



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Desarrollo gonadal de *Plicopurpura pansa*
(Gould, 1853) en relación con los parámetros
ambientales en las costas de Ixtapa,
Zihuatanejo, Guerrero.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

MARÍA GUADALUPE ROMERO ROSALES



DIRECTORA DE TESIS:

M. EN C. MARÍA DEL PILAR TORRES GARCÍA

MÉXICO, D.F.

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno

Romero
Rosales
María Guadalupe
58 43 48 81
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
304219623

2. Datos del tutor

M. en C.
María del Pilar
Torres
García

3. Datos del sinodal 1

Dra.
María Genoveva
González
Morán

4. Datos del sinodal 2

Dra.
Rosaura
Mayén
Estrada

5. Datos del sinodal 3

M. en C.
Brian
Urbano
Alonso

6. Datos del sinodal 4

M. en C.
Carlos Federico
Candelaria
Silva

7. Datos del trabajo escrito

Desarrollo gonadal de *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) en relación con los parámetros ambientales en las costas de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.

57p
2015

Para mis padres,
y para toda mi familia,
muchas gracias por
todo el apoyo brindado.

Y para todas las
personas que fueron
parte de este
proyecto.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Ciencias, por haberme brindado la oportunidad de estudiar en sus instalaciones. Porque pertenecer a la UNAM ha sido uno de los mayores logros de mí vida.

Agradezco a mí tutora M. en C. María del Pilar Torres García por todo el apoyo brindado y por la dirección del presente trabajo, pero sobre todo por su confianza y amistad, la cual es muy valiosa para mí, muchas gracias.

Agradezco a la Bióloga Erika Samantha Palacios Ávila por sus consejos como amiga y profesora de Histología, porque fue pieza fundamental para el inicio del presente trabajo, así como el apoyo brindado en las técnicas histológicas.

Agradezco al Laboratorio de Invertebrados por abrirme sus puertas, para la realización de éste proyecto. A la Dra. Ma. Ana Fernández Álamo por sus consejos y sobre todo por su amistad. Y a todos los amigos que encontré en el laboratorio; Frutylupis, Omar, Clarita, René, Dany, Abraham, Tarsi, Ale, Nancy, etc.

Agradezco mucho a todos aquellos que me apoyaron durante mis colectas, Erika, Anahi y a mis Papás. En especial a Pily, Ale, Aranza y Aitana por la hospitalidad brindada en su casa y por todas las atenciones prestadas en TODAS las colectas, MUCHAS GRACIAS.

Agradezco al M. en C. Carlos Candelaria Silva por su GRAN apoyo durante todas las colectas en el intermareal rocoso de Ixtapa, Zihuatanejo, porque no fue nada fácil, por todas las atenciones y por su amistad.

Agradezco al Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias por brindar sus instalaciones y equipo de microscopios para la toma de fotos aquí presentadas. Principalmente al profesor Alejandro Martínez Mena por su paciencia y dedicación en la toma de fotos.

Agradezco a los miembros del jurado; Dra. María Genoveva González Morán, Dra. Rosaura Mayén Estrada, M. en C. Brian Urbano Alonso y al M. en C. Carlos F. Candelaria Silva por su tiempo y sus observaciones pertinentes a la presente tesis.

Agradezco todas las vivencias y consejos de mis grandes amigas de la carrera; Nadia, Mine, Karla y Paupau, del taller de cultivo de camarón; Jazmín, Arely y Monse, de Universum; Guadalupe, Edith y Karina.

Así mismo y sin menor importancia, agradezco la paciencia y el apoyo brindado de toda mi FAMILIA, de mis hermanos; Ángel, Rosario, Daniel y Fernando, cuñados; Juan, Ely y Mary, sobrinos; Anahi, Dafne, Mafer, Dany, Jime, Uri, Pame, Isai, Alison, a mi tío Val y finalmente a mis abuelitos maternos: Flor - Boni y paternos: Esperanza-Andrés.

Con dedicatoria especial a mis padres Candida Rosales Olivares y Leopoldo Romero Mendoza, que siempre estuvieron ahí cuando los necesite, porque gracias a ellos estoy en donde quería estar. Y porque fueron y son pieza clave de todos mis logros obtenidos a lo largo de mi vida, ya que ellos son la luz y esperanza que me impulsa a ser una mejor persona y a dar todo lo mejor de mí, los quiero mucho, mucho, mucho, GRACIAS por todos sus consejos y enseñanzas.

El presente trabajo Desarrollo gonadal de *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) en relación con los parámetros ambientales en las costas de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero se realizó bajo la dirección de la M. en C. María del Pilar Torres García en el Laboratorio de Invertebrados, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

CONTENIDO

	Pág.
Índice de figuras.....	I
Índice de tablas.....	II
Abreviaturas.....	III
Resumen.....	IV
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Generalidades de los moluscos.....	1
1.2. Biología del caracol <i>Plicopurpura pansa</i>	3
1.2.1 Ubicación taxonómica.....	3
1.2.2 Anatomía.....	4
1.2.3 Hábitat.....	6
1.2.4 Hábitos alimenticios.....	6
1.2.5 Distribución geográfica.....	7
1.2.6 Reproducción.....	8
1.2.7 Aparato reproductor femenino.....	11
1.2.8 Aparato reproductor masculino.....	11
1.3. Relación parámetros ambientales - desarrollo gonadal.....	12
1.4. Importancia de los caracoles tintóreos en el mundo y en México.....	13
1.5. Utilización del tinte del caracol <i>P. pansa</i>	16
2. ANTECEDENTES	
2.1. Trabajos previos de <i>Plicopurpura pansa</i>	18
2.2. Trabajos realizados de <i>Plicopurpura pansa</i> en Guerrero.....	19
2.3. Trabajos sobre la reproducción de <i>Plicopurpura pansa</i>	20
3. OBJETIVOS	
Objetivo general.....	23
Objetivos particulares.....	23

4. ÁREA DE ESTUDIO	
4.1 Generalidades.....	24
4.2 Ubicación geográfica.....	24
4.3 Condiciones ambientales.....	26
5. MATERIAL Y MÉTODO	
5.1 Metodología de campo.....	27
5.2 Metodología de laboratorio.....	30
5.2. 1. Técnica de Hematoxilina – Eosina.....	32
5.2. 2. Cálculo del IGS.....	32
6. RESULTADOS	
6.1 Talla promedio, mínima y máxima de la Población.....	34
6.2 Índice gonadosomático (IGS).....	35
6.3 Descripción histológica del desarrollo gonadal de la hembra.....	37
6.3.1. Etapa de reposo.....	39
6.3.2. Etapa de proliferación.....	39
6.3.3. Etapa de maduración.....	41
6.3.4. Etapa de desove.....	41
6.4 Descripción histológica del desarrollo gonadal del macho.....	43
6.4.1. Etapa de reposo.....	45
6.4.2. Etapa proliferación.....	45
6.4.3. Etapa de maduración.....	47
6.4.4. Etapa de expulsión.....	47
6.5 Relación de parámetros ambientales-desarrollo gonadal.....	49
7. DISCUSIÓN.....	50
8. CONCLUSIONES.....	53
9. LITERATURA CONSULTADA.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1. Diversidad de moluscos conocidos por el hombre.....	1
Figura 2. Vista dorsal y ventral de <i>Plicopurpura pansa</i>	4
Figura 3. Localización del cono hepatogonadal de la hembra y del macho del caracol <i>P. pansa</i>	5
Figura 4. <i>P. pansa</i> cohabita en la zona rocosa del litoral del Pacífico Mexicano con caracoles del género <i>Nerita</i> , A) <i>P. pansa</i> ; B) <i>Nerita spp</i>	6
Figura 5. Población del <i>Chiton spp.</i> en la zona rocosa de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.....	7
Figura 6. Distribución geográfica de <i>P. pansa</i>	8
Figura 7. Ciclo de vida de <i>Plicopurpura pansa</i>	10
Figura 8. Aparato reproductor femenino del neogastrópodo <i>Nucella spp</i>	11
Figura 9. Aparato reproductor masculino del neogastrópodo <i>Ocenebra spp</i>	11
Figura 10. Mujeres mixtecas realizando la técnica ancestral de telar de cintura con hilos teñidos con el tinte del caracol <i>P. pansa</i>	14
Figura 11. Posahuancos teñidos con tinte del caracol <i>P. pansa</i>	15
Figura 12. <i>P. pansa</i> o caracol de tinte.....	17
Figura 13. Tinción de madejas de hilos en la costa rocosa de Oaxaca.....	17
Figura 14. Localización de la Playa El Palmar, Ixtapa, Guerrero.....	24
Figura 15. Ubicación de las zonas de colecta en la Playa El Palmar, Ixtapa, Zihuatanejo.....	25
Figura 16. Escollera Ixtapa, Playa El Palmar.....	25
Figura 17. Punta Barceló, Playa El Palmar.....	26
Figura 18. Colecta de caracoles <i>P. pansa</i> en la Escollera de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.	27
Figura 19. Registro de parámetros ambientales.....	28
Figura 20. Pene del caracol macho de <i>P. pansa</i>	28
Figura 21. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Zihuatanejo, Gro.....	29
Figura 22. Gónada masculina ♂ (naranja) y femenina ♀ (amarilla).....	29

Figura 23. Caracol desconchado.....	30
Figura 24. Deshidratación en el Histokinette.....	30
Figura 25. Baño de flotación con cortes histológicos.....	31
Figura 26. Tren de tinción Hematoxilina - Eosina.....	31
Figura 27. Fórmula para calcular IGS.....	32
Figura 28. Datos morfométricos considerados para calcular el volumen de la gónada.....	33
Figura 29. Cálculos del Índice gonadosomático.....	33
Figura 30. IGS obtenidos.....	36
Figura 31. Ubicación del cono hepatogonadal en las últimas espiras de la concha, sobresaliendo la posición de la gónada de hembra.....	37
Figura 32. Gónada femenina.....	38
Figura 33. Etapa de reposo en hembra.....	40
Figura 34. Etapa de proliferación en hembra.....	40
Figura 35. Etapa de maduración en hembra.....	42
Figura 36. Etapa de desove en hembra.....	42
Figura 37. Ubicación de la gónada masculina del caracol <i>Plicopurpura pansa</i>	43
Figura 38. Gónada masculina.....	44
Figura 39. Etapa de reposo en macho.....	46
Figura 40. Etapa de proliferación en macho.....	46
Figura 41. Etapa de maduración en macho.....	48
Figura 42. Etapa de expulsión en macho.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
Tabla 1. Ubicación taxonómica de <i>Plicopurpura pansa</i>	3
Tabla 2. Tallas (machos y hembras) registradas de los caracoles durante el periodo de colectas.....	34
Tabla 3. IGS de hembras y machos procesados.....	35
Tabla 4. Correlación de parámetros ambientales registrados durante las colectas con las etapas del desarrollo gonadal.....	49

Abreviaturas

Simbología	Término
	N Núcleo
	Tcl Tejido conjuntivo laxo
	Tcf Tejido conjuntivo fibroso
	EG Epitelio germinativo
	Hp Hepatopáncreas
	G Gónada
	Ecs Epitelio cúbico simple
♀	Og Ovogonia
	Op Ovocito 1° (previtelogénico: sin vitelo)
	Os Ovocito 2° (vitelogénico inicial: microvitelo)
	Om Ovocito maduro (vitelogénico maduro: micro y macrovitelo)
	mv Microvitelo
	Mv Macrovitelo
	A Alvéolo
♂	Eg Espermatogonia
	Ep Espermatocito 1°
	Es Espermatocito 2°
	Ed Espermátida
	Ez Espermatozoide
	Ts Túbulo seminífero
	Cs Conducto seminífero

Resumen

El caracol *Plicopurpura pansa* también conocido como caracol de tinte es un recurso cultural y económicamente importante, debido a que produce una sustancia como mecanismo de defensa contra sus depredadores, con propiedades tintóreas, la cual ha sido utilizada desde épocas prehispánicas en la tinción de hilos de algodón con tonalidades púrpura para la elaboración de vestimenta típica de grupos étnicos de las costas del Pacífico Mexicano, como los mixtecos de la región de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca. Registrando en la década de los 80' una sobreexplotación por parte de una compañía japonesa, provocando altas tasas de mortandad en la población del caracol.

El presente estudio se realizó en el intermareal rocoso de la Playa el Palmar en Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero. Realizando colectas mensuales de marzo a abril del 2010 y de junio del 2010 a mayo del 2011, colectando en promedio 5 hembras y 5 machos de diferentes tallas, fijando sus gónadas con formol al 10% en agua marina y registrando los parámetros ambientales de pH, salinidad y temperatura. Los ejemplares fueron transportados al Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias, UNAM., para el procesamiento histológico de las gónadas, utilizando la técnica de inclusión en parafina y empleando la tinción de hematoxilina-eosina.

En los caracoles que han alcanzado la edad reproductiva, la gónada mostró una coloración característica, en hembras se observó de color amarillo, mientras que en machos de color naranja, dicha coloración cambia de tonalidad en cada fase gonádica. En base a las características histológicas y bibliografía se identificaron cuatro fases gonádicas en hembras: reposo, proliferación, maduración y desove, y en machos: reposo, proliferación, maduración y expulsión. Registrando en las fases gonádicas de maduración y desove – expulsión, un pH de 7, salinidad de 35‰ y temperatura de 28-30°C.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades de los moluscos.

Los organismos del *phylum Mollusca* se consideran dentro de los invertebrados los más conocidos por el hombre (Fig. 1), incluyen las almejas, ostras, calamares, pulpos y caracoles. Los moluscos son uno de los grupos de animales más diversos y antiguos del Reino Animal el segundo después de los artrópodos (Fernández y Rivas, 2007). Se han descrito de moluscos más de 93, 000 especies vivientes, además de existir unas 70, 000 especies fósiles (Brusca y Brusca, 2003).



Figura 1. Diversidad de moluscos conocidos por el hombre
(Foto de Ma. del Pilar Torres García).

Los moluscos pueden ser acuáticos y terrestres, presentan cabeza, masa visceral, pie, hemoceloma, tegumento especializado llamado manto o palio que secreta espículas o conchas calcáreas, la cavidad bucal con una rádula, sistema

nervioso con ganglios cerebral, viscerales y pedales, sistema excretor con metanefridios bien desarrollados. Intercambio gaseoso mediante branquias o a través del manto. Huevos determinados y con segmentación en espiral, desarrollo con presencia de larvas trocófora y véliger o directo (Fernández y Rivas, 2007).

El *phylum Mollusca* se divide en siete clases: Aplacophora, Monoplacophora, Polyplacophora, Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda y Cephalopoda, siendo los gastrópodos o gasterópodos la clase con mayor número de individuos, contando con unas 70, 000 especies vivientes descritas (Brusca y Brusca, 2003).

Los Gasterópodos se caracterizan por dos procesos fundamentales, la espiralización de la concha y la torsión de su masa visceral. En la espiralización el saco de vísceras y la concha se arrollan en espiral sobre la columela. La torsión es la rotación en sentido contrario a las agujas del reloj de la cavidad paleal, los órganos y sus aberturas que se desplazan hacia delante y sobrepasan la cabeza. La ventaja de la torsión es que la cabeza del adulto puede retraerse en la cavidad paleal (Fulvo y Nistri, 2006).

La clase Gastropoda se divide en las subclases: Apogastropoda, Cocculiniformia, Heterobranchia, Neritimorpha, Patellogastropoda, Vetigastropoda, Neomphalina, Prosobranchia, y Caenogastropoda (WoRMS, 2015). Dentro de la subclase Caenogastropoda se encuentra la familia Muricidae, que comprende caracoles que producen una sustancia de defensa con características tintóreas que ha sido utilizada por el hombre.

