

**DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA E HISTOLÓGICA DE LA MADUREZ GONADAL DEL  
PULPO COMÚN (*Octopus cf. vulgaris* Cuvier 1797) DURANTE UNA ÉPOCA SECA  
EN LA BAHÍA DE TAGANGA, CARIBE COLOMBIANO**

**DAYANA CALDERÓN MANRIQUE  
DIANA CAROLINA RUIZ CASTILLO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD CIENCIAS BÁSICAS  
BIOLOGÍA APLICADA  
BOGOTÁ, D.C.  
2009**

**DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA E HISTOLÓGICA DE LA MADUREZ GONADAL DEL  
PULPO COMÚN (*Octopus cf. vulgaris* Cuvier 1797) DURANTE UNA ÉPOCA SECA  
EN LA BAHÍA DE TAGANGA, CARIBE COLOMBIANO**

**DAYANA CALDERÓN MANRIQUE  
DIANA CAROLINA RUIZ CASTILLO**

**TESIS DE PREGRADO PARA OPTAR AL TITULO DE BIÓLOGO APLICADO**

**DIRECTOR  
CARLOS ALBERTO TRUJILLO  
BIÓLOGO MARINO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD CIENCIAS BÁSICAS  
BIOLOGIA APLICADA  
BOGOTA, D.C.  
2009**

## CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción	10
2. Objetivos	13
2.1 Objetivo General	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3. Justificación	14
4. Revisión bibliográfica	16
4.1 Generalidades	16
4.2 Sistemática	17
4.2.1 Clasificación Taxonómica	17
4.3 Distribución	17
4.4 Reproducción	19
4.4.1 Gametogénesis	21
4.4.1.1 Espermatogénesis	21
4.4.1.2 Oogénesis	22
5. Área de estudio	24
6. Metodología	26
6.1 Análisis Histología	26
6.2 Descripción Microscópica	27
6.3 Análisis Estadístico	30
7. Resultados	31
7.1 Estadios de maduración	31
7.1.1 Hembras	31
7.1.2 Machos	36
7.1.3 Indeterminados	42
7.2 Proporción de sexos	43
7.3 Clases de peso y longitud del manto	43
7.3.1 Desarrollo testicular	44

7.3.2 Desarrollo ovárico	46
7.4. Frecuencia de estadios de madurez sexual	49
7.5 Composición por peso y longitud del manto	53
7.6 Desarrollo Ovárico	59
7.7 Índice de Madurez	60
7.8 Peso Mínimo de Extracción	63
8. Discusión	65
9. Conclusiones	72
10. Recomendaciones	73
11. Bibliografía	74

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Número de especies y distribución de los representantes del orden Octopoda en Colombia.	18
<b>Tabla 2.</b> Resumen de las características de los estadios microscópicos de desarrollo gonadal de hembras y machos de <i>O. vulgaris</i> .	28
<b>Tabla 3.</b> Valor promedio y desviación estándar del peso total, LDM y peso de la gónada de las hembras de <i>O. cf. vulgaris</i> .	32
<b>Tabla 4.</b> Valor promedio y desviación estándar del peso total, LDM y peso de la gónada de los machos de <i>O. cf. vulgaris</i> .	37
<b>Tabla 5.</b> Valores promedio y desviación estándar de peso total, LDM y peso gónada de individuos indeterminados.	42
<b>Tabla 6.</b> Clases peso total para machos y para hembras de <i>O. cf. vulgaris</i> .	43
<b>Tabla 7.</b> Clases LDM para machos y para hembras de <i>O. cf. vulgaris</i> .	44
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje de estadios de madurez y número de individuos de machos en cada clase de peso y LDM.	45

<b>Tabla 9.</b> Porcentaje de estadios de madurez de hembras en cada clase de peso y LDM.	47
<b>Tabla 10.</b> Correlaciones entre las variables peso total, LDM y peso gónada de machos y hembras.	59
<b>Tabla 11.</b> Valor promedio y desviación estándar de las áreas de los oocitos presentes en cada estadio de madurez.	59
<b>Tabla 12.</b> Intervalo de los valores y promedio del Índice de madurez durante la época seca en la región Taganga correspondiente a cada estadio.	61
<b>Tabla 13.</b> Correlaciones del peso total y de LDM con respecto al índice de madurez	63

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Zona de estudio.	24
<b>Figura 2.</b> Estructura general del ovario de <i>O. cf. vulgaris</i> .	32
<b>Figura 3.</b> Ovario estadio I.	33
<b>Figura 4.</b> Detalle oocitos perinuclolares.	34
<b>Figura 5.</b> Oocito inmaduro.	34
<b>Figura 6.</b> Ovario en estadio II.	35
<b>Figura 7.</b> Estadio III (Pre-puesta- Vitalogénesis).	36
<b>Figura 8.</b> Panorámica de los túbulos seminíferos.	37
<b>Figura 9.</b> Testículos en estadio I.	38
<b>Figura 10.</b> Detalle de una célula de Sertoli y espermatogonias presentes en los túbulos seminíferos.	39
<b>Figura 11.</b> Macho estadio II.	40
<b>Figura 12.</b> Detalle de las células germinativas.	40
<b>Figura 13.</b> Estadio III.	41

<b>Figura 14.</b> Detalle túbulo seminífero estadio III.	41
<b>Figura 15.</b> Vista panorámica de los individuos indeterminados.	42
<b>Figura 16 A.</b> Histograma de la madurez testicular del pulpo <i>O. cf. vulgaris</i> de acuerdo al peso total.	45
<b>Figura 16 B.</b> Histograma de la madurez testicular del pulpo <i>O. cf. vulgaris</i> de acuerdo a la longitud dorsal del manto.	46
<b>Figura 17 A.</b> Histograma de la madurez ovárica del pulpo <i>O. vulgaris</i> de acuerdo a la longitud dorsal del manto.	48
<b>Figura 17 B.</b> Histograma de madurez ovárica del pulpo <i>O. vulgaris</i> de acuerdo al peso total.	48
<b>Figura 18.</b> Frecuencia de estadios de madurez gonadal en hembras.	49
<b>Figura 19.</b> Frecuencia de estadios de madurez gonadal en machos.	50
<b>Figura 20.</b> Frecuencia de los estadios de madurez sexual de machos.	51
<b>Figura 21.</b> Frecuencia de los estadios de madurez sexual de hembras.	52
<b>Figura 22.</b> Distribución de los estadios de madurez a lo largo de los meses de <i>O cf. vulgaris</i> .	53
<b>Figura 23.</b> Variación en el peso total en cada estadio de madurez de hembras de pulpo.	54
<b>Figura 24.</b> Variación en la LDM en cada estadio de madurez de hembras de pulpo.	55



<b>Figura 25.</b> Variación en el peso de la gónada en cada estadio de madurez de hembras de pulpo.	55
<b>Figura 26.</b> Variación en el peso total en cada estadio de madurez de machos de pulpo.	56
<b>Figura 27.</b> Variación en la longitud dorsal del manto cada estadio de madurez de machos de pulpo.	57
<b>Figura 28.</b> Variación en el peso de las gónadas en cada estadio de madurez de machos de pulpo.	57
<b>Figura 29.</b> Correlación entre peso y LDM de machos de pulpo.	58
<b>Figura 30.</b> Correlación entre peso total y LDM de hembras de pulpo.	58
<b>Figura 31.</b> Variación mensual y porcentual de los oocitos.	60
<b>Figura 32.</b> Cambios del Índice de Madurez.	61
<b>Figura 33.</b> Variación mensual del índice de madurez.	62
<b>Figura 34.</b> Variación mensual del peso promedio de hembras y machos.	64

## INTRODUCCIÓN

Los cefalópodos son una clase perteneciente al *Phylum Mollusca* de la cual hacen parte calamares, sepias y pulpos. Los moluscos representan gran importancia ecológica al ocupar posiciones intermedias en la cadena alimenticia y a la vez es un recurso pesquero altamente explotado para alimentación y ornamentación (Ayçaguer, 2008). En general, los cefalópodos se caracterizan por ser marinos, cosmopolitas y depredadores activos; poseen sexos separados, modifican uno o dos brazos llamados hectocótilos (permiten la transferencia de espermatóforos durante el apareamiento) y el desarrollo larvario es directo (con excepción de la familia Cranchidae) (Díaz et al., 2000).

Los cefalópodos son capturados por flotas pesqueras industriales y por pescadores artesanales siendo el Pacífico y Atlántico norte donde ocurren más de la mitad de dichas capturas (Roper et al., 1984). En general, de la pesca total de cefalópodos, los calamares representan las dos terceras partes, los pulpos el 15% y las sepias el 14%. Entre los géneros más comunes en las capturas se encuentran *Loligo*, *Illex* y *Todarodes*; *Octopus* y *Eledone*; *Sepia*, *Sepiella* respectivamente (Díaz et al., 2000).

En Colombia, la pesca de calamares y pulpos se caracteriza por ser incidental, artesanal y principalmente para recurso alimenticio y por estar estrechamente relacionada con la captura de camarón; el pulpo común ocupa el tercer lugar de pesca marina artesanal dentro de los moluscos después del chipi chipi (*Anomalocardia brasiliana*), el caracol (*Melongena melongena*) y la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) (Boletín pesca y acuicultura, 2007; Díaz et al., 2000; Marcanos y Lodeiros, 1987).

En cuanto a la producción nacional del sector pesquero en Colombia, está conformada por pesca marina con el 53%, el 38% por acuicultura (12% marina y 26% continental) y el 9% proviene de la pesca continental. La producción de pulpo por pesca alcanzó un total de 1,05 toneladas durante el año 2006, en el Caribe y 0,10 toneladas en el Pacífico colombiano. En la actualidad el país no cuenta con la suficiente producción interna de

pulpo, lo cual promueve las importaciones de pulpo; para el año 2007 superaron las 25 toneladas (CCI- Incoder, 2007).

El pulpo común *Octopus cf. vulgaris*, es una de las especies de octópodos que se pesca sin control en el Caribe colombiano (Díaz et al., 2000). Por ejemplo, en la región de Santa Marta, las capturas de pulpo por pesca artesanal en el área del aeropuerto registran un peso promedio de 555,3 g ( $\pm$  262 g) para los machos y 496 g ( $\pm$  227 g) para las hembras (Trujillo, 2007). Las tallas mínimas de madurez sexual para el Caribe colombiano no se conocen, sin embargo, si se tiene en cuenta que la madurez sexual de los pulpo al norte de España se alcanza a un peso de 1.000 y 1.100 g para machos y hembras, respectivamente, según Rodríguez-Rúa et al. (2003), es claro que gran parte del esfuerzo pesquero está soportado por el stock juvenil, con las graves implicaciones que conlleva la sobreexplotación de reclutamiento.

A lo anterior se le suma el escaso conocimiento de la biología básica de la especie en el país, que finalmente ayudaría a tener pautas de manejo en su explotación en espacios naturales y adicionalmente, daría los elementos necesarios para su manejo en cautiverio.

Para establecer normas de manejo en condiciones de cautividad es importante realizar investigaciones sobre el desarrollo del ciclo reproductivo. Se conocen estudios en España realizados por Rodríguez-Rúa et al. (2005), quienes concluyen que la actividad reproductiva y la madurez sexual de machos y hembras es un proceso estacional.

Por otra parte, Olivares et al. (2001) e Ishiyama et al. (1999) han realizado estudios histológicos de la ovogénesis y de la biología reproductiva de *Octopus mimus* en Chile y Perú, respectivamente. Este cefalópodo, por muchas décadas confundido con *O. vulgaris* (Olivares et al., 2001), se distribuye desde el norte de Perú hasta la costa central de Chile siendo el recurso mas importante de la pesquería bentónica artesanal para ambos países, razón por la cual los estudios morfológicos e histológicos de los órganos reproductores brindan información acerca del comportamiento reproductivo, y tal como ocurre con *O. vulgaris* se espera que a partir de los resultados proporcionados por dichos estudios se aplique una extracción racional de la especie, reglamentada y controlada (Ishiyama et al., 1999).

La caracterización histológica de *O. minus* proporcionó una escala de madurez gonadal distinguiéndose nueve estadios tanto para machos como para hembras: indiferenciado; inmaduro; inicio de la maduración; en desarrollo; maduros; cópula; durante la cópula; post cópula, autofecundación y evacuación; post evacuación. Para el caso de *O. vulgaris*, y de acuerdo con Rodríguez-Rúa et al. (2005), en el presente trabajo se describió la escala a partir de cuatro estadios de madurez: inmaduro; madurando; maduro (pre puesta para hembras) y puesta.

El conocimiento de la biología reproductiva tanto de especies de importancia comercial como de aquellas que desempeñan papeles en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas radica en desarrollar manejos adecuados de los ecosistemas marinos, maximizar el aprovechamiento pesquero y facilitar el desarrollo de los cultivos. Por lo tanto, conociendo la biología reproductiva de *O. cf. vulgaris* en la región de Santa Marta se podrá establecer estrategias de pesquería y las bases para una explotación sostenible (Claro, 1994 en Santamaria et al., 2002), razón del desarrollo de este trabajo que se encuentra enmarcado dentro un programa de desarrollo de cultivo de pulpo en el Caribe Colombiano coordinado por la Universidad del Magdalena.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir las fases de desarrollo sexual del pulpo común *Octopus cf. vulgaris* en una época seca en la bahía de Taganga, Caribe Colombiano a partir de la observación y análisis microscópico y morfométrico de los órganos reproductores de machos y hembras.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diferenciar los estadios de madurez sexual tanto para hembras como para machos a partir de la clasificación de tejidos y gametos (ovocitos y espermatozoides) de acuerdo con los distintos grados de organización y desarrollo gonadal.
- Establecer a partir del análisis histológico la presencia o ausencia de individuos aptos para reproducción durante la estación seca comprendida entre dic 2007 y abril de 2008 en la bahía de Taganga.
- Definir el nivel de maduración presente en los individuos de *Octopus cf. vulgaris* durante la estación seca en Taganga, Caribe colombiano.
- Ofrecer información acerca de la biología reproductiva de *Octopus cf. vulgaris* para el Caribe Colombiano.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El consumo de moluscos, especialmente cefalópodos *Octopus vulgaris* (pulpo común) y *Loligo plei* (calamar) ha aumentado durante las últimas décadas en países asiáticos y mediterráneos debido al ligero sabor dulce de la carne y al alto potencial proteico de la misma (Cabello et al., 2004). Esto ha influenciado que en América Latina, el sector acuícola presente interés en la producción de nuevas especies por parte de productores como consumidores lo que ha llevado a estudios de cultivo de pulpo común incrementando sus ventajas comerciales (Muñoz, 2002).

El pulpo *Octopus vulgaris* se considera una especie con alto potencial para la acuicultura puesto que ostenta ciertas ventajas que facilitan la creación de cultivos que además de presentar interés científico también proporciona alto valor comercial. Entre dichas ventajas está el adecuado desarrollo en cautiverio, las altas tasas de crecimiento y reproducción, la aceptación de diferentes tipos de alimento, sus altos porcentajes de proteína y bajos de grasa contribuyendo benéficamente a la dieta humana (Cabello et al., 2004; Iglesias et al., 1999) y finalmente permite ser comercializado en fresco, congelado o enlatado, cocido o seco (Montero, 2002).

Así mismo el realizar observaciones microscópicas basadas en técnicas histológicas permite definir con precisión y detalle el estado de desarrollo reproductivo y maduración de las gónadas gracias a los cambios estructurales que se producen en ovarios y testículos; a la presencia o ausencia de estructuras o a la afinidad hacia los colorantes. Igualmente provee conocimiento de la biología reproductiva de la especie *O. cf. Vulgaris* para Colombia siendo esta esencial para el manejo pesquero (Rodríguez-Rua et al., 2005).

Teniendo en cuenta lo anterior y debido a la poca información que existe en Colombia acerca del ciclo gonadal del pulpo común y en general de su biología reproductiva, es necesario realizar estudios de esta especie teniendo en cuenta la importancia que ha ganado en los últimos años como fuente de explotación en el Caribe colombiano.

Este trabajo hace parte del proyecto *Desarrollo del cultivo de pulpo común (Octopus cf. vulgaris, Cuvier) en el Caribe colombiano: Reproducción y obtención de paralarvas en condiciones de laboratorio* del Grupo de investigaciones Moluscos Marinos adscrito al Instituto de investigaciones Tropicales –Intropic- de la Universidad del Magdalena.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 4.1 Generalidades

El pulpo común pertenece al *Phylum Mollusca* el cual se caracteriza por la presencia de un pie muscular, una concha calcárea y una rádula. *Octopus vulgaris* junto con los calamares pertenecen a la clase cephalopoda diferenciándose de los demás moluscos por la ausencia de concha y por su adaptación a hábitats bentónicos (aunque algunas especies presentan paralarvas de vida planctónica). El orden octópoda posee hábitos sedentarios y permanecen en madrigueras y cuevas para alimentarse y defenderse (Barnes, 1982).

Dentro del grupo de los invertebrados, los pulpos son un grupo de gran tamaño entre 6 y 60 cm aproximadamente. Su cuerpo es de forma globular, carece de aletas y nadan mediante chorros de agua aunque con frecuencia reptan entre las rocas. Sus brazos poseen ventosas adhesivas que le permiten anclarse al sustrato (Barnes, 1989, 1982). La mayoría de los pulpos son de hábitos nocturnos, son predadores carnívoros y su dieta está compuesta principalmente de crustáceos, moluscos y pequeños peces (Barnes, 1989; Montero, 2002). Toleran amplio rango de temperatura, entre 7 y 33°C mientras que el intervalo de salinidad, está entre 32 y 40 ‰ (Quetglas et al., 1998).

El crecimiento y madurez de *O. vulgaris* al igual que la mayoría de los cefalópodos, es rápido (Brusca & Brusca, 2003) siendo la tasa de crecimiento dependiente de la temperatura, es así como en el mediterráneo crece más rápido en verano y más lento en invierno (Wells & Clarke, 1996). Así mismo, el desarrollo embrionario puede variar entre 25-45 días de acuerdo a la temperatura (Ramírez et al., 2007). Además, poseen una elevada tasa de conversión de alimento, la cual se logra en temperaturas superiores a 18 ° C; en temperaturas inferiores a 15° C y superiores a 20° C el crecimiento disminuye. Presentan alto contenido proteico y elevada fecundidad (Muñoz, 2002).



## 4.2 Sistemática

Según Sweeney & Roper (1998) la clase Cephalopoda está conformada aproximadamente por 700 especies repartidas en 45 familias y cerca de 140 géneros. Actualmente sobreviven dos subclases, Nautiloidea y Coleoidea, esta última con cuatro ordenes vivos: Teuthoidea, Vampyromorpha, Sepioidea y Octopoda.

### 4.2.1 Clasificación taxonómica de *Octopus vulgaris* según ITIS (2005)

**REINO** *Animalia*.

**PHYLUM** *Mollusca*.

**CLASE** *Cephalopoda*.

**SUBCLASE** *Coleoidea*.

**ORDEN** *Octopoda*.

**SUBORDEN** *Incirrina*.

**FAMILIA** *Octopodidae*.

**SUBFAMILIA** *Octopodinae*.

**GENERO** *Octopus*.

**ESPECIE** *Octopus vulgaris*

## 4.3 Distribución

Cerca del 53% de las especies vivientes de cefalópodos se encuentra en el Indopacífico; el 29% son especies exclusivas del Atlántico y alrededor del 14% se reparten en la zona circuntropical. En el golfo de México y el Caribe se calculan 31 familias, 70 géneros y alrededor de 90 especies de las cuales la gran mayoría son de los ordenes Oegopsida y Octopoda (Díaz et al., 2000).

En el Caribe colombiano se conocen cerca de 34 especies de cefalopodos pertenecientes a 20 géneros y 11 familias; del orden Octopoda se han registrado hasta el momento cuatro géneros (*Octopus*, *Tetracheledone*, *Benthoctopus* y *Argonauta*) y dos familias

(Octopodidae y Argonautidae) distribuidas en la mayoría de las ecorregiones marinas del país (Díaz., 2002). Como lo indica la tabla 1, el género *Octopus* y *Benthoctopus* se encuentran en cinco de las siete ecorregiones cada uno mientras que los géneros *Tetracheledone* y *Argonauta* sólo se han registrado en una ecorregión cada uno. La región de Santa Marta, la del sur, la del centro y la de San Andrés y Providencia presentan mayor número de géneros y así mismo *Octopus* y *Benthoctopus* son quienes presentan mayor número de especies.

**Tabla 1.** Número de especies y distribución de los representantes del orden Octopoda en Colombia comparado con las especies conocidas en el Atlántico occidental tropical (AOT) y en el mundo. (Tomado y modificado de Díaz et al., 2000)

Taxon	Distribución en Colombia*	Número de especies		
		Caribe colombiano	AOT	Mundo
<b>Orden OCTOPODA</b>				
Suborden INCIRRATA				
Octopodidae				
<i>Octopus</i> Lamarck	tay, gua, cas, cen, san	8	9	120
<i>Tetracheledone</i> Voss	cas	1	1	1
<i>Benthoctopus</i> Grimpe	cas, cen, mag, tay, pal	4	5	23
Argonautidae				
<i>Argonauta</i> Linné	san	1	1	4 a 7

\* **cas** Región sur; **cen** Región Central; **mag** Región de influencia del Magdalena; **tay** Región de Santa Marta; **pla** Región de Palomino; **gua** Región de la Guajira; **san** Archipiélago de San Andrés y Providencia; **coc** Región oceánica

El pulpo común, *Octopus vulgaris*, presenta una amplia distribución en la mayoría de los mares del mundo, desde la costa hasta el borde de la plataforma continental. En el continente americano se encuentra desde Nueva York (USA) hasta el Golfo de México y de las Antillas y el Mar Caribe al Brasil (FAO, 2003) incluyendo la costa Caribe colombiana (Díaz y Puyana, 1994). Es de anotar que según Díaz et al. (2000) identifican

la especie como *Octopus cf. vulgaris* debido a que en Colombia se mantiene la duda de que se trate de esta especie.

#### 4.4 Reproducción

*Octopus vulgaris* presenta un desarrollo directo sin estadios larvarios, ni metamorfosis; sin embargo, produce una fase merplantónica conocida como paralarva que se convierte en un juvenil bentónico al cabo de uno o dos meses dependiendo de las condiciones ambientales (Ramírez et al. 2007). Además, se caracteriza por tener un ciclo de vida corto aproximadamente un año y sexos separados. La proporción de machos y hembras en el medio natural es de 1:1 (Rodríguez-Rua et al., 2002).

*Octopus vulgaris* presenta solo una gónada ubicada en la parte posterior del cuerpo (Quetglas et al., 1998). En general, los machos presentan colores característicos que les facilita ser identificados por la hembra antes de la copulación. Momentos previos a la cópula y durante está, el macho realiza un cortejo en donde la cabeza de ambos individuos se infla, presentan protuberancias y muestran alternancia de colores ente rojos, marrón, violeta y blanco (Ramírez et al., 2007).

La reproducción del pulpo común es estacional y ocurre una sola vez en la vida; las hembras en época reproductiva migran a las costas (Quetglas et al., 1998) para depositar los pequeños huevos bajo rocas, en nidos arenosos o en caparazones abandonados de moluscos donde permanecen agrupados en racimos hasta eclosionar; la hembra cuida de ellos hasta dicho momento manteniéndolos debidamente limpios. En general una puesta puede tener cerca de 200 racimos cuya longitud varía entre 6 y 10 cm de longitud y aproximadamente con 750 a 1200 huevos por racimo (Montero, 2002; Ramírez et al., 2007). Las hembras mueren una vez los huevos han eclosionado mientras que los machos mueren después del apareamiento (Rodríguez-Rua et al., 2005; Brusca & Brusca, 2003). Durante las últimas semanas de vida ambos sexos muestran lesiones en la piel, pérdida de coloración y se alimentan escasamente (O'dor y Wells, 1978).

En el Atlántico español, así como en el mediterráneo, la actividad reproductiva del pulpo común inicia en los meses de mayo-julio y la puesta ocurre entre los meses de julio y septiembre, luego se presenta inmadurez sexual (a partir de octubre) y a partir de enero

comienza la madurez. Los machos se mantienen maduros durante todo el año; aún así durante los meses de abril-junio ocurre un máximo en madurez (Rodríguez-Rua et al., 2002; Montero, 2002). Por otra parte, Zúñiga et al. (1995) afirman que estudios realizados en *O. mimus* reflejan que la temperatura, la intensidad lumínica y la alimentación intervienen en la maduración sexual de los individuos.

Guerra (1987) y Borges et al. (2000) citados en Rodríguez-Rua et al. (2005) establecieron escalas para definir los diferentes estados del desarrollo gonadal, a partir de las cuales microscópicamente se pueden observar cuatro estadios tanto para machos (inmaduro, en madurez, maduro, puesta) como para hembras (inmaduro, en madurez, pre-puesta, puesta). Esta clasificación está basada principalmente en la ausencia o presencia de espermátóforos en el saco de Needham y por el tamaño y apariencia de las diferentes estructuras reproductivas (Hernández-García et al., 2002).

El ovario tiene forma de saco y presenta dos glándulas oviductales que aumentan de tamaño cuando la hembra está sexualmente madura; lo que permite la acumulación necesaria de esperma. Por su parte, el testículo también en forma de saco, presenta una cavidad interna en cuya pared se encuentra el esperma; se caracteriza porque el proceso de espermatogénesis en los machos es continuo y alcanza la madurez sexual antes que la hembra (Silva et al., 2002).

En los machos, los espermatozoides son llevados desde el testículo hasta la vesícula seminal, mediante el conducto deferente. En esta vesícula los espermatozoides se empacan dentro de espermátóforos para luego ser llevados al saco de Needham, el cual cumple una función de almacenamiento. Los machos se pueden diferenciar porque uno de sus ocho brazos, generalmente el tercer brazo derecho, está modificado en un órgano intromitente (hectocótilo) que termina en una lígula, estructura en la punta de este brazo en forma de cuchara para la transferencia de espermátóforos a la hembra (Brusca & Brusca, 2003). En el momento de la cópula, los espermátóforos salen del sifón y van a dar al hectocótilo; una vez penetra en la cavidad del manto de la hembra deposita los espermátóforos en la pared del manto (Barnes, 1989).

#### 4.4.1 Gametogénesis

Es la formación de gametos haploides a partir de células germinales por división meiótica. Este proceso ocurre en los machos en los testículos por espermatogénesis para producir espermatozoides y en el caso de las hembras en los ovarios por medio de la oogénesis produciendo óvulos.

##### 4.4.1.1 Espermatogénesis

La espermatogénesis hace referencia al proceso celular que ocurre en los testículos en el cual las células germinativas o espermatogonias se convierten en espermatozoides. El proceso se realiza, por medio de la división celular de las espermatogonias que dan origen a los espermatocitos, los cuales a su vez originan las espermatidas que finalmente dan lugar a los espermatozoides (Landines, 2005).

El proceso de maduración se divide en tres partes (Gartner y Hiatt, 1997):

- Espermatocitogénesis o diferenciación de las espermatogonias, células germinales que se caracterizan por ser pequeñas y por ubicarse a nivel basal en el túbulo seminífero. Por mitosis dan origen a los espermatocitos primarios y secundarios (Landines, 2005).
- Meiosis: Ocurre una vez se han formado los espermatocitos primarios e inician la migración desde la parte basal hacia la luminal. Se observan como células grandes de núcleo vesiculoso con cromosomas en diferentes etapas de condensación. Una vez ocurre la división meiótica los espermatocitos diploides reducen su material genético a la mitad dando origen a dos espermátidas haploides. Los espermatocitos secundarios son células haploides, pequeñas y de vida muy breve razón por la cual no se observa con facilidad; no replican sus cromosomas.
- Espermiogénesis o transformación de las espermátidas a espermatozoides, células alargadas compuesta por una cabeza que alberga al núcleo y una cola que corresponde a la porción más larga.

#### 4.4.1.2 Oogénesis

Proceso en el cual células de la línea germinativa dan origen a células de mayor tamaño (óvulo) es decir, la transformación de oogonias en oocitos. Este proceso comienza con la multiplicación de oogonias mediante el proceso de mitosis dando así origen a los oocitos primarios quienes entran a la primera división meiotica; en esta etapa el proceso viene acompañado del gran crecimiento de las células y del desarrollo de células foliculares que forman una capa granular que en el caso de peces se denomina zona pelucida (Landines, 2005; Lowe, 1992).

La ovogénesis se caracteriza además, por las siguientes etapas (Landines, 2005):

- **Previtelogénesis:** sigue a esto la continuidad de su maduración. Este proceso se caracteriza por la aparición de vesículas de vitelo en el citoplasma del oocito.
- **Vitelogénesis:** proceso en el cual en el oocito se acumula gran cantidad de vitelogenina bajo la formación de glóbulos de vitelo, que se distribuyen por todo el citoplasma celular y aumentan significativamente el tamaño del oocito.
- **Maduración:** en este proceso después de un periodo corto de latencia se vuelve a retomar la meiosis que se encontraba detenida en la primera fase de la división meiotica. Este proceso ocurre en la mayoría de los animales, los oocitos postvitelogeneticos se convierten en oocitos maduros antes de la ovulación. A nivel celular suceden cambios como clarificación del vitelio, migración, rompimiento y desaparición del núcleo celular.
- **Ovulación:** una vez los oocitos están maduros y listos para ser liberados, son separados del folículo ovárico y liberados hacia el lumen del ovario. La meiosis continúa hasta la metafase donde los oocitos pueden ser fertilizados.

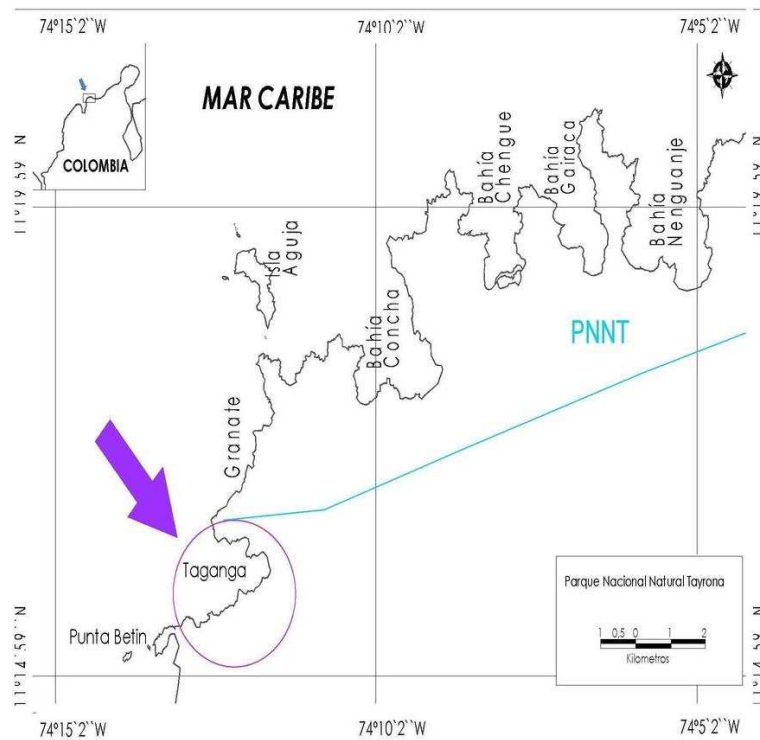
Por otra parte, los tipos celulares que describe Landines (2005) en las fases del desarrollo ovárico para peces tropicales son:

- **Oogonias:** En hembras son células primordiales de la línea germinativa que darán origen a los oocitos los cuales se convertirán en óvulos maduros, células que se caracterizan por tener un tamaño reducido que se encuentran agrupadas y poseen un núcleo grande, con poca afinidad por colorantes citoplasmáticos

- Cromatina Nucleolar: Células que se caracterizan por estar agrupadas, poseen poco citoplasma y un núcleo redondeado, fuertemente basófilo poseen solo un nucleolo.
- Perinucleolar: Células de mayor tamaño, poseen un citoplasma bien definido y fuertemente basófilo, su principal característica es la presencia de numerosos nucleolos ubicados en la periferia del núcleo.
- Alveolo Cortical: Se caracteriza principalmente por la vacuolización del citoplasma cerca de la membrana celular; se puede observar los alvéolos corticales en cercanías del micrópilo.
- Vitelogenesis: Células de gran tamaño con gran cantidad de gránulos de vitelo alojados en el citoplasma celular que empujan la vacuola de la célula hacia el centro. Las células foliculares son más evidentes.
- Maduro: El citoplasma se encuentra completamente lleno de vitelo y el núcleo celular se desplaza hacia la periferia de la célula y los contornos son irregulares

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras gonadales provenían de La Bahía de Taganga, Magdalena (Lat.  $14^{\circ}15' N$  y Long.  $74^{\circ}12' O$ ) Caribe colombiano (Fig. 1). Se caracteriza por presentar un litoral rocoso en forma de acantilado consolidado y estable (Invemar, 2005), con estrechas playas de arena y grava conformadas por cascajo de origen litogénico y carbonato de calcio de origen biológico. Los fondos rocosos son frecuentes en el área por la entrada de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en el mar.



**Figura 1.** Zona de estudio. La Bahía de Taganga en el Caribe colombiano.

El régimen climático de la región de Santa Marta tiene gran influencia en las características fisicoquímicas de las aguas costeras de acuerdo con la época del año, que produce un recambio de agua importante por efecto de los vientos alisios, debido al influjo de aguas continentales y corrientes marinas. En general, se presentan dos épocas climáticas definidas, un periodo seco, con vientos alisios del norte, entre diciembre y abril



y un período lluvioso, con alisios del sur, entre agosto y octubre, el resto del año (mayo-agosto y noviembre) es de transición entre las dos estaciones (Andrade, 2001).

La Bahía de Taganga forma parte de la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) en su límite sur. La temperatura superficial del agua de mar varía entre 22 y 30 °C, la salinidad fluctúa entre 33 y 37 y la concentración de seston tiene valores entre 1,5 y 2.9 mg/L con un porcentaje orgánico entre 21 y 45% (Velasco & Barros, 2007). En términos generales, es una bahía protegida y estable hidrodinámicamente (Vidal, 2004).

## 6. METODOLOGÍA

Al laboratorio de histoembriología de la Universidad Militar Nueva Granada en Cájica, Cundinamarca, llegaron muestras de gónadas de 101 individuos de *Octopus cf. vulgaris* provenientes de la Universalidad del Magdalena fijadas y preservadas en formol 4%.

Las muestras analizadas provenían de individuos capturados en los meses de Noviembre de 2007 hasta Mayo de 2008. Una vez las muestras llegaron al laboratorio se realizó cambio de formol y se procedió al análisis histológico correspondiente.

### 6.1 Análisis Histológico

Para este proceso histológico, las gónadas fueron colocadas en frascos debidamente rotulados en formaldehído 4% (preparado a partir de la hidrólisis del paraformaldehído) como fijador, durante 8 días a 4°C (Jaramillo – Gómez 2005).

Posteriormente a las muestras de tejido se les realizó un corte transversal de aproximadamente 0,5 cm a nivel medio de la gónada, dando inicio así al proceso de deshidratación.

Una vez completado el tiempo de fijación se hizo la deshidratación del tejido, sometiendo las muestras a cambios en soluciones de alcoholes comenzando en alcohol de 70% y terminando en el de 96%. El siguiente paso comprendió la impregnación de los tejidos con parafina el cual se realizó dos veces en un tiempo de dos horas cada uno. Posteriormente las muestras fueron ubicadas en moldes plásticos para la obtención de bloques según el protocolo de *Armed Forces Institute of Patology* staff (1992).

Los bloques resultantes fueron montados en portacassettes para facilitar el manejo en el micrótomos SLEE Mainz Cut 4060 rotatorio. Se realizaron cortes de 5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de espesor. Los cortes obtenidos se pusieron en agua tibia para hacer el montaje en la

laminillas para finalmente ser llevadas al horno a una temperatura de 60°C por un periodo de 12 horas. Una vez obtenidas las láminas desparafinadas se procedió con el protocolo de tinción de las mismas con hematoxilina – Eosina (H&E). Finalmente las láminas se cubrieron con laminillas utilizando ENTELLAN®.

## 6.2 Descripción Microscópica

Las placas histológicas se observaron al microscopio binocular para determinar el estadio gonadal en que se encontraba cada individuo. Se determinó la proporción de sexos mensual a lo largo de toda la época seca de acuerdo a las características microscópicas observadas. Las diferencias significativas se analizaron usando una prueba de  $X^2$  (Silva et al., 2002)

Para la determinación de madurez gonadal se definieron cuatro estadios microscópicos de madurez para hembras (I: inmaduro; II: en maduración; III, prepuesta; IV: puesta) y cuatro para machos (I: inmaduro; II: en maduración; III: maduro; IV: puesta) de acuerdo a lo reportado por Rodríguez-Rúa et al. (2005) en España. En la tabla 2 se nombran las principales características observadas en cada estadio de madurez tanto para hembras como para machos.

Adicionalmente se tuvo en cuenta para posteriores comparaciones, la clasificación dada por Ishiyama et al. (1999), para *Octopus mimus*, en Perú y de Olivares et al. (2001) en Chile. Se realizó un registro fotográfico de los diferentes estadios de madurez identificados.

**Tabla 2.** Resumen de las características de los estadios microscópicos de desarrollo gonadal de hembras y machos de *O. vulgaris* (Modificado de Rodríguez Rua et al., 2005).

<b>Estadio</b>	<b>Macho</b>	<b>Hembra</b>
<b>Inmaduro</b>	Tubos seminíferos bien definidos, pequeños. Pocos espermatocitos en el centro de los túbulos seminíferos y espermatogonias en las paredes de los mismos.	<p>Muchas oogonias que se encuentran embebidas en el estroma ovárico y oocitos rodeados de células foliculares.</p> <p>Los oocitos son pequeños y poseen un núcleo grande céntrico y citoplasma basófilo.</p> <p>Tabiques de tejido conectivo que forman ramificaciones.</p>
<b>Madurando</b>	Espermatogonia, espermatocitos, espermatidas y pocos espermatozoos presentes en los tubos seminíferos.	<p>Aumento de tamaño de los oocitos y una doble capa de células foliculares, capa interna células cuboidales, capa externa con células planas. Primera producción de gránulos de vitelo.</p> <p>Imbibición del oocito, los pliegues epiteliales se proyectan hacia el citoplasma.</p> <p>Núcleo basófilo y migra hacia la zona polar de la célula.</p>
<b>Maduro</b>	Tubos seminíferos grandes, no espacios entre células. Todas células germinales están presentes. Abundantes espermatidas y espermatozoides en el lumen de los túbulos.	Corresponde al estadio pre-puesta

<b>Pre-puesta</b>	Corresponde al estadio maduro	Incrementa diámetro oocitos, citoplasma eosinofilo y presencia de folículos granulares inicia desarrollo del corion.
<b>Puesta</b>	Se observan pocas células germinales. Se crean espacios entre las células por lo cual se infiere que los espermatozoides han sido expulsados hacia el saco de Needham.	Citoplasma lleno de gránulos de vitelo; corion rodea citoplasma este es intensamente eosinófilo. Marcada diferencia en el tamaño de los oocitos, núcleo ubicado en la periferia de la célula.

Además de la escala de madurez anterior y para mayor precisión en cuanto al grado de madurez, se calculó el índice de madurez (IM) de acuerdo con Guerra (1975) tanto para machos como para hembras como se describe a continuación:

Índice de madurez (IM) Pulpo Guerra (1975)

- Machos

$$M = \frac{PN}{PN + PT}$$

PT peso testículo  
PN peso complejo de Needham

- Hembras

$$M = \frac{Povd}{Pov + Povd}$$

Pov peso ovario  
Povd peso oviductos y glándulas oviductales

De acuerdo con Guerra (1975) la maduración viene señalada en los machos por un aumento en el índice IM; y en las hembras por una disminución del mismo.

Se establecieron intervalos de clases de acuerdo al peso total y longitud dorsal del manto (LDM) siguiendo la regla de Sturges (Zar, 2001). A partir de dichas clases se realizó el histograma correspondiente y se describió el desarrollo testicular y ovárico.

Para el procesamiento y análisis de imágenes se utilizó el programa *Scion Image* en el cual se calcularon las áreas de los oocitos. (*Scion Images for Windows*).

### 6.3 Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó con el software estadístico R. Se determinaron las diferencias significativas mediante análisis de varianzas ANOVA seguido de pruebas Tukey cuando fuera necesario. Así mismo, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar si los datos presentaban una distribución normal; en el caso que no fuese así se transformó los datos con el paquete *Box.cox*.

Para determinar las relaciones entre peso y longitud dorsal del manto (LDM) se realizaron correlaciones tanto para machos como para hembras e igualmente correlaciones entre peso y LDM respecto al índice de madurez (IM) para determinar su relación.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 ESTADIOS DE MADURACION

De acuerdo a Rodríguez-Rúa et al. (2005) y Olivares et al. (2001) se pueden caracterizar microscópicamente cuatro estadios de maduración para hembras: inmaduro o previtelogenico (I); madurando o previtelogenesis (II); pre-puesta o vitelogenesis (III) y puesta (IV). Para los machos también se pueden diferenciar cuatro estadios: Inmaduro (I); madurando (II); maduro (III) y puesta (IV).

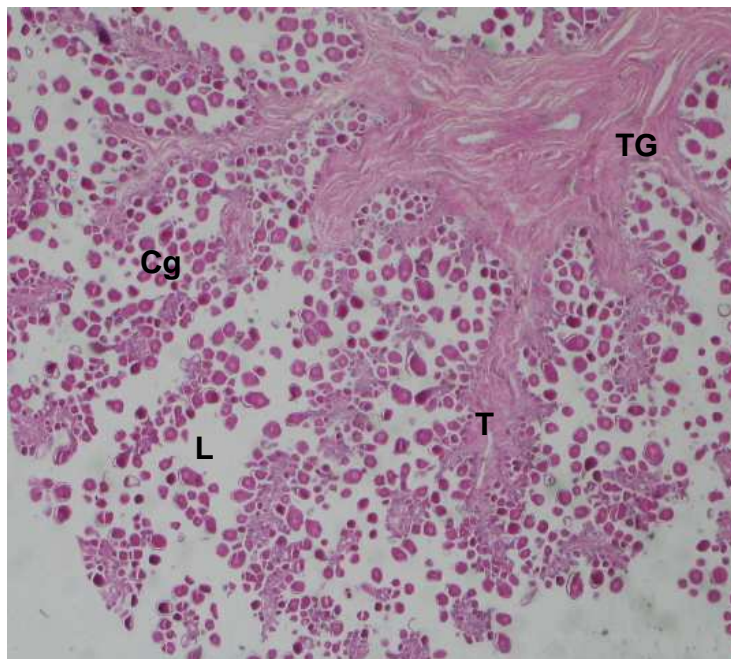
En este trabajo, que corresponde a los meses de Noviembre (2007) y Mayo (2008) no se encontraron individuos machos o hembras en el cuarto estadio.

Se estableció además un estadio indeterminado que se cree ser mas inmaduro que el estadio I y en el cual por características histológicas no se determina el sexo debido a la ausencia de células sexuales tentó de hebras como de machos y a la presencia de tejido conectivo principalmente.

#### 7.1.1 HEMBRAS

Microscópicamente, las gónadas de las hembras de *O. cf. vulgaris* se caracteriza por la presencia de tabiques de tejido conectivo que se dividen en numerosas ramificaciones (Fig. 2) formando el denominado estroma ovárico. En el estroma ovárico se observan los oocitos, folículos primordiales y oogonias, los primeros se distinguen por células de gran tamaño con un núcleo céntrico fuertemente basófilo el cual a medida que va madurando migra hacia la periferia de la célula y ésta aumenta de tamaño significativamente; el citoplasma se observa eosinófilo; las segundas y terceras células se ubican cerca a los tabiques y son células de menor tamaño (Olivares et al., 2001 y Jiménez et al., 2008).

En la tabla 3 se resumen los valores promedios de peso total, LDM y peso de las gónadas con la respectiva desviación estándar para los tres estadios de madurez encontrados en las hembras de *O. cf. Vulgaris*.



**Figura 2.** Estructura general del ovario de *O. cf. vulgaris*. (TG) Tejido germinal, (T) Trabecula, (L) Lúmen o estroma ovarico, (Cg) Células germinales. Aumento 20x. H&E

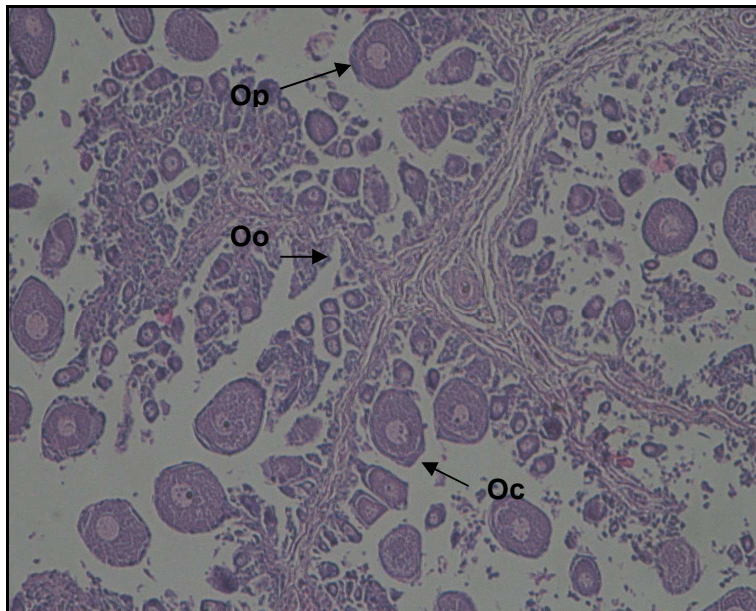
**Tabla 3.** Valor promedio (Prom.) y desviación estándar (desv.) del peso total, LDM y peso de la gónada de las hembras de *O. cf. vulgaris* en cada estadio de madurez durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

Estadio	n	Peso Total (g)		LDM (cm)		Gónada (g)	
		Prom	Desv.	Prom	Desv.	Prom	Desv.
I inmaduro	30	387,44	320,12	11,67	5,37	0,40	0,4023
II madurando	9	639,71	326,45	15,35	5,70	1,47	0,93
III pre-puesta	6	682	620,72	13,5	8,10	31,73	35,99



### 7.1.1.1 Estadio I (Inmaduro- previtelogenético)

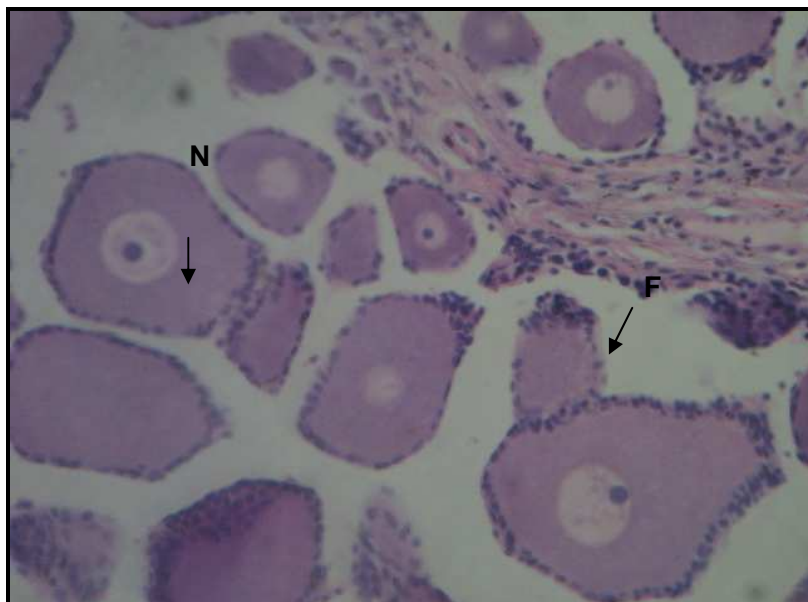
Este estadio se caracteriza por la presencia de tres tipos celulares como son ogonias; células de tamaño muy pequeño, con núcleo grande y poco citoplasma ubicadas cerca del epitelio germinal y oocitos rodeados de una capa delgada de células foliculares primarias aplanadas y oocitos perinucleolares los cuales se caracterizan por ser de mayor tamaño que las anteriores y presentar un citoplasma bien definido así como la presencia de varios nucleolos. (Fig. 3, 4 y 5). Se observa claramente la pared de epitelio germinativo, la trabécula y el lumen así mismo ogonias, oocitos y oocitos perinucleolares.



**Figura 3.** Ovario estadio I (Inmaduro- previtelogenético). Ogonias (Oo), oocitos (Oc), oocitos perinucleolares (Op). Aumento 102x H&E



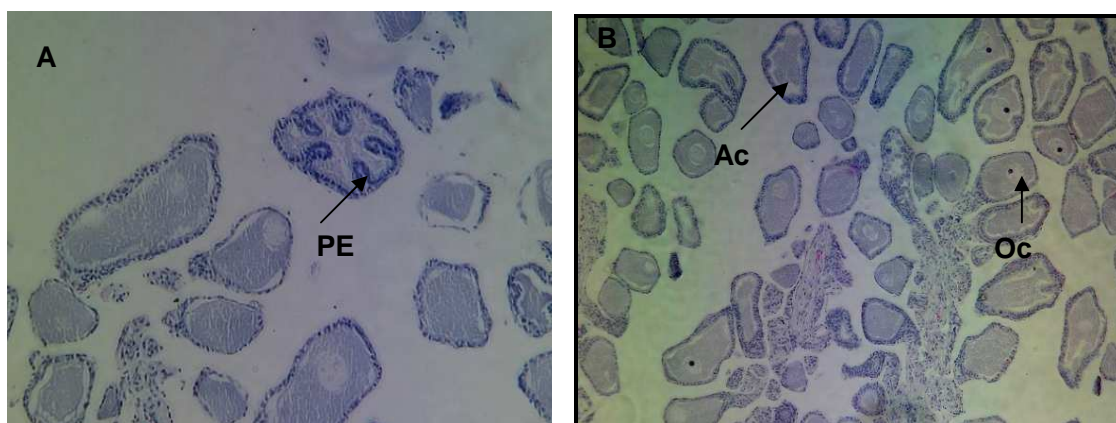
**Figura 4.** Detalle oocitos perinucleares (Op). Aumento 320x H&E



**Figura 5.** Oocito inmaduro. Núcleo central (N), capa simple de células foliculares (F).  
Aumento 320x. H&E

### 7.1.1.2 Estadio II (madurando- previtelogenesis II)

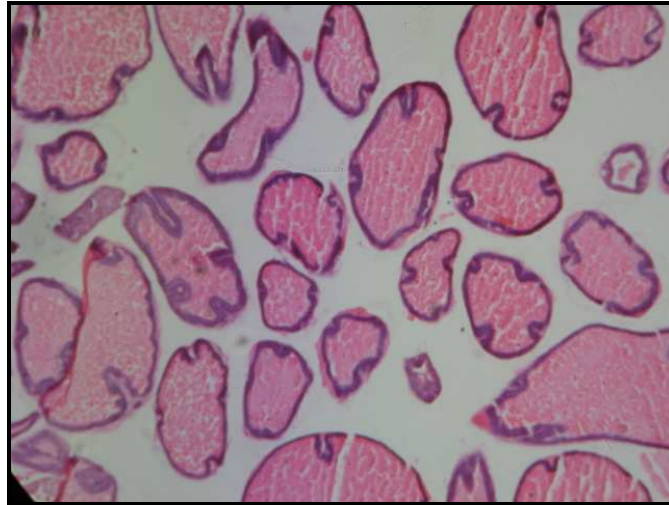
Inicia el incremento en el diámetro de los oocitos y la formación de células en alveolo cortical las cuales se observa una capa doble de células foliculares que las rodea la capa interna presenta células en forma cúbica y las mas externa células aplanadas. Igualmente, se inicia la imbibición del oocito por parte de las células foliculares observándose pliegues epiteliales proyectados hacia el citoplasma, debido a la intensiva multiplicación de células foliculares y a las primeras producciones de vitelo El núcleo se caracteriza por ser basófilo y se observa la migración a la zona polar de la célula (Fig. 6).



**Figura 6.** Ovario en estadio II (madurando- previtelogenesis II). A. Presencia de pliegues epiteliales (PE) aumento 130x. B. células en alveolo cortical (Ac) y Oocitos (Oc) cortical. Aumento 80x. H&E

### 7.1.1.3 Estadio III (Pre-puesta- Vitalogenesis)

Este estadio se caracteriza por encontrarse solo un tipo celular que es células en alveolo cortical la cuales incrementan considerablemente su área con respecto a los estadios anteriores. Se inicia el desarrollo del corion y se observa la presencia de folículo glandular (Fig. 7).



**Figura 7.** Estadio III (Pre-puesta- Vitalogenesis). Incremento en el diámetro de los oocitos y desarrollo inicial del corion. Aumento 80x. H&E

### 7.1.2 MACHOS

Microscópicamente, las gónadas de los machos de *O. cf. vulgaris* presentan túbulos seminíferos bien definidos delimitados por tejido intersticial (conectivo) (Fig.8). Dentro de este tejido se observan vasos sanguíneos y células mioides, las cuales confieren contractibilidad a los túbulos.

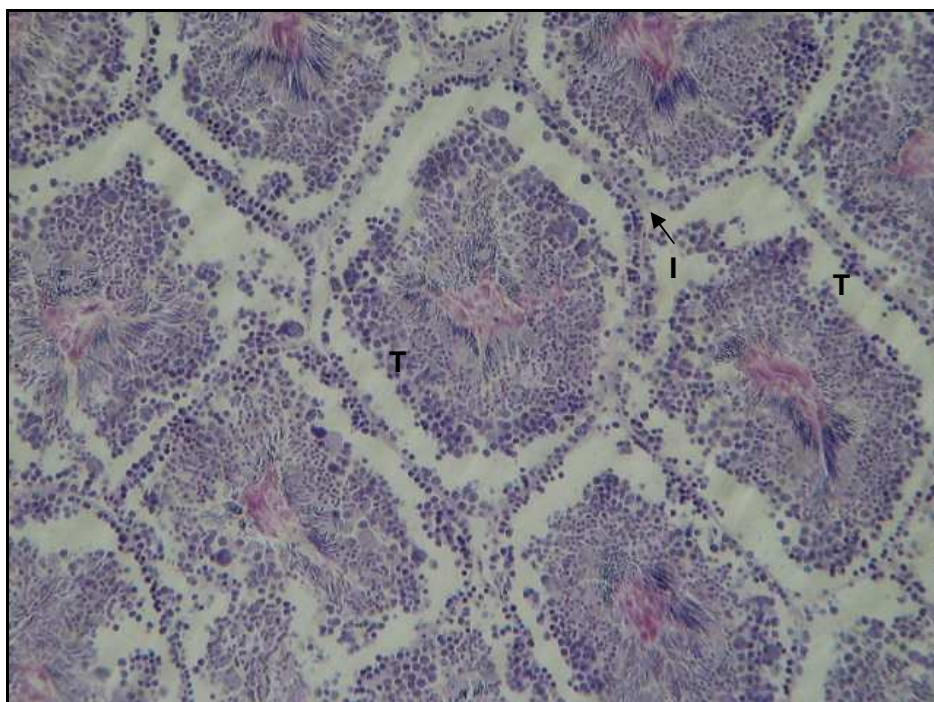
En los túbulos seminíferos también se destaca la presencia de dos tipos celulares importantes; el primero hace referencia a las células de Sertoli, células cilíndricas con núcleo basal y un gran nucleolo central (Fig.10) y el segundo tipo a las células espermatogénicas en diferentes etapas de maduración: espermatogonias, espermatocitos, espermatidas y espermatozoides, células que se caracterizan por presentar desarrollo asincrónico desde el estroma hacia el lumen de los túbulos. Estos dos tipos celulares conforman el epitelio seminífero o germinal (Gartner y Hiatt, 1997). Jiménez-Badillo et al. (2008) señalan la semejanza de las gónadas de machos con los testículos de vertebrados e invertebrados observando que la diferencia más notoria es la

aparente ausencia de células de Leydig en el estroma lo que hace suponer otras vías para la asimilación y producción de andrógenos en esta especie.

Los valores promedios del peso total, la longitud dorsal del manto (LDM) y el peso de las gónadas junto con la desviación estándar correspondiente a cada uno de los estadios de macho se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Valor promedio (Prom) y desviación estándar (desv.) del peso total, LDM y peso de la gónada de los machos de *O. cf. vulgaris* en cada estadio de madurez durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

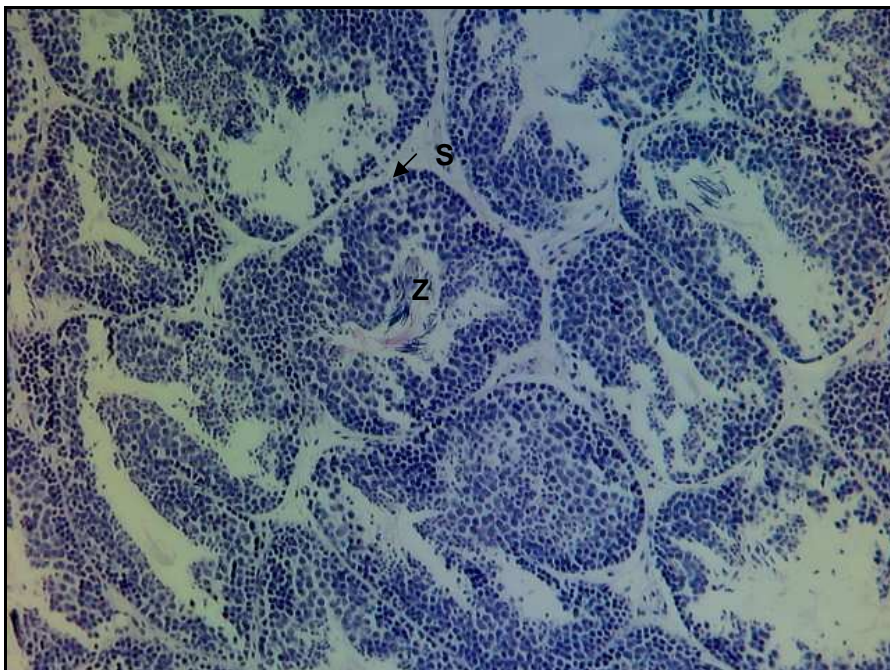
Estadio	n	Peso Total (g)		LDM (cm)		Gónada (g)	
		Prom	Desv.	Prom	Desv.	Prom	Desv.
I inmaduro	3	113	21,21	8,50	-	0,15	0,07
II madurando	34	454,75	301,90	12,78	5,46	1,51	1,34
III maduro	12	262,77	178,93	10,09	2,77	0,77	0,66



**Figura 8.** Panorámica de los túbulos seminíferos (T). Tejido Intersticial (I) de testículo de *O. cf. Vulgaris*. H&E. 130x

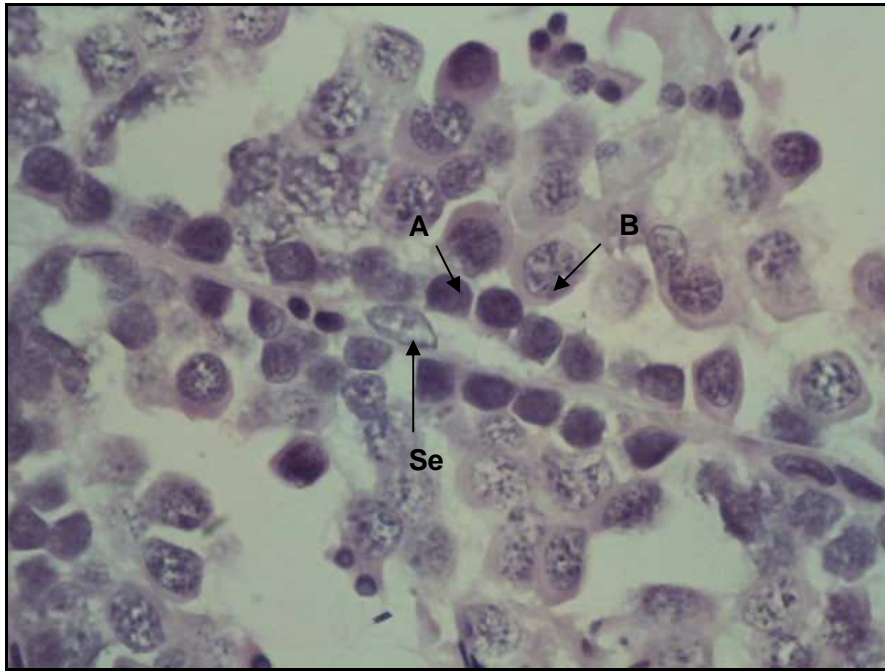
Estadio I (Inmaduro):

En este estadio los túbulos seminíferos son pequeños y diferenciados. En el lumen de los túbulos se observan pocos espermatozoides (Fig. 9) y en la periferia se encuentran espermatogonias tipo a y b, siendo estas las células predominantes durante este estadio (Fig. 10).



**FIGURA 9.** Testículos en estadio I. Espermatogonias (S) y pocos espermatozoides (Z).

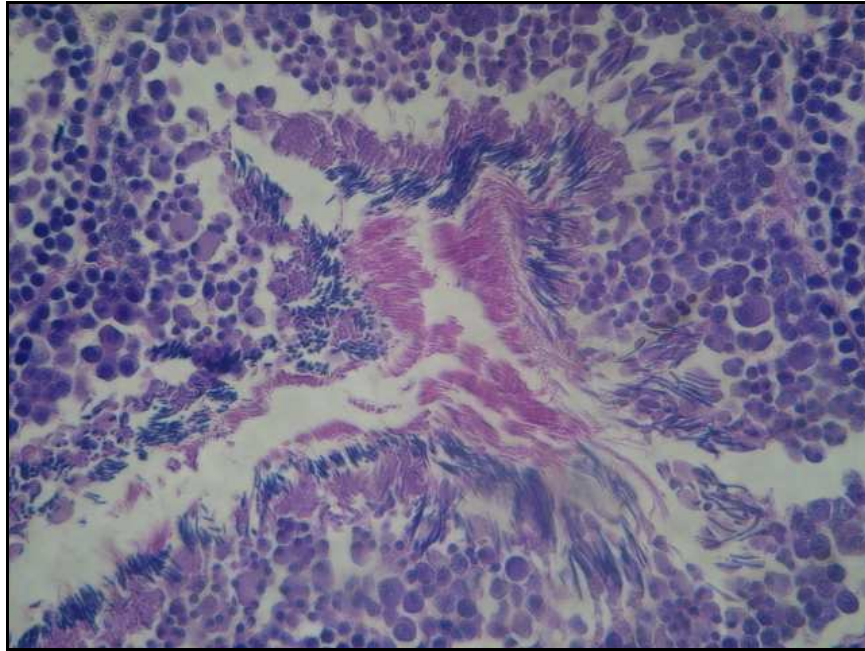
H&E. 130x



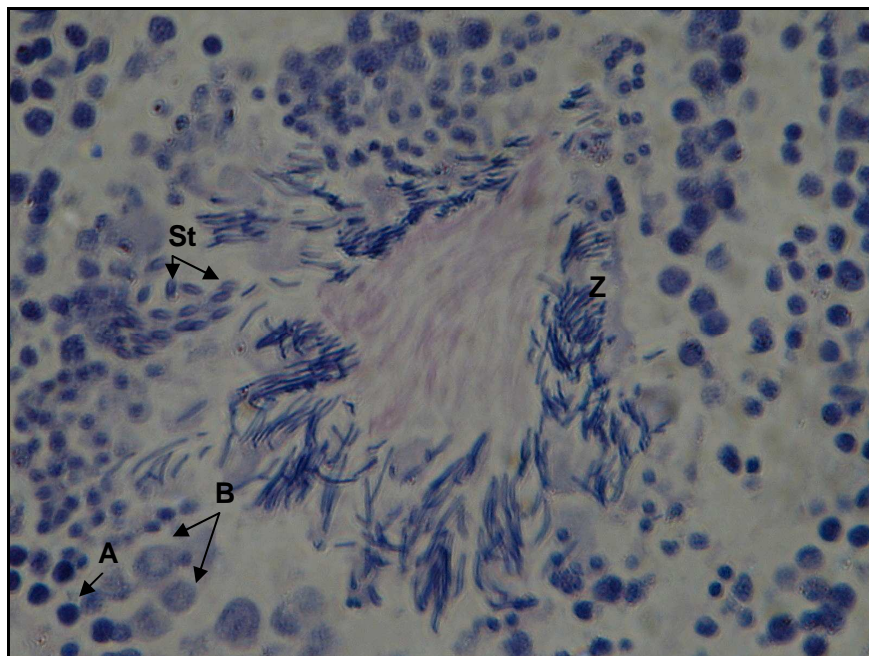
**Figura 10.** Detalle de una célula de Sertoli (Se) y espermatogonias tipo a (A) y tipo b (B) presentes en los túbulos seminíferos. H&E. 1000x

#### 7.1.2.2 Estadio (II) Madurando

Los túbulos seminíferos aumentan de tamaño observándose todas las células germinativas: espermatogonias, espermatocitos, espermátidas y espermatozoides. Las primeras se encuentran en el compartimiento basal mientras que las otras tres se ubican en el compartimiento luminal creandose un gradiente de maduración desde la periferia hacia el lumen tubular. En las figuras 11 y 12 se detallan las espermatogonias, células redondas con abundante cromatina, localizadas en el compartimiento basal; los espermatocitos, las células de mayor tamaño que se presentan en lo túbulos; las espermátidas, células de menor tamaño ubicadas cerca al lumen tubular. Finalmente los espermatozoides caracterizados por tener la cabeza en forma de aguja y basófila y una cola larga, delgada y eosinófila.



**Figura 11.** Macho estadio II. Varios tipos celulares germinativos. H&E. 320x

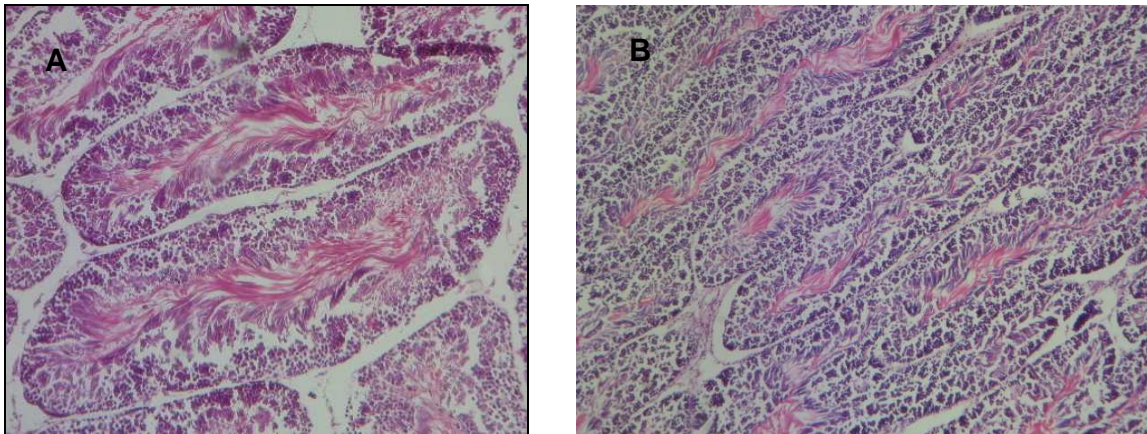


**Figura 12.** Detalle de las células germinativas. Espermatogonias tipo a (A) y tipo b (B).  
Espermátidas (St) y espermatozoides (Z). H&E. 320x

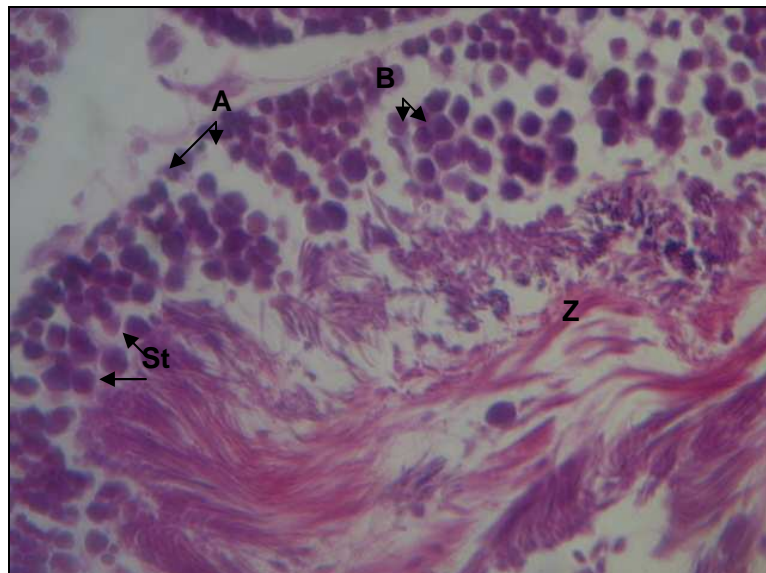


### 7.1.2.3 Estadio (III) Maduro

Túbulos seminíferos de mayor tamaño tomando una apariencia alargada. Se distinguen todos los tipos celulares siendo abundantes las espermátidas y espermatozoides, estos últimos empiezan a ocupar mayor espacio dentro de los túbulos seminíferos acercándose a la parte basal de los mismos (Fig 13 a y b y Fig. 14).



**Figura 13.** Estadio III. Túbulos seminíferos de mayor tamaño. En el centro del túbulo seminífero gran cantidad de espermatozoides. H&E. A. 130 y B.102x



**Figura 14.** Detalle túbulo seminífero estadio III, espermátidas (St), espermatogonias tipo a (A) y tipo b (B) y espermatozoides (Z). 320x. H&E

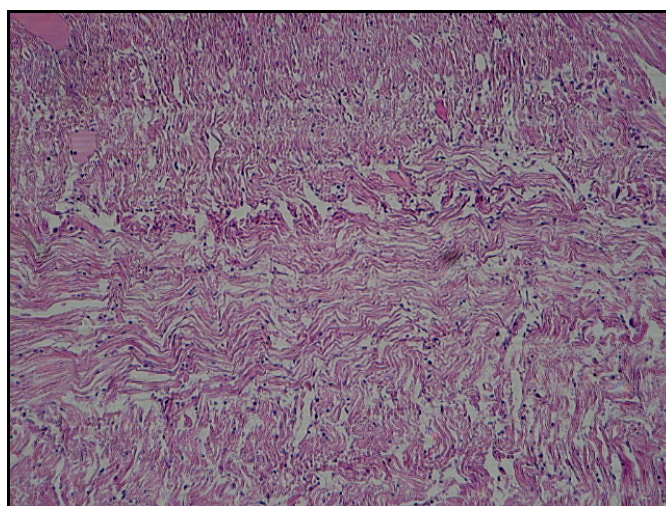
### 7.1.3 ESTADIOS INDETERMINADOS

Se observaron siete individuos los cuales por observaciones microscópicas no se logró determinar sexo ni estado de madurez por lo que se cree que están en los primeros estados inmaduros (Fig. 15), es decir un estado anterior al estadio I. Macroscópicamente se observó que cuatro eran hembras y tres machos, principalmente por la presencia del hectocolito.

Los valores promedios del peso total, la longitud dorsal del manto (LDM) y el peso de las gónadas junto con la desviación estándar correspondiente a los indeterminados se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** Valores promedio y desviación estándar de peso total (g), LDM (cm) y peso gónada de machos y hembras en estadio indeterminado durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

	n	Peso Total (g)		LDM (cm)		Gónada (g)	
		Promedio	Desv.	Promedio	desv.	Promedio	Desv.
Machos	3	83,3	6,11	8,66	2,54	0,26	0,30
Hembras	4	104,5	34,07	10	1,01	0,10	0,05



**Figura 15.** Vista panorámica de la gónada de los individuos hembras y machos indeterminados. H&E. Aumento 80x

## 7.2 Proporción de sexos

La relación macho:hembra se determinó a partir de las características microscópicas de ciento uno (101) individuos recolectados. Se encontró un total de 52 (51,48%) machos y 49 (48,51%) hembras, lo cual representa una proporción 1:1. Debido al temprano estadio de desarrollo de siete individuos, es decir el 6,93%, no fue posible definir su sexo histológicamente pero por características morfológicas externas se determinó que había cuatro hembras y tres son machos.

Mensualmente también se determinó la relación macho:hembra no encontrando diferencias a excepción del mes de mayo donde la relación fue 2:1 a favor de los machos; sin embargo de acuerdo a la prueba de  $X^2$  realizada ( $p=0,05$ ), no hay diferencias significativas para el análisis correspondiente a toda la época ( $0,088 < 3,84$ ) ni para el análisis mensual ( $2,56 < 3,84$ ) por lo que los datos obtenidos se ajustan a lo esperado, es decir proporción 1:1.

## 7.3 Clases de peso y longitud dorsal del manto (LDM).

A partir del cálculo de los intervalos de peso total (Tabla 6) y longitud del manto (Tabla 7) se agruparon los 101 individuos muestreados en siete intervalos de clase independientes para hembras y para machos.

**Tabla 6.** Clases peso total (g) para machos y para hembras de *O. cf. vulgaris* durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

Clases	INTERVALO (g)			
	Machos		Hembras	
1	37	217	66	270
2	218	397	271	474
3	398	578	475	678
4	579	758	679	883
5	759	938	884	1087
6	938	1118	1088	1292
7	1119	1300	1293	1496

**Tabla 7.** Clases LDM (cm) para machos y para hembras de *O. cf. vulgaris* durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

Clases	INTERVALO (cm)			
	Machos		Hembras	
1	5	9	2	5
2	10	12	6	8
3	13	15	9	12
4	16	19	13	16
5	20	22	17	20
6	21	25	21	24
7	26	29	25	28

### 7.3.1. Desarrollo testicular

De acuerdo a las siete clases obtenidas a partir del peso total de machos (Fig. 16 A) se observa que el estadio inmaduro está representado solo en la clase 1 con una proporción del 11% mientras que el estadio madurando se encuentra presente en todas las siete clases siendo la primera la de menor proporción (44%) y a partir de la cuarta y hasta la última el 100% corresponde a esta clase. El estadio maduro se observa en las tres primeras clases variando el porcentaje entre 27% (clase 1 y 2) y 38% (clase 3). Finalmente, los individuos indeterminados se observan solo en la clase 1 al igual que el estadio I, sin embargo el porcentaje de este alcanza el 16%, siendo mayor al de los individuos inmaduros.

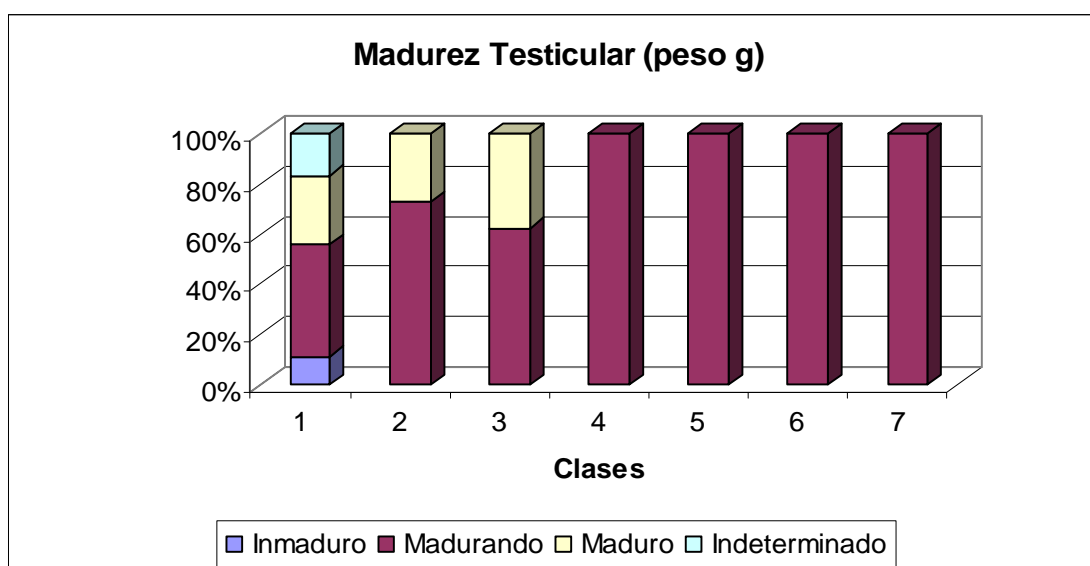
La figura 16 B representa el histograma de las clases obtenidas a partir de la longitud dorsal del manto (LDM) para machos. Al igual que el histograma anterior, se presentan siete clases perteneciendo el estadio inmaduro (I) solo a la primera clase con una proporción del 10%. El estadio madurando (II), también se presenta en todas las clases como lo observado en la figura anterior, la proporción del 100% se presenta en las últimas cuatro clases y en el resto la proporción se mantiene entre el 52% (clase 1) y el 66% (clase 2 y 3). El estadio maduro se observa en las tres primeras clases siendo la proporción del 26% para la primera, 25% para la segunda y del 33% para la tercera. Los individuos indeterminados se presentan en las clases uno y dos con una proporción de

11% y 8% respectivamente. En general, la distribución de los estadios de acuerdo a las clases con respecto al peso y a la longitud sigue el mismo comportamiento.

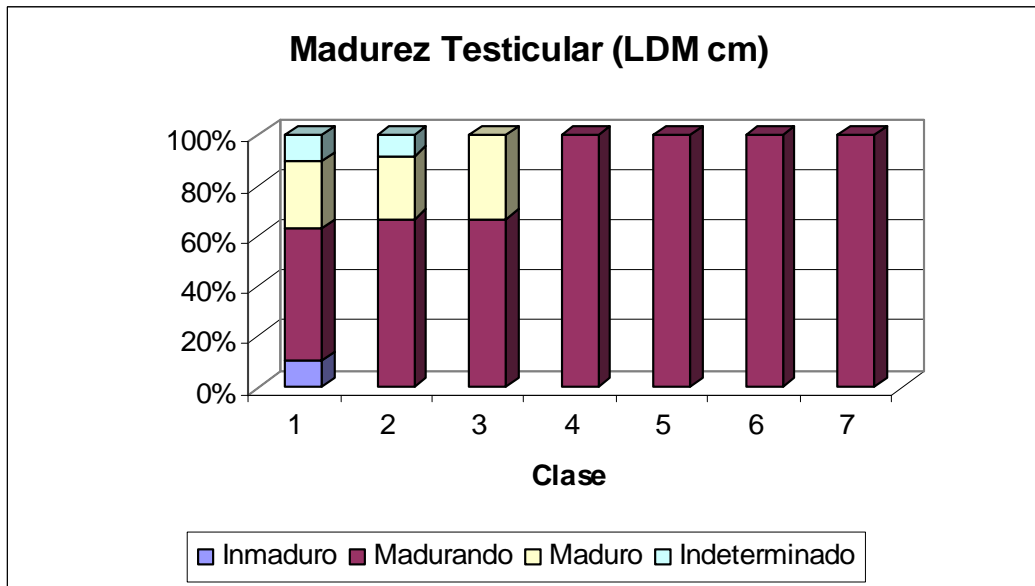
En la tabla 8 se muestran los estadios de madurez de machos presentes en cada clase de peso y LDM con su correspondiente porcentaje y el número de individuos presentes. El estadio II (madurando) aunque se distribuye en todas las siete clases, a las últimas tres clases solo pertenece un individuo.

**Tabla 8.** Porcentaje de estadios de madurez y número de individuos de machos en cada clase de peso y LDM durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

<b>Peso/Clase</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Inmaduro (I)	11% (3)						
Madurando (II)	44% (8)	72% (8)	62% (6)	100% (7)	100% (3)	100% (1)	100% (1)
Maduro (III)	27% (6)	27% (3)	38% (3)				
<b>LDM/Clase</b>							
Inmaduro (I)	10% (3)						
Madurando (II)	52% (11)	66% (9)	66% (7)	100% (4)	100% (1)	100% (1)	100% (1)
Maduro (III)	26% (6)	25% (3)	33% (3)				



**Figura 16 A.** Histograma de la madurez testicular del pulpo *O. cf. vulgaris* de acuerdo al peso total (g)



**Figura 16 B.** Histograma de la madurez testicular del pulpo *O. cf. vulgaris* de acuerdo a la longitud dorsal del manto (cm).

### 7.3.2 Desarrollo Ovárico

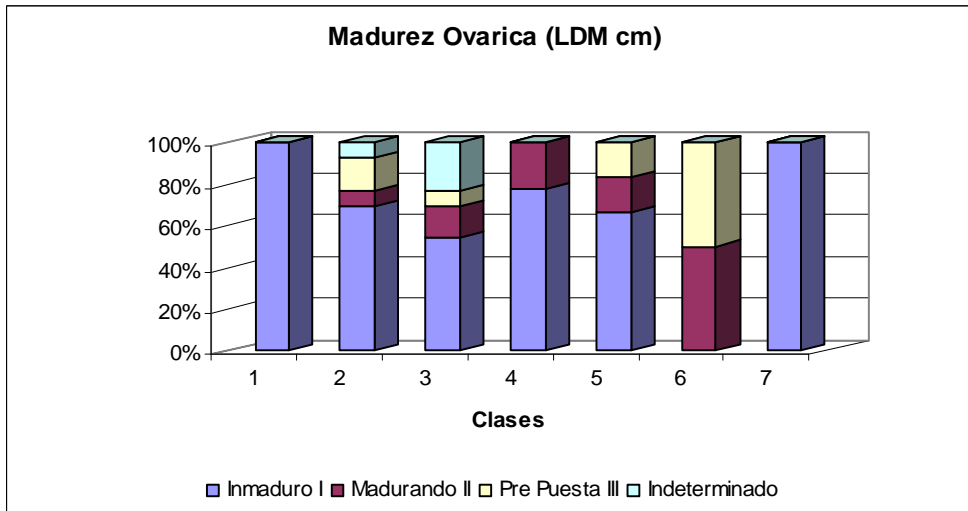
En cuanto a hembras y de acuerdo con las siete clases obtenidas a partir de la longitud del manto figura 17 A, se puede observar que el estadio I o inmaduro se encuentra presente en todas las clases menos en la 6 mientras que en las clases 1 y 7 se obtuvieron las mayores proporciones siendo de 100%. La menor proporción se registró en la clase 3 con un 50%, para el caso del estadio II este solo se encontró en las clases 2,3,4,5 y 6 en donde el mayor porcentaje se observó en la clase 6 con un 50 % y el menor en las clase 2 con un 16,66%. Para el caso de estadio III este se encontró distribuido en las clases 2,3, 5 y 6 donde la menor proporción se registró en la clase 2 con sólo un 7,14% y fue mayor en la clase 6 con un 50%. Los organismos indeterminados registraron la proporción más baja y se encontraron individuos solo en la clase 2 y 3 con porcentajes de 8,33% y 28,57% respectivamente.

En la figura 17 B se observa el histograma de las clases obtenidas a partir del peso de los individuos. Al igual que en la gráfica anterior se observan los estadios de madurez distribuidos en siete clases, para el caso de estadio I se observa que se encuentra distribuido en las clases 1, 2, 3 4 y 7 donde la mayor proporción se registró en la clase 2 con un porcentaje de 85% y la más baja se registró en la clase 3 con un 50%. El estadio II se distribuyó en la mayoría de las clases menos en la 6, la proporción más alta de individuos registrados en este estadio fue en la clase 6 con un 100% y la más baja se registró en el la 1 con un porcentaje de 4, 76%, para el estadio III este se registró en las clases 5 y 7 donde obtuvo un porcentaje de 100% y 50 % respectivamente; para el caso de organismos indeterminados al igual que en la grafica anterior este obtuvo la menor proporción y se registró solo en la clase 1 con un porcentaje del 23,8%.

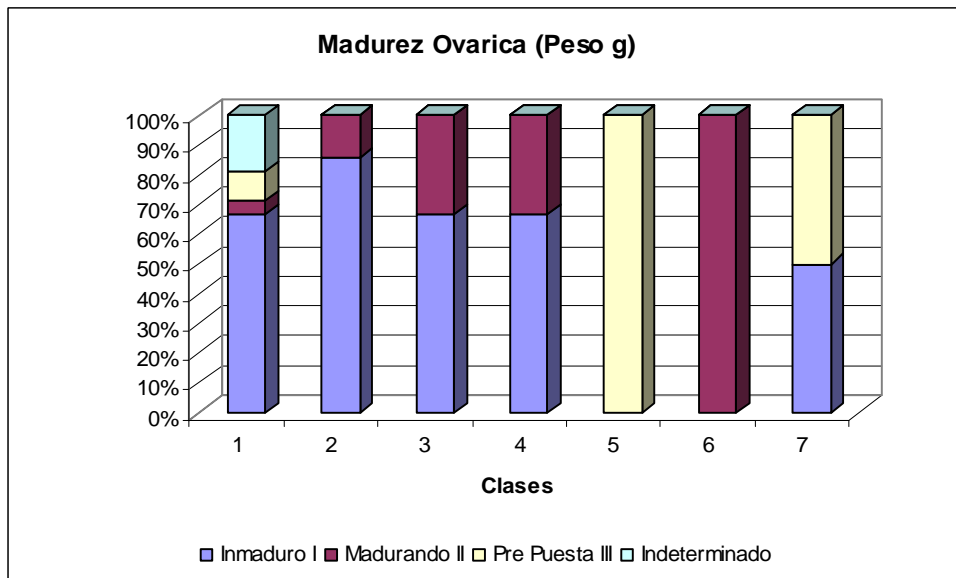
En la tabla 9 se muestra los estadios de madurez de hembras presentes en cada clase de peso y LDM con su correspondiente porcentaje y número de individuos, se observan individuos distribuidos en todas las clases pero en las últimas clases el número de individuos por clase es de solo uno para los tres estadios de madurez.

**Tabla 9.** Porcentaje de estadios de madurez de hembras en cada clase de peso y LDM durante noviembre 2007 y mayo 2008 en la región de Santa Marta.

<b>Peso/Clase</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Inmaduro (I)	83.35% (14)	75% (6)	66.7% (4)	33.3% (4)			50% (1)
Madurando (II)	5.88% (1)	25% (1)	33.3% (2)	66.67% (2)		100% (1)	
Maduro (III)	11.76% (2)				100% (1)		50% (1)
<b>LDM/Clase</b>							
Inmaduro (I)	100% (1)	75.5% (9)	70.00% (7)	77% (7)	66.67 % (4)		100 % (1)
Madurando (II)		8.33%(1)	20% (2)	22.2% (2)	16.67% (1)	50 % (1)	
Maduro (III)		16.67% (2)	10% (1)		16.67% (1)	50 % (1)	



**Figura 17 A.** Histograma de madurez Ovária del pulpo *O. vulgaris* de acuerdo a la longitud dorsal del manto (cm)

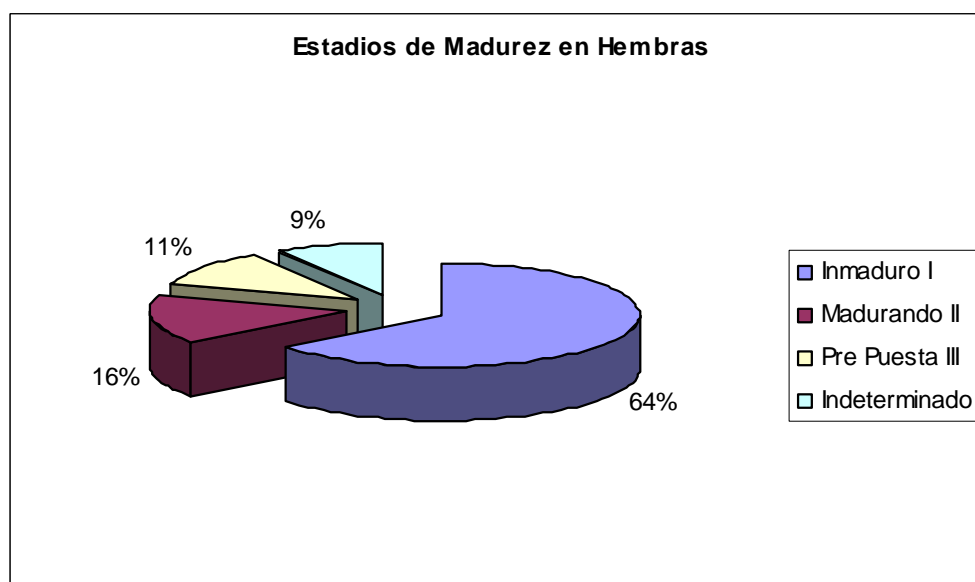


**Figura 17 B.** Histograma de madurez Ovária del pulpo *O. vulgaris* de acuerdo a el peso total (g)



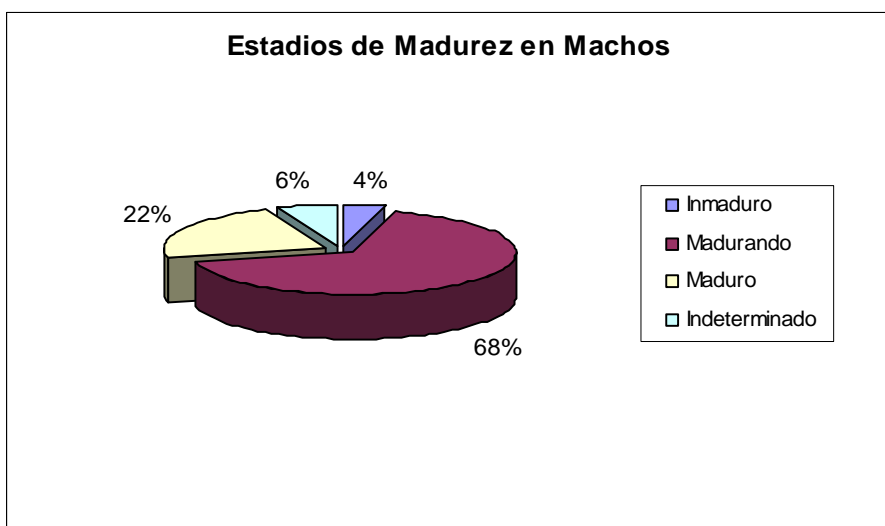
#### 7.4 Frecuencia de estadios de madurez sexual

En cuanto a la frecuencia de madurez sexual en hembras como se muestra en la figura 18 se observa que el mayor porcentaje de individuos encontrados correspondió al estadio I, organismos inmaduros que a nivel celular se encontraban en estadio de previtelogénesis, con 30 individuos que corresponden al 64% del total de la población de hembras analizadas, distribuido en la mayoría de clases, tanto para longitud como para peso. No se encontraron individuos inmaduros en la clase 6 para longitud dorsal del manto y en las clases 5 y 6 para el caso de peso. El menor número de individuos se registró en el estadio III, individuos maduros que a nivel microscópico se encontraban en vitelogénesis registrándose 5 individuos con un porcentaje de 11%, distribuidos en la mayoría de clases para longitud dorsal del manto y para las clases 5 y 6 en el peso. Para el caso del estadio II ó en maduración y previtelogénesis II se registraron 9 individuos lo que reflejó un porcentaje de 16%, distribuidos en la mayoría de clases tanto para talla como para peso; no se encontraron individuos en el estadio IV o puesta. Se observaron 4 individuos (9%) registrados como indeterminados, debido a que no se pudo identificar el estadio de desarrollo en el que se encontraban; éstos fueron distribuidos en la clase de 1 para talla y de 1 y 2 para peso.



**Figura 18.** Frecuencia de estadios de madurez gonadal en hembras

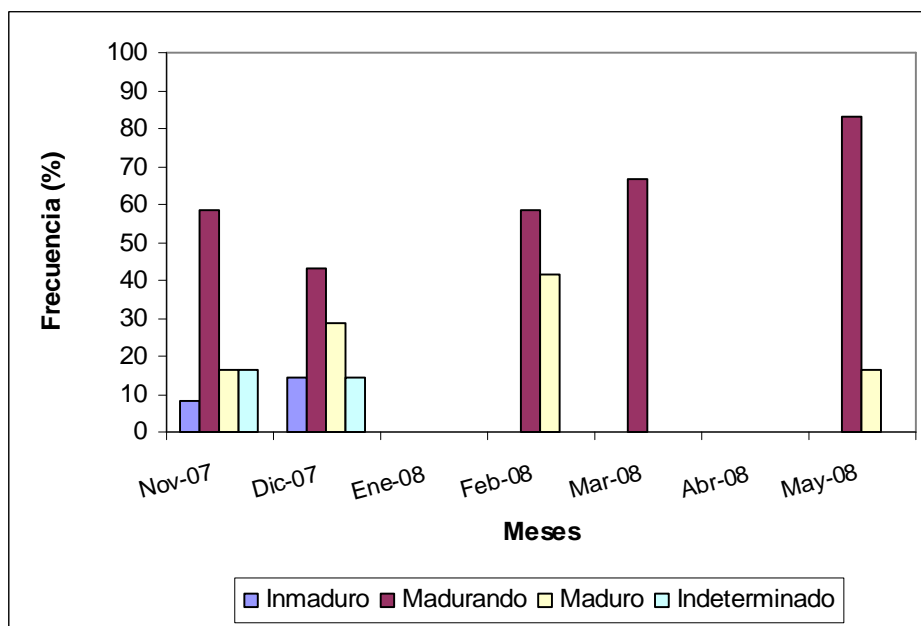
Para el caso de machos (Fig. 19) se observa que el mayor número de individuos se registró en el estadio II (madurando) donde se encontraron 33 individuos lo que equivale al 67.44%. En contraste con esto, el menor número de individuos se encontró en el estadio I o inmaduro donde se registraron solo 2 pulpos (4%). En el estadio III se encontraron 11 pulpos (22%) mientras que se observaron tres individuos indeterminados, es decir el 4%. Al igual que sucedió en el caso de las hembras, no se encontraron individuos en estadio IV o puesta. Al relacionarse con lo intervalos de talla y peso se observa que el estadio I y el indeterminado solo se presentan en la clase 1, es decir en el rango de 37 g a 217 g a diferencia de estadio II el cual se presenta en las siete clases. El estadio III está presente en las tres primeras clases.



**Figura 19.** Frecuencia de estadios de madurez gonadal en machos

La figura 20 muestra que durante el periodo estudiado (noviembre 2007-mayo 2008) se registraron individuos machos en estadio II y III a lo largo de los meses de estudio a excepción de marzo donde no se observó ningún representante del estadio III (maduro). En ambos caso se observa una tendencia a aumentar con el tiempo, siendo así, el estadio II presenta un notorio aumento desde diciembre (42%) hasta mayo donde se presenta el pico más alto (83%). Con respecto al estadio III, desde noviembre se incrementa el porcentaje de individuos en este estadio (16%) teniendo febrero el máximo porcentaje (42%), para el mes de mayo decrece el porcentaje a un 16%.

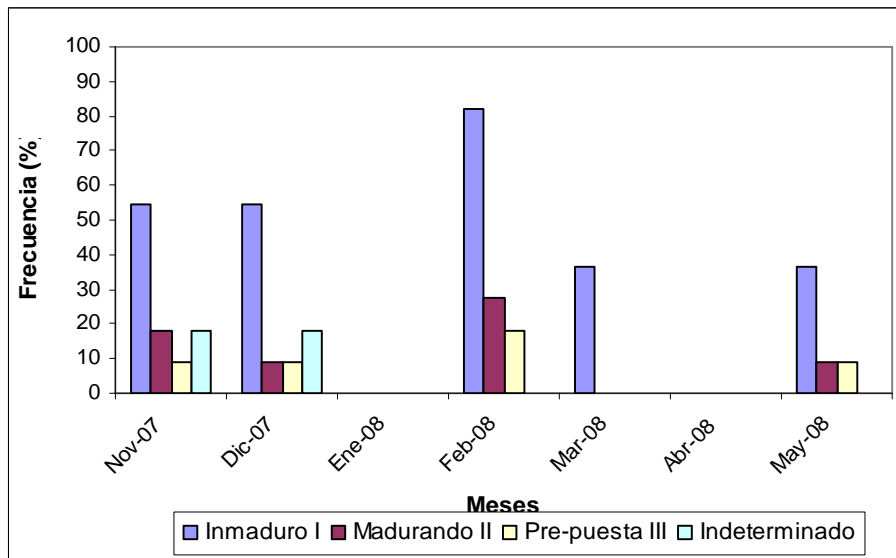
Los individuos inmaduros (estadio I) y los individuos indeterminados sólo se presentaron en noviembre y diciembre en bajas proporciones, estando los inmaduros en un rango entre 8% y 14% y los indeterminados entre 16% y 24%.



**Figura 20.** Frecuencia de los estadios de madurez sexual de machos.

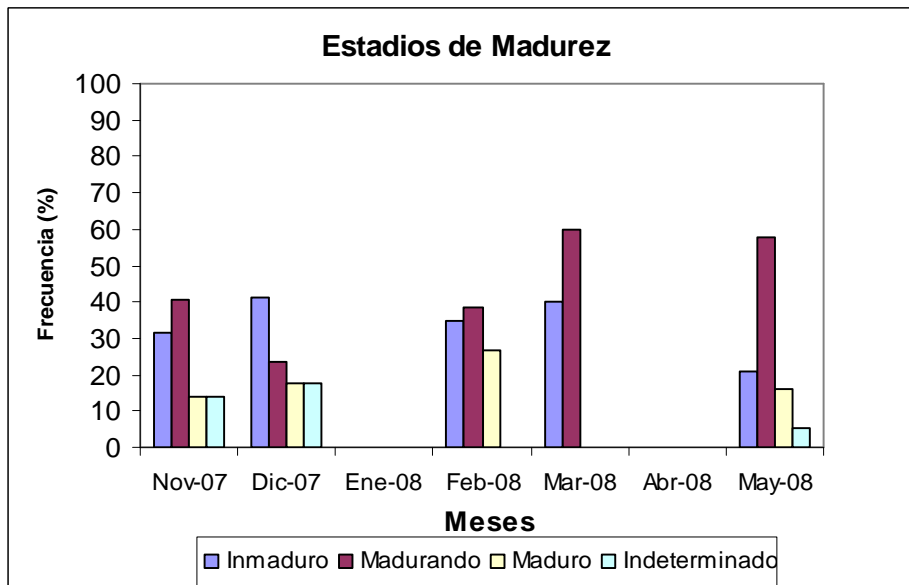
Durante el periodo de estudio, como se observa en la figura 21, el mayor porcentaje de hembras maduras (Estadio III) se encontró en el mes de febrero (17%) mientras que en mayo, noviembre y diciembre se presentaron las proporciones más bajas (9 y 10% respectivamente), durante el mes de marzo no se presentaron individuos en este estadio. Al igual que en machos, individuos en estadio inmaduro se encontraron a lo largo de todo el periodo estudiado notando un leve incremento con el tiempo, siendo el pico más alto el mes de mayo con un 66%; en marzo se presenta una disminución en el porcentaje de hembras en estadio II al 50%

Con excepción del mes de marzo, en todos los muestreos se presenta el estadio II; el mayor registro fue durante el mes de febrero con un 21% y el menor en diciembre (10%). Para el caso de los organismos indeterminados estos solo se encontraron en los meses de noviembre y diciembre en proporciones cercanas al 20%



**Figura 21.** Frecuencia de los estadios de madurez sexual de hembras.

La distribución de los estadios de madurez a lo largo de los meses registrados de noviembre de 2007 a mayo de 2008 como se observa en la figura 22, refleja que el mayor porcentaje de hembras y machos maduros se encontró en febrero mientras que el menor fue en mayo. En marzo no se registró ningún individuo pero se encontraron pulpos maduros en los otros meses de muestreo. A lo largo de todos los meses se registraron hembras y machos en estadio inmaduro (I) tanto para hembras y para machos, aumentando en los meses de diciembre y marzo y disminuyendo en los meses de febrero y mayo. Para el caso de estadio II, en maduración, igualmente se encontraron machos y hembras en todos los meses observándose una tendencia a incrementar desde diciembre hasta marzo, siendo este mes junto con mayo los meses de mayor frecuencia. Los individuos indeterminados se encontraron únicamente en los dos primeros meses estudiados (noviembre y diciembre de 2007), en mayo se vuelve a encontrar un escaso 5% de estos individuos.



**Figura 22.** Distribución de los estadios de madurez a lo largo de los meses para hembras y machos de *O. cf. vulgaris*.

### 7.5 Composición por peso y longitud del manto

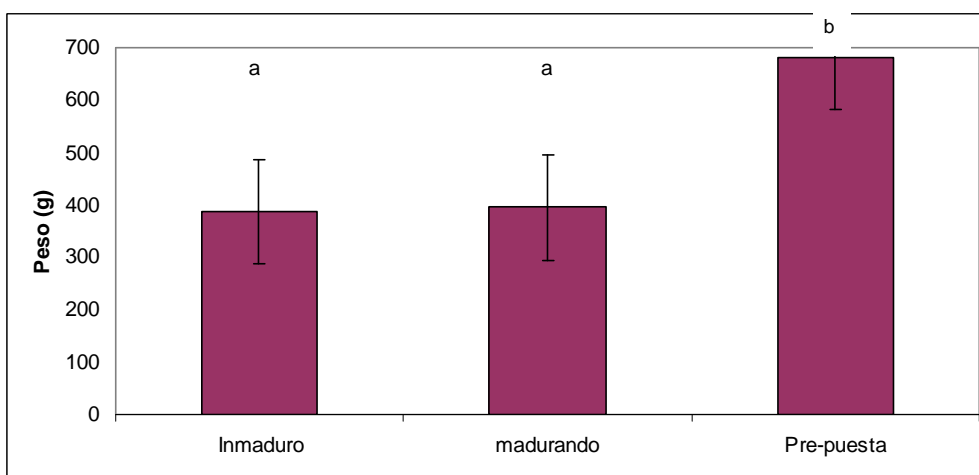
Para la composición de peso total (Fig. 23), LDM (Fig. 24) y peso de gónadas (Fig. 25) de las hembras se observó que los valores mas altos de estas variables se registraron en los estadios de pre-puesta (tabla 3). Así mismo, la distribución de la talla y el peso se vio reflejada en las clases mas alta, es decir de la quinta a la séptima; los individuos en proceso de maduración (estadio II) se encontraron en las mayoría de clases y en una baja proporción; el menor peso se registró para individuos inmaduros (estadio I) los cuales se distribuyeron a lo largo de la primeras clases en una proporción mas alta que los anteriores estadios de maduración. En cuanto a los organismos registrados como indeterminados solo se distribuyeron en la segunda y tercera clase de longitud y en la primera clase para peso.

Para el caso de peso de gónadas se observó que el estadio en pre-puesta (estadio III) registró el mayor peso y el menor peso promedio se registro en el estadio de inmadurez.

El ANOVA realizado para determinar las diferencias entre los estadios de madurez y las variables de peso total, LDM y peso de las gónadas mostró que con respecto a la longitud

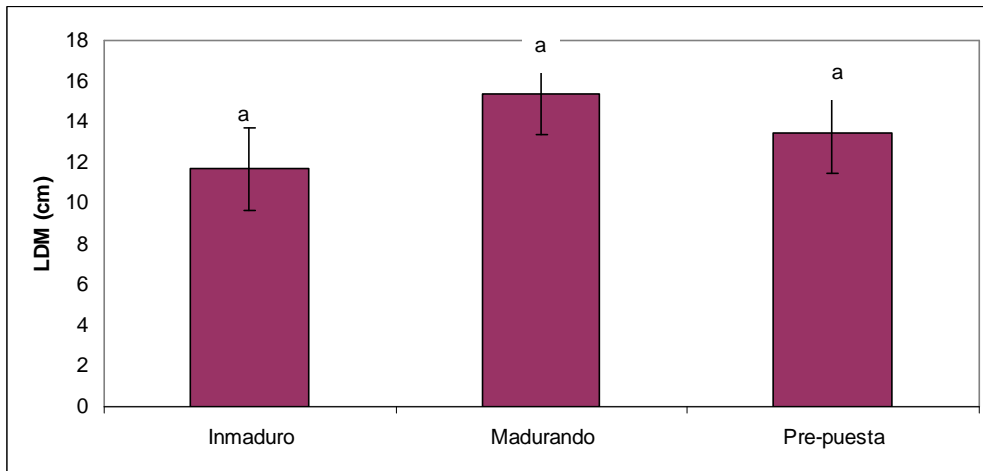
dorsal del manto no hay diferencias significativas ( $p=0,027$ ) pero al compararse con el peso total ( $p= 0,027$ ) y el peso de las gónadas ( $p=5.167e-08$ ) si hay diferencias significativas.

La prueba de Tukey mostró que el estadio inmaduro y la pre-puesta presentan diferencias en cuanto a peso del animal mientras que estadios inmaduro y madurando no presentan diferencia, para el caso de la variación del LDM no presentaron diferencias significativas y el peso de la gónada presentó diferencias entre los estadios inmaduro y madurando. (Fig. 23, 24,25)



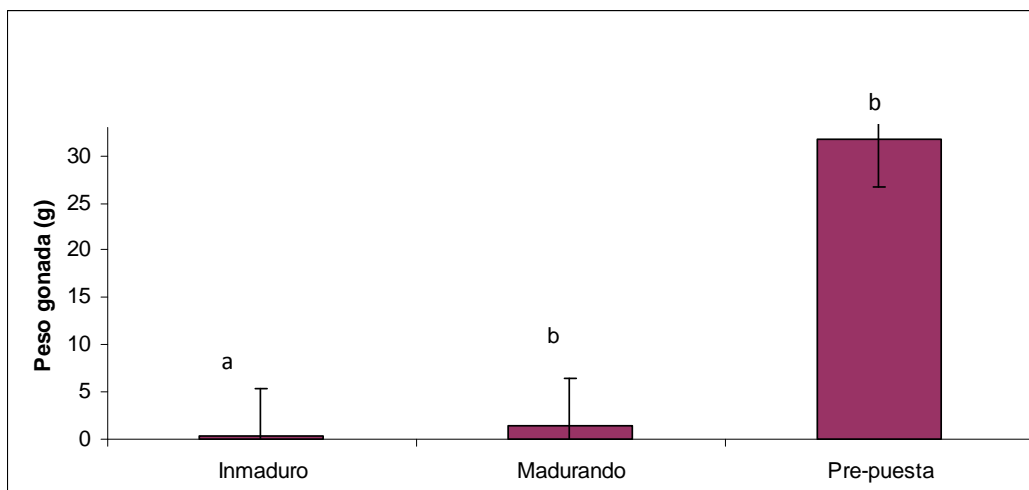
**Figura 23.** Variación en el peso total ( $P \pm DS$ ) en cada estadio de madurez observado en las hembras de pulpo en la región de Taganga.

Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes entre estadios.



**Figura 24.** Variación en la talla LDM ( $LDM \pm DS$ ) en cada estadio de madurez en hembras de pulpo en la región de Taganga.

Medias con igual letra no son estadísticamente diferentes entre estadios.

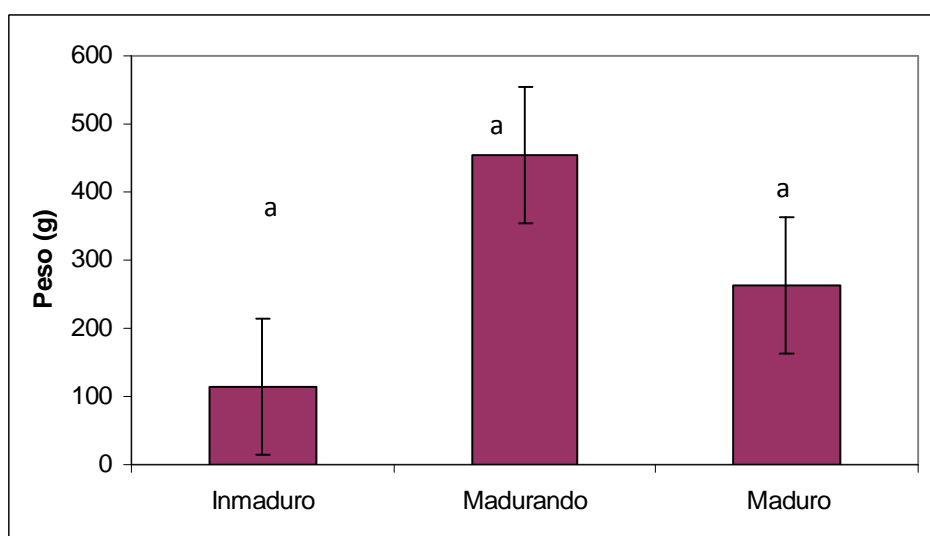


**Figura 25.** Variación en el peso de la gónada ( $PESO GONADA \pm DS$ ) en cada estadio de madurez en hembras de pulpo en la región de Taganga.

Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes entre estadios.

Para el caso de machos la composición de peso (Fig. 26), LDM (Fig. 27) y peso de gónada (Fig. 28) se observa que los individuos inmaduros representan los valores promedios más bajos comparados con los otros estadios. Los individuos en maduración (estadio II) mostraron los valores más altos tanto de peso como de LDM y peso de gónada, mientras que el estadio más avanzado de madurez, estadio III presentó por debajo de lo reportado para el estadio II. Como se mencionó anteriormente, el estadio I y los individuos indeterminados están solamente en la primera clase tanto de LDM como de peso; el estadio II sigue presentándose en todas las clases y el estadio III solo está en las clases uno, dos y tres.

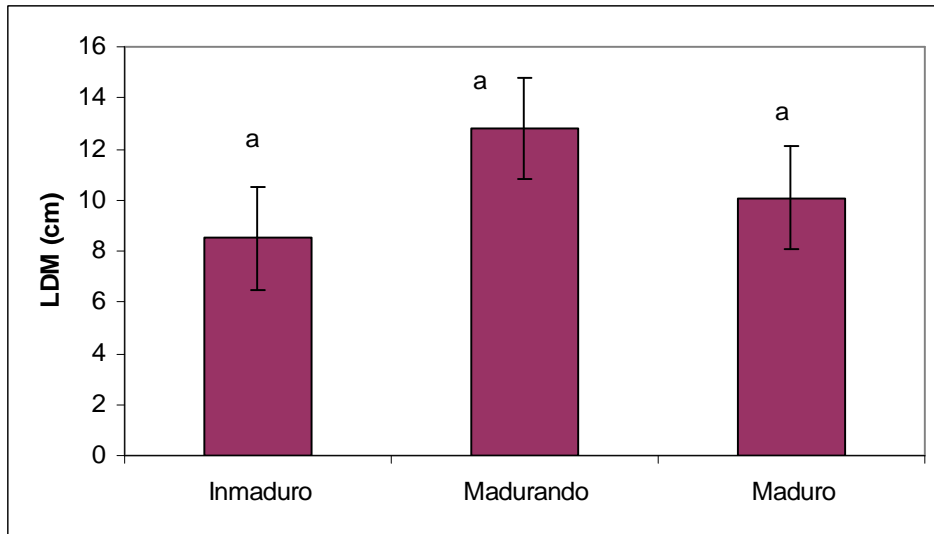
De acuerdo al ANOVA realizado para determinar la existencia de diferencias entre los estadio de madurez de macho con respecto al peso y a la LDM no se observaron diferencias significativas en ninguno de los casos ( $p=0,10$  y  $p=0,16$ ) Igualmente, en cuanto al peso de las gónadas tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p=0,18$ ). En todos los casos el nivel de confianza fue del 95% (Fig. 26, 27, 28)



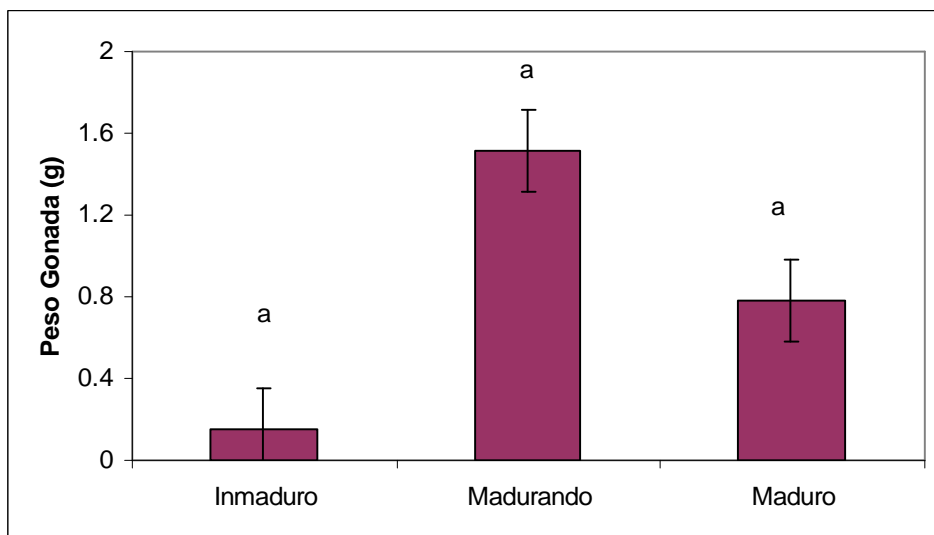
**Figura 26.** Variación en el peso total ( $P\pm DS$ ) en cada estadio de madurez en machos de pulpo en la región de Taganga.

Medias con igual letra no son estadísticamente diferentes entre estadios.





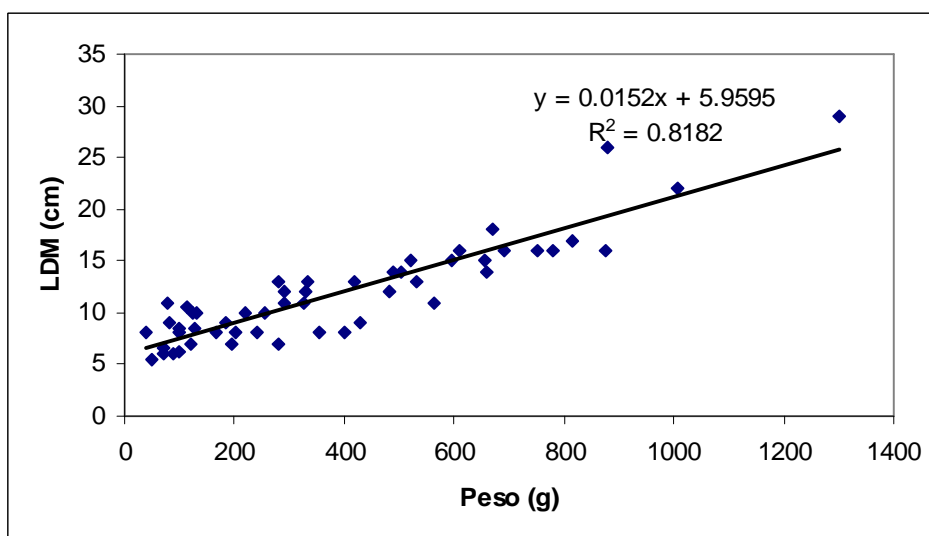
**Figura 27.** Variación en la longitud dorsal del manto (LDM  $\pm$  DS) en cada estadio de madurez en machos de pulpo en la región de Taganga.  
Medias con igual letra no son estadísticamente diferentes entre estadios



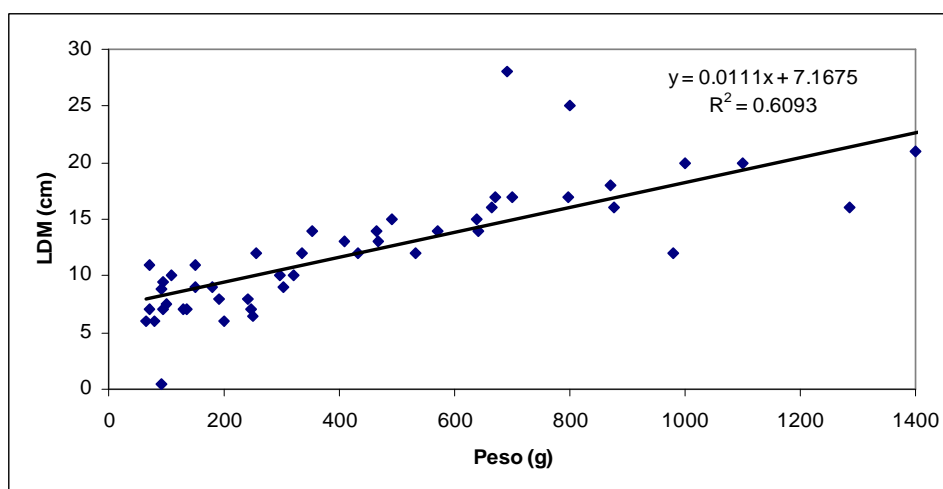
**Figura 28.** Variación en el peso de las gónadas (PESO GONADA  $\pm$  DS) en cada estadio de madurez en machos de pulpo en la región de Taganga.  
Medias con igual letra no son estadísticamente diferentes entre estadios

La correlación entre el peso total y la longitud del manto de machos fue de  $r=0,81$  como se observa en la figura 29 y para las hembras fue de  $r= 0,60$  (Fig. 30). En ambos casos se observa la relación positiva entre estas dos variables indicando que esta especie presenta crecimiento alométrico.

En contraste a esta relación, el peso de la gónada tanto de hembras como de machos no muestra relación alguna con el peso total y con la longitud dorsal del manto puesto que los valores de  $r$  son demasiado bajos (tabla 10).



**Figura 29.** Correlación entre peso y LDM de machos de pulpo.



**Figura 30.** Correlación entre peso total y LDM de hembras de pulpo.

**Tabla 10.** Correlaciones entre las variables peso total, LDM y peso gónada de machos y hembras.

<b>Machos</b>	R	Formula
Peso total-Peso gónada	0,47	$y = 0.0032x + 0.0949$
LDM-Peso gónada	0,44	$y = 0.1816x - 0.8302$
<b>Hembras</b>		
Peso total-Peso gónada	0,17	$y = 0.0161x - 3.2646$
LDM-Peso gónada	0,0042	$y = 0.0638x + 2.4588$

## 7.6 Desarrollo Ovárico

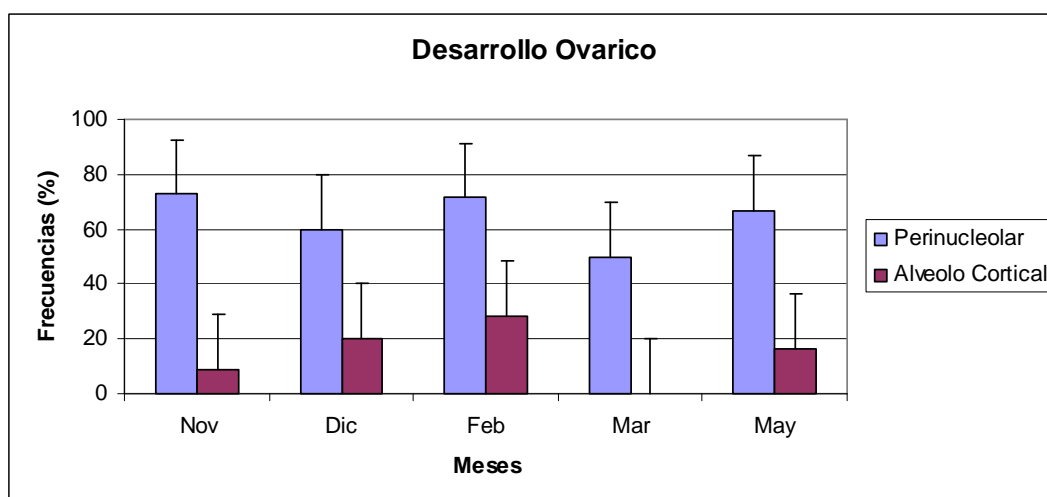
La presencia de diferentes oocitos en las gónadas femeninas así como el aumento en el área de los oocitos refleja las diferencias entre los estadios de maduración de las hembras. Es así como en el estadio inmaduro o previtalogenético, el 100% de los oocitos son perinucleolares y reflejan el área promedio menor. En el estadio II o previtelogenético II, se observa tanto oocitos perinucleolares en una proporción de 47 % como alvéolo corticales (53%) reflejando un área intermedia entre los estadio I y II. El estadio III vitelogenético se caracteriza por la presencia solo de oocitos alvéolo corticales, es decir el 100% y el incremento notorio de sus áreas. En la tabla 11 se muestran las áreas promedio y su respectiva desviación estándar de los oocitos presentes en cada estadio de madurez.

**Tabla 11.** Valor promedio y desviación estándar de las áreas de los oocitos presentes en cada estadio de madurez.

	Áreas de Oocitos ( $\mu$ )			
	Perinucleolar		Alveolo Cortical	
	Promedio	Desv.	Promedio	Desv.
Estadio I inmaduro	4.096,41	2.503,41	No presentes	
Estadio II madurando	8.283,11	2.957,07	6.937,23	6.641,17
Estadio III pre-puesta	No presentes		15.9127,35	12.3107,33

En cuanto a la proporción mensual de este tipo de oocitos, se observa que durante el mes de febrero se presentan los porcentajes más altos de los dos tipos de oocitos, 71,42% perinucleolares y 28,57% alveolo cortical; esto podría indicar que durante este mes las hembras están en un periodo de maduración mientras que en marzo (al no observarse oocitos alveolo cortical) se podría inferir que solo hay presencia de individuos en estadio I o en previtelogénesis (Fig. 31).

Así mismo, el porcentaje de oocitos perinucleolares (82%) es notoriamente mayor con respecto al porcentaje de oocitos en estado alvéolo cortical (18%) e igualmente los primeros se observan durante todos los meses, por lo cual durante todo este periodo de estudio se pueden encontrar hembras inmaduras en estadio de previtelogénesis I o en proceso de este previtelogénesis II.



**Figura 31.** Variación mensual y porcentual de los oocitos perinucleolares y en alveolo cortical.

## 7.7 Índice de Madurez

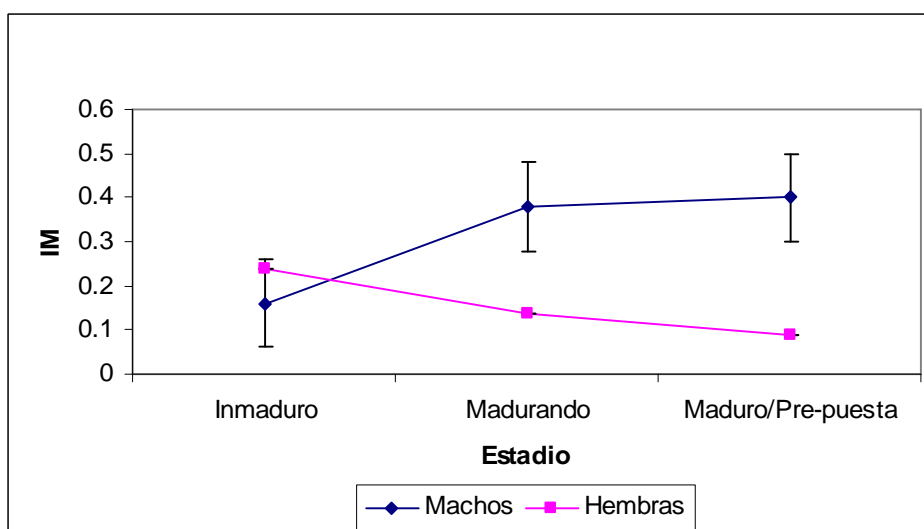
De acuerdo con Guerra (1975) se obtuvo el índice de madurez (IM) el cual permite obtener mayor precisión en cuanto al estado de madurez. En la tabla 12 se presentan los rangos propuestos por Guerra (1975) y modificados por Silva et al. (2002) junto con los promedios obtenidos en el presente estudio tanto para machos como para hembras.

Como se observa, el índice promedio de madurez de cada estadio en este trabajo coincide con los intervalos sugeridos por Guerra (1975).

**Tabla 12.** Intervalo de los valores y promedio del Índice de madurez durante la época seca en la región de Taganga correspondiente a cada estadio. Tomado de Silva et al. (2002)

Estadio Madurez	Machos		Hembras	
	Intervalo	Promedio	Intervalo	Promedio
I Inmaduro	0,18 - 0,32	0,15	0,31- 0,14	0,23
II Madurando	0,28 - 0,58	0,38	0,16 - 0,06	0,13
III Maduro/Pre-puesta	0,29 - 0,72	0,40	0,08 - 0 01	0,08
IV Post-puesta	0,73		0,32	

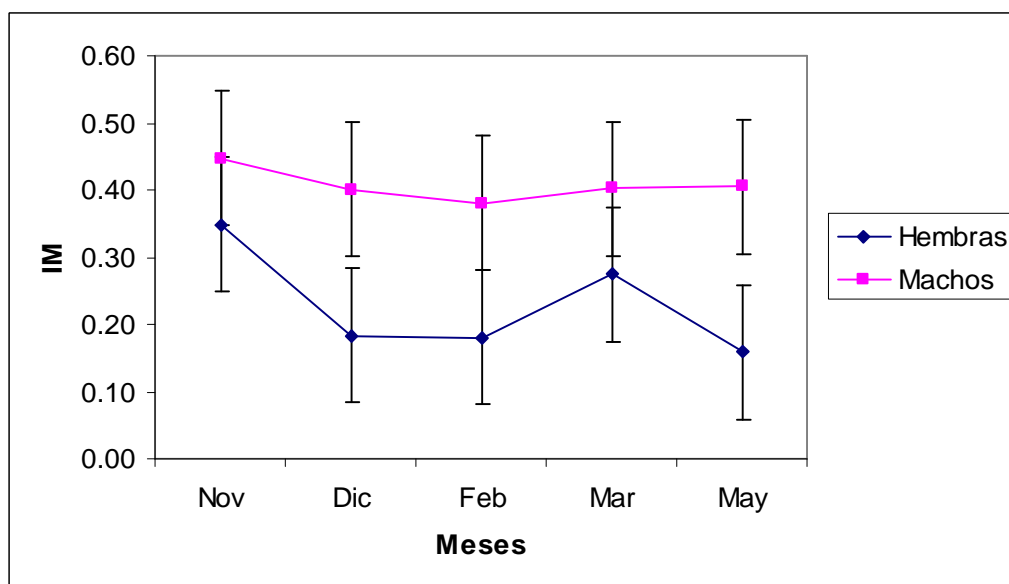
Así mismo, la figura 32 muestra la tendencia del índice de madurez (IM) a aumentar para el caso de machos y a disminuir en las hembras. Es así como estadios inmaduros en machos muestran valores bajos de IM, pero cuando llegan al estado de maduración, estos valores incrementan notoriamente; situación contraria sucede en las hembras, donde el estadio de inmadurez corresponde al índice mas alto mientras que hembras en estadio pre-puesta (equivale a maduro en machos) presentan los valores más bajos.



**Figura 32.** Cambios del Índice de Madurez (IM  $\pm$  DS) de acuerdo al estadio de madurez para machos y para hembras durante nov. de 2007 y may. de 2008.

En cuanto a los cambios mensuales del índice de madurez (Fig. 33) en machos se observa una tendencia similar a lo largo de todos los meses puesto que los valores promedio de IM se mantienen en un rango de  $0,38 \pm 0,04$  (febrero) y  $0,44 \pm 0,25$  (noviembre) lo que correspondería, de acuerdo a la tabla 4 al estadio II y III. Esto indica la presencia de individuos madurando y maduros durante toda la estación seca. Para el caso de las hembras, se presenta una fluctuación a lo largo de los meses, siendo diciembre, febrero ( $0,18 \pm 0,13$ ) y mayo ( $0,15 \pm 0,11$ ) los meses de menor índice de madurez correspondientes al estadio II o madurando mientras que noviembre ( $0,34 \pm 0,27$ ) y marzo ( $0,27 \pm 0,12$ ) concuerdan con los inmaduros. No se observa ningún mes que corresponda a individuos maduros.

Al realizar la correlación entre el índice de madurez con el peso total y la longitud del manto se encontró que no hay relación entre estas variables debido al valor de r bajo como se observa en la tabla 13.



**Figura 33.** Variación mensual del índice de madurez ( $IM \pm DS$ ) en machos y hembras.

**Tabla 13.** Correlaciones del peso total y de LDM con respecto al índice de madurez.

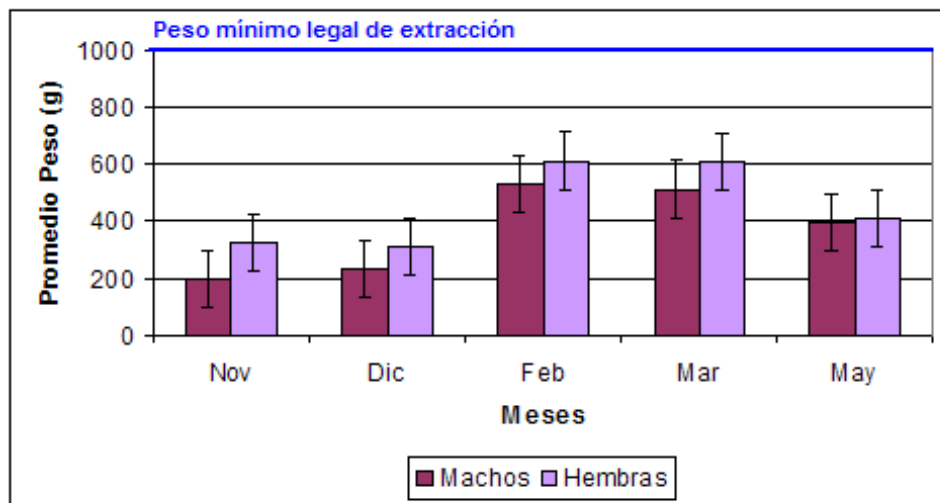
<b>Machos</b>	<b>R</b>	<b>Formula</b>
Peso Total-IM	0,004	$y = 4E-05x + 0.3901$
LDM-IM	8.00E-05	$y = 0.0003x + 0.4014$
<b>Hembras</b>		
Peso Total-IM	0.0671	$y = -0.0001x + 0.2842$
LDM-IM	0.2029	$y = -0.0156x + 0.4131$

### 7.8 Peso mínimo de extracción

El comportamiento del peso en las hembras (Fig. 34) muestra una tendencia a aumentar durante los primeros meses, comenzando en diciembre con un peso promedio  $310 \text{ g} \pm 396,16 \text{ g}$  y alcanzando, en febrero un peso promedio de,  $610 \pm 286,59 \text{ g}$  en promedio. A partir del mes de marzo, los pesos promedio tienden a disminuir llegando a  $412 \pm 252,18 \text{ g}$  durante el mes de Mayo.

El comportamiento del peso en individuos machos de *O. cf. vulgaris* (Fig. 34) se asemeja a lo observado para hembras. Noviembre y diciembre presentan valores promedios bajos ( $200 \pm 169 \text{ g}$  y  $228 \pm 298 \text{ g}$ , respectivamente) pero llegando a febrero se alcanza el pico mas alto  $530 \pm 314 \text{ g}$  manteniéndose en marzo ( $520 \pm 234 \text{ g}$ ). Para el mes de mayo el peso disminuye notoriamente hasta llegar a casi los  $400 \pm 284 \text{ g}$ . Finalmente, como se observa las hembras tienden a tener pesos mayores comparado con los pesos de los machos.

Así mismo, en ninguno de los meses del presente estudio, se observa que el peso promedio de los individuos supera el peso mínimo legal de extracción propuesto por Carbajal et al. (2003) para el Golfo de México y el Caribe y tomado como referencia para Colombia en este trabajo (1000 g). De todas la hembras registradas se encontraron solo cuatro individuos con dicho peso, una en diciembre (1400 g), dos durante el mes de febrero (1.000 g y 1.100 g) y una ultima en marzo (1500 g). En cuanto a los machos solo se registraron dos machos: uno en febrero (1300 g) y otro en mayo (1005 g).



**Figura 34.** Variación mensual del peso promedio ( $P \pm DS$ ) de hembras y machos durante nov. 2007 y may 2008.



## 8. DISCUSIÓN

La proporción de sexos de *O. cf. vulgaris* encontrada concuerda con lo observado por varios autores como Guerra (1979) y Quetglas et al. (1998) quienes afirman una relación 1:1 a diferencia de Ishiyama et al. (1999) quienes encontraron una proporción 2:1 a favor de los machos de *O. mimus* en la región de Pucusana en Perú; esta situación se presentó únicamente en el mes de mayo donde el número de machos superó en el doble al de las hembras (trece machos y seis hembras); en los otros meses no se presentaron diferencias significativas de acuerdo a la prueba estadística realizada (chi-cuadrado  $X^2$ ). En general, en este estudio se observó mayor número de machos que de hembras, sin embargo estas diferencias no son significativas tal y como lo registraron Rodríguez-Rúa et al. (2005) en la costa Atlántica de Andalucía para esta misma especie.

Durante los meses de enero y abril no se obtuvieron individuos debido a que la captura de estos en el Caribe colombiano es principalmente artesanal. Este tipo de pesca está influenciada en gran medida por las condiciones hidrometeorológicas tales como las corrientes marinas y fuertes vientos especialmente en los meses de época seca (Boletín pesca, 2007). Según Jiménez-Badillo et al. (2008) esta situación también se presenta en Golfo de México en donde tampoco se registraron ejemplares capturados durante el mes de abril. Así mismo se cree que durante estos meses, como sucedió nuevamente este año, no es fácil encontrar pulpo por diferentes razones dentro de las cuales se encuentra la posible migración a otras zonas; bajas temperaturas del agua que disminuye el tiempo de permanencia de los buzos bajo el agua y por lo tanto el tiempo para encontrar y capturar el pulpo o por la combinación de ambas (Comunicación personal Trujillo, 2009).

Se encontraron siete pulpos (6,93%) catalogados mediante técnicas histológicas como indeterminados en cuanto a sexo y estadio de madurez. Sin embargo, mediante sus características macroscópicas se logró determinar su sexo. La no identificación de estos individuos puede deberse a que estaban en un estadio más juveniles que el estadio

inmaduro propuesto en la escala de madurez lo que concuerda con la menor media de peso total, LDM y peso de la gónada encontrado.

De acuerdo a las observaciones microscópicas realizadas, se diferenciaron tres estadios de madurez sexual tanto para hembras como para machos que concuerdan con el desarrollo de gónadas determinado en España para la misma especie, por Rodríguez-Rúa et al. (2005). Sin embargo, durante el periodo estudiado (Noviembre 2007-Mayo 2008) no se identificó el cuarto estadio que corresponde a la puesta en ninguno de los dos sexos. Esto difiere con lo observado por Guerra (1975) y Hernández-García et al. (2002) quienes afirman que para el Mediterráneo el desove ocurre durante el verano, mientras que según lo observado en este trabajo es de esperar que el desove se realice durante la época de transición o bien, en la época de lluvias. En contraste a esto, en Perú, la temporada de desove para *O. mimus* ocurre en el segundo periodo del año (Ishiyama et al., 1999) coincidiendo con lo esperado según lo reportado en este estudio. Esta ausencia de individuos en estadios avanzados de maduración (desove o puesta) puede estar relacionada con la época y la zona; es decir que probablemente en los meses muestreados la población se encontraba en crecimiento y no en un proceso de reproducción o que la profundidad y zona de captura no es donde se lleva a cabo la reproducción.

Por otra parte, machos madurando (estadio II) se encuentran durante todo el periodo estudiado, igualmente, machos maduros (estadio III) también se encuentran en la mayoría de los meses lo que es normal para esta especie según Rodríguez-Rúa et al. (2005) y concuerda con Guerra (1979) y Quetglas et al. (1998) en el oeste del Atlántico y Mar Mediterráneo, respectivamente. Así mismo, Jiménez-Badillo et al. (2008) confirmaron la presencia de machos maduros en el Caribe del Golfo de México durante todo el año con dos picos de madurez testicular, el primero corresponde a Agosto-Septiembre y el segundo Diciembre-Enero. Este último pico concuerda con lo reportado durante diciembre de 2008, mes en el que el porcentaje de estadio III de machos es el segundo más alto comparado con el resto de meses (29%); sin embargo febrero es el mes con mayor porcentaje de machos maduros (42%). Este hecho concuerda con lo visto en *O. minus* en Perú por parte de Ishiyama et al. (1999) quien observó entre enero y abril machos maduros, siendo febrero el segundo mes con mayor porcentaje de estos (10%).

Para el caso de hembras en el presente estudio se encontró que ejemplares inmaduros (estadio I) y madurando (estadio II) se registraron en todos los meses. En los meses de noviembre y febrero se presentaron los valores más altos de estos dos estadios, lo que difiere con lo que ocurre en España (Guerra, 1975) en donde el mayor porcentaje de hembras inmaduras se registró en los meses de octubre hasta enero (invierno). En contraste, se encontraron hembras maduras en la época seca lo que concuerda con lo encontrado con Quetglas et al. (1998) quienes registraron hembras desde el inicio de verano pero difiere de Rodríguez-Rúa et al. (2005) quienes establecieron que a comienzos de invierno inicia el ciclo reproductivo de hembras. Así mismo el no encontrar hembras en estadio IV o puesta durante los meses del presente estudio sugiere que para el caso de la región de Santa Marta, en el Caribe colombiano la mayor actividad reproductiva no está ligada a la época seca si no probablemente a la época de lluvias (diciembre a marzo) y la puesta se sugiere que se extiende en los meses con alta pluviosidad que van de junio a noviembre lo que concuerda por lo propuesto por Jiménez-Badillo et al. (2008) que afirman que la mayor reproducción de *O. vulgaris* se da en época de invierno o de mayores lluvias en el golfo de México.

Con respecto al peso y la longitud del manto se puede decir que en machos existe relación entre dichas variables pero no con el estado de madurez, lo que quiere decir que el animal puede aumentar de peso conforme aumenta la longitud del manto pero este hecho no indica que su estado de madurez también aumente. Es así como el peso promedio de individuos en maduración (Estadio II) alcanzan 455 g y LDM de 13 cm mientras que los individuos maduros (Estadio III) no superan 260 g y 10 cm de LDM. Por esto, se puede concluir que aparentemente la capacidad reproductiva no está limitada ni condicionada al peso o talla como lo afirman Jiménez-Badillo et al. (2008) sino más bien por factores como la alimentación y la edad ya que individuos bien alimentados pueden obtener grandes tallas y pesos pero aún no alcancen la madurez y viceversa. Por otra parte, las gónadas tampoco muestran que el peso incremente con el proceso de madurez, es así como los individuos madurando (estadio II) son los que presentan mayor peso medio de la gónada, mientras que los maduros mantienen el peso alrededor de 1 g. A diferencia de estos, los estadios inmaduros si presentan valores promedios más bajos (0,15 g). Lo anterior se confirma con las correlaciones obtenidas entre el peso total del animal y el peso de la gónada  $r=0,47$  y la correlación entre el índice de madurez y peso total  $r=0,04$  y el índice de madurez y LDM  $r=0.00008$ ; es decir que de acuerdo a estos

resultados la madurez en los machos no está relacionado ni con el peso total y tampoco con la longitud del manto. Una de las razones por la cual el testículo baja de peso es que en los organismos maduros los espermatozoides van siendo liberados hacia la bolsa de Nedham y por lo tanto el testículo va quedando vacío.

Por otra parte, de acuerdo a la LDM en hembras se puede afirmar que hay una relación de peso y LDM parcial del individuo pero no se puede determinar que hay una correlación directa del peso del individuo y la talla del mismo con respecto al estadio de madurez en el que se encuentra ya que si se observaron que los individuos en el estadio de inmadurez o previtelogéneis registraron el menor peso y la menor longitud y el estadio de maduración o vitelogéneis registró el mayor peso y la mayor longitud.

El no encontrar una correlación directa entre las variables expuestas anteriormente se puede atribuir a las diferentes edades que presentan los individuos al momento de su captura y porque el crecimiento de estos en su ambiente natural no es igual para todos los individuos pues dichas variables están afectadas por la dinámica de la población que se da en forma natural y también está influenciada por las relaciones que se dan entre esta especie como competencia por recursos y disponibilidad de los mismos; de ahí el hecho que en este estudio se hayan encontrado hembras con pesos y tallas altas pero que a nivel histológico se haya observado que aun no estaban maduras, por otro lado hay que tener presente que en poblaciones naturales los estadios de desarrollo gonadal están estrechamente ligados a la alimentación de los individuos en sus primeros estadios de desarrollo ya que está influenciada directamente en el crecimiento del ovario.

Condiciones ambientales como luz y temperatura son un factor clave para la modulación del proceso puesto que estas se involucran de forma directa en la regulación y producción de hormonas para la reproducción del individuo, así mismo según los resultados observados se puede inferir que la zona de estudio muestra que la población está en crecimiento y no es un lugar de reproducción de la especie (Comunicación personal Dr. Rosas)

Por otro lado, se puede afirmar que los individuos de mayor peso, talla y peso de gónada se registraron en el estadio más avanzado de madurez (maduro o vitelogénético) y en estadio II (madurando o previtelogénético II) hecho que es confirmado por Jiménez-Badillo *et al.* (2008) quien afirma que para el caso de hembras la capacidad reproductiva está

influenciada por el peso y la talla del animal siendo las hembras más grandes las que se encuentran en un estadio de madurez más avanzado (Comunicación personal Dr. Rosas).

En las hembras se observó que a medida que el individuo madura el peso de la gónada aumenta; pero no hay una correlación con el peso del individuo; lo que concuerda parcialmente por lo propuesto por Rodríguez-Rúa et al (2005), quienes afirman que la gónada incrementa de peso con la madurez sexual al acumular grasa necesaria para la producción de huevos. Este hecho también es respaldado por los individuos indeterminados porque registraron los menores pesos. Así mi mismo al realizar las respectivas pruebas estadísticas, estas mostraron que para el caso de talla no hay diferencias significativas entre esta variable y los estadios de madurez, para el caso de peso del individuo y peso de la gónada se encontraron diferencias significativas en estos con respecto a los estadios de madurez.

Basándose en la regla de Sturges (Zar, 2001) y al histograma de longitud dorsal de manto (LDM) y peso total, los machos en estadio II, como se ha mencionado anteriormente, se presentó en todas las siete clases resultantes, es decir, que individuos madurando puede ser encontrados durante toda la estación seca; así mismo individuos maduros solo están en la clase 1; al igual que los indeterminados que corresponde a los pesos y tallas mas bajas. Sin embargo, el estadio III que corresponde a los individuos maduros se encontró en las tres primeras clases, siendo estas de pesos (entre 38 g y 562 g) y tallas (6 cm–15 cm) intermedios y los valores más altos como era de esperarse, esto confirma nuevamