noviembre de 2005	1	5.87	0.5100	Silverman = 4.97 (4mo) Scott = 7.43 (2mo)	6.65
Diciembre de 2005	1	7.95	0.4100	Silverman = 6.01 (3mo) Scott = 7.83 (2mo)	7.89
Enero de 2006	2	5.79	0.5600	Silverman = 7.69 (2mo) Scott = 9.77 (2mo)	11.68
Febrero de 2006	4	3.48	0.7900	Silverman = 5.54 (4mo) Scott = 8.26 (3mo)	4.44
Marzo de 2006	1	6.4	0.4300	Silverman = 7.29 (3mo) Scott = 9.27 (2mo)	7.83
Abril de 2006	6	2.19	0.8800	Silverman = 4.57 (2mo) Scott = 8.80 (2mo)	2.695

En la tabla 16, se observan los datos obtenidos para la variable: Ancho-célula, el modelo de Silverman sugiere muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2 y 3 meses para algunos.

Tabla.16. Valores de P para todo el ciclo de estudio correspondiente a la variable: Ancho-célula.

Fecha de colecta	Moda	A. de Banda Crítica	Valor de P	Bandas sugeridas por Silverman y Scott	Media de la ancho-célula
Noviembre de 2005	1	3.51	0.6500	Silverman = 3.07 (2mo) Scott = 4.98 (1mo)	4.245
Diciembre de 2005	1	4.11	0.4700	Silverman = 3.50 (2mo) Scott = 5.65 (1mo)	4.88
Enero de 2006	3	3.11	0.4500	Silverman = 5.15 (1mo) Scott = 6.54 (1mo)	3.95
Febrero de 2006	1	6.01	0.4100	Silverman = 6.10 (1mo) Scott = 7.75 (1mo)	6.88
Marzo de 2006	1	3.51	0.9000	Silverman = 4.98 (1mo) Scott = 6.69 (1mo)	5.1
Abril de 2006	2	3.03	0.8800	Silverman = 3.29 (2mo) Scott = 6.03 (1mo)	5.32

En la tabla 17, se observan los datos obtenidos para la variable: longitud-núcleo, el modelo de Silverman sugiere muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2, 3 y 4 meses para algunos meses.

Tabla. 17. Valores de p de la prueba de Silverman para la variable: longitud-núcleo en el cuadro sugieren muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2, 3 y 4 modas para algunos meses

Fecha de colecta	Moda	A. de Banda Crítica	Valor de P	Bandas sugeridas por Silverman y Scott	Media de la longitud-núcleo
Noviembre de 2005	3	1.82	0.5000	Silverman = 2.19 (3mo) Scott = 4.00 (2mo)	2.34
Diciembre de 2005	4	1.77	0.4400	Silverman = 3.22 (2mo) Scott = 4.22 (2mo)	2.05
Enero de 2006	1	2.13	0.9000	Silverman = 2.83 (1mo) Scott = 3.88 (1mo)	3.05

Febrero de 2006	3	2.18	0.8200	Silverman = 4.78 (1mo) Scott = 6.08 (1mo)	3.15
Marzo de 2006	2	2.11	0.8500	Silverman = 3.94 (3mo) Scott = 5.01 (2mo)	3.71
Abril de 2006	1	3.56	0.6900	Silverman = 2.40 (2mo) Scott = 4.36 (2mo)	3.96

En la tabla 18, se observan los datos obtenidos para la variable: ancho-núcleo el modelo de Silverman sugiere muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2, 3 y 4 meses para algunos meses.

Tabla. 18. Valores de p de la prueba de Silverman para la variable: ancho-núcleo en el cuadro sugieren muestras de 1 moda para casi todos los meses y de 2 y 4 modas para algunos meses.

Fecha de colecta	Moda	A. de Banda Crítica	Valor de P	Bandas sugeridas por Silverman y Scott	Media de la Ancho-núcleo
Noviembre de 2005	2	1.72	0.8100	Silverman = 2.26 (3mo) Scott = 3.16 (2mo)	3.31
Diciembre de 2005	4	1.17	0.9700	Silverman = 2.45 (2mo) Scott = 4.21 (2mo)	1.76
Enero de 2006	1	2.97	0.4100	Silverman = 3.13 (1mo) Scott = 3.98 (1mo)	3.47
Febrero de 2006	1	4.98	0.4400	Silverman = 4.28 (1mo) Scott = 5.91 (1mo)	5.46
Marzo de 2006	1	2.75	0.7400	Silverman = 3.12 (3mo) Scott = 3.96 (2mo)	3.35
Abril de 2006	2	1.79	0.9300	Silverman = 3.03 (2mo) Scott = 4.13 (2mo)	2.75

En los EDK's se ve un incremento en el ancho de la célula conforme transcurren los meses el cual se hace más evidente desde el mes de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo y después se observa un decremento para los meses de marzo y abril.

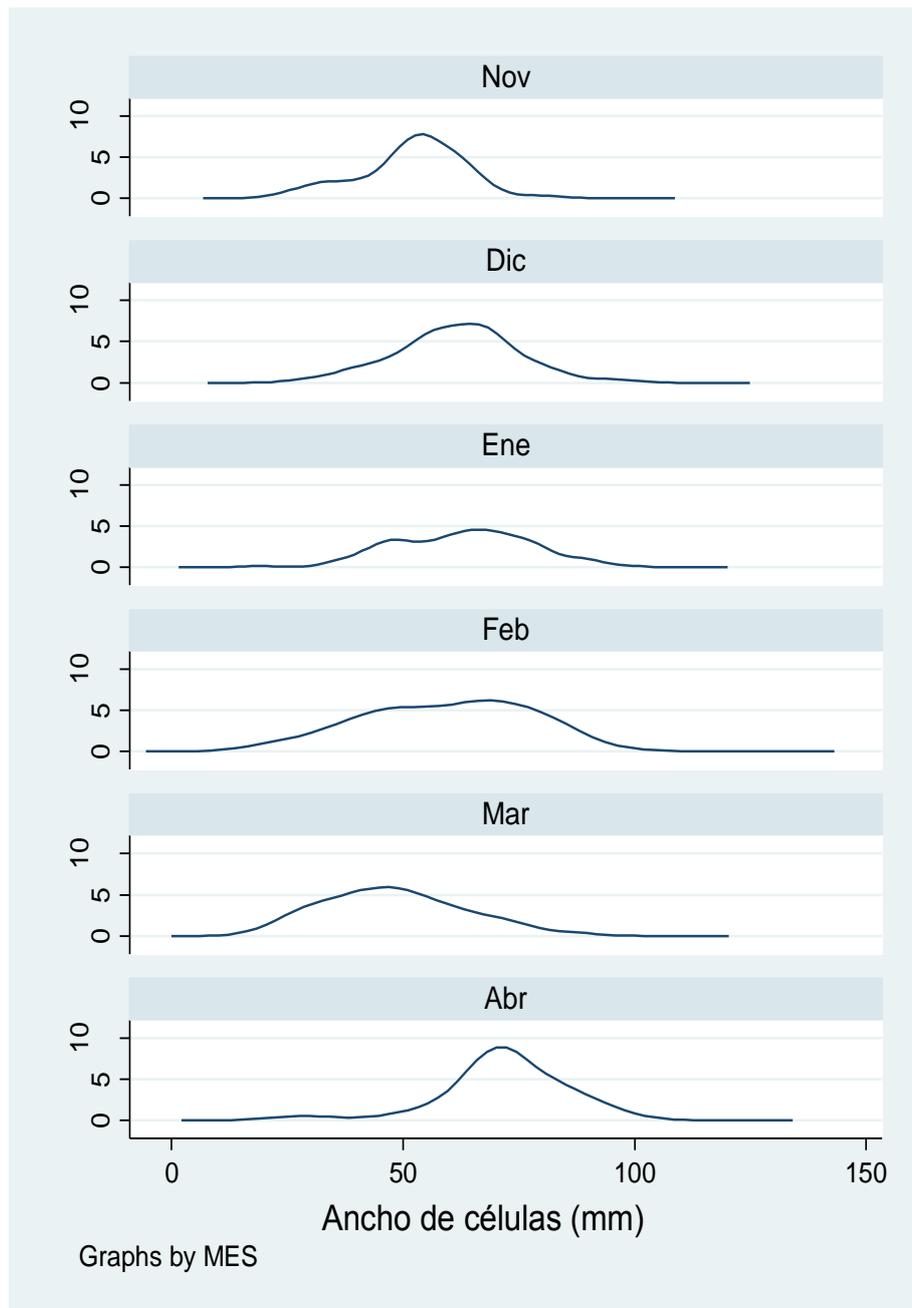


Fig .40. EDK´s anuales para la variable ancho-célula en la que se muestra una distribución unimodal para casi todos los meses.

En los EDK´s se ve un incremento en el largo de la célula conforme transcurren los meses el cual se hace más evidente desde el mes de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo y después se observa un decremento para los meses de marzo y abril.

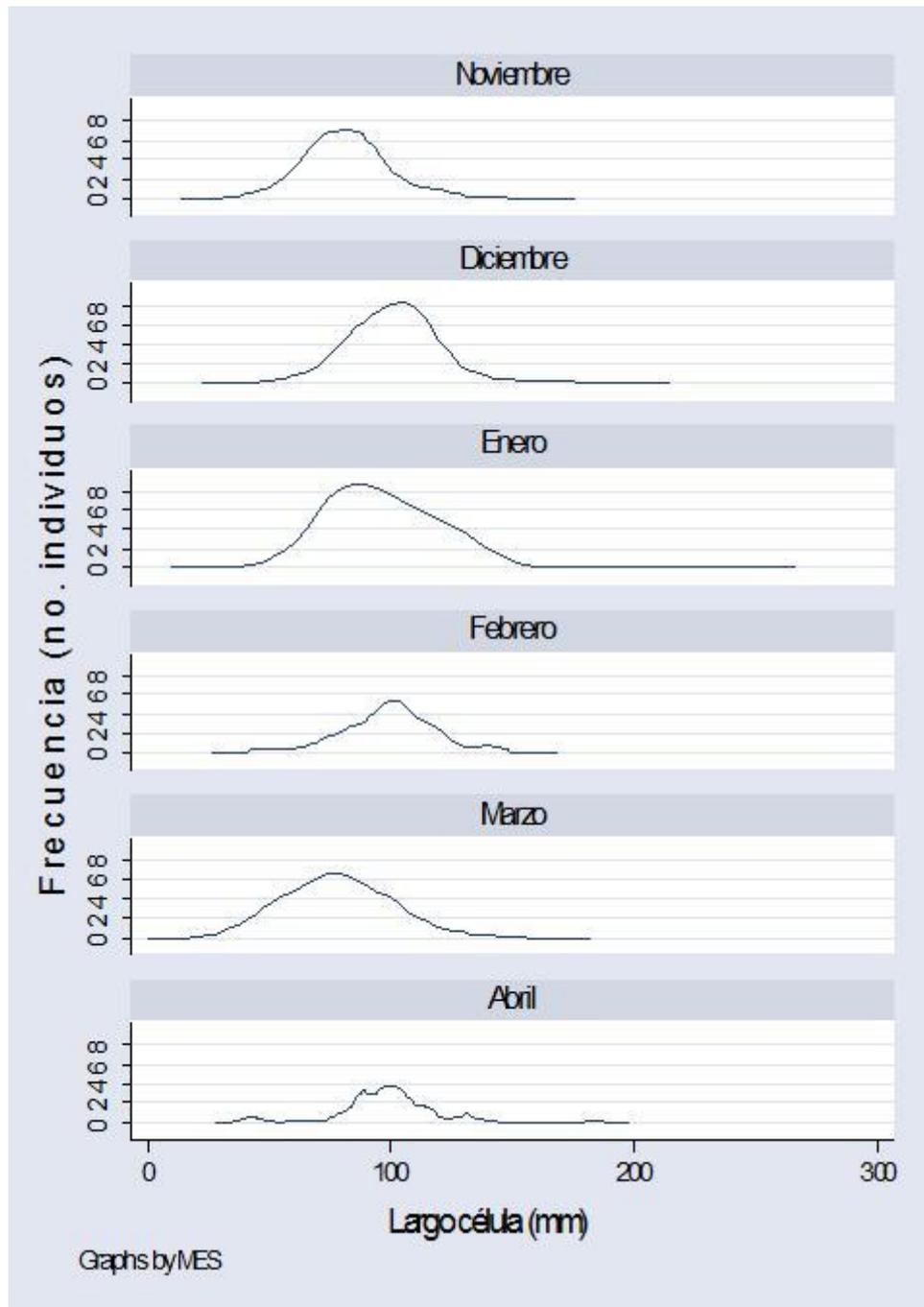


Fig .41. EDK's anuales para la variable largo-célula en la que se muestra una distribución unimodal para casi todos los meses, y para los meses de febrero, marzo y abril se observa una distribución polimodal.

En los EDK's se ve un incremento en el largo del núcleo conforme transcurren los meses. Se hace más evidente desde los meses de enero, febrero, marzo y abril.

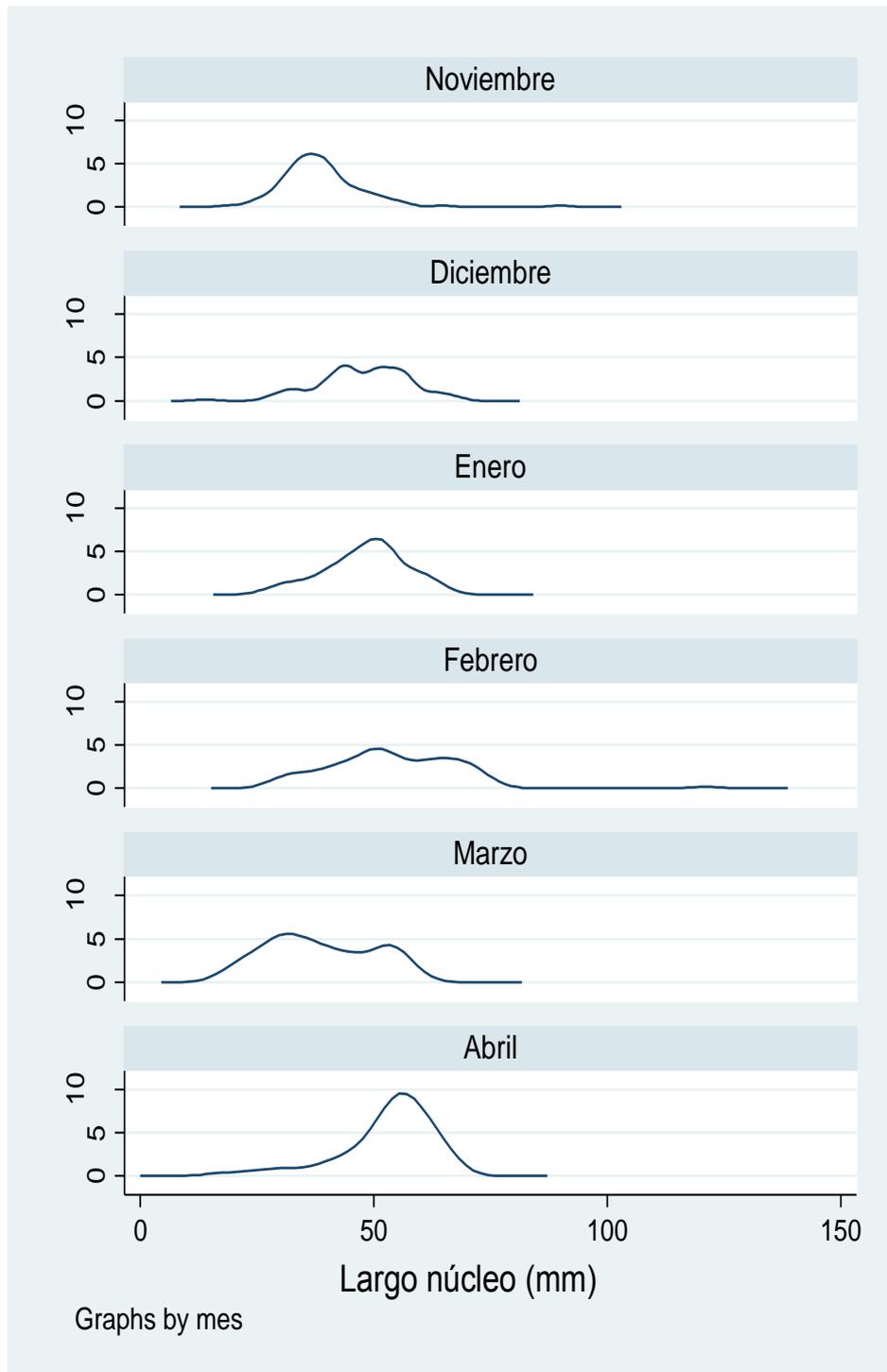


Fig .42 . EDK´s anuales para la variable largo-núcleo en la que se muestra una distribución bimodal para todos los meses.

En los EDK´s se ve un incremento en el ancho del núcleo conforme transcurren los meses (desde el mes de enero y febrero) y después se observa un decremento en los meses de marzo y abril.

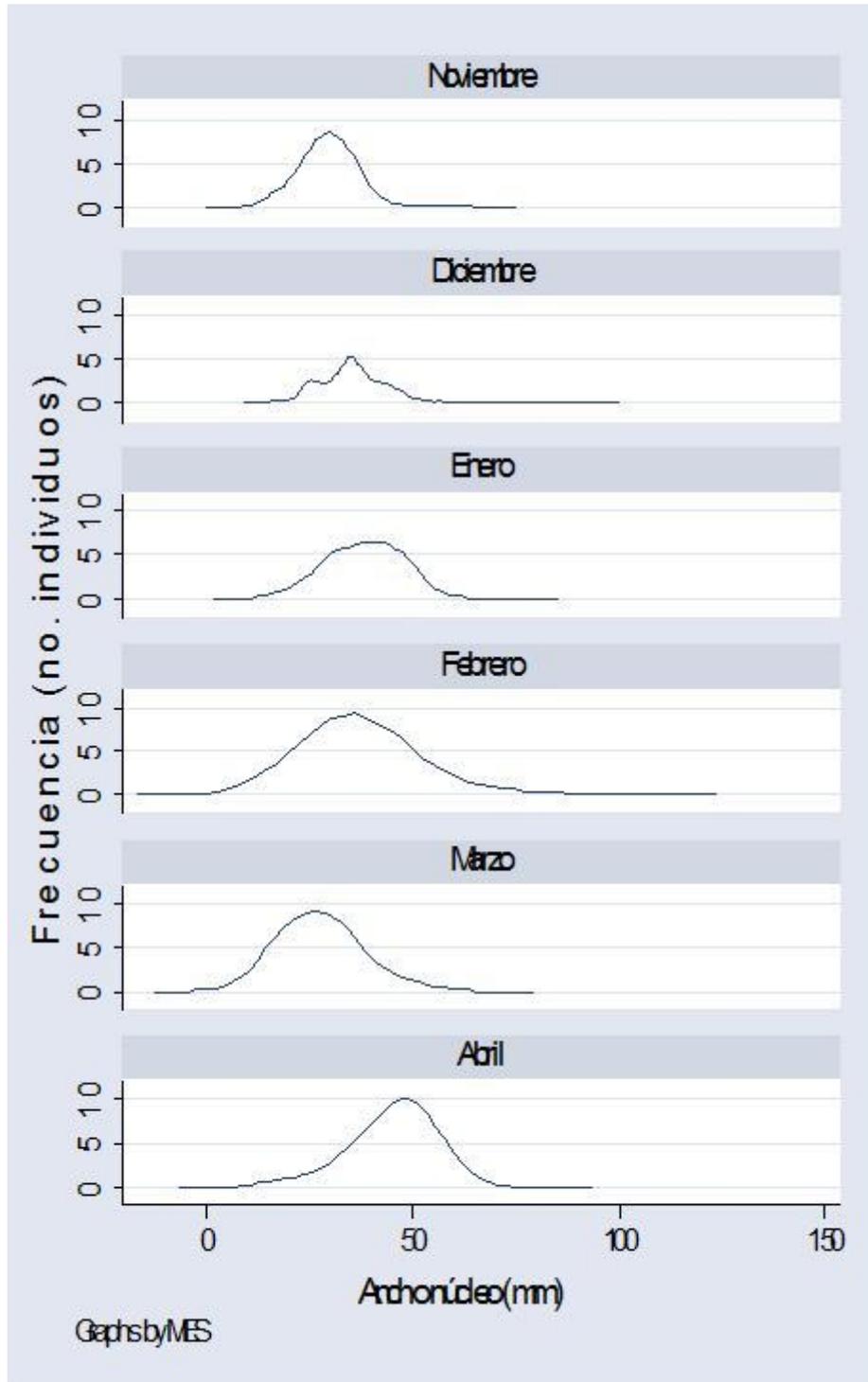


Fig .43 . EDK´s anuales para la variable ancho-núcleo en la que se muestra una distribución unimodal y bimodal para todos los meses.

Tabla.19. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros para la variable ANCHO NÚCLEO para todo el ciclo de estudio.

No. De componente NOVIEMBRE 2005	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. estándar	Tamaño
1	9/26	0.9448	29.39	6.96	111
2	42/52	0.9996	57.50	3.39	2

DICIEMBRE 2005					
1	4/14	0.9694	18.21	2.02	2
2	18/25	0.9892	25.49	2.62	25
3	33/40	0.9831	34.85	3.50	65
4	79/91	1.000	67.58	67.58	13
5	109/124	1.000	90.81	90.81	1

ENERO 2006					
1	17/24	0.9727	35.70	7.399	71
2	30/50	0.6594	44.25	7.224	74

FEBRERO 2005					
1	17/31	0.9925	35.23	13.36	115

MARZO 2006					
1	12/17	0.9853	18.96	5.9463	61
2	25/29	0.9958	28.51	7.1029	81

ABRIL 2006					
1	7/17	0.9749	21.206	3.527	6
2	23/27	0.9975	35.507	4.9761	32
3	37/55	0.8410	48.339	6.6308	94

Tabla. 20. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros para la variable LARGO NÚCLEO para todo el periodo de estudio.

No. De componente NOVIEMBRE 2005	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. estándar	Tamaño
1	22/32	0.9948	36.71	5.77	96
2	49/54	0.9126	52.50	3.67	10
3	60/69	1.000	64.55	2.34	1
4	79/95	1.000	89.85	2.34	1

DICIEMBRE 2005					
1	1/15	1.000	13.94	2.05	1
2	26/35	0.9673	33.097	4.41	18
3	43/49	0.9580	44.120	4.31	54
4	54/63	0.8328	52.51	5.79	71
5	69/77	0.8079	62.65	4.14	13

ENERO 2006					
1	9/16	0.9564	33.59	4.5019	14
2	26/33	0.9525	50.73	7.0046	92
3	39/46	0.9717	60.64	4.3581	23

FEBRERO 2006					
1	8/14	0.9743	32.60	4.162	14

2	26/29	0.9753	50.80	7.005	64
3	41/49	0.9658	66.81	5.7086	40
4	76/92	1.000	120.96	3.1500	1

MARZO					
1	9/12	0.9274	31.62	8.054	77
2	33/42	0.9959	53.41	4.559	33

ABRIL					
1	4/13	0.9855	19.86	4.3696	3
2	31/43	0.9900	56.13	6.8177	102

Tabla .21. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros de la variable ANCHOCELULA para todo el periodo de estudio.

No. de componente NOVIEMBRE 2005	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. estándar	Tamaño
1	9/16	0.9992	34.46	7.403	22
2	22/39	0.9784	54.51	8.39	96
3	44/52	0.9974	80.02	4.45	2

DICIEMBRE 2005					
1	11/19	0.9648	52.16	12.16	51
2	22/33	0.9586	62.31	62.31	108
3	47/53	0.9966	94.77	94.77	3

ENERO 2006					
1	2/11	1.000	15.83	3.95	1
2	18/31	0.9353	47.63	8.16	43
3	34/63	0.8911	65.15	12.65	92

FEBRERO 2006					
1	13/21	0.9664	52.08	16.85	84
2	26/35	0.9511	68.93	13.67	80

MARZO 2006					
1	12/30	0.9264	45.83	15.32	113
2	30/47	0.7341	55.51	14.71	72

ABRIL 2006					
1	5/16	0.9780	29.63	7.50	5
2	30/35	0.9942	71.44	8.56	90

Tabla. 22. Resumen de puntos considerados para determinación de componentes Gaussianos y sus parámetros para la variable LARGO CELULA para todo el periodo de estudio

No. De componente NOVIEMBRE de 2005	Intervalo de datos utilizado	R2 ajustada	Media	Desv. estándar	Tamaño
1	14/35	0.9785	79.6257	15.72	107

2	39/43	0.9702	110.84	11.3	12
DICIEMBRE 2005					
1	15/31	0.9739	100.17	17.2758	115
ENERO 2006					
1	10/16	0.9979	83.8912	15.2511	70
2	26/33	0.9849	123.3213	14.18	30
FEBRERO 2006					
1	3/15	0.9663	49.028	4.81	3
2	41/47	0.9698	101.28	10.13	78
3	64/68	0.9938	140.20	5.332	6
MARZO 2006					
1	22/40	0.9913	77.27	22.29	116
ABRIL 2006					
1	12/17	0.9633	42.54	3.59	5
2	29/36	0.9289	64.43	3.92	3
3	59/86	0.5887	97.80	11.70	101
4	91/109	0.8513	130.67	4.89	9
5	136/153	1.000	183.26	2.69	1

En las tabla 23 se observa un valor alto en las medias del tamaño del ancho de la célula en el mes de marzo de 2006 y el mes de diciembre de 2005 lo que sugiere que la almeja presenta ovocitos de varios estadios durante la época de desove.

Tabla. 23. Resumen estadístico de la variable ancho-célula

Fecha	variable	Observaciones	Media	Mínimo	Máximo
Nov	Anchocel	117	61.444	29.36	98.4
Dic	Anchocel	109	62.831	18.17	98.69
Ene	Anchocel	117	62.027	22.33	103
Feb	Anchocel	116	50.114	21.03	91.68
Marzo	Anchocel	117	73.999	23.65	103.67
Abril	Anchocel				

En las tabla 24 se observa un valor alto en las medias del ancho-núcleo en el mes de abril de 2006 y el mes de enero de 2006 de lo que indica que la almeja presenta ovocitos de varios estadios durante la época de desove.

Tabla. 24. Resumen estadístico del ancho-núcleo

Fecha	Variable	Observaciones	Media	Mínimo	Máximo
Nov	Anchonucleo	112	55.105	24.12	83.61
Dic	Anchonucleo	117	61.81	29.36	98.40
Ene	Anchonucleo	109	64.07	18.17	98.69

Feb	Anchonucleo	117	63.38	22.33	103
Marzo	Anchonucleo	117	49.86	21.03	91.68
Abril	Anchonucleo	117	74.09	23.65	103.67

En las tablas 25 se observa un valor alto en las del largo de la célula en el mes de febrero de 2006 y el mes de diciembre de 2005 de lo que indica que la almeja presenta ovocitos de varios estadios durante la época de desove.

Tabla. 25. Resumen estadístico de la variable largo-célula,

Fecha	Variable	Observaciones	Media	Mínimo	Máximo
Nov	Largocel	112	80.98	41.44	139.56
Dic	Largocel	117	100.32	56.12	170.08
Ene	Largocel	109	97.8	58.39	200.51
Feb	Largocel	117	100.63	46.06	144.35
Marzo	Largocel	117	78.32	34.01	137.83
Abril	Largocel	117	98.21	39.61	183.31

En las tabla 26 se observa un valor alto en las medias obtenidas del ANMUCOVA en el tamaño del largo del núcleo en el mes de febrero de 2006 y el mes de abril de 2006 de lo que indica que la almeja presenta ovocitos de varios estadios durante la época de desove.

Tabla. 26. Resumen estadístico de la variable largo-núcleo.

Fecha	Variable	observaciones	Media	Mínimo	Máximo
Nov	Largonucleo	112	37.975	18.6	90.25
Dic	Largonucleo	117	48.98	15	69.12
Ene	Largonucleo	109	50.3	27.99	67.57
Feb	Largonucleo	117	53.28	28.47	120.93
Marzo	Largonucleo	117	38.59	19.67	60.45
Abril	Largonucleo	117	54.94	17.42	66.23

8. Análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA)

Para evaluar la condición se usó un solo modelo de análisis simultáneo considerando como variables de respuesta varios peso de estructuras de la almeja. Se incluyeron todas las variables independientes que afectaban el peso, y se agregó además, la longitud de la almeja como covariada por lo que se utilizó por tanto un análisis de covarianza multivariado. El coeficiente de cada parámetro se uso entonces como una medida de su efecto en la condición de la almeja. Su cálculo se efectuó por medio de programas estadísticos capaces de estimar modelos lineales generalizados.

Se usó el método propuesto por García-Berthou & Moreno-Amich (1993). En el que se incluyeron, todas las medidas morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva, además de incluir simultáneamente en conjunto factores como el sexo y la fecha de muestreo, las cuales fueron ajustadas por el uso de covariadas (como la longitud del cuerpo). Para ello se empleó el análisis multivariado de covarianza ANMUCOVA. Las medias predichas del modelo describieron las variaciones estacionales y de otros factores haciendo innecesario el empleo de índices, los cuales muestran un gran sesgo en sus resultados.

En el presentan los resultados del estudio del uso del ANMUCOVA para describir el ciclo reproductivo de la almeja gigante *Panopea generosa*.

Para el ANMUCOVA se consideraron las siguientes variables:

VARIABLES DE RESPUESTA: peso eviscerado, peso pulpa, peso bola y peso total.

FACTORES: Sexo y fecha de muestreo; y como covariada la longitud .

Los valores de peso y longitud fueron multiplicados por una constante (10^6) y transformados a logaritmo natural para evitar trabajar con valores negativos. Se probaron varios diseños de análisis debido a que un modelo completamente factorial no podía aplicarse por la no ocurrencia de individuos en algunas combinaciones de factores (por ejemplo no se presentaron individuos en desarrollo para los meses de septiembre y octubre. Los datos se dividieron en 4 conjuntos de acuerdo a la siguiente clave: Machos, Hembras, Indiferenciados y en reabsorción.

Para todos estos conjuntos de datos se consideró a la fecha como factor y a la longitud corporal como covariada. Como el primer paso se obtuvo la significancia de las interacciones de la covariada con los factores. Después de verificar la significancia de la interacción, el segundo paso en el análisis fue calcular el diseño estándar del ANMUCOVA . Como tercer paso, se llevaron a cabo y se interpretaron contrastes de medias *a posteriori*. El nivel de significancia en todos los análisis fue de 0.05.

Los cálculos se efectuaron utilizando el módulo de modelos linealizados generalizados (GLM) del paquete estadístico MINITAB (MINITAB Inc; 1994) y el procedimiento MANOVA del SPSS-X (SPSS Inc; 1986). Para llevar a cabo los contrastes de conjuntos univariados *a posteriori* para valores medios

adyacentes por fecha, se empleó el subcomando CONTRAST=REPEATED en el MANOVA del SPSS.

En lo que sigue se presentan los resultados obtenidos con el procedimiento MANCOVA. La fig. 49 presenta las variables transformadas logarítmicamente consideradas para el análisis. A pesar de la dispersión variable alrededor de una tendencia lineal, puede notarse la linealidad en la relación entre las medidas morfométricas.

Los resultados del ANMUCOVA se presentan gráficamente en las siguientes figuras de acuerdo al esquema descrito a continuación:

A continuación se observa una figura que muestra la relación de la covariada con las variables largo, alto, ancho concha, peso total, peso pulpa, peso concha, peso eviscerado y peso bola de *Panopea generosa*.

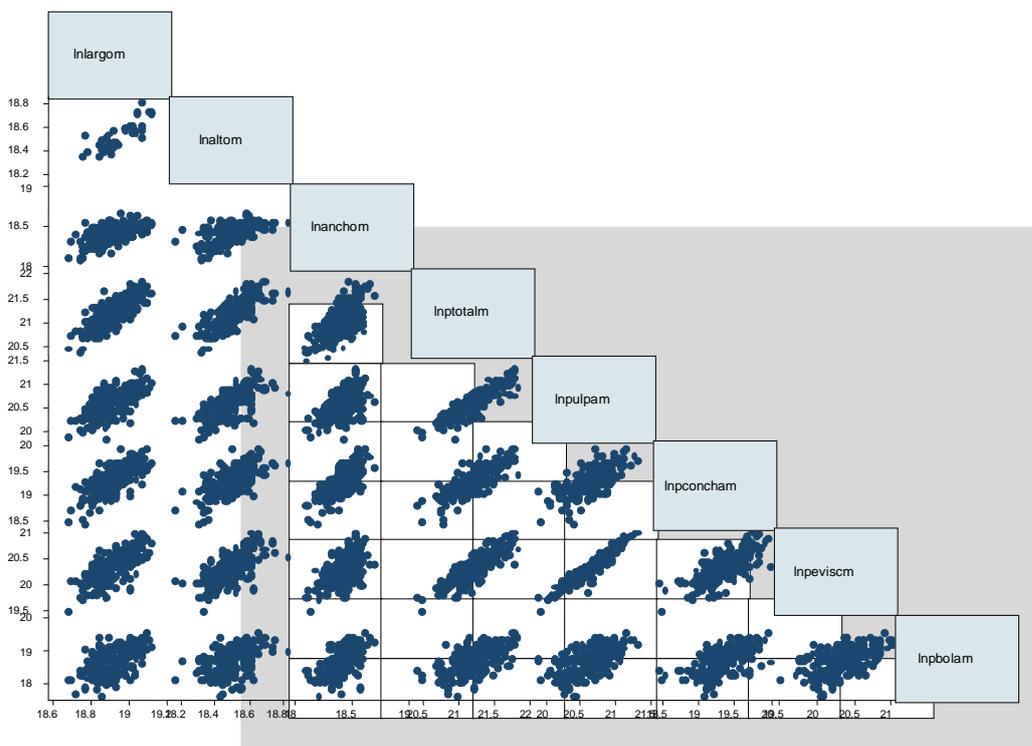


Fig 44. Variables transformadas (logaritmo natural) consideradas para el análisis *Panopea generosa*

INDIFERENCIADOS

Tabla. 27. Valores de significancia de las variables de los organismos indiferenciados: peso bola durante los meses de noviembre-diciembre.

Variable	10-11	11-12
PESOBOLA	0.659	(-) 0.000
PESOTOTAL	0.623	0.106
PESOPULPA	0.516	0.837
PESOEVISC	0.515	0.765

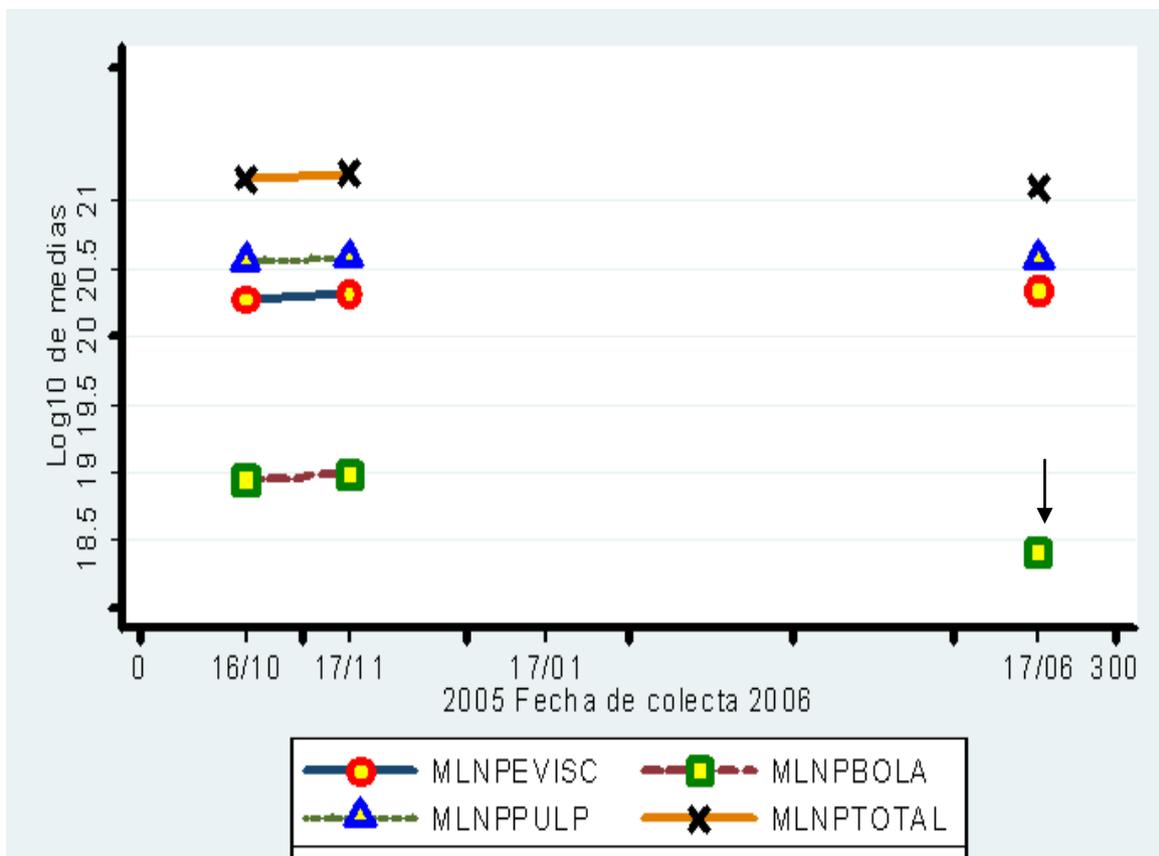


Fig. .45 Gráfico del ANMUCOVA para organismos indiferenciados en el que se ve una diferencia significativa de la variable Peso bola entre los meses de noviembre-diciembre.

MACHOS

Tabla.28. Valores de las diferencias significativas de los machos para las variables: peso bola para los meses de diciembre-enero, febrero-marzo y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de febrero-marzo, marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado marzo-abril y abril-mayo.

	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
PESO BOLA	0.785	0.482	0.061	0.140	(+) 0.009	0.235	(-) 0.001	0.249
PESO TOTAL	0.484	0.606	0.315	0.606	(+) 0.001	0.109	0.421	0.298
PESO PULPA	0.955	0.685	0.485	0.536	(+) 0.001	(-) 0.000	(+) 0.000	0.836
PESO EVISCER	0.772	0.908	0.747	0.286	0.642	(+) 0.010	(+) 0.000	0.234

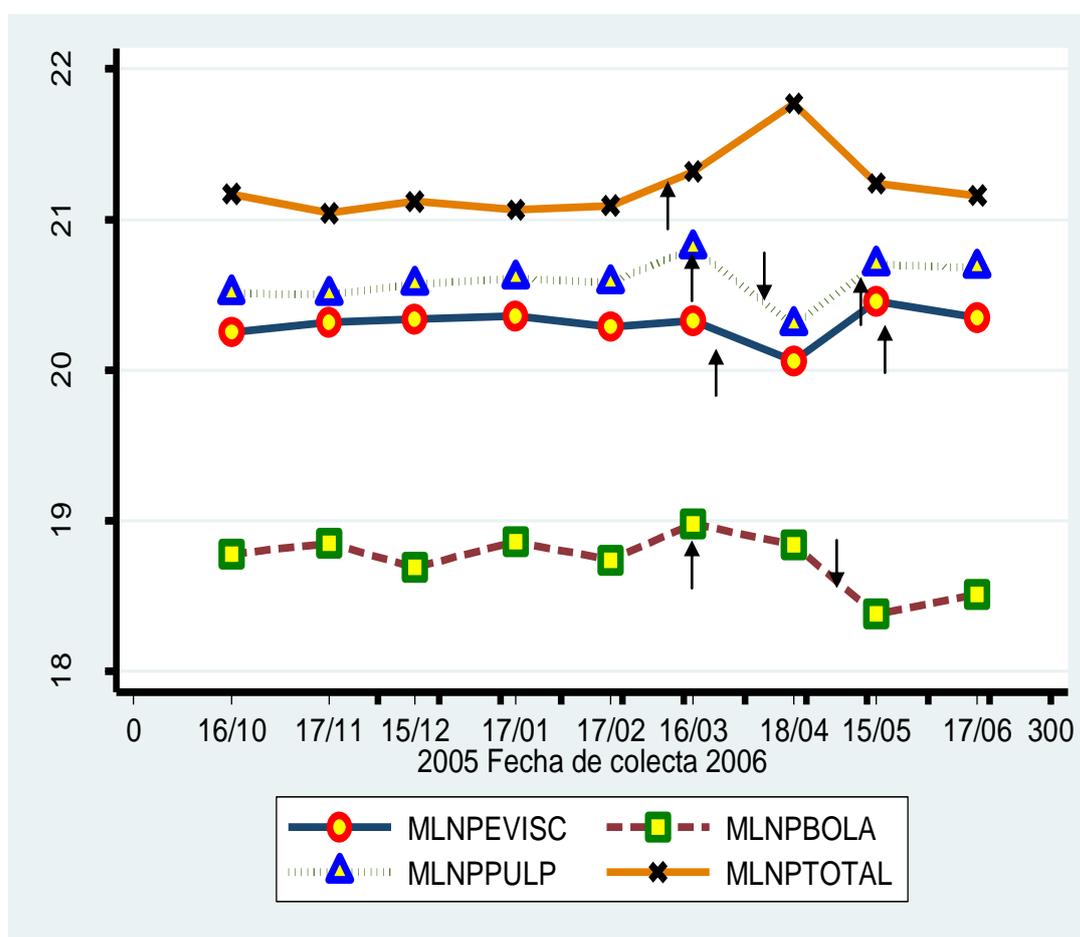


Fig. 46. Grafico del ANMUCOVA para machos en el que se ven diferencias significativas de la variable Peso bola entre los meses de diciembre-enero, febrero-marzo y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de febrero-marzo, marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado marzo-abril y abril-mayo.

HEMBRAS

Tabla. 29. Valores de diferencias significativas de las hembras para las variables: peso bola para los meses de marzo-abril y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado de abril-mayo.

	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
LNPBOLA	0.844	0.696	0.701	0.155	0.754	(+) 0.023	(-) 0.000	0.473
LNPTOTAL	0.960	0.196	0.960	0.921	(+) 0.081	0.997	0.846	0.728
LNPPULPA	0.454	0.260	0.715	0.997	0.552	(-) 0.005	(+) 0.005	0.755
LNPEVISC	0.566	0.209	0.619	0.623	0.644	0.171	(+) 0.006	0.785

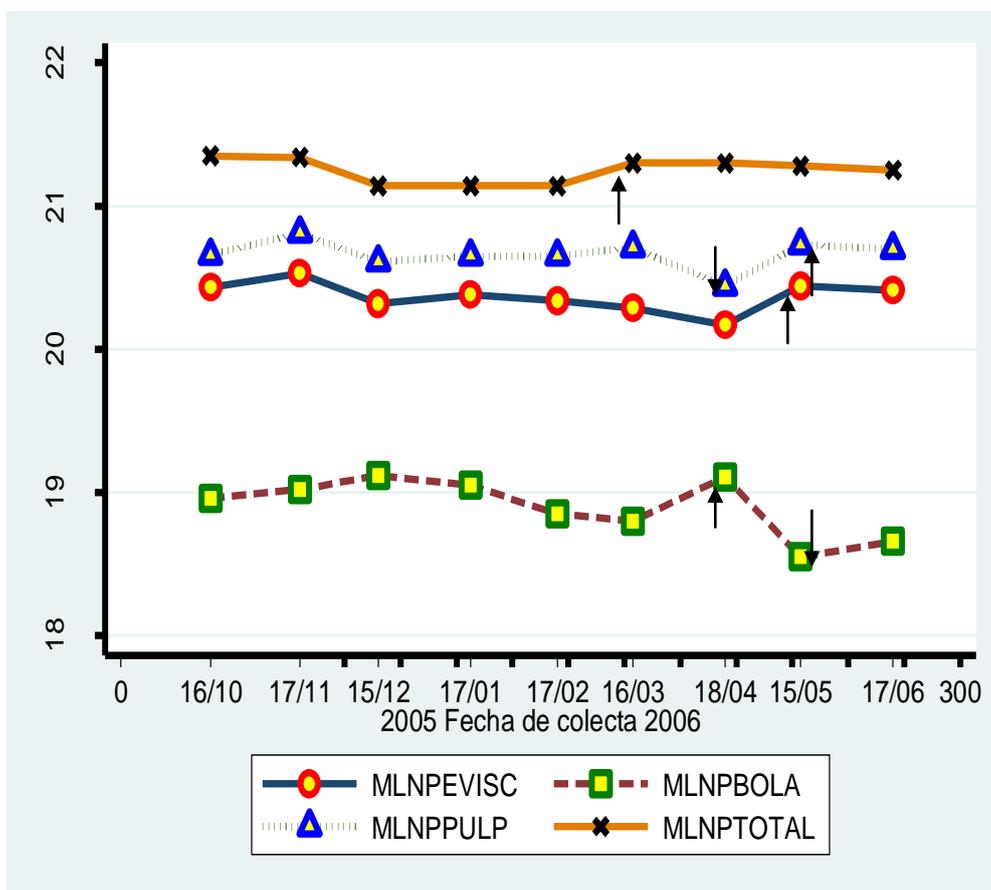


Fig. 47. Grafico del ANMUCOVA para hembras en el que se observan diferencias significativas de para las variables: peso bola para los meses de marzo-abril y abril-mayo; peso total para los meses de febrero-marzo; peso pulpa para los meses de marzo-abril y abril-mayo, y para la variable peso eviscerado de abril-mayo.

REABSORCIÓN

Tabla. 30. Valores de las diferencias significativas de los organismos en reabsorción para las variables: peso bola para los meses de octubre-noviembre; peso total para los meses de octubre-noviembre y para la variable peso eviscerado de octubre-noviembre.

	5-6
LNPBOLA	(-) 0.015
LNPTOTAL	0.170
LNPPULPA	(-) 0.003
LNPEVISC	(-) 0.026

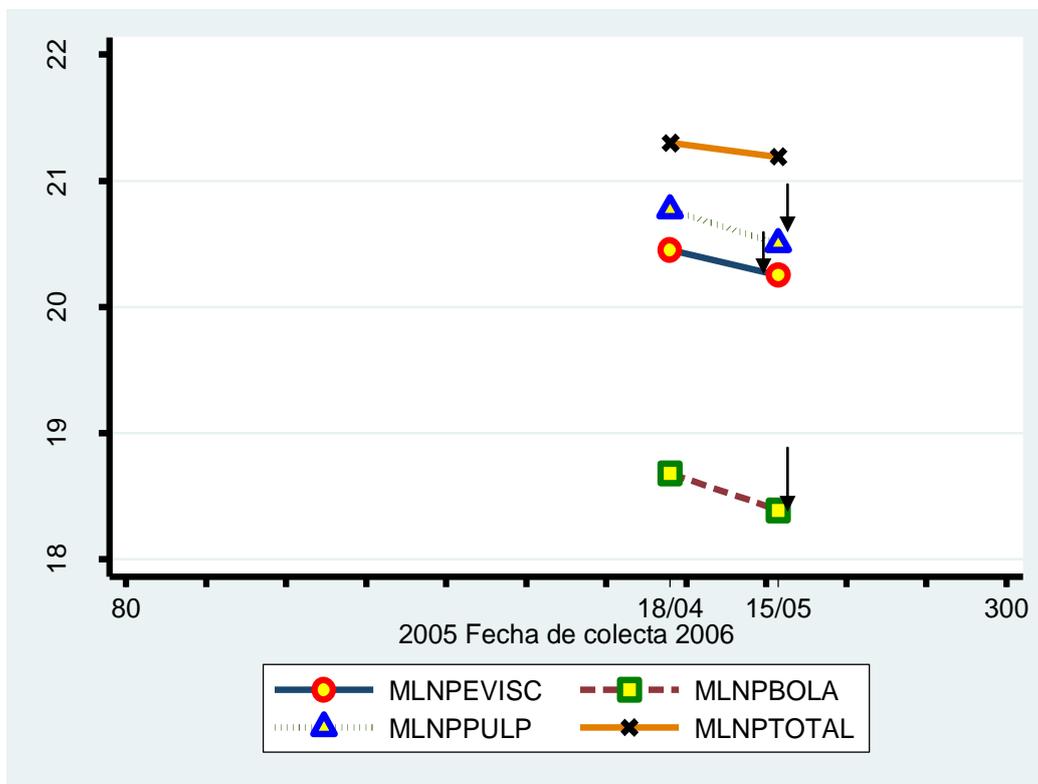


Fig .48. Grafico del ANMUCOVA para individuos en reabsorción en el que se observan diferencias significativas de para las variables: peso bola para los meses de octubre-noviembre; peso total para los meses de octubre-noviembre y para la variable peso eviscerado de octubre-noviembre.

9. Discusión

9.1 Relación Peso-Longitud

Como era de esperarse, ocurrió una relación estadísticamente significativa entre la longitud y el peso de los ejemplares. Los valores de pendiente estimados por las regresiones lineales con los datos transformados a escala logarítmica indican un crecimiento alométrico negativo. Es decir que los ejemplares, (un poco más en hembras que en machos) crecen más en longitud que en peso. Por otra parte, el análisis de covarianza detectó diferencia entre machos y hembras en esta relación, lo que coincide con lo reportado por Goodwin & Pease (1991) para una especie relacionada (*Panopea abrupta*).

9.2 Distribución de frecuencia de tallas

La repartición de tamaños se llevó a cabo mediante estimadores de densidad por kernel. La función ponderal fue Gaussiana y el ancho de banda se eligió mediante la prueba bootstrap de multimodalidad (Silverman, 1981).

En cuanto a la longitud se tuvieron predominantemente distribuciones unimodales y sólo en cuatro meses se tuvieron más modas: Bimodales: noviembre 2005, enero y septiembre de 2006; Trimodales Octubre 2005 y agosto de 2006. Las almejas más pequeñas se registraron en abril (alrededor de 90 mm de LT) y las más grandes en octubre de 2005 y agosto de 2006 (alrededor de 200 mm de LT).

Un posible evento de reclutamiento se registró en abril de 2006.

En cuanto al peso de masa visceral el predominio fue de distribuciones unimodales y solo se tuvo una bimodal en enero 2006, una trimodal en junio de 2006 y una pentamodal en octubre 2005. La existencia de esta distribución multimodal indica la mayor variabilidad de la masa visceral en comparación con dimensiones lineales.

9.3 Reproducción

Los cortes histológicos permitieron caracterizar de una manera muy precisa el ciclo gonádico de la especie. Al respecto fue posible caracterizar a los estudios respecto al tamaño y forma de las células para los diferentes estadios de madurez de los individuos. Se pudo corroborar que es dioica (sexos separados). No se observó hermafroditismo.

La escala de desarrollo fue caracterizada por cinco etapas los cuales se van a diferenciar por la presencia o ausencia de tejido conjuntivo y gonádico (gametos). La caracterización determinada en este estudio es muy semejante a la propuesta para *Panopea globosa* por Arámbula-Pujol (2005) quien también incluyó cinco etapas de madurez y a la de *P. abrupta*, según lo propuesto por Campbell *et al.* (2004).

La época de reproducción queda delimitada mediante el índice de madurez para los meses de diciembre y enero, si bien valores altos del IM también ocurren en febrero y en menor grado en noviembre. No se encontraron reportes para la especie de este índice pero con respecto a otras especies de la zona, (almejas *Pinctada mazatlanica*; García-Domínguez, *et al.* 1996 y almeja *Periglypta multicostata*; García-Domínguez, *et al.*) el comportamiento es inverso, con bajos valores reproductivos durante los meses fríos. Lo anterior es ecológicamente importante ya que esta programación llevaría a disminuir la competencia interespecífica con otras almejas.

En cuanto a las dimensiones de los ovocitos, como se reportó anteriormente la distribución de los largos celulares fueron unimodales excepto en febrero y en abril en donde se distinguen varias modas. La distribución del ancho celular en general es unimodal excepto en enero y febrero cuando hay tendencia a la bimodalidad con una moda a mayores valores. En abril hay una sola moda pero con ancho grande.

Las dimensiones del núcleo tuvieron distribuciones con casos extraordinarios a mayores en noviembre y en diciembre se tuvo distribución multimodal. Valores

mayores se registraron en febrero, distribuciones bimodales en marzo y una distribución unimodal con valor mayor en abril. El ancho tuvo distribución multimodal en diciembre y valores mayores ocurrieron en abril.

Todo lo anterior sugiere que la reproducción de *P. generosa* es asincrónica (ovocitos en diferentes estadios de madurez). Esto a su vez sugiere que pudieran existir varios periodos de reclutamiento producto de un desove prolongado (Redding & Patiño, 1993).

9.4 Análisis Multivariado de Covarianza

La transformación logarítmica hace lineales las relaciones entre las variables consideradas para el análisis como se muestra en la Fig. 49.

Después el análisis se llevó a cabo considerando a cada sexo por separado.

Para el ANMUCOVA, se ajustó un diseño preliminar con interacción de factores con covariada. En todos los casos, los términos de la interacción no fueron significativos. Por lo tanto, fue apropiado continuar con el diseño sin las interacciones.

Los resultados del ANMUCOVA, es decir, los valores medios ajustados por la covariada (longitud total) son presentados de la figura 47 a la figura 50. La significancia de los cambios se han indicado como flechas en los gráficos y los valores se han incluido de la Tabla 28 a la Tabla 31.

En los indiferenciados, debido a la escasez de individuos no se distingue un patrón. Por otra parte, tanto machos como hembras presentaron patrones definidos en el comportamiento de las variables analizadas.

En general de octubre a febrero, los valores permanecieron relativamente constantes: en marzo disminuyen significativamente el peso bola, peso pulpa y peso eviscerado mientras que el peso total manifestó un incremento. Los valores se regularizaron a partir de mayo. Lo anterior puede atribuirse al desove de los organismos, el cual puede corroborarse también con el

comportamiento de las gónadas a nivel histológico y la distribución de tamaños de los ovocitos por EDKs.

La importancia de la aplicación del ANMUCOVA a este tipo de estudios sirve como herramienta de apoyo que facilita la interpretación simultánea de la tendencia de las medias, ya que hace posible la comparación de las medias ajustadas por la covariada en una escala similar, eliminando el efecto del tamaño individual (en longitud), el incremento en la variabilidad cuando se comparan variables por medio de una proporción y las características anómalas estimando los valores medios verdaderos de la proporción (García - Berthou & Moreno – Amich, 1993).

En años recientes se han publicado varios artículos sobre la evaluación de los índices morfométricos existentes y se han propuesto varios nuevos (DeVlaming, *et al*; 1982; Erickson, *et al*, 1985; Bolger & Connolly, 1989); Cone, 1989; Patterson, 1992; García- Berthou & Moreno – Amich, 1993). Los problemas de los métodos tradicionales pueden resumirse como sigue:

- Algunos de ellos son índices de razón: (factor de condición de Fulton, índice gonadosomático e índice hepatosomático) y estos cocientes:
- Presentan incremento de variabilidad en comparación con las variables originales usadas para el cálculo.
- Proporcionan una estimación sesgada de la verdadera media de la razón
- Poseen distribuciones de razón poco comunes, no gaussianas y a menudo intratables.
- Tienden a hacer difícil el entendimiento de las relaciones entre las variables.
- Especialmente para el índice de Fulton, IGS y el IHS, suponen incorrectamente una relación lineal (crecimiento isométrico).
- A menudo suponen incorrectamente independencia respecto de la longitud.
- La mayoría de los índices suponen que la variación de la condición está indicada solamente por la variación del estimador a . Esto implica que las pendientes b de la relación longitud-peso son las mismas entre grupos.

Algunos autores han presentado nuevos enfoques que intentan superar algunas de las dificultades arriba listados. Por ejemplo: Erickson *et al.* (1985) propuso el “índice gonadal relativo” (IGR).

Este procedimiento supone errores multiplicativos lognormales y para la estimación por medio de métodos tradicionales de regresión se utiliza una transformación logarítmica. Solo si las pendientes no difieren significativamente entre las etapas de desarrollo gonádico es correcto usar la pendiente conjunta b para calcular RGI.

Patterson (1992) propuso que la condición pudiera estudiarse mejor utilizando un solo modelo para analizar simultáneamente la respuesta del peso del pez a varios factores. Este enfoque se beneficia de la simplicidad de usar un análisis integrado y evita los problemas de las distribuciones sesgadas de los cocientes. En su método, todas las variables independientes que afectan el peso se incluyen al mismo tiempo que la longitud de los peces para obtener una solución por mínimos cuadrados. La evaluación de la significancia de las variables se hace mediante un análisis de covarianza. El coeficiente de cada parámetro se usa entonces como una medida de su efecto en la condición del pez. Su cálculo puede efectuarse por medio de programas estadísticos capaces de estimar modelos lineales generalizados.

En el presente estudio se presentó el uso del ANMUCOVA para describir el ciclo reproductivo de la almeja gigante *Panopea generosa*.

Volviendo a nuestras muestras como ya se dijo, en los indiferenciados, debido a su bajo número no es posible distinguir patrones salvo que ocurrieron en octubre y noviembre en primera instancia y posteriormente en junio.

Los machos mostraron un incremento significativo en el peso total y una disminución en los pesos de la pulpa y eviscerado de marzo a abril. El peso de la bola visceral disminuyó con un poco de retraso respecto a las dos anteriores (de abril a mayo).

Las hembras mostraron un comportamiento similar salvo que el peso total no cambió tan notablemente si bien peso pulpa y peso eviscerado disminuyeron en abril. El peso total aumentó en abril y disminuyó para mayo.

El análisis de los individuos en reabsorción indicó disminución en todos los pesos de abril a mayo.

Considerando que el tejido gonadal se encuentra en la bola (masa) visceral lo anterior indica que existe un pulso de reproducción durante los meses de primavera, si bien son de notar valores semejantes durante los meses fríos del año (noviembre y enero en machos, diciembre y enero en hembras).

88. Conclusiones

- En general el crecimiento indicado por la relación peso longitud fue de tipo alométrico negativo.
- Se detectó un dimorfismo sexual con coeficientes de regresión mayores para los machos.
- La distribución de los tamaños fue unimodal predominantemente y solo en algunos meses se tuvieron más modas, bimodales y trimodales.
- Las almejas más pequeñas se midieron en abril (posible reclutamiento) y las más grandes en octubre de 2005 y agosto de 2006.
- La distribución del peso de la masa visceral fue unimodal salvo en algunos meses con bimodalidad, trimodalidad y una distribución con cinco modas en octubre de 2005, esto último destacando la variabilidad del peso en comparación con la longitud de los organismos.
- Los cortes histológicos permitieron caracterizar de una manera muy precisa el ciclo reproductivo de la especie.
- La escala propuesta es semejante a las de otras especies relacionadas.
- La época de reproducción de acuerdo al índice de madurez se limita a los meses de diciembre y enero así como febrero.
- Este comportamiento es inverso respecto al de otros pelecípodos de la zona.
- La distribución de los tamaños (largo y ancho) de células y núcleo de ovocitos (en algunos casos con varias modas) indica una reproducción de tipo asincrónica con valores mayores en abril.
- La transformación logarítmica linearizó el comportamiento de las variables consideradas para el análisis multivariado de covarianza (ANMUCOVA).
- Los organismos indiferenciados no mostraron un patrón claro en el comportamiento de las medias ajustadas.
- Tanto machos como hembras muestran un patrón de aumento de la masa visceral (donde se localizan las gónadas) en el mes de abril.
- Valores altos comparables en el peso de la masa visceral se detectaron en los meses fríos del año, lo que pudiera sugerir un evento reproductivo

en esa época y lo que explicaría el reclutamiento en abril indicado por la aparición de organismos de tallas menores.

- Se encontró una tendencia opuesta entre los valores medios del peso total y peso eviscerado, lo que sugiere el enfoque del crecimiento hacia el desarrollo de las gónadas durante la estación reproductiva.
- El uso de los EDKs es muy útil para analizar datos de frecuencia de tallas y en general para analizar la distribución de cualquier variable.
- Asimismo, el ANMUCOVA es un auxiliar importante para el análisis de variables relacionadas con la condición somática y reproductiva de los organismos y permite la comparación adecuada de variaciones en el tiempo al ajustar las medias por la covariada (longitud). De esta forma es posible distinguir claramente las variaciones debidas a la estructura y no afectadas por el tamaño de los organismos estudiados.

10. Bibliografía

- Andersen, A. M. 1971. Spawning, growth and spatial distribution of the geoduck clam. *Panopea generosa* (Gould), in Hood Canal, Washington. Ph.D. thesis, University of Washington, Seattle. 128 pp.
- Arambula P, E. M; (2005). Ciclo reproductivo de la almeja sifón *Panopea globosa* en la playa del sol, empalme, Sonora, México. Tesis de Maestría
- Arellano M; M, Ceballos V; B. P. 2004. Reproduction of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* Sowerby, 1835 (Bivalvia: Pectinidae) from Laguna Ojo de Liebre, B.C.S; México. *Journal of Shellfish Research*, Vol. **23**, No 3, 723-729.
- Bagenal, T.B. y E. Braum, 1968. Eggs and Early Life History. In: Ricker, W.E. (Ed.) *Methods for assessment of fish production in freshwater*. Blackwell Scientific Publications: 101-135
- Barber, B.J. 1996. Gametogenesis of eastern oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), and Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in disease-endemic lower Chesapeake Bay, *J. Shellfish Res.* **15**: 285-290.
- Bernard, D. R; 1981, Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish; *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **38**: 233-236.
- Bernard, F.R. 1983. *Catalogue of the living Bivalvia of the eastern Pacific Ocean: Bering Strait to Cape Horn*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. No. **61**.
- Bhattacharya, C; G 1967, A simple method of resolution of a distribution into gaussian componentes, *Biometrics* **23**: 115-135.

Beverton, R. J. H. y Holt, S. J; 1957, On the dynamics of the exploited fish populations. Fisheries Investigation of Mynistry of Agriculture and Fisheries and Food Great Britain (2 Sea Fisheries), Vol. **9**.

Bower, S.M. y Blackbourn, J. 2003. La panope (*Panopea abrupta*): Anatomie, graphichistologie, development, pathologie, parasites et symbiontes. <http://dev-public.rhq.pac.dfo-mpo.gc.ca/science/species-especies/shellfish-coquillages/geopath/index-fra.htm>

Breen, P. A. & T. L. Shields. 1983. *Age and size structure in five populations of geoduc clams (Panopea generosa) in British Columbia*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. **1169**:62.

Breen P, G .C; Toyson T. 1991. Preliminary estimates of age, mortality, growth, and reproduction in the hiatellid clam *Panopea zelandica* in New Zeland. *Journal of Marine and Freshwater Research*. Vol **25**: 231-237

Bureau, D., Hajas, W., Surry, N.W., Hand, C.M., Dovey, G. and Campbell A. 2002. *Age, size structure and growth parameters of geoducks (Panopea abrupta, Conrad 1849) from 34 locations in British Columbia sampled between 1993 and 2000*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. **2413**: 84p.

Bureau, D., W. Hajas, C. M. Hand & G. Dovey. 2003. *Age, size structure and growth parameters of geoducks (Panopea abrupta, Conrad 1849) from seven locations in British Columbia sampled in 2001 and 2002*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. **2494**:29.

Caddy, J.F, 1986. Size frequency analysis in stock assessment some perspectives, approaches and problems. Proceedings of the 37th Annual gulf and Caribbean Fisheries Institute: 212-238.

Campbell A, Ming MD (2003) *Maturity and growth of the Pacific geoduck clam, Panopea abrupta, in Southern British Columbia, Canada*. J. Shellfish Res. **22**: 85-90.

-
- Campbell, A. C.W. Yeung, G. Dovey & Z. Zhang, 2004. *Population biology of the Pacific geoduck clam, Panopea abrupta*, in experimental plots, southern British Columbia, Canada. *J. Shellfish Res.* **23**(3): 66
- Choi, Y.H. & Y.J. Chang, 2003. Gametogenic cycle of the transplanted-cultured pearl oyster, *Pinctada fucata mertensii* (Bivalvia: Pteriidae) in Korea. *Aquaculture*, **220**: 781-790.
- Douglas S.J. 1989. Growth Rings and longevity in bivalves. *Issue of American Conchologist* Vol **17**, No1, pp. 12-13.
- Durazo Reginaldo, G; Gaxiola-Castro, B. Lavaniegos, R. Castro-Valdez, J. Gómez-Valdes y A. Mascareñas Da. S. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 2002-2003: A weak El Niño and subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas*, **31**(3): 537-552, 2005.
- Department of Fisheries and Oceans. 2000. *Stock Status Report C6-05: Geoduck clam*. Accessed September 2006.
- Erzini, K. 1990. Sample size and grouping of data for length-frequency analysis. *Fisheries Research* **9**: 355-366
- Fisher, W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E.; Niem V.H. 1995. *Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico centro-oriental*, Vol I. Plantas e Invertebrados, Roma.
- Fox, J. 1990. Describing univariate distributions. In: *Modern Methods of Data Analysis*, eds. J. Fox y J.S. Long, 58-125. Newbury Park, CA: Sage publications.
- Gallardo-Cabello, M y F.A. Laguarda, 1985. La reproducción de los peces. *Información Científica y Tecnológica*, México, **11**:10-13.

García Berthou, E; A & R. Moreno-Amich, 1993, Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **50**: 1394-1399

García Domínguez F, García Gasca S y Castro Ortiz J. L., (1994) Spawning cycle of the red clam *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby 1831) (Veneridae) at isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Journal of Shellfish Research*, vol **73**, No 2, 417-423.

García Domínguez F, García Gasca, Ceballos Vázquez B. P. y Trip Quezada A. 1996. Spawning cycle of the peral oyster, *Pinctada mazatlantica* (Hanley, 1856), (Pteriidae) at Isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Journal Shellfish Research*, Vol. **15**, No 2, 297-303.

García Domínguez F., García Gasca S y Castro Ortiz J. L. 1998. Reproductive cycle of the giant ref. clam *Periglypta multicostata* (sowerby, 1835) (Pelecypoda : veneridae) at isla Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Journal Shellfish Research*, Vol. **17**, No. 4, 1009-1013.

Gaspar S.R., M.S. Pascual, & V.H. Fernández Cartes. 2001. Reproductive cycle of the cholga paleta, *Atrina seminuda* Lamarck, 1819 (Bivalvia: Pinnidae) from northern Patagonia, Argentina, *J. Shellfish Res.* **21**: 479–488.

Goodwin, C. L., and W. Shaul. 1984. *Age, recruitment, and growth of the geoduck clam (Panope generosa Gould) in Puget Sound, Washington.* Washington Dept. Fish. Progr. Rep. No. 215.

Goodwin, C.L. and B. Pease. 1987. *The distribution of geoduck (Panopea abrupta) size, density and quality in relation to habitat characteristics such as geographic area, water depth, sediment type, and associated flora and fauna in Puget Sound Washington.* Wash. Dep. Fish.Tech. Rep. No. **102**. 44 pp.

-
- Goodwin, C. L. & B. Pease. 1989. *Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fish and invertebrates (Pacific Northwest)-Pacific geoduck clam*. (11.120). US Army Corps of Engineers. US.Wildl.Serv.Biol.Rep.**82-84**:15.
- Goodwin, C. L. & B. C. Pease. 1991. Geoduck, *Panopea abrupta* (Conrad, 1849), size, density, and quality as related to various environmental parameters in Puget Sound, Washington. *J. Shellfish Res.* **10**:65-77.
- Gosling Elizabeth. 2004. Bivalve, Molluscs. *Biology, Ecology and Culture*. Fishing News Books An Imprint of Blackwell Science reprinted
- Grant, A. & P. Tyler, 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. *Inst. J. Invert. Reprod* **6**: 259-269.
- Gribben, P. E. & R. G. Creese. 2003. Protandry in the New Zealand geoduck, *Panopea zelandica* (Mollusca, Bivalvia). *Invertebrate Reproduction and Development* **44**: 119-129. Hendickx, M. E., R. C. Brusca & L. T. F
- Griben Paul E. y Robert G. Creese (2005). Age, growth and mortality of the New Zealand geoduck clam, *Panopea zelandica* (Bivalvia: Hiatellidae) in two nortisland populations. *Bulletin of Marine Science*, **77**(1): 119-135.
- Hardle, W. 1991. *Smoothing Techniques. With Implementations in S*. Springer-Verlag. Nueva York.
- Harbo, R. M., B. E. Adkins, P. A. Breen & K. L. Hobbs. 1983. *Age and size in market samples of geoduck clams (Panopea generosa)*. Can. Manus. Rep. Fish. Aquat. Sci. **1714**:77.
- Hoffmann, A., A. Bradbury & C. L. Goodwin. 2000). *Modeling geoduck, Panopea abrupta (Conrad, 1849) population dynamics*. I. Growth. *J. Shellfish Res.* **19**:57-62.

Keen A.M. (1971) *Sea shells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. 2nd edition. Stanford, CA: Stanford University Press.

King, J. J. 1986. *Juvenile feeding ontogeny of the geoduck, *Panope abrupta* (Bivalvia: Saxicavacea), and comparative ontogeny and evolution of feeding in bivalves*. M.Sc. thesis, Univ. Victoria. 281 pp.

Lam, T.J; 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish: 65-116. In Hoar W.S; D.J. Handal and E.M. Donaldson (ed). *Fish Physiology Vol. IX-A*. Academic Press Inc.

Mattox, T. W. Studies on the biology of the edible oyster, *Ostrea rhizophorae* Guilding in Puerto Rico. *Ecol. Monog.*, **19**:339-56, 1949.

Muñoz, Chagin Ricardo, (1989). Clave de Moluscos bivalvos de importancia económica en el Pacífico mexicano (diagnóstico ecológico).

Noakes, D. J., and A. Campbell. 1992. *Use of geoduck clams to indicate changes in the marine environment of Ladysmith Harbor, British Columbia*. *Environmetrics* **3**:81–97.

Ortiz Esperanza, Uría Esther, Angélica Silva Olivares, Víctor Tsutsum y Mineko Shibayana, (2003) Estudio de la ultraestructura de la espermatogénesis de *Andara tuberculosa* (Sowerbi, 1833) Mollusca: Pelecipoda: Arcidae. *Microbiológica* **13**(2): 145-150

Patterson, K.R; 1992. An improved method for studying the condition of fish, with an example using Pacific sardine *Sardinops sagax* (Jenyns). *Journal of fish Biology*, **40**: 821-831.

Pauly, D., 1984. *Fish Population Dynamics in Tropical Water: A Manual for Use With Programmable Calculator*. International Center for Living Aquatic

Resources Management, ICLARM, Estudios and Reviews 8, Manila Filipinas, 179 pag.

Petersen, C.G.J; 1892. Fiskenes biologiske forhold in Holbaek Fjord, 1890-91. *Beret. Danm. Biol. St; 1890 (1) 1*: 121-183 (en Danés)

Redding, J.J. & R. Patiño, 1993. Reproductive Physiology; 503-534, In: Evans, D.H. (Ed.), *The Physiology of Fishes*. CRC Press, Inc.

Rosenblat, M; 1956 Remarks on some nonparametric estimates of a density function; *Ann. Math. Statist* **27**: 832-837.

Salgado-Ugarte, I.H. 1985. Algunos aspectos biológicos del bagre *Arius melanopus* Gunther (Osteichthyes: Ariidae) en el sistema lagunar de Tampamachoco, Ver. Tesis de licenciatura, Biología, E.N.E.P. Zaragoza, Universidad Nacional Autonoma de México, México.

Salgado-Ugarte, I.H., 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado en Biociencia Acuática desarrollada en el Departamento de Pesquerías, Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Tokio, Japón, 389 p.

Salgado-Ugarte, I.H. y M.A. Pérez-Hernández (2003). Exploring the use of variable bandwidth kernel density estimators. *The Stata Journal* (2003) **3**(2): 133-147. ISSN: 1536-8734.

Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, and T. Taniuchi, 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin*, **16**: 8 - 19.

-
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, and T. Taniuchi, 1994. Semigraphical determination of Gaussian components in mixed distributions. *Stata Technical Bulletin*, **18**: 15 - 27.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, and T. Taniuchi, 1995a. ASH, WARPing, and kernel density estimation for univariate data. *Stata Technical Bulletin*, **26**: 2 - 10.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, and T. Taniuchi, 1995b. Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin*, **27**: 5 - 19.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, and T. Taniuchi, 1996. Nonparametric regression: kernel, ASH-WARPing, and k-NN estimators. *Stata Technical Bulletin* **30**: 15-30.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu y T. Taniuchi, 1997. Nonparametric assessment of multimodality for univariate data. *Stata Technical Bulletin* **38**: 27-35.
- Salgado-Ugarte, I.H., J. Martínez-Ramírez, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza, 2000. Some programs for growth estimation in fisheries biology. *Stata Technical Bulletin* **53**: 35-47.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi, y K. Matsushita, 2000. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science* **13**(2000): 1-12.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi, y K. Matsushita, (2002). Nonparametric assessment of multimodality for size frequency distributions. *Asian Fisheries Science* **15**(2002): 295-303. . ISSN: 0116-6514

Sevilla, M.L; F. García-Domínguez y E. Uría, 2004. Estudio *histológico e* histoquímico del tejido conjuntivo de Enero de 2000 a diciembre de 2004. 28)

Silverman, B.W. 1978. Choosing the window width when estimating a density. *Biometrika*, **65**: 1-11

Silverman, B.W. 1981a. Density estimation for univariate and bivariate data. In *Interpreting Multivariate Data*, ed. V. Barnett, 37-53, John Wiley and Sons, Chichester

Silverman, B.W. 1981b. Using kernel density estimates to investigate multimodality, *Journal of the Royal Statistical Society, B*, **43**: 97-99.

Silverman, B.W. 1986. *Density estimation for statistics an data analysis*. London: Chapman & Hall.

Stilwell, J.D; Feldman, R.M. 2000. *Palebiology and Paleoenvironments of Eocene Rocks: Mc Murdo Sound, East. Washington D.C.*, Pag 288.

Tarter, M.E. y R.A. Kronmal 1976. An introduction to the implementation and theory of nonparametric density estimation. *The American Statistician*, **30**: 105- 112.

Terrell, G.R; 1990. The maximal smoothing principle in density estimation. *Journal of the American Statistical Association*, **85**(410): 470-477

SPSS Inc; 1986-X users guide. SPSS Inc; Chicago Ill. 476-551.

Stata Corp. 1995. *Stata Statistical Software; Release 4.0*. College Station, TX; Stata Corporation.

Stata Corp. 1999. *Stata Statistical Software; Release 6.0*. College Station, TX; Stata Corporation.

Stata Corp. 2001. Stata Statistical Software; Release 7.0. College Station, TX; Stata Corporation.

Schaefer, M.B. y C.J. Orange, 1956 Studies on the sexual development and spawning of yellow-fin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in three areas of the eastern Pacific Ocean by examination of gonads. *Bull. Inter-Am. Tuna Comm.*, **1**(6):281–349

Scott, D.W. 1979. On optimal and data-based histograms. *Biometrika*, **66**: 605-610

Scott, D.W. 1992. *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization*. John Wiley & Sons, Nueva York.

Sokal R.R. & F.J. Rohlf, 1995. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*, H. Blume Ediciones, Madrid, 832 pp

Vadopalas Brent. (2005) Cyrus S. Y. Ma, Jonathan P. Davis y Carolyn S. Friedman. 2006. Protandry, maturation, and spawning cultured intertidal geoduck (*Panopea abrupta*) clams. *Journal Shellfisheries Research* Vol **25** No 2, Abstracts. Annual Meeting, National Shellfisheries Association, Monterrey, California. Pag 784-785

Vélez A. 1977. Ciclo anual de reproducción del ostión *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) de Bahía de Mochima. *Bol. Inst. Oceanogr. (Univ. Oriente)*, **16**(1-2): 87-97.

Villalejo-Fuerte M. & R.I. Ochoa-Baez. 1993. El ciclo reproductivo de la almeja catarina, *Argopecten circularis* (Sowerby 1835), en relación con temperatura y fotoperíodo, en bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* **19**: 181-202.

Wolf, M. 1989. A proposed method for standardization of the selection of class intervals for length frequency analysis. *Fishbyte* **7**:5