1.2. Biología del caracol *Plicopurpura pansa*.

1.2.1. Ubicación taxonómica.

Plicopurpura pansa es un gasterópodo que pertenece a la familia Muricidae. Son comúnmente llamados caracoles roca, por el aspecto que le da la presencia de hileras de nódulos en la superficie del caracol o también conocidos como caracoles tintóreos, por el uso que se le da a la sustancia que producen.

Se le ubicó en un principio dentro del género *Purpura* por Bruguière (1789), que comprende caracoles marinos de los cuales es posible extraer tinte púrpura, y posteriormente se le reubicó en el género *Plicopurpura* propuesto por Cossmann (1903) junto con las especies *P. patula* (Linnaeus, 1758) y *P. columellaris* (Lamarck, 1816), dado que las tres especies muestran típicamente una hendidura conspicua en el diente central de la rádula (característica no observada en otras especies del género *Purpura*) (Castillo-Rodríguez, 1992), quedando finalmente su nombre como *Plicopurpura pansa* (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación taxonómica de *Plicopurpura pansa* según WoRMS, 2015.

Ubicación taxonómica		
PHYLUM	Mollusca	Cuvier, 1795
CLASE	Gastropoda	Cuvier, 1795
SUBCLASE	Caenogastropoda	Cox, 1960
ORDEN	Neogastropoda	Wenz, 1938
SUPERFAMILIA	Muricoidea	Rafinesque, 1815
FAMILIA	Muricidae	Rafinesque, 1815
SUBFAMILIA	Rapaninae	Gray, 1853
GÉNERO	<i>Plicopurpura</i>	Cossmann, 1903
ESPECIE	<i>P. pansa</i>	Gould, 1853

1.2.2. Anatomía

El caracol *Plicopurpura pansa* presenta una concha de forma oblonga u oval, de color gris, con ornamentaciones de 7 - 8 hileras de nódulos en su superficie y espira generalmente baja. Abertura pedal grande, ocupa cerca del 70% de la altura total, el labio interno es de color salmón y labio externo de color claro, crenulado con pigmentación alterna claro obscura. Opérculo color café rojizo, delgado y alargado; por el lado interno tiene un núcleo marginal y por el externo es liso y opaco (Chávez, 2002) (Fig. 2).

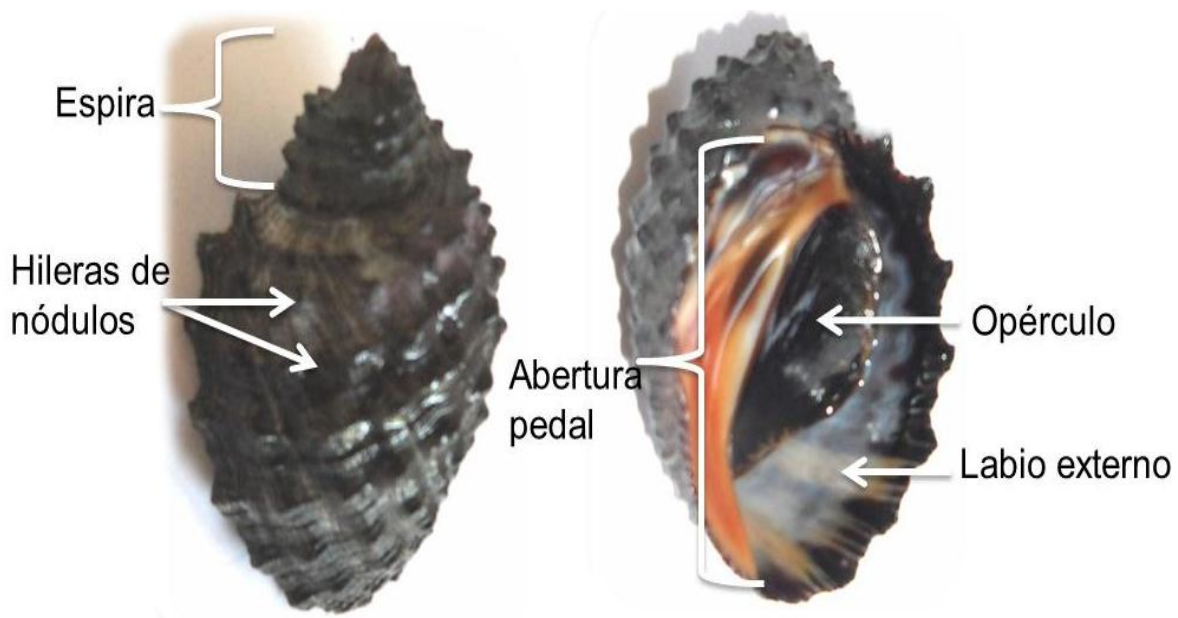


Figura 2. Vista dorsal y ventral de *Plicopurpura pansa*.

El caracol *P. pansa* presenta un par de tentáculos con ojos apicales que se sitúan en la cabeza, y detrás del tentáculo derecho se localiza el pene en el caso de los machos o el orificio genital en el caso de las hembras; la cavidad paleal se abre a través del manto, la gónada se encuentra estrechamente unida al hepatopáncreas denominándose a esta región: como hepatogonadal, el cual se ubica en las últimas espiras de la concha del caracol (González - Flores, 1997) (Fig. 3).

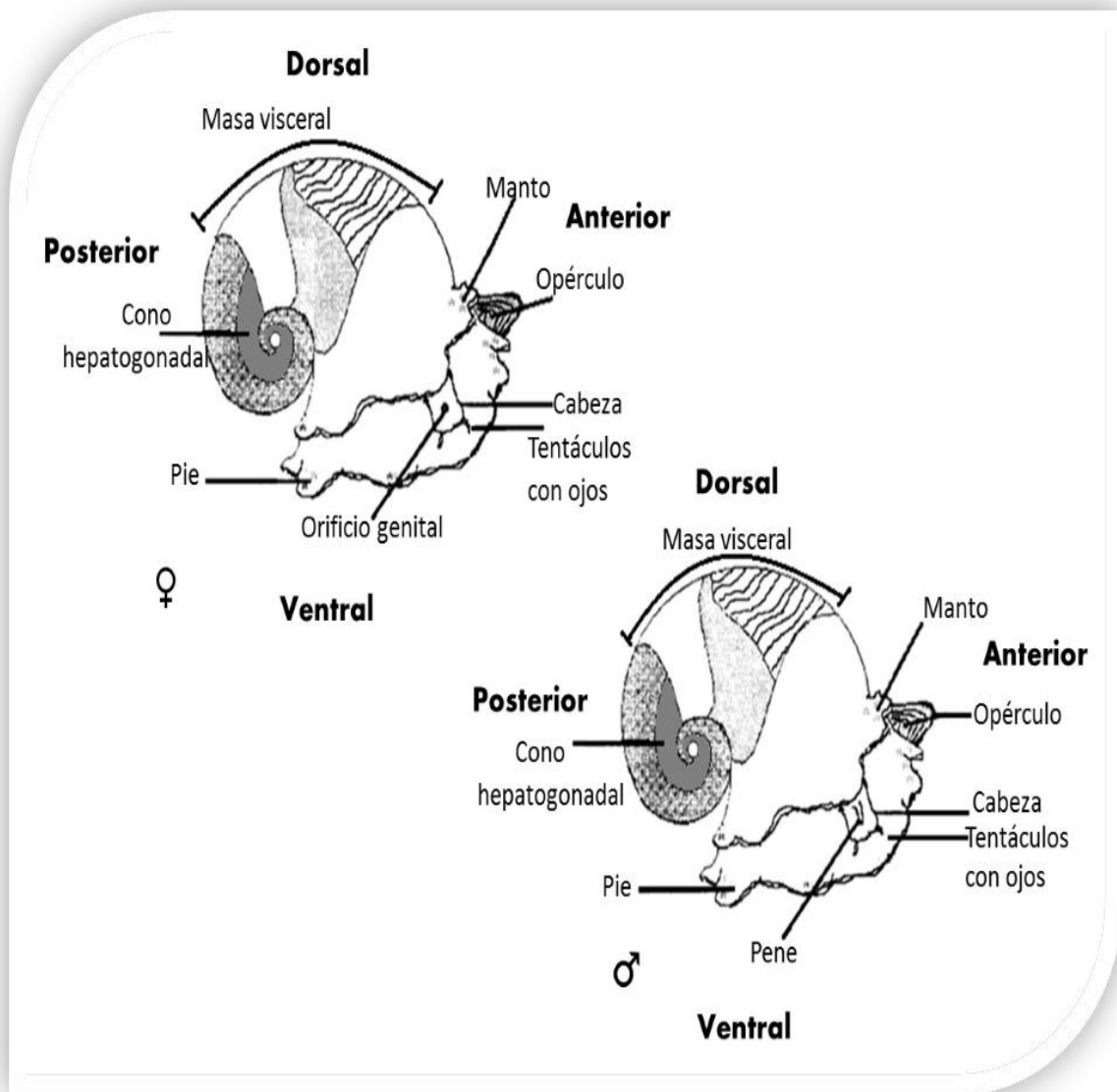


Figura 3. Localización del cono hepatogonadal de la hembra y del macho del caracol *P. pansa* (Modificado de González - Flores, 1997).

1.2.3. Hábitat.

El caracol *Plicopurpura pansa* se encuentra adherido en oquedades de rocas o debajo de ellas, en el intermareal o mesolitoral superior y medio (Turok *et al.*, 1988). En esta zona también viven lapas, fisurelas, murícidos, porcelanas, conos, orejas de mar, mejillones, quitones, litorinas y neritas (Fulvo y Nistri, 2006) (Fig. 4).



Figura 4. *P. pansa* cohabita en la zona rocosa del litoral del Pacífico Mexicano con caracoles del género *Nerita*, **A)** *P. pansa*; **B)** *Nerita* spp.

Sus actividades como la alimentación y la reproducción las realiza durante la marea baja, debido a que es una zona que se encuentra en constante inmersión y emersión, regida por los ciclos de marea y por la temperatura, que varían en duración y elevación a lo largo del ciclo día - noche, así como en las diferentes estaciones del año.

1.2.4. Hábitos alimenticios.

Plicopurpura pansa es un depredador carnívoro, se alimenta de invertebrados marinos de menor tamaño del género *Nerita* y *Littorina*, siendo su

principal fuente de alimentación el poliplacóforo *Chiton spp* (Turok *et al.*, 1988) (Fig. 5).



Figura 5. Población del *Chiton spp.* en la zona rocosa de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.

Varios caracoles se acercan al quitón de tal manera que lo rodean, soltando a su vez una cantidad de sustancia con objeto de narcotizar a su presa. Posteriormente los caracoles introducen su proboscis e inician la digestión del pie, hasta dejar completamente limpia la concha (Hernández-Cortés y Acevedo-García, 1987).

El caracol púrpura tiene varios depredadores, predominando los cangrejos del género *Pachygrapsus*, los cuales lo acosan desde la puesta de huevecillos hasta el estado adulto, principalmente durante la marea baja (Turok *et al.*, 1988). Sin embargo, se ha visto que el hombre es su principal depredador, ya que lo utiliza para su consumo, al igual que a su fuente de alimentación, el poliplacóforo *Chiton spp.*, y que además emplea la concha como artesanía apreciada entre los turistas (Hernández-Cortés y Acevedo-García, 1987).

1.2.5. Distribución geográfica.

Su distribución geográfica comprende el intermareal rocoso del sur de Baja California Sur hasta el norte de Perú, incluyendo las Islas Galápagos. Siendo un

factor limitante en su distribución, las corrientes de agua fría de Baja California y de Humboldt respectivamente, dicha zona se encuentra también delimitada entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio (Hernández-Cortés y Acevedo-García, 1987) (Fig. 6).



Figura 6. Distribución geográfica de *P. pansa* (De acuerdo a Turok *et al.*, 1988).

1.2.6. Reproducción.

Los individuos de *Plicopurpura pansa* son gasterópodos dioicos. Presentan fertilización interna y desarrollo indirecto, dando origen el huevecillo a tres etapas larvarias: trocófora, preveliger y veliger y posteriormente al caracol juvenil (Naegel y Gómez, 2004).

Durante la cópula, el macho monta a la hembra en posición antero-posterior e inserta su pene dentro del orificio genital. Esta acción se realiza durante la marea baja en la zona mesolitoral media y media alta, distribuyéndose los caracoles de manera azarosa. Posteriormente la hembra deposita en lo más profundo de las grietas de la roca, varias cápsulas ovígeras impregnadas con la sustancia narcótica que produce para proteger sus huevecillos de los depredadores, de ser posible, los organismos adultos se adhieren a la grieta para su cuidado parental (Turok *et al.*, 1988).

Después de la ovoposición, las cápsulas muestran cambios de color que están relacionados con el grado de desarrollo de los embriones. Inicialmente las cápsulas son blanquecinas y, en dos días, cambian a un color blanco-cremoso. Después de dos a tres semanas de desarrollo, presentan un color café claro que luego se oscurece. Ocasionalmente algunas cápsulas que toman un color púrpura, contienen embriones muertos (Naegel y Gómez, 2004).

Cada hembra deposita alrededor de 150 cápsulas con un promedio de 400 huevos por estación reproductiva. Los huevos son telolécitos con segmentación espiral seguida de una gastrulación por epibolia con la formación de larvas trocófora, preveliger y veliger (Naegel y Gómez, 2004).

Su ciclo finaliza con la eclosión de nuevos organismos que se localizan entre las grietas de las rocas de la zona mesolitoral baja, los cuales continúan creciendo hasta adultos. La especie *Plicopurpura pansa* presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras las que alcanzan tallas mayores en comparación con los machos. Turok *et al.*, (1988) reportaron que en Oaxaca la talla máxima en hembras fue de 88 mm, mientras que en machos fue de 59 mm.

Turok *et al.*, (1988) también observaron que en el mes de mayo el 80% de la población de caracol realizó la cópula, lo que marca el inicio del periodo reproductivo en el estado de Oaxaca. La cópula se observa todo el año, sin

embargo, el periodo de mayor incidencia coincide con los meses más cálidos, desde principios de marzo y con mayor frecuencia en el mes de mayo.

Su ciclo de vida se describe a partir de las observaciones hechas por los mixtecos de las costas de Oaxaca (Turok *et al.*, 1988) (Fig. 7), estableciendo que de abril-mayo los caracoles adultos realizan la cópula, originando cápsulas ovíferas que contienen a los huevecillos, los cuales formarán las etapas larvianas (trocófora, preveliger y veliger) y finalmente aparecerán caracoles juveniles hacia la época de lluvias (julio - agosto).

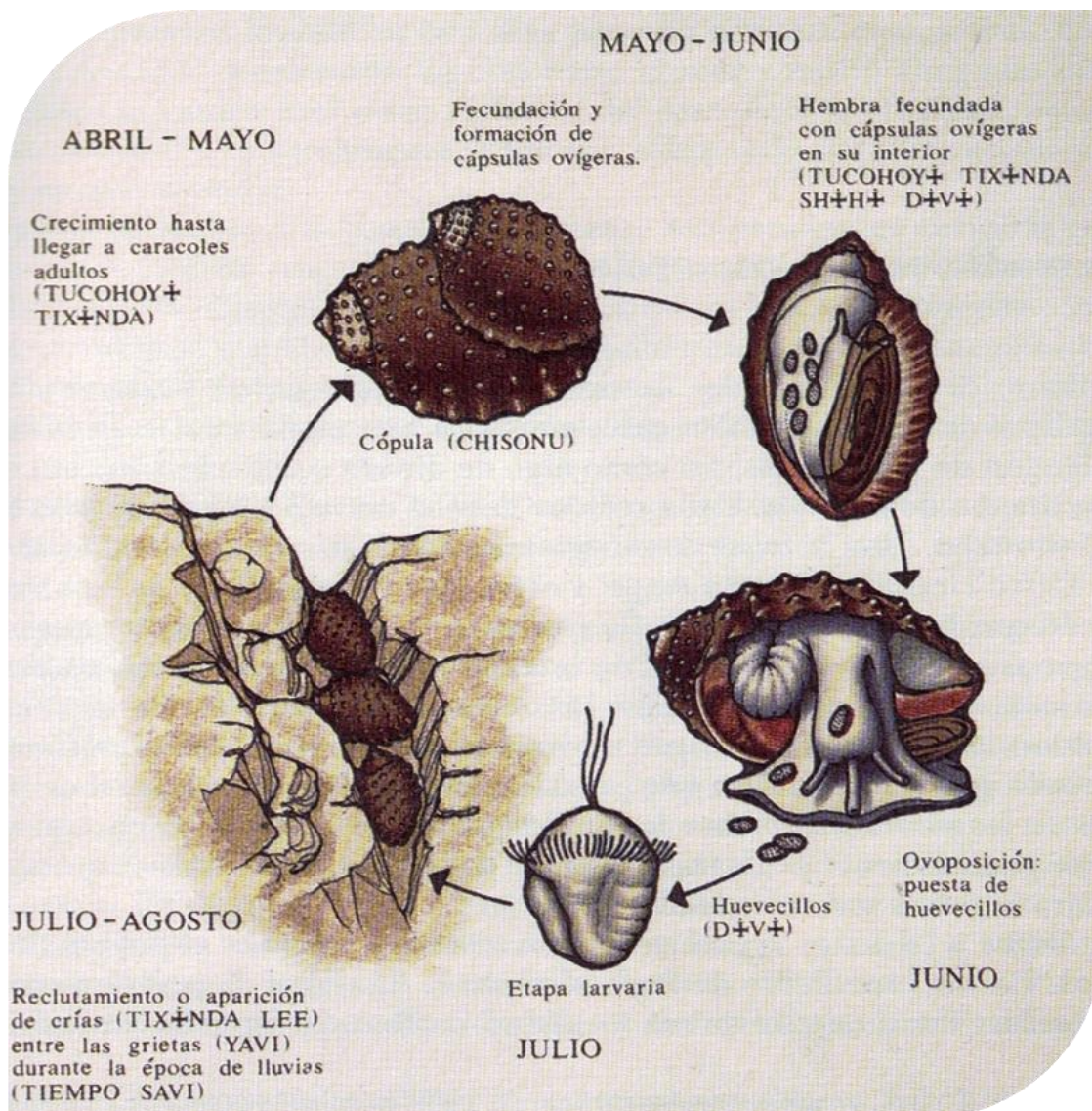


Figura 7. Ciclo de vida de *Plicopurpura pansa* (Tomado de Turok *et al.*, 1988).

1.2.7. Aparato reproductor femenino.

El aparato reproductor femenino de un neogastrópodo está constituido por un ovario y un oviducto que se extiende por el extremo superior derecho del manto paralelo al recto, presenta una parte ensanchada donde se localiza la glándula de la albúmina, una bolsa cerrada que funciona como receptáculo seminífero y la glándula de la cápsula, finalmente desemboca en la cavidad paleal por medio del orificio genital o gonoporo (González - Flores, 1997) (Fig. 8).

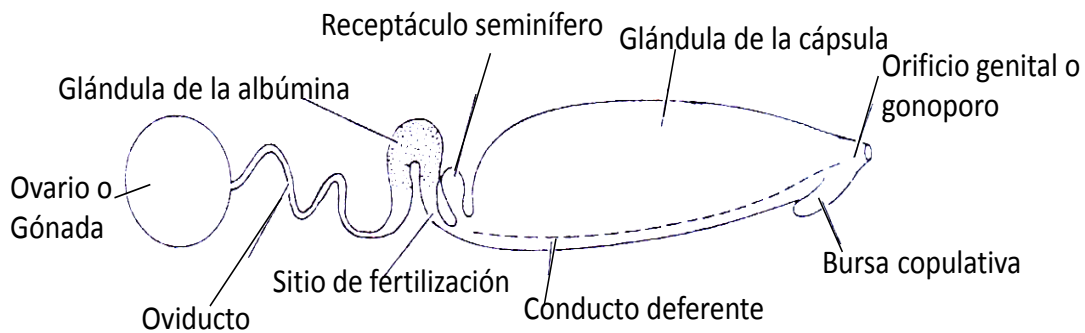


Figura 8. Aparato reproductor femenino del neogastrópodo *Nucella spp.* (Modificado de Brusca y Brusca, 2003).

1.2.8. Aparato reproductor masculino

El aparato reproductor masculino de un neogastrópodo está constituido de un testículo, conectado por un conducto testicular, hasta llegar a la glándula prostática, que se continua con un conducto deferente y finaliza con la presencia de un pene que se ubica atrás del tentáculo derecho del caracol (Fig. 9). El conducto testicular actúa como vesícula seminal (Wilbur *et al.*, 1984).

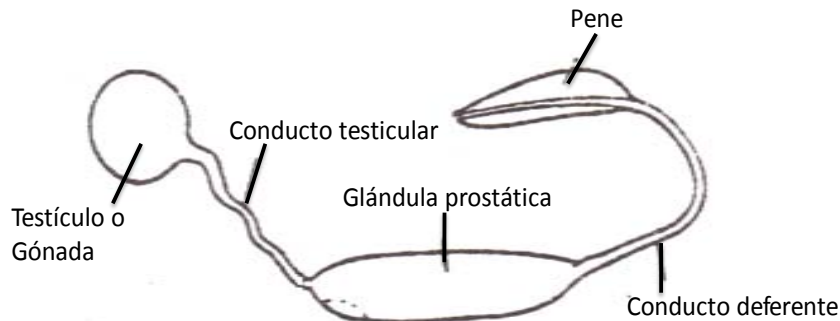


Figura 9. Aparato reproductor masculino del neogastrópodo *Ocenebra spp.* (Modificado de Giese *et al.*, 1977).

1.3. Relación parámetros ambientales - desarrollo gonadal.

Los parámetros ambientales en los ecosistemas acuáticos marinos juegan un papel importante, debido a que se encuentran en constante cambio, afectando directamente la biología de los organismos inmersos en los cuerpos de agua.

El ciclo gonádico de los individuos parece estar regulado por factores endógenos y exógenos. Como factores endógenos está la acumulación de nutrientes, es decir, la maduración de los gametos depende de la disponibilidad y reserva de alimento (Wilbur *et al.*, 1984). Entre los factores exógenos se puede mencionar a la temperatura, fotoperíodo, salinidad e influencia de la marea. Los factores exógenos pueden iniciar y sincronizar el tiempo de los eventos gametogénicos con los cambios del medioambiente (González-Flores, 1997).

La temperatura se considera uno de los principales parámetros ambientales que se encuentra en constante variación dependiendo de la ubicación geográfica, del ciclo día - noche, así como en las diferentes estaciones del año; que influye en la maduración sexual de la mayoría de los organismos acuáticos. La temperatura acelera los procesos metabólicos y reproductivos de los seres vivos, constituyéndose como un factor limitante para el crecimiento de la especie. Naegel y Gómez (2004) observaron que una temperatura alta del agua acorta el periodo de desarrollo larvario del caracol *Plicopurpura pansa* en condiciones de laboratorio.

El oleaje y el nivel de la marea, intervienen en el desplazamiento de los organismos que habitan en el intermareal rocoso, influyendo en sus actividades fisiológicas como la alimentación y la reproducción, las cuales realizan durante la marea baja y oleaje moderado (intermareal medio-alto). La superficie de baja ornamentación y la gran abertura pedal de *P. pansa*, son adaptaciones morfológicas que le permiten vivir en áreas de oleaje intenso, por lo que organismos de mayor tamaño podrían vivir en condiciones más extremas del oleaje (García-Ibáñez *et al.*, 2004).

1.4. Importancia de los caracoles tintóreos en el mundo y en México.

Los caracoles tintóreos representan un recurso cultural y económicamente importante que a través de la historia han sido utilizados por diferentes culturas del mundo. Debido a que de ellos se obtiene una sustancia narcótica que producen como mecanismo de defensa con propiedades tintóreas, utilizada por el hombre en la tinción de hilos de algodón y seda con diferentes tonalidades de color púrpura para la elaboración de vestimentas.

En la cultura Oriental, en Japón y China fueron utilizadas especies de los géneros *Purpura* y *Thais* para la tinción de prendas imperiales y para los matrimonios entre nobles. En América, para el Imperio Azteca, en la época precolombina, las mantas teñidas con *P. pansa* (Gould, 1853) fueron un tributo muy importante, y durante la Colonia los grupos étnicos continuaron utilizando el tinte obtenido del caracol (Turok *et al.*, 1988).

En México, como lo fue en la antigüedad en el Mediterráneo, se ha registrado la extracción del tinte púrpura de gasterópodos de la familia Muricidae. En ciudades como Tiró, en la costa oriental del Mediterráneo, el colorante era extraído de un caracol marino del género *Murex* para la elaboración de prendas para emperadores romanos y posteriormente para la nobleza europea. En las costas del Pacífico Mexicano, este tinte se extrae del caracol marino del género *Purpura*. La explotación de caracoles tintóreos en el continente Americano ha sido reconocida y registrada desde Baja California Sur hasta Perú por evangelizadores que llegaron a América, de manera que sabemos que el caracol ha sido un recurso importante desde tiempos precolombinos por su uso para teñir prendas ceremoniales (Turok *et al.*, 1988).

En el Pacífico Mexicano la tinción con el caracol *P. pansa* se realizaba en madejas de hilos de algodón, dicha actividad continuó de generación en generación convirtiéndose en toda una tradición para los grupos étnicos que habitan en las costas de México, como es el caso de los mixtecos de la región de

Pinotepa de Don Luis en el estado de Oaxaca (Fig. 10), para quienes el caracol y el color púrpura representan grandeza y poder.



Figura 10. Mujeres mixtecas realizando la técnica ancestral de telar de cintura con hilos teñidos con el tinte del caracol *P. pansa* (Tomado de Turok *et al.*, 1988).

En Oaxaca, diversos grupos étnicos tanto de la costa (Huaves, Chontales y Zapotecos) como de la sierra (Mixtecos, Mixes y Triques), utilizaban el tinte del caracol *P. pansa* para teñir el hilo de algodón que estaba destinado para la elaboración de prendas de vestir, mismas que se utilizaban en ceremonias rituales de gran importancia para la comunidad (Turok, *et al.*, 1988).

Destacando entre las principales prendas teñidas de color púrpura, las cintas, los huipiles y los posahuancos (Fig. 11), que son faldas de enredo utilizadas por las mujeres mixtecas.



Figura 11. Posahuancos teñidos con tinte del caracol *P. pansa* (Foto de Ma. del Pilar Torres García).

Para las culturas prehispánicas, el líquido que el caracol expulsa representaba su sangre, por lo que decidieron impregnar este vital líquido en hilos de algodón, y tejerlos en una prenda que usaran durante toda la vida, inclusive llevarla más allá de la vida terrenal. Por esta razón, aún en la actualidad, las mixtecas se protegen con su posahuanco, utilizándolo cuando menos, en dos momentos trascendentales. El primero en el matrimonio, la mujer está debidamente “protegida” contra la esterilidad y el segundo en la muerte, en donde en la sepultura, el objeto más importante es aquel posahuanco que la acompañó durante su vida fértil (Turok *et al.*, 1988).

Las actividades de tinción en las costas de Oaxaca se realizan cada año de octubre a marzo, iniciando al término de la temporada de ciclones y concluye con la época invernal, correspondiendo al período en que los caracoles no se encuentran en reproducción (Turok *et al.*, 1988).

Los mixtecos de la región de Pinotepa de Don Luis en Oaxaca, han utilizado de manera responsable el caracol *P. pansa*, es decir, evitan la extracción de su tinte durante la época de reproducción, para no alterar su ciclo biológico. Sin

embargo, en la década de los 80' la especie fue sobreexplotada por una compañía extranjera que utilizó el caracol de manera irresponsable con la finalidad de extraer la mayor cantidad de tinte en el menor tiempo posible (Hernández-Cortés y Acevedo-García, 1987).

Las operaciones que, desde 1981 hasta principios de 1985, desarrolló la compañía de origen japonés denominada Púrpura Imperial, S. A., provocaron, por un lado, la casi extinción de las tallas grandes de la población del caracol y, por otro lado, el desplazamiento de los teñidores indígenas y la paulatina desaparición de esta tradición que constituye un rasgo de identidad cultural entre los mixtecos de Pinotepa de Don Luis (Turok *et al.*, 1988).

Para realizar las actividades de extracción del tinte llamada ordeña, la compañía japonesa contrató un grupo de indígenas de las regiones aledañas para la tinción de hilos de seda con dicho tinte, posteriormente compraba el tinte, el cual era transportado a Japón en frascos oscuros y refrigerados para evitar su descomposición, provocando con ello, altas tasas de mortandad del caracol, por lo que en 1988 el gobierno de México expulsó del país a esta compañía y decretó que este caracol quedara bajo protección especial para su recuperación (Turok *et al.*, 1988), prohibió su manejo como recurso pesquero y sólo se permite su uso hasta la actualidad, a los mixtecos de las costas de Oaxaca quienes han demostrado que a través de los años tienen los conocimientos para extraer el tinte, cuidando el recurso mediante métodos responsables sin alterar su ciclo biológico y así poder preservar sus tradiciones.

1.5. Utilización del tinte del caracol *P. pansa*.

El caracol *P. pansa* o caracol de tinte (Fig. 12), es llamado así debido a que posee una glándula hipobranquial, donde produce una sustancia con efecto narcótico como mecanismo de defensa contra sus depredadores y para proteger a sus huevecillos, esta sustancia posee propiedades tintóreas y ha sido utilizada por grupos étnicos que habitan en el Pacífico Mexicano, como los mixtecos del estado

de Oaxaca, para la tinción de madejas de hilos de algodón con diferentes tonalidades de color púrpura (Turok *et al.*, 1988).



Figura 12. *P. pansa* o caracol de tinte.

La sustancia que expulsa el caracol *P. pansa* presenta viscosidad lechosa y un olor característico a ajo, al ser secretada sufre una reacción de fotooxidación, es decir, en presencia de la luz solar y el oxígeno cambia de color blanquecino a amarillo, posteriormente a verde esmeralda, pasando por azul, y finaliza con diferentes tonalidades púrpura (Hernández-Cortés y Acevedo-García, 1987), dicho viraje se detiene sumergiendo la madeja de hilos de algodón en el agua marina (Fig. 13).



Figura 13. Proceso de tinción de madejas de hilos en la costa rocosa de Oaxaca (Foto de Ma. del Pilar Torres García).

2. ANTECEDENTES

2.1. Trabajos previos de *Plicopurpura pansa*.

Las investigaciones del caracol *P. pansa* surgieron con mayor relevancia después de la sobreexplotación que sufrió por parte de la compañía japonesa en la década de los 80's, con el objetivo de conocer su biología y con ello realizar acciones para la recuperación de su población. Los temas comprenden aspectos antropológicos del uso del tinte, biológicos relacionados con el aprovechamiento del recurso, estudios poblacionales, de crecimiento, aspectos anatómicos, desarrollo embrionario y larval, así como estudios genéticos.

Hernández-Cortés y Acevedo-García (1987) estudiaron la relación etnobiológica del tinte púrpura dentro de la cultura mixteca del estado de Oaxaca, así como aspectos poblacionales del caracol *P. pansa* mediante observaciones en campo.

Turok *et al.*, (1988) realizaron una investigación completa de la biología del caracol *P. pansa* con base en los conocimientos empíricos de los mixtecos de las costas de Oaxaca, estableciendo con ello su ciclo de vida. Observando la etapa de reproducción en el mes de mayo, la ovoposición de mayo - junio y el reclutamiento (caracoles juveniles) de julio - agosto.

Castillo-Rodríguez (1992) realizó un estudio de *Combinatio Nova* del caracol *P. pansa*, donde propuso el cambio al género *Plicopurpura* con las especies *P. patula* (Linnaeus, 1758) y *P. columellaris* (Lamarck, 1816), dado que las tres especies se ajustan a un patrón morfológico afín en la estructura adaptativa de la concha, la rádula y del tracto digestivo.

Castillo-Rodríguez y Amezcua-Linares (1992) estudiaron la biología y aprovechamiento del caracol morado *P. pansa* en la costa de Oaxaca, determinando que se requieren de 45 individuos de 2 cm., 18-21 individuos de

4cm., o 14-16 individuos de 5 - 6 cm. para teñir una madeja de hilo de algodón de 40 g.

González-Hermoso y Fletes-Regalado (2002) realizaron un estudio citogenético en los caracoles *P. pansa* y *P. columellaris*, en donde analizaron sus cromosomas y observaron que los mismos en *P. columellaris* son más grandes en comparación con *P. pansa*.

Michel *et al.*, (2002) estudiaron la estructura de la población, esfuerzo y rendimiento del tinte del caracol *P. pansa* en el Pacífico Mexicano, comprendiendo áreas de estudio en Baja California Sur, Jalisco, Oaxaca e Isla Socorro, determinando que se requieren 921 caracoles de talla promedio de 37.3 mm. para teñir una madeja de algodón de 285 g.

Ramírez y Naegel (2003) analizaron el crecimiento del caracol de tinte *P. pansa* en Baja California Sur, reportando que los individuos presentaron tasas de crecimiento menores a 0.03 mm./día, la cual disminuye en individuos con una longitud mayor de 40 mm.

Arias-Rodríguez *et al.*, (2007) realizaron los cariotipos de los caracoles de tinte *P. pansa* y *P. columellaris*, encontrando que el número cromosómico en estado diploide es de 36 cromosomas en ambas especies.

2.2. Trabajos realizados de *Plicopurpura pansa* en Guerrero.

Las investigaciones de *P. pansa* en el estado de Guerrero son escasas, aún cuando se trata de una especie dominante de la comunidad malacológica del intermareal rocoso del Pacífico Mexicano. Los estudios comprenden temas como correlación de densidad - talla, dispersión espacial, estudios poblacionales y diversidad malacológica asociada.

García-Ibáñez *et al.*, (2004) realizaron un estudio sobre densidad y tallas de *P. pansa*, relacionadas con el sustrato y oleaje en la costa de Guerrero, reportando una densidad relativa de 4.7 caracoles/m² y una talla promedio de 21.7 mm., además observaron que las máximas tallas se registraron en playas expuestas al oleaje.

Flores-Garza *et al.*, (2007) analizaron la demografía del caracol *P. pansa* registrando una proporción hembra-macho de 1:0.8, la talla promedio de 20.10 mm. y el mayor número de parejas copulando en el mes de marzo. Además determinaron una comunidad malacológica asociada con un total de 34 especies de moluscos pertenecientes a 23 géneros y 16 familias.

Flores-Rodríguez *et al.*, (2007) estudiaron la variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones, La Unión, destacando a *P. pansa* como especie representativa de esta comunidad por su abundancia y frecuencia de aparición.

García-Ibáñez *et al.*, (2007) realizaron un estudio sobre la dispersión espacial de *P. pansa* en distintas playas rocosas del estado de Guerrero, determinando que el caracol de tinte mostró un patrón espacial gregario, siendo uno de los factores que contribuyen al éxito como especie dominante en las playas de Guerrero.

2.3. Trabajos sobre la reproducción de *Plicopurpura pansa*.

Las primeras aportaciones sobre la reproducción del caracol *P. pansa* surgieron en las investigaciones realizadas por Hernández-Cortés y Acevedo-García (1987) y Turok *et al.*, (1988) en el estado de Oaxaca, ambos estudios coincidieron en la observación de un mayor número de parejas copulando en los meses de marzo - junio, y el reclutamiento (caracoles juveniles) en los meses de julio - agosto.

Posteriormente Quiroz-Rocha (1992) realizó la descripción histológica de la gónada del caracol *P. pansa* en el estado de Nayarit, identificando las células sexuales en hembras y machos determinando de acuerdo a la maduración de la gónada, tres etapas de desarrollo gonadal; en vías de madurez de marzo - julio, madura de agosto - septiembre e inmadura de diciembre - enero.

González-Flores (1997) determinó el ciclo gonádico del caracol *P. pansa* en Mazatlán, Sinaloa, estableciendo en hembras y machos la etapa de reposo en los meses de septiembre - octubre, proliferativa de enero - febrero, madurez de marzo - julio y desove de mayo - julio.

Michel-Morfín (2000) realizó un estudio de la ecología y aprovechamiento del caracol *P. pansa* en las costas del Pacífico Mexicano, reportando la época de reproducción en los meses de enero y mayo y el reclutamiento (caracoles juveniles) de septiembre - marzo en el estado de Jalisco.

Muñoz-Mancilla (2003) estudió el ciclo gonádico del caracol *P. pansa* en la Bahía de Cuastecomate, Jalisco, describiendo cinco etapas gonadales (temprana, tardía, maduración, desove parcial y desove total) y observó la etapa de maduración en invierno - primavera.

Posteriormente Flores-Garza (2004) analizó algunos aspectos ecológicos, así como parámetros poblacionales del caracol *P. pansa*, en el estado de Guerrero, reportando el mayor número de parejas copulando en los meses de marzo y junio, y el reclutamiento (caracoles juveniles) en septiembre y diciembre.

Naegel (2004) observó la ovoposición de hembras del caracol *P. pansa* en condiciones de laboratorio, relacionando el número de huevecillos con el tamaño de la cápsula, realizó la descripción del desarrollo larvario, reportó la presencia de un receptáculo seminal, en donde almacenan el esperma viable para ser utilizado en meses posteriores a la copulación.

Naegel y Gómez (2004) estudiaron la embriogénesis y el desarrollo larvario intra-capsular del caracol *P. pansa* en condiciones de laboratorio, determinando que cada hembra deposita aproximadamente 150 cápsulas con 400 huevos en un periodo de desove de 10 semanas y señalaron que el tipo de huevo es telolécito, con segmentación espiral seguida de una gastrulación por epibolia con formación de larva trocófora, preveliger y veliger.

Corona-Muñiz (2006) realizó el estudio del ciclo reproductivo del caracol *P. pansa*, en la bahía de Huatulco, Oaxaca, reportando la etapa de maduración de hembras y machos en Invierno.

Domínguez-Ojeda *et al.*, (2009) estudiaron aspectos biológicos de los caracoles *P. pansa* y *P. columellaris* en condiciones de laboratorio, describieron el desarrollo embrionario y larvario, así como el proceso de regeneración del órgano copulador del macho.

Las aportaciones sobre reproducción, desarrollo larvario, embrionario y gonadal del caracol *P. pansa* se han incrementado en los últimos años. Sin embargo, hasta ahora, poco se conoce si afectan o no los parámetros ambientales en el desarrollo gonadal, así como la talla a la que alcanzan su madurez sexual y la época de reproducción.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el desarrollo gonadal de hembras (♀) y machos (♂) del caracol *Plicopurpura pansa* de la región de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero, y su posible relación con algunos parámetros ambientales.

Objetivos particulares

- Realizar la descripción histológica de la gónada de hembras y machos del caracol *P. pansa*.
- Establecer las etapas del desarrollo gonadal de hembras y machos del caracol *P. pansa* a lo largo de un ciclo anual, en las costas de Ixtapa, Zihuatanejo, Gro.
- Calcular los índices gonadosomáticos (IGS) para sustentar las observaciones histológicas del desarrollo gonadal de hembras y machos del caracol *P. pansa*.
- Relacionar algunos parámetros ambientales con las etapas del desarrollo gonadal del caracol *P. pansa* para conocer las condiciones ambientales presentes durante su época reproductiva y con ello contribuir a un manejo adecuado del recurso.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Generalidades.

El estudio se realizó en la Playa El Palmar que se ubica dentro de la Bahía El Palmar en Ixtapa, Zihuatanejo, Municipio de Guerrero. El estado de Guerrero se localiza al suroeste de México, limitando al Norte con los estados de Michoacán, Edo. de México y Morelos, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con los estados de Puebla y Oaxaca y al Oeste con el estado de Michoacán y el Océano Pacífico (Fig. 14).

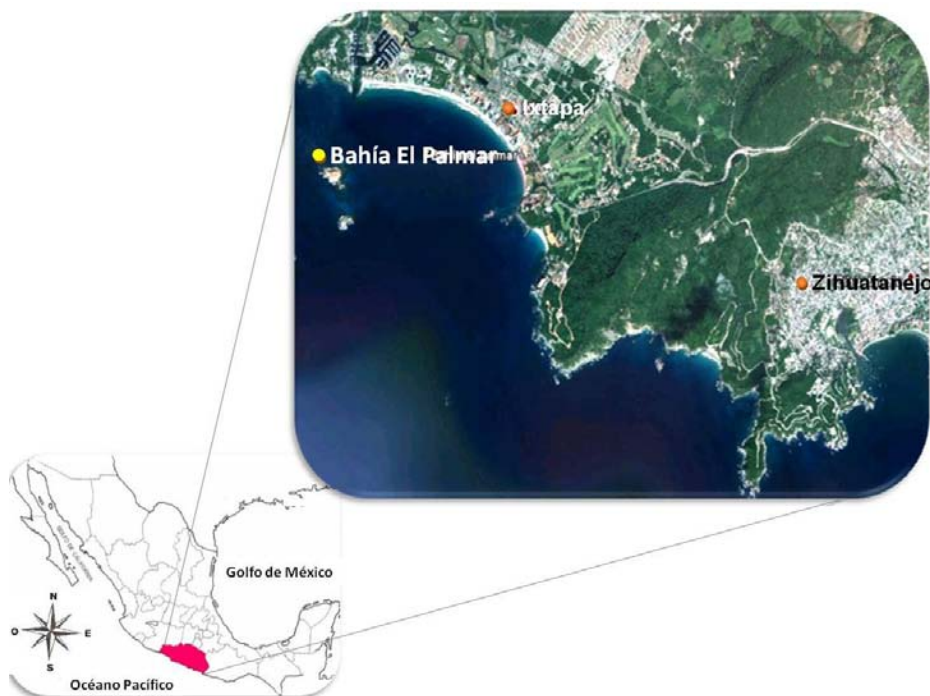


Figura 14. Localización de la Playa El Palmar, Ixtapa, Guerrero (Tomado de Google Earth).

4.2. Ubicación geográfica.

La playa El Palmar presenta una longitud de 2.7 Km. de largo (Morán-Fernández, 2010) y se encuentra delimitada por dos áreas rocosas, las cuales se eligieron como las áreas de colecta para el presente trabajo, la primera zona se denominó “Escollera Ixtapa” y la segunda “Punta Barceló” (Fig. 15).



Figura 15. Ubicación de las zonas de colecta en la Playa El Palmar, Ixtapa, Zihuatanejo (Tomado de Google Earth).

La primera zona de colecta se conoce como Escollera Ixtapa, es una estructura artificial que se localiza junto a la Marina Ixtapa y que presenta constantes aportes de agua dulce del río Ixtapa. Geográficamente se localiza en las coordenadas de 17° 39' 44.47" N y 101° 37' 13.51" O (Fig. 16).



Figura 16. Escollera Ixtapa, Playa El Palmar.

La segunda zona de colecta se denominó Punta Barceló, debido a que se localiza frente al hotel Barceló, sin embargo la población del caracol *P. pansa* se encuentra alejada de la zona hotelera. Geográficamente se localiza en las coordenadas de 17° 39' 1.6" N y 101° 36' 1.7" O (Fig. 17).



Figura 17. Punta Barceló, Playa El Palmar.

4.3. Condiciones ambientales.

En el año 2010 la playa El Palmar fue certificada como “Playa Limpia” por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Morán-Fernández, 2010), de tal manera que la playa presenta condiciones favorables para la fauna y flora que habitan en ella, a pesar de ubicarse en la zona hotelera de Ixtapa.

Ixtapa, Zihuatanejo, presenta un clima A_{w0} de acuerdo con la clasificación de Köpen modificada por García (1981), es decir domina un clima cálido subhúmedo, con época de lluvias en verano. La temperatura media anual mayor es de 22°C y la temperatura del mes más frío es de 18°C (Tovilla-Hernández *et al.*, 2009).

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. Metodología de campo.

El estudio se llevó a cabo en el intermareal rocoso de la Playa El Palmar en Ixtapa, Zihuatanejo, Gro, realizando 14 colectas, una cada mes en el periodo de Marzo-Abril de 2010 y de Junio de 2010 a Mayo de 2011., colectando cada mes en promedio cinco hembras (♀) y cinco machos (♂) del caracol *Plicopurpura pansa*.

Las colectas se llevaron a cabo en un horario habitual de 10:00 a 13:00 hrs., durante la marea baja (en base al calendario de mareas) y alternando las áreas de colecta cada mes, es decir, realizando una colecta en la Escollera y la siguiente en Punta Barceló, y así sucesivamente, para no alterar la población del caracol (Fig. 18).



Figura 18. Colecta de caracoles *P. pansa* en la Escollera de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.

Se empleó el método de transectos de 10 m. de largo por 2 m. de ancho (20 m²), el cual se ubicó paralelo a la línea de costa en el intermareal rocoso de la playa. Una vez delimitado el transecto, se registraron los parámetros ambientales del agua, como el pH mediante tiras de papel indicador MERCK, la temperatura del agua se registró con un termómetro de vidrio Brannan (-20°C a 100 °C) y

finalmente con un refractómetro portátil Zhifong FG117 (0-50%) se registró la concentración de salinidad presente en cada zona de colecta (Fig. 19).



Figura 19. Registro de parámetros ambientales.

Los caracoles distribuidos y seleccionados al azar a lo largo del transecto, fueron desprendidos de las rocas para registrar sus datos merísticos desde el ápice hasta el extremo del canal sifonal, e inmediatamente fueron colocados en su hábitat, esperando a que se adhirieran a la roca. Se midieron 30 ejemplares para conocer la talla promedio en cada colecta.

Los de mayor talla o de tallas representativas fueron colectados y sexados, agitando al caracol, se provocaba que el organismo saliera y se lograra observar en las hembras el orificio genital y en los machos el pene bien definido ubicado detrás del tentáculo derecho (Fig. 20).



Figura 20. Pene del caracol macho de *P. pansa*.

Una vez colectados, se sexaron y por separado fueron transportados en un frasco con agua marina a la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Zihuatanejo (UMDI-Z) de la Facultad de Ciencias, UNAM (Fig. 21).



Figura 21. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Zihuatanejo, Gro.

En este laboratorio, fueron etiquetados, registrando los datos morfométricos de los caracoles, como largo y ancho de la concha, así como el peso del organismo con concha y aún vivos con ayuda de un martillo se les fracturó la concha en la parte de la espira, para dejar expuesta la gónada y lograr una adecuada fijación con formol al 10% en agua marina. Observando que en fresco la gónada masculina presentó una coloración naranja, mientras que la femenina fue amarilla (Fig. 22).



Figura 22. Gónada masculina ♂ (naranja) y femenina ♀ (amarilla).

5.2. Metodología de laboratorio.

Los ejemplares fueron transportados al Laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias, UNAM en el D.F., para el procesamiento histológico de las gónadas y del resto del organismo. Posteriormente fue fracturada la concha de los organismos, para registrar el peso del caracol sin concha (Fig. 23).

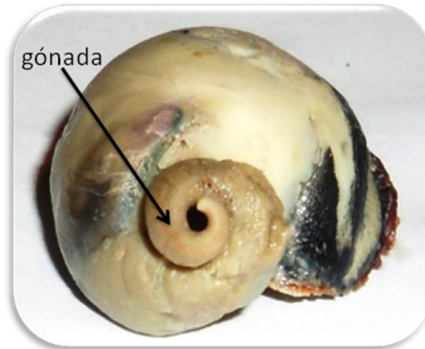


Figura 23. Caracol desconchado.

Se realizó la disección y se registraron los datos morfométricos de los conos hepatogonadales (peso del cono, altura del cono, largo y ancho de la base del cono y largo de la base de la gónada) para posteriormente ser colocados en cassetes y depositados en un frasco con agua corriente durante 2 hrs, para eliminar el exceso de formol. Una vez concluido el tiempo, los cassetes fueron colocados en el histokinette para realizar la deshidratación en alcohol etílico graduales de 70%, 83%, 96%, 96%, y 100% durante 2 hrs en cada uno, finalizando con la aclaración del tejido, en una mezcla de alcohol 100% - xilol y xilol por 15 min. cada uno (Fig. 24).



Figura 24. Deshidratación en el Histokinette.

A continuación el tejido pasa por dos cambios de parafina por 30 minutos cada uno, y concluye con la inclusión del cono hepatogonadal con orientación transversal en parafina con punto de fusión de 56°C. Posteriormente, se realizaron cortes histológicos de 7 μ de grosor en el micrótopo de rotación Leica, los cuales fueron colocados en un baño de flotación a temperatura de \approx 28-30 °C, para su montaje en los portaobjetos (Fig. 25).



Figura 25. Baño de flotación con cortes histológicos.

La técnica de tinción que se utilizó fue la Hematoxilina - Eosina (Fig. 26), y fueron montadas con resina sintética para ser observadas al microscopio óptico Olympus Provis AX-70 y poder realizar la toma de microfotografías en microscopía de campo claro con diferentes aumentos.



Figura 26. Tren de tinción Hematoxilina - Eosina.

5.2. 1. Técnica de Hematoxilina – Eosina.

La técnica de tinción utilizada fue la de Hematoxilina- Eosina para dar un panorama general de la estructura del tejido, en donde la hematoxilina tiñe de color morado los elementos ácidos como son los núcleos de las células, mientras la eosina tiñe de color naranja a rosa los componentes básicos como el citoplasma (Aguilar *et al.*, 1996).

5.2. 2. Cálculo del IGS.

El Índice gonadosomático (IGS) es la proporción del peso de la gónada respecto al peso total del organismo sin concha (González - Flores, 1997). En el caracol *Plicopurpura pansa* es difícil trabajar sólo con el tejido gonadal, por lo que se utiliza todo el cono hepatogonadal.

El IGS se calcula mediante la fórmula peso de la gónada (PG) entre peso somático (Ps) por 100% (González - Flores, 1997) (Fig. 27). Dado que el peso de la gónada no se puede obtener directamente, se requiere hacer una relación de los cálculos de peso y volumen para aproximar el peso de la gónada, a partir del peso total del cono hepatogonadal.

$$\text{IGS} = \frac{\text{P}_G}{\text{P}_S} \times 100\%$$

Figura 27. Fórmula para calcular IGS.

Utilizando los datos morfométricos y aplicando la fórmula para calcular el volumen de un cono elíptico. Se calculó el volumen del cono hepatogonadal (hpg) y del hepatopáncreas (hp), la resta de ambos da como resultado el volumen de la gónada (González - Flores, 1997) (Fig. 28).

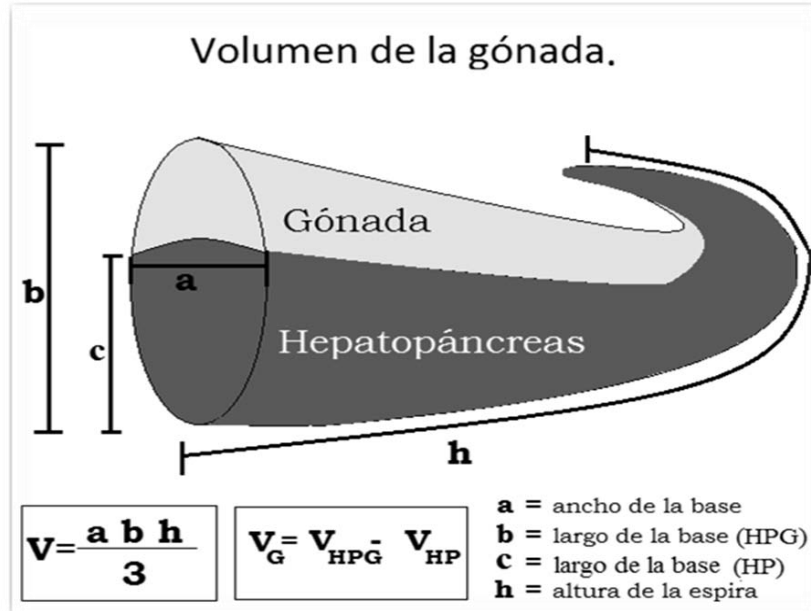


Figura 28. Datos morfométricos considerados para calcular el volumen de la gónada (Modificado de González - Flores, 1997).

Posteriormente se calculó el porcentaje del volumen de la gónada (g) respecto al volumen del cono hepatogonadal (hpg), para después correlacionar el volumen y peso del cono hepatogonadal (hpg) con el volumen de la gónada antes calculado, y poder aproximar el peso de la gónada y finalmente obtener el IGS de los organismos procesados (González - Flores, 1997) (Fig. 29).

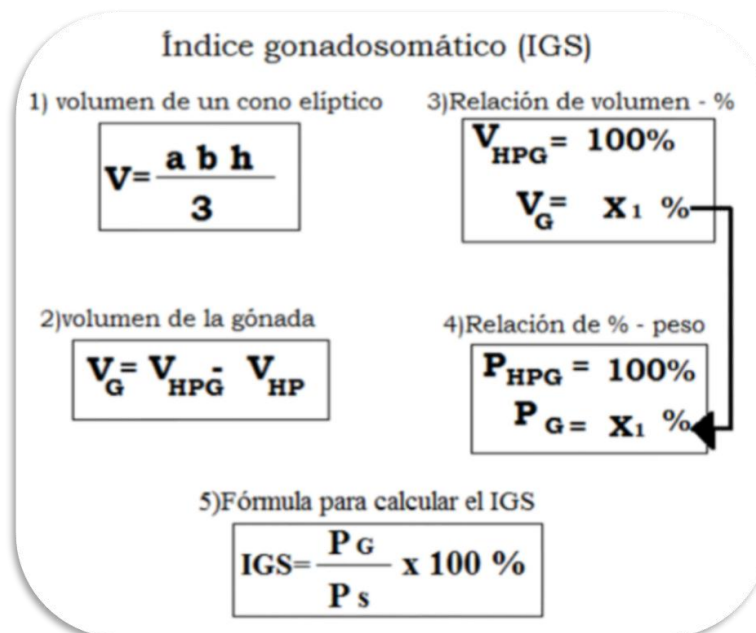


Figura 29. Cálculos del Índice gonadosomático.

6. RESULTADOS

6.1. Talla promedio, mínima y máxima de la Población.

La Población del caracol *Plicopurpura pansa* en la Playa el Palmar en Ixtapa-Zihuatanejo, durante el periodo de marzo - abril del año 2010 y de junio 2010 a mayo del año 2011, registró una talla promedio de 1.9 - 2.7 cm, una talla mínima de 0.7 - 1.4 cm y una talla máxima de 2.9 - 5.0 cm (Tabla 2).

Tabla 2. Tallas (machos y hembras) registradas de los caracoles durante el periodo de colectas.

MES		TALLA (cm) n = 30		
		Promedio	Mínima	Máxima
2010	MARZO	2.3	0.8	2.9
	ABRIL	2.7	1.0	3.1
	JUNIO	2.2	0.9	3.2
	JULIO	2.4	1.0	4.3
	AGOSTO	2.0	1.0	3.3
	SEPTIEMBRE	2.3	1.0	3.2
	OCTUBRE	2.3	1.1	4.5
	NOVIEMBRE	2.4	1.0	4.7
	DICIEMBRE	2.2	1.2	3.5
2011	ENERO	2.5	0.8	5.0
	FEBRERO	1.9	1.0	4.1
	MARZO	1.9	0.8	3.3
	ABRIL	1.9	0.7	4.6
	MAYO	2.6	1.4	4.4

Se observó que el caracol *Plicopurpura pansa* presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras de mayor talla en comparación con los machos, registrando durante las colectas la talla máxima para hembras de 5.0 cm., mientras que para machos fue de 4.4 cm. Sin embargo se observó que las hembras alcanzaron su talla reproductiva a partir de los 2.0 cm., mientras que los machos fue a partir de 1.3 cm.

6.2. Índice gonadosomático (IGS).

Los organismos procesados registraron una talla promedio de 2.9 cm en hembras y 2.4 cm en machos. Sus IGS calculados comprendieron valores de 1.0% a 3.5% (Tabla 3).

Tabla 3. IGS de hembras y machos procesados.

MES		Hembras (♀) n= 5	Machos (♂) n=5
2010	MARZO	1.98	1.79
	ABRIL	1.98	2.34
	JUNIO	1.55	2.45
	JULIO	1.33	3.05
	AGOSTO	3.25	2.23
	SEPTIEMBRE	1.52	3.48
	OCTUBRE	2.84	1.26
	NOVIEMBRE	1.09	2.75
	DICIEMBRE	1.4	2.05
2011	ENERO	1.33	1.68
	FEBRERO	1.66	1.69
	MARZO	2.01	1.74
	ABRIL	2.04	2.07
	MAYO	1.58	1.98

Las hembras (♀) presentaron el IGS más alto (3.0-3.5%) en el mes de agosto 2010, mientras que en los machos (♂) se registraron en los meses de julio 2011 y septiembre 2011. Observando los IGS de menor valor (1.0-1.3%) en hembras en los meses de noviembre 2010 a enero 2011, mientras que en machos sólo fue en el mes de octubre 2010.

Los IGS tienden a aumentar de marzo a agosto en hembras y de marzo a septiembre en machos, comprendiendo meses en donde las condiciones ambientales son favorables (aumento de temperatura) para la reproducción (Fig. 30).

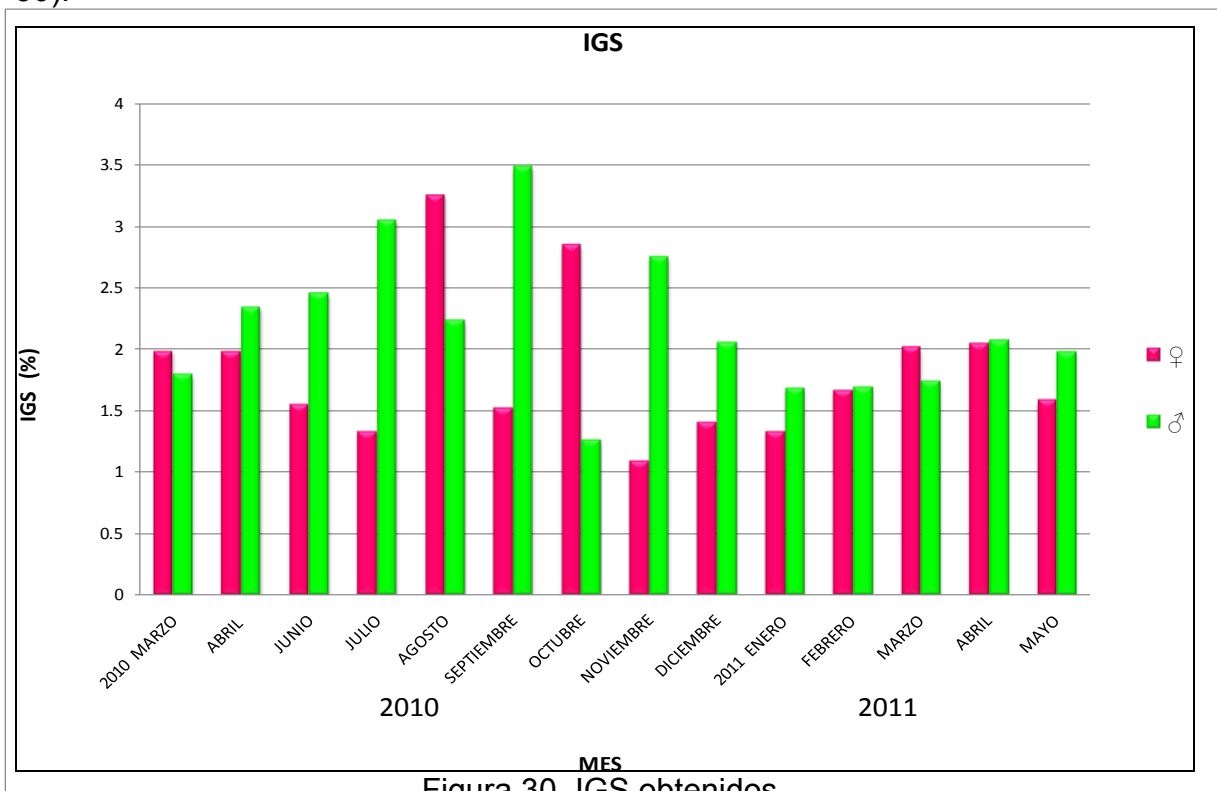


Figura 30. IGS obtenidos.

6.3. Descripción histológica del desarrollo gonadal de la hembra.

En el caracol *Plicopurpura pansa*, los caracoles adultos que han alcanzado la edad reproductiva, la gónada presentó una coloración característica, en hembras se observó de color amarillo (Fig. 31), cambiando su tonalidad de acuerdo a la etapa gonadal en la que se encuentre el caracol, es decir en la etapa de reposo la tonalidad fue muy tenue, mientras que en la etapa de maduración fue muy intensa. En machos la gónada presentó una coloración naranja.



Figura 31. Ubicación del cono hepatogonadal en las últimas espiras de la concha, sobresaliendo la posición de la gónada de hembra.

Histológicamente la gónada (G) se ubica en la parte dorsal del hepatopáncreas (Hp) y se encuentra delimitada por un epitelio cúbico simple externo (Ecs) y tejido conjuntivo fibroso (Tcf). El tejido conjuntivo laxo (Tcl) forma la pared de los alvéolos (A) que contienen a las diferentes células sexuales (Fig. 32).

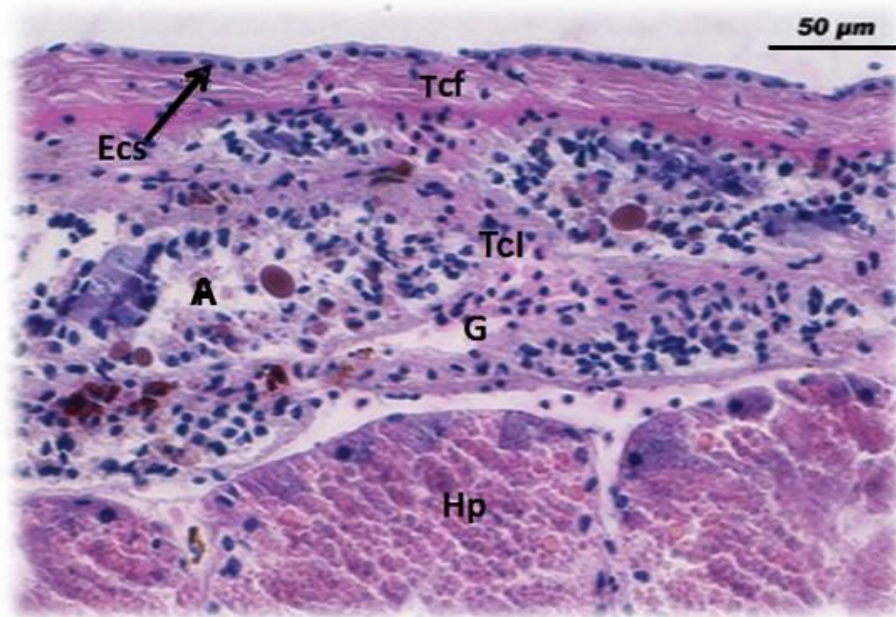


Figura 32. **Gónada femenina (G)**, se localiza entre el hepatopáncreas (**Hp**) y el epitelio cúbico simple (**Ecs**). El tejido conjuntivo fibroso (**Tcf**), se ramifica en tejido conjuntivo laxo (**Tcl**) que delimita a los alvéolos (**A**). **Escala= 50μm. H/E.**

La gónada femenina presentó paquetes denominados alvéolos, los cuales presentaron células sexuales que se ubicaron de la pared hacia el centro de acuerdo a su estado de maduración, observándose:

- **Ovogonias:** Células diploides (2n) que se encontraron adheridas a la pared, de forma esférica u oval, con un tamaño de 5-10 μm y núcleo central (Fig. 33).
- **Ovocitos primarios** (Previtelogénicos): Células de forma oval con tamaño aproximado de 10-20 μm y su núcleo ocupa la tercera parte de la célula, no presentaron vitelo (Fig. 34).
- **Ovocitos secundarios** (Vitelogénico inicial): Células con tamaño de 30-70 μm, su citoplasma presentó pequeñas gotas de vitelo teñidas de color rosa-naranja denominadas microvitelo (Fig. 34).
- **Ovocitos maduros** (Vitelogénico maduro): Células haploides (n) de 75-100μm, presentaron microvitelo y macrovitelo teñidos de color rosa-naranja intenso y su núcleo se observó excéntrico (Fig. 35).

De acuerdo con Quiroz-Rocha (1992) y González-Flores (1997) y con las diferencias observadas al microscopio óptico, con base en la proporción de las diferentes células sexuales, se determinaron cuatro etapas de desarrollo gonadal; etapa de reposo, proliferación, maduración y desove.

6.3.1. Etapa de reposo.

En la etapa de reposo o también denominada de reabsorción, el caracol disminuye su actividad reproductiva permitiendo con ello, la acumulación de nutrientes que se utilizarán posteriormente en la producción de gametos o gametogénesis, se registró esta etapa en los meses de noviembre y diciembre, coincidiendo con los valores de IGS más bajos.

Macroscópicamente el tamaño de la gónada disminuyó y su coloración amarilla fue muy tenue. Histológicamente la gónada (G) se encontró reducida en comparación con el tamaño del hepatopáncreas (Hp), contuvo pocos alvéolos de forma elipsoidal contraídos con poco diámetro (30 μm). El tipo celular que predominó en la gónada fueron las ovogonias (Og) y los ovocitos primarios (Op) (Fig. 33).

6.3.2. Etapa de proliferación.

Esta etapa se caracteriza por presentar una proliferación y crecimiento celular. La gónada comienza a crecer y su coloración amarilla se vuelve más definida. Esta etapa se presentó en los meses de enero y febrero.

A nivel histológico la gónada aumentó su tamaño e incrementaron de diámetro los alvéolos (A) (70 μm), los cuales contenían ovocitos primarios o previtelogénicos (Op) y ovocitos secundarios (Os), que presentaron pequeñas gotas de vitelo en su citoplasma, denominado microvitelo (mv). La gónada se encontró delimitada por una capa de epitelio cúbico simple, adyacente el tejido conjuntivo fibroso (Tcf), que se ramifica y penetra al interior de la gónada para formar la pared de los alvéolos que se rodean de tejido conjuntivo laxo (Tcl) (Fig. 34).

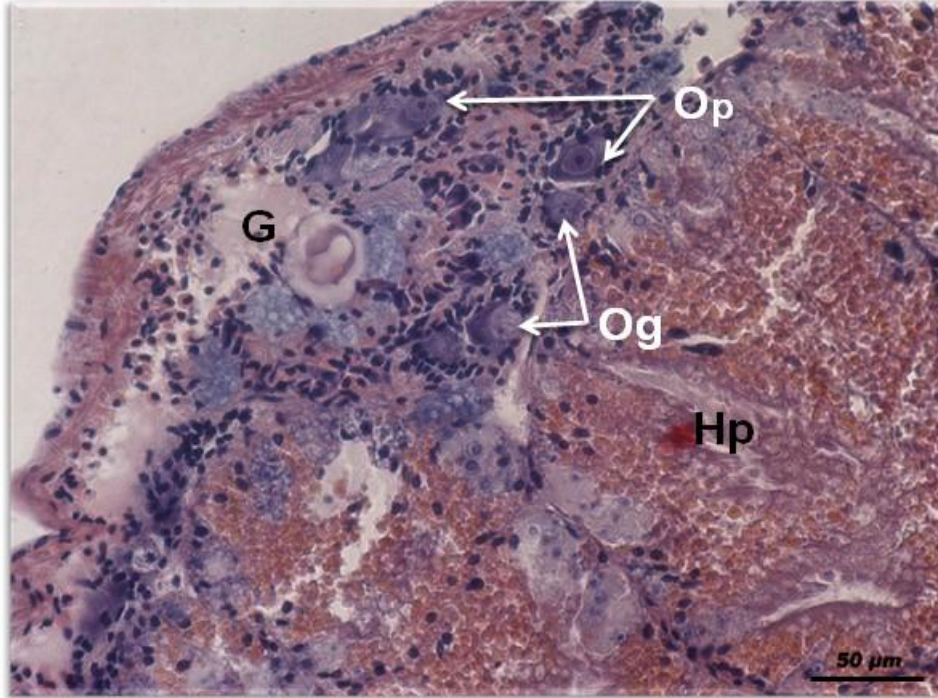


Figura 33. **Etapa de reposo en hembra.** Se observa la gónada (G) en relación con el hepatopáncreas (Hp), predominan las ovogonias (Og) y ovocitos primarios o previtelogénicos (Op). Escala= 50μm. H/E.

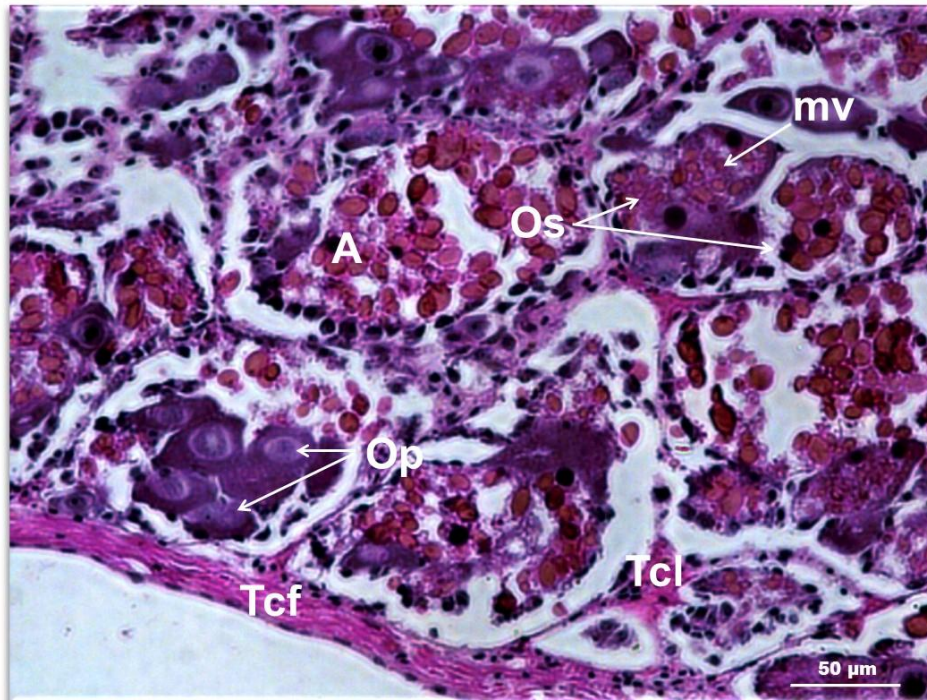


Figura 34. **Etapa de proliferación en hembra.** La gónada presenta tejido conjuntivo fibroso (Tcf) que se ramifica en tejido conjuntivo laxo (Tcl) para formar los alvéolos (A) que contienen ovocitos primarios o previtelogénicos (Op) y ovocitos secundarios (Os) con microvitelo (mv). Escala= 50μm. H/E.

6.3.3. Etapa de maduración.

En la etapa de maduración se observa la acumulación de gametos maduros, es decir, los organismos se encuentran listos para llevar a cabo la reproducción. La gónada alcanza su máxima talla, identificándose fácilmente por su color amarillo intenso, esta etapa se presentó en los meses de marzo a agosto, registrando en estos meses los valores más altos de los IGS.

Anatómicamente, la gónada incrementó su tamaño y sus alvéolos (A) presentaron gran diámetro (120 μm), delimitados por tejido conjuntivo laxo (Tcl), y completamente llenos de ovocitos maduros (Om) que midieron de 75-100 μm , los cuales se caracterizaron por presentar pequeñas gotas de vitelo denominado microvitelo (mv) alrededor del núcleo excéntrico y vitelo de mayor tamaño llamado macrovitelo (Mv) que se ubicó en el resto del citoplasma. (Fig. 35).

6.3.4. Etapa de desove.

La etapa de desove se caracteriza por la liberación de la mayoría de las células gaméticas, manteniendo en los alvéolos a otras células en pleno crecimiento, ya que presentan un desarrollo asincrónico, por lo que en estos organismos se observa una reproducción continua. En el desove la gónada disminuye de tamaño en comparación con la etapa de maduración y su color se mantiene en amarillo intenso, esta etapa comprendió los meses de mayo a octubre.

Histológicamente en la gónada (G), mostró espacios vacíos dentro de los alvéolos (A), por la liberación de los ovocitos maduros (Om) (Fig. 36).

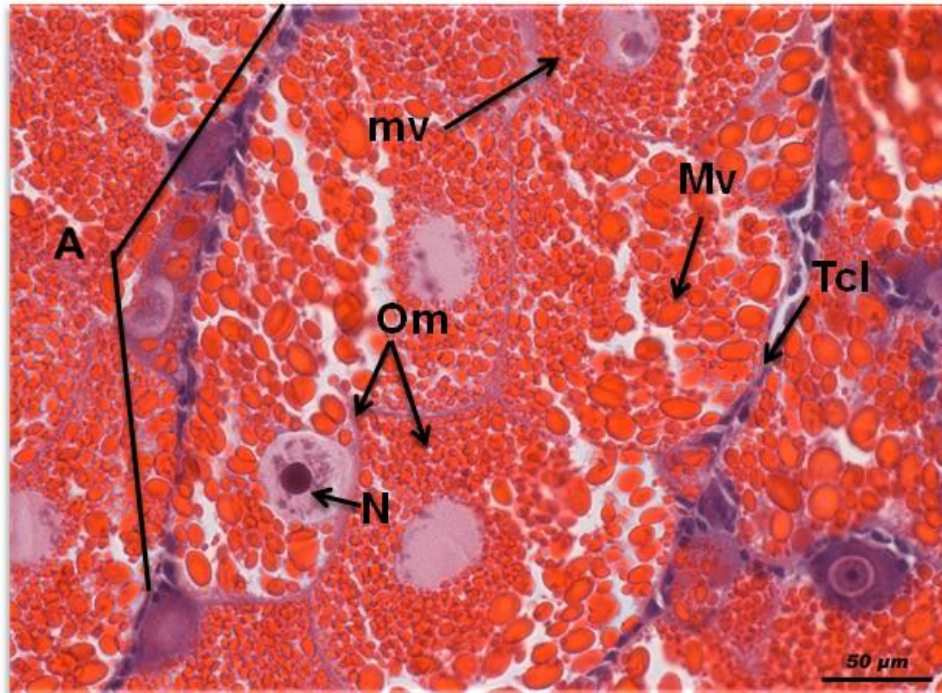


Figura 35. **Etapa de maduración en hembra.** El tejido conjuntivo laxo (Tcl) delimita a los alvéolos (A) llenos de ovocitos maduros (Om) que contienen microvitrilo (mv), macrovitrilo (Mv) y su núcleo excéntrico (N). Escala= 50μm. H/E.

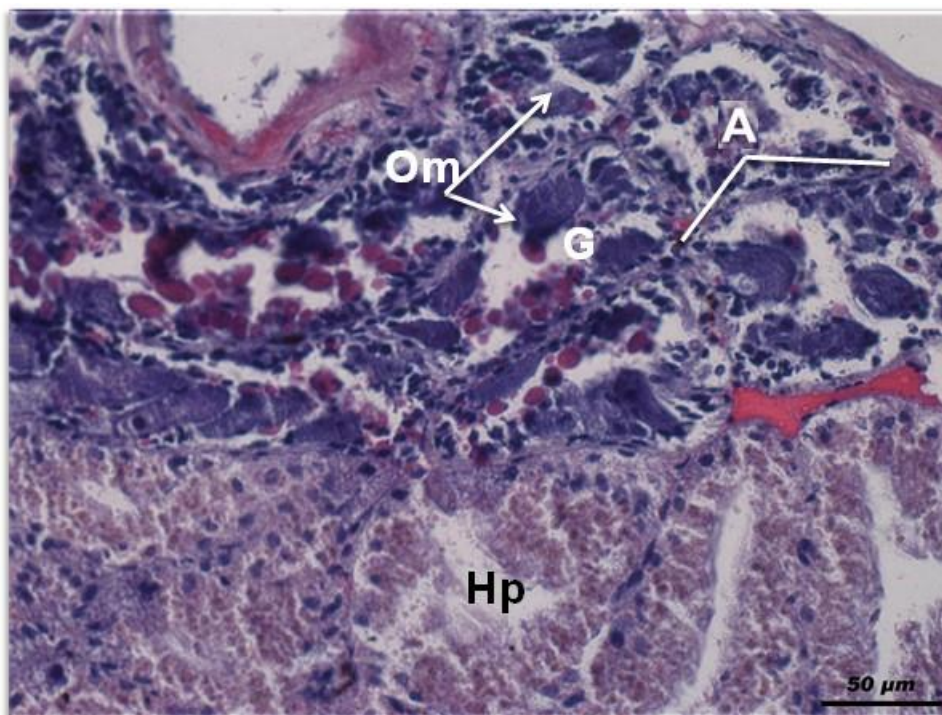


Figura 36. **Etapa de desova en hembra.** La gónada (G) ubicada en la parte dorsal del hepatopáncreas (Hp) muestra los alvéolos (A) con espacios vacíos por la liberación de ovocitos maduros (Om). Escala= 50μm. H/E.

6.4. Descripción histológica del desarrollo gonadal del macho.

En los caracoles machos que han alcanzado la edad reproductiva, la gónada mostró una coloración característica naranja, cambiando su tonalidad de acuerdo a la etapa de desarrollo gonadal (Fig. 37).



Figura 37. Ubicación de la gónada masculina ♂ del caracol *Plicopurpura pansa*.

En los machos de 1.3 cm. ya fue posible diferenciar a simple vista la gónada del hepatopáncreas e histológicamente el tejido gonadal se encuentra desarrollado con presencia de espermatozoides, tanto en la gónada como en los conductos seminíferos.

Histológicamente la gónada masculina se encontró delimitada por un epitelio cúbico simple (Ecs) seguido de tejido conjuntivo fibroso (Tcf), el cual penetra al estroma de la gónada y se ramifica en tejido conjuntivo laxo (Tcl) para formar la pared de los túbulos seminíferos (Ts) que contienen al epitelio germinativo (EG) que comprende todas las fases de desarrollo de las células sexuales (Fig. 38).

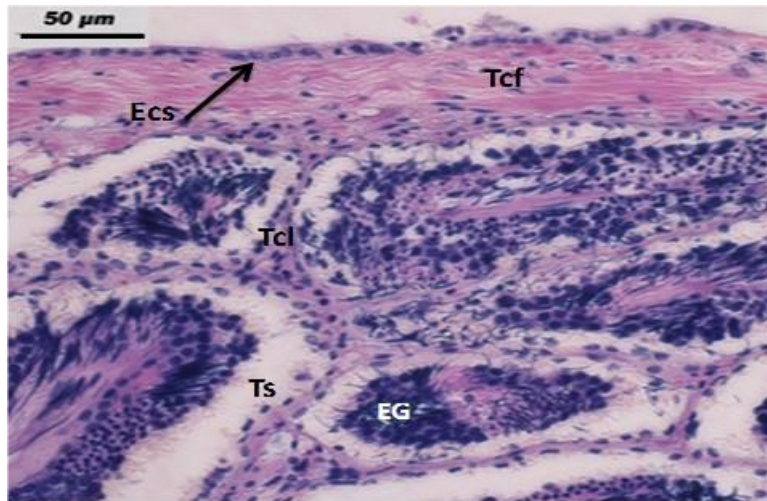


Figura 38. **Gónada masculina.** Delimitada por un epitelio cúbico simple (**Ecs**) y tejido conjuntivo fibroso (**Tcf**) que se ramifica en tejido conjuntivo laxo (**Tcl**) formando la pared de los túbulos seminíferos (**Ts**) que contienen al epitelio germinativo (**EG**). **Escala= 50μm. H/E.**

La gónada presentó túbulos seminíferos donde se localizaron las células sexuales organizadas de la pared hacia la luz del túbulo en:

- **Espermatogonias:** células diploides ($2n$) que se encontraron adheridas a la pared, con forma redonda u oval, diámetro de 7 - 8 μm y citoplasma traslúcido (Fig. 39).
- **Espermatocitos primarios:** con forma esférica y un diámetro de 9 -10 μm (Fig. 40).
- **Espermatocitos secundarios:** presentaron un diámetro de 3 - 4 μm y en este estadio ocurre una meiosis (Fig. 40).
- **Espermátidas:** células haploide (n) que se encuentra en transición para formar a los espermatozoides, con forma de gota alargada, midió de 5 - 10 μm (Fig. 41).
- **Espermatozoides:** células haploide (n), con forma alargada y delgada que llegó a medir de 10 - 20 μm y organizadas en paquetes en el centro del túbulo (Fig. 42).

De acuerdo con Quiroz-Rocha (1992) y González-Flores (1997) y con las diferencias estructurales observadas en el tejido gonadal de los organismos procesados, se establecieron cuatro etapas gonadales, reposo, proliferación, maduración y expulsión.

6.4.1. Etapa de reposo.

La etapa de reposo comprendió los meses de octubre y noviembre, en donde los organismos mostraron inactividad sexual, se encuentran en reposo y acumulando nutrientes que utilizarán en etapas posteriores. La gónada presentó un menor tamaño en comparación con el hepatopáncreas y su color anaranjado fue muy tenue.

Histológicamente la gónada presentó túbulos seminíferos (Ts) (70 μm) delimitados por tejido conjuntivo laxo (Tcl). En los túbulos se localizaron las diferentes etapas de maduración de las células sexuales, debido a que se trata de un organismo asincrónico que se encuentra en constante desarrollo, sin embargo, el tipo celular que predominó en esta etapa fueron las espermatogonias (Eg) y casi no se observaron espermatozoides (Ez) (Fig. 39).

6.4.2. Etapa de proliferación.

La etapa de proliferación comprendió el crecimiento y desarrollo de todas las células del epitelio germinativo, los organismos se preparan para la reproducción y la gónada comienza a crecer mostrando un color anaranjado claro. Esta etapa se registró en los meses de diciembre a febrero.

Histológicamente, la gónada incremento su tamaño y mostró túbulos seminíferos (Ts) de mayor diámetro (140 μm), en los cuales se encontraron orientadas, de la pared del tubo hacia la luz, las espermatogonias (Eg), espermatoцитos primarios (Ep), espermatoцитos secundarios (Es), espermátidas (Ed) y espermatozoides (Ez) (Fig. 40).

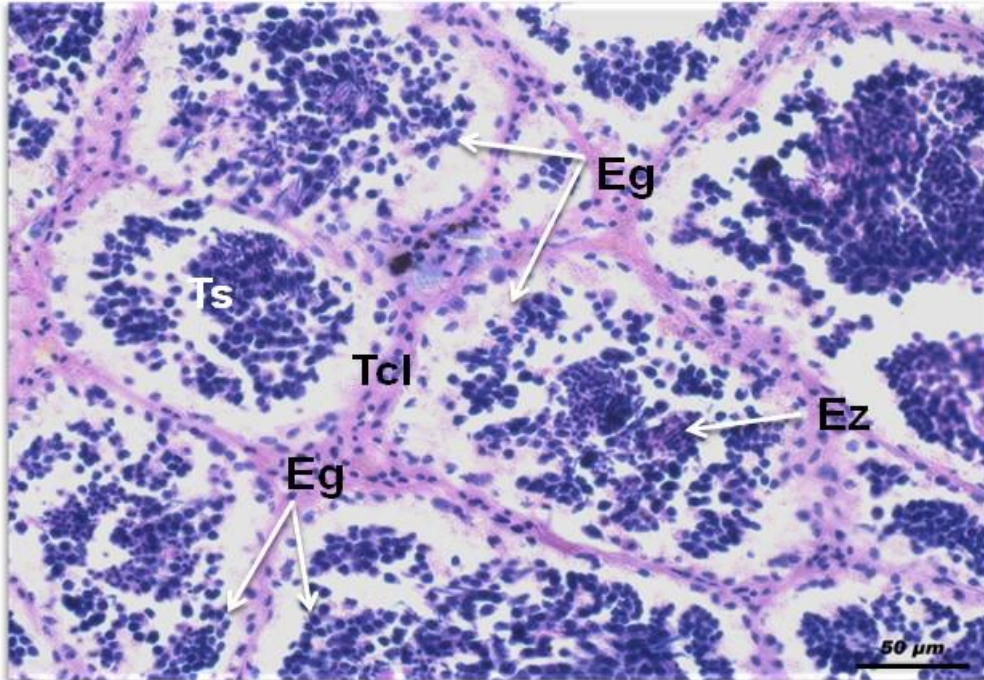


Figura 39. **Etapa de reposo en machos.** El tejido conjuntivo laxo (Tcl) se ramifica delimitando los túbulos seminíferos (Ts) que presenta una luz cerrada con presencia de espermatogonias (Eg) y escasos espermatozoides (Ez). Escala= 50μm. H/E.

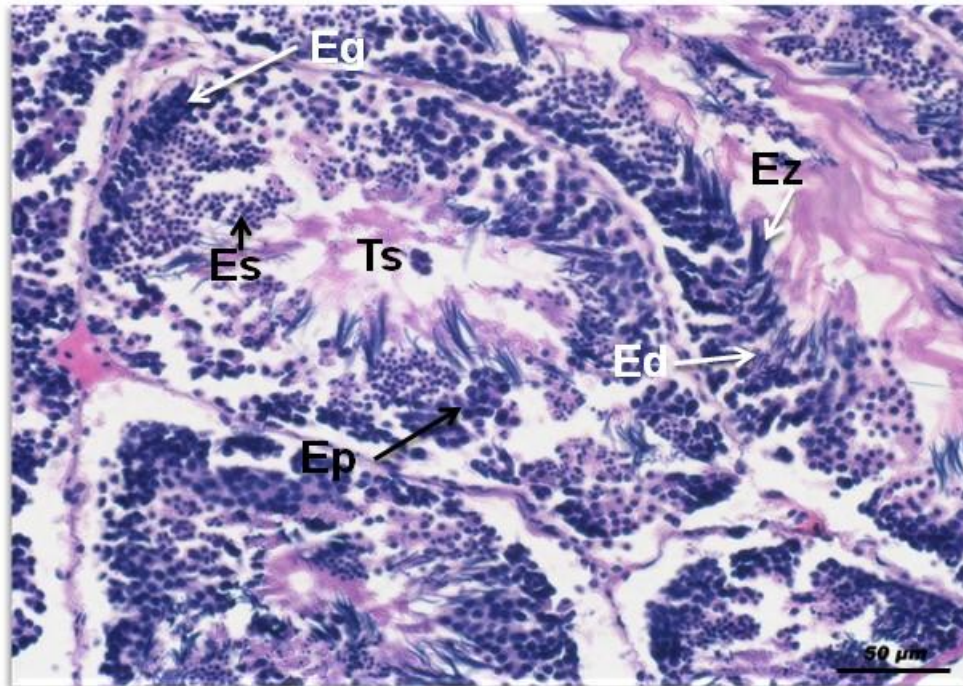


Figura 40. **Etapa de proliferación en machos.** Los túbulos seminíferos (Ts) contienen en desarrollo: espermatogonias (Eg), espermatocitos primarios (Ep), espermatocitos secundarios (Es), espermátidas (Ed) y espermatozoides (Ez). Escala= 50μm. H/E.

6.4.3. Etapa de maduración.

En la etapa de maduración los organismos incrementan su reproducción, la gónada sigue creciendo, mostrando una coloración naranja rojiza muy evidente en comparación con el color verde olivo del hepatopáncreas, registrándose esta etapa durante los meses de marzo a julio, coincidiendo con los valores más altos de los IGS obtenidos.

Histológicamente la gónada incrementó su tamaño y los túbulos seminíferos fueron de mayor diámetro (175 μm). En el interior de los túbulos seminíferos (Ts), se localizó el epitelio germinativo (EG) que comprende distintas células sexuales (espermatogonias, espermatocitos primarios y secundarios) y hacia la luz del túbulo se orientan las espermátidas (Ed) y espermatozoides (Ez) organizados en paquetes (Fig. 41).

6.4.4. Etapa de expulsión.

En la etapa de expulsión se observó la liberación o expulsión de todos los gametos maduros denominados espermatozoides. La gónada disminuyó su tamaño en comparación con la etapa de maduración y presentó una coloración anaranjada clara. Esta etapa se observó en los meses de abril a septiembre.

Histológicamente la gónada mostró túbulos seminíferos (Ts) (140 μm) reducidos con huecos o espacios vacíos, debido a la expulsión de los espermatozoides (Ez). En la pared del túbulo fueron escasas las células sexuales, predominando las espermátidas (Ed) y hacia el centro del túbulo se apreciaron espermatozoides (Ez) residuales (Fig. 42).

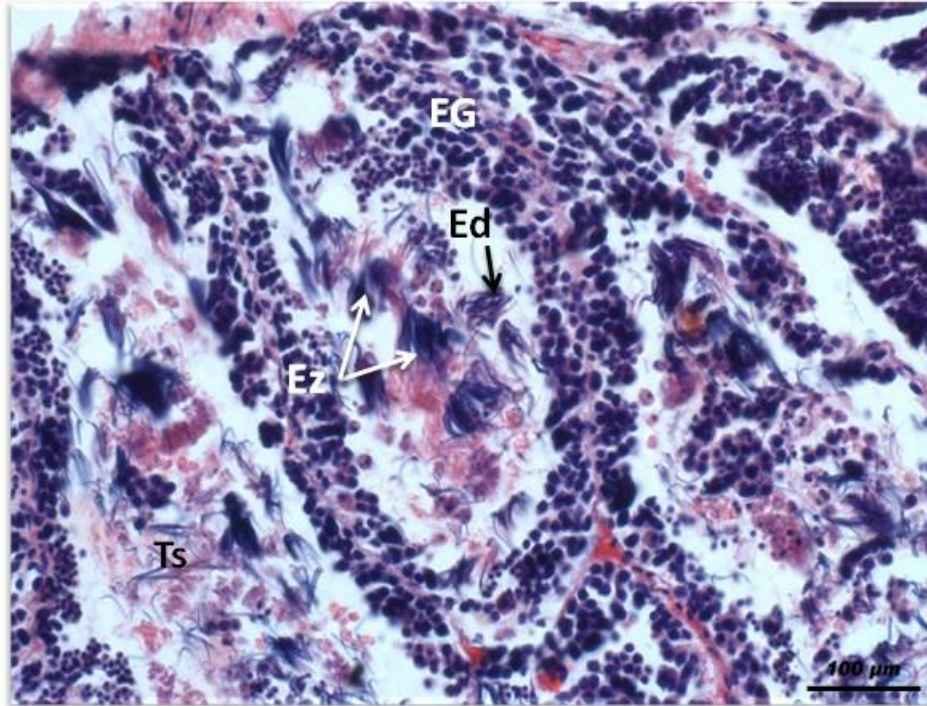


Figura 41. **Etapa de maduración en machos.** Los túbulos seminíferos (Ts) incrementan su diámetro y contiene al epitelio germinativo (EG), predominando las espermatidas (Ed) y espermatozoides (Ez) al centro de la luz del túbulo. **Escala= 100µm. H/E.**

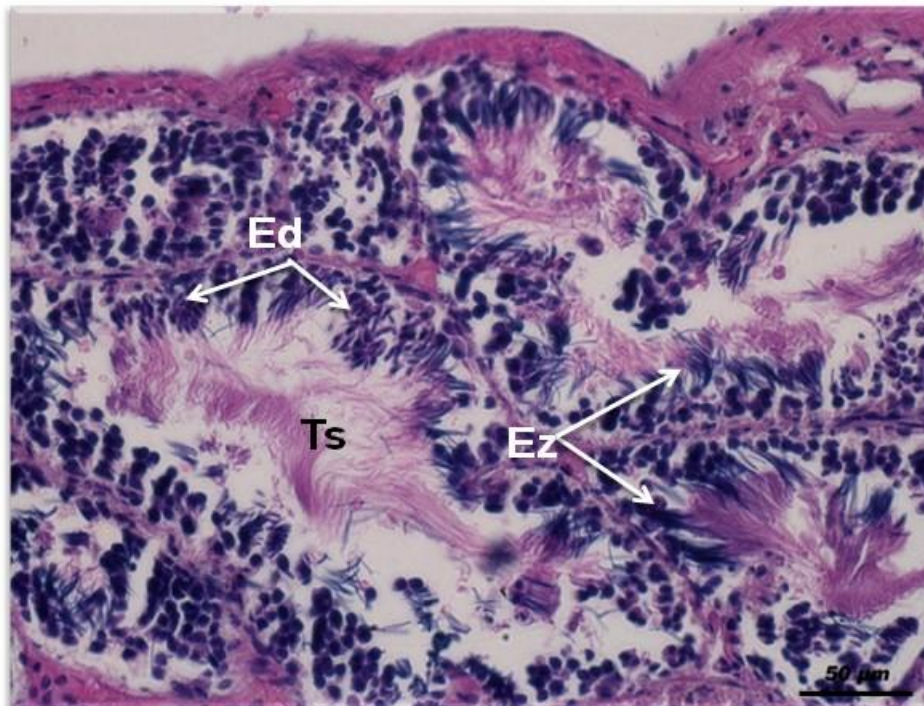


Figura 42. **Etapa de expulsión en machos.** Los túbulos seminíferos (Ts) presentan espacios vacíos, por la expulsión de espermatozoides (Ez) y en la pared del túbulo se observan algunas espermatidas (Ed). **Escala= 50 µm. H/E.**

6.5. Relación de parámetros ambientales-desarrollo gonadal.

Los parámetros ambientales registrados durante las colectas mensuales fueron pH, salinidad y temperatura del agua (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación de parámetros ambientales registrados durante las colectas con las etapas del desarrollo gonadal.

Mes	pH	Salinidad (‰)	Temperatura (°C)	Etapa del desarrollo gonadal		
				Hembras	Machos	
2010	MARZO	-	-	23	MADURACIÓN	MADURACIÓN
	ABRIL	-	-	28	MADURACIÓN	MADURACIÓN y EXPULSIÓN
	JUNIO	7	35	28	MADURACIÓN y DESOVE	MADURACIÓN y EXPULSIÓN
	JULIO	7	35	29	MADURACIÓN y DESOVE	MADURACIÓN y EXPULSIÓN
	AGOSTO	7	35	30	MADURACIÓN y DESOVE	EXPULSIÓN
	SEPTIEMBRE	7	28	28	DESOVE	EXPULSIÓN
	OCTUBRE	7	25	29	DESOVE	REPOSO
	NOVIEMBRE	7	28	28	REPOSO	REPOSO
	DICIEMBRE	7	28	27	REPOSO	PROLIFERATIVA
2011	ENERO	7	26	26	PROLIFERATIVA	PROLIFERATIVA
	FEBRERO	7	32	26	PROLIFERATIVA	PROLIFERATIVA
	MARZO	7	36	23	MADURACIÓN	MADURACIÓN
	ABRIL	7	32	27	MADURACIÓN	MADURACIÓN y EXPULSIÓN
	MAYO	7	30	29	MADURACIÓN y DESOVE	MADURACIÓN y EXPULSIÓN

El pH se mantuvo constante a lo largo de todas las colectas mensuales del año 2010 y 2011. La salinidad registró una variación de 25‰ a 36‰, observando una disminución de salinidad (25-28 ‰) de septiembre - enero y un incremento de la concentración (35‰) de junio – agosto, reportando un incremento brusco en marzo del 2011 (36‰). La temperatura del agua osciló de 23°C a 30°C, registrándose la menor de 23°C en el mes de marzo del 2010 y 2011 y la máxima (30°C) en agosto.

7. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que el caracol *Plicopurpura pansa* presentó dimorfismo sexual, es decir la hembra alcanza tallas mayores en comparación con el macho, lo que coincide con lo reportado por Turok *et al.*, (1988) en el estado de Oaxaca. Para la Playa el Palmar, en Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero la máxima talla en hembras fue de 5.0 cm. y en machos fue de 4.4 cm., sin embargo aún cuando existe dimorfismo sexual, se observó histológicamente que la talla no es un indicativo de maduración gonadal, dado que los machos alcanzan su madurez sexual a los 1.3 cm., mientras que las hembras hasta los 2.0 cm.

P. pansa mostró asincronía gonadal, es decir, se encuentra en constante desarrollo y reproducción, lo que coincide con lo reportado por Quiroz-Rocha (1992) y González-Flores (1997). Sin embargo, aún cuando se trata de un organismo asincrónico, se observó que el desarrollo gonadal presentó etapas definidas de maduración y desove (hembras) o expulsión (machos), dado que aumentó el tamaño de la gónada y la maduración de las células sexuales, es decir, ambos sexos se sincronizan para asegurar su reproducción.

Los IGS aumentan de marzo a agosto en hembras y de marzo a septiembre en machos, indicando el periodo de maduración y reproducción en donde la gónada alcanza su máxima talla y se encuentra llena de células sexuales. Éste periodo comprendió meses en donde las condiciones ambientales son favorables (aumento de temperatura) para la reproducción.

En las costas de Ixtapa-Zihuatanejo las etapas gonadales de maduración y desove o expulsión se observaron de marzo a agosto, es decir, durante este periodo el caracol *P. pansa* incrementa su reproducción. Coincidiendo con lo observado en campo por Flores-Garza *et al.*, (2007) en Playa Ventura, Guerrero, quienes reportaron un mayor número de parejas copulando en el mes de marzo.

En cuanto a los parámetros ambientales, la salinidad mostró valores máximos de 35‰ de junio a agosto, coincidiendo con las etapas gonadales de maduración y desove o expulsión, lo que indica que es la concentración adecuada para que los organismos lleven a cabo la reproducción. Por el contrario, Flores-Garza (2004) en otra zona de Guerrero., observó el reclutamiento o aparición de caracoles juveniles en septiembre y diciembre, coincidiendo con los valores más bajos de salinidad registrados en el presente estudio (septiembre-enero), con lo que se puede deducir que los valores mínimos de salinidad no influye en la reproducción, pero asegura la sobrevivencia de la etapa juvenil del caracol *P. pansa*.

El incremento de salinidad en el mes de marzo de 2011 (36‰), puede explicarse a partir de las turbulencias y movimientos de los sedimentos del fondo del mar y a la erosión de las playas, debido al tsunami que se registró un día antes de la colecta, el cual se generó a partir de un sismo de 8.9 grados Richter en Japón y se propagó hacia el Pacífico Mexicano, alcanzando olas de hasta dos metros de alto en las costas de Zihuatanejo. El tsunami incrementó la salinidad, como lo reportó Skinner (2005), o bien, el movimiento de los sedimentos del fondo del mar provocó una lectura errónea del ángulo de refracción del refractómetro por todas las partículas suspendidas en la columna de agua. Cabe mencionar que en éste mes, tanto hembras como machos iniciaron su etapa de maduración gonadal.

La temperatura del agua, incremento de abril a octubre, coincidiendo con las etapas de maduración y desove (hembras) - expulsión (machos), indicando con ello, que aún cuando se trata de un organismo asincrónico, durante éste periodo se incrementó la reproducción de la población del caracol *Plicopurpura pansa* en las costas de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero.

Asimismo se observó que el inicio y término de la etapa de maduración en hembras se presentó con la menor temperatura (23°C) registrada en marzo y la mayor temperatura (30°C) reportada en agosto, respectivamente. Observando que la temperatura del agua influyó en la maduración gonadal promoviendo la reproducción del caracol *Plicopurpura pansa*, coincidiendo con Naegel y Gómez (2004) quienes observaron que la temperatura elevada del agua acorta el periodo de desarrollo larvario del caracol *P. pansa* en condiciones de laboratorio.

Por otro lado Naegel (2004) reportó la presencia de un receptáculo seminal, en donde las hembras guardan el esperma viable para ser utilizado en meses posteriores a la copulación, o como se observa en el presente estudio, las hembras esperan las condiciones ambientales favorables para concluir su fecundación y así asegurar su descendencia.

La etapa de maduración del caracol *P. pansa* en las costas de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero se presenta de marzo a agosto, coincidiendo con González-Flores (1997) en el estado de Sinaloa quien observó dicha etapa de marzo a julio, con Quiroz-Rocha (1992) en el estado de Nayarit observó la etapa de marzo a septiembre, Michel-Morfín (2000) en el estado de Jalisco reportó la época de reproducción en los meses de enero y mayo, Flores-Garza (2004) en el estado de Guerrero, reportó el mayor número de parejas copulando en los meses de marzo y junio, asimismo Hernández y Acevedo (1987) y Turok *et al.* (1988) en Oaxaca reportaron un mayor número de parejas copulando en los meses de marzo a junio, lo que indica que la etapa de maduración del caracol *P. pansa* se registra de marzo hacia los meses con mayor temperatura, aún cuando se trate de diferentes áreas de colecta, la temperatura sólo aumenta o disminuye algunos grados Celsius a lo largo del Pacífico Mexicano.

8. CONCLUSIONES

- La gónada del caracol *Plicopurpura pansa* histológicamente está delimitada por un epitelio cúbico simple y una capa de tejido conjuntivo fibroso que se ramifica formando la pared de los alvéolos (hembras) y de los túbulos seminíferos (machos), en donde se localizan las células sexuales en diferentes estadios de maduración.
- Se definieron cuatro etapas de desarrollo gonadal en hembras y machos. En hembras: reposo, proliferación, maduración y desove y en machos: reposo, proliferación, maduración y expulsión.
- Las etapas de maduración y desove o expulsión del caracol *P. pansa* en las costas de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero se presentan en los meses de marzo a agosto, en donde la gónada alcanza su máxima talla y desarrollo gonadal en cada sexo, asegurando la reproducción de la especie. Durante este periodo las condiciones climatológicas son favorables para llevar a cabo la reproducción, registrando la temperatura del agua un aumento de 23 a 30°C (marzo - agosto) y la salinidad se incrementó a 35‰ (junio - agosto).
- De los parámetros ambientales la temperatura juega un papel importante en el desarrollo gonadal del caracol *P. pansa*, delimitando el inicio y término de la etapa de maduración (marzo-agosto) en hembras, registrando la menor temperatura en marzo (23°C) y la mayor en agosto (30°C).
- El incremento de salinidad se presentó en los meses con mayor temperatura de junio a agosto, coincidiendo con la etapa de maduración y desove o expulsión. La disminución de salinidad se registró de octubre a febrero en época de lluvias (aportes de agua dulce del Río Ixtapa), coincidiendo con la etapa de reposo y proliferación.

9. LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar, M., B. Coutiño y P. Salinas. 1996. *Manual general de técnicas histológicas y citoquímicas*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 130 pp.
- Arias-Rodríguez, L., J. P. González-Hermoso, H. Fletes-Regalado, L. E. Rodríguez-Ibarra y G. Del Valle. 2007. Cariotipos de los caracoles de tinte *Plicopurpura pansa* y *Plicopurpura columellaris* (Gastropoda: Muricidae). *Revista Biología Tropical* 55 (3-4): 853-866.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2003. *Invertebrates*. Sinauer. E.U.A. 936 pp.
- Castillo-Rodríguez, Z. G. 1992. Combinatio Nova de *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) (Prosobranchia: Muricoidea). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM* 19: 103-111.
- Castillo-Rodríguez, Z. G. y F. Amezcua-Linares. 1992. Biología y aprovechamiento del caracol morado *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) (Gastropoda: Neogastropoda) en la costa de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM* 19: 223-234.
- Chávez, E. A. 2002. *Plicopurpura pansa*. Análisis de la situación de algunas especies de invertebrados marinos de tres Phyla (Cnidaria, Mollusca, Echinodermata). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W006. México. D.F.
- Corona-Muñiz, M. M. 2006. Ciclo reproductivo del caracol *Purpura pansa* Gould 1853, de la bahía de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 56 pp.
- Domínguez-Ojeda, D., H. González-Vega., J. T. Nieto-Navarro y J. M. J. Ruiz-Velazco-Arce. 2009. Aspectos biológicos de los caracoles *Plicopurpura pansa* y *Plicopurpura columellaris* mediante observaciones en condiciones de laboratorio. *Revista electrónica de Veterinaria* 10(2): 1-7.
- Fernández, M. A. y G. Rivas (Eds.). 2007. *Niveles de organización en animales*. Las Prensas de Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 415 pp.

- Flores-Garza, R. 2004. Aspectos ecológicos y parámetros poblacionales en el caracol de tinte *Plicopurpura patula pansa* (Gould, 1853), en el litoral rocoso del estado de Guerrero, México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. México. 184 pp.
- Flores-Garza, R., P. Flores-Rodríguez., S. García-Ibáñez y A. Valdés-González. 2007. Demografía del caracol *Plicopurpura pansa* (Neotaenioglossa: Muricidae) y constitución de la comunidad malacológica asociada en Guerrero, México. *Revista Biología Tropical* 55 (3-4): 867-878.
- Flores-Rodríguez, P., R. Flores-Garza., S. García-Ibáñez y A. Valdés-González. 2007. Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones, La Unión, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 33-40.
- Fulvo, A. y R. Nistri. 2006. *Moluscos*. Grijalbo. Barcelona. 256 pp.
- García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen* (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 pp.
- García-Ibáñez, S., R. Flores-Garza., P. Flores-Rodríguez y A. Valdés-González. 2004. Densidad y tallas de *Plicopurpura patula pansa* relacionadas con el sustrato y oleaje en la costa de Guerrero, México. *Hidrobiológica* 14(2): 127-136.
- García-Ibáñez, S., P. Flores-Rodríguez., R. Flores-Garza y A. Valdés-González. 2007. Dispersión espacial de *Plicopurpura patula pansa* en playas rocosas del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 15-21.
- Giese, A. C., J. S. Pearse y H. H. Webber (Eds.). 1977. *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. IV: *Gastropoda: Prosobranchia*. Academic Press. New York. 97 pp.
- González-Flores, O. B. 1997. Contribución al estudio del ciclo gonádico del caracol *Purpura pansa* Gould, 1853 (Gastropoda: Prosobranchia) en Mazatlán, Sinaloa. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 87 pp.

- González-Hermoso, J. P. y H. Fletes-Regalado. 2002. Estudio citogenético en los caracoles de tinte *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) y *Plicopurpura columellaris* (Lamarck, 1822). Tesis de Licenciatura (Ingeniero Pesquero en Recursos Acuáticos), Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. México. 45 pp.
- Hernández-Cortés, E. y J. Acevedo-García. 1987. Aspectos poblacionales y etnobiológicos del caracol *Purpura pansa*, Gould, 1853 en la costa de Oaxaca. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 147 pp.
- Michel, J. E., E. A. Chávez y L. González. 2002. Estructura de la población, esfuerzo y rendimiento de tinte del caracol *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) en el Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas* 28(4): 357-368.
- Michel-Morfín, J. E. 2000. Ecología y aprovechamiento del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* en las costas del Pacífico Mexicano. Tesis Doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, BCS, IPN. México. 128 pp.
- Morán-Fernández, A. L. 2010. "Playas limpias" certifica a playa "El Palmar" en Ixtapa- Zihuatanejo. Boletín de Prensa: 42, México. Página en red: www.travelixtapazihuatanejo.com/libraries/uploaded/general/file/press/2010/bp42_playas_limpias.pdf.
- Muñoz-Mancilla, E. 2003. Ciclo gonádico del caracol *Purpura pansa* (Gould, 1853) (Gastropoda: Prosobranchia) de la Bahía de Cuastecomate, región de Melaque, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 56 pp.
- Naegel, L. 2004. Laboratory spawning of the purple snail *Plicopurpura pansa* (Gastropoda: Muricidae). *Revista Biología Tropical* 52 (1): 57-65.
- Naegel, L. y M. del C. Gómez. 2004. Embriogénesis y desarrollo larvario intracapsular de *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) (Prosobranchia, Muricidae) en condiciones de laboratorio. *Ciencias Marinas* 30 (2): 297-310.
- Quiroz-Rocha, G. A. 1992. Contribución al estudio histológico de la gónada del caracol *Purpura pansa* Gould, 1853 (Gastropoda: Prosobranchia). Tesis de Licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. México. 44 pp.

- Ramírez, M. y L. Naegel. 2003. Crecimiento del caracol de tinte *Plicopurpura pansa* en Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 29(3): 283-290.
- Skinner, J. 2005. Tsunamis: sus efectos. Daños causados en el medio natural. *Ambienta*. 48: 30-35.
- Tovilla-Hernández, C. S., A. Mora-Corro, J. Rojas-García y A. D. Vázquez-Lule. 2009. Caracterización del sitio de manglar Ixtapa, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F. Página en red: www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS23Ixtapacaracterizacion.pdf.
- Turok, M., A. Sigler, E. Hernández, J. Acevedo, R. Lara y V. Turcott. 1988. *El caracol Purpura pansa una tradición milenaria de Oaxaca*. Dirección General de Culturas Populares. SEP. México. 166 pp.
- Wilbur, K. M., A. S. Tompa, N. H. Verdonk y J. A. M. Van Den Biggelaar (Eds.). 1984. *The Mollusca. Vol. 7: Reproduction*. Academic Press, Inc. New York. 45 pp.
- WoRMS Editorial Board. 2015. World Register of Marine Species. Página en red: www.marinespecies.org.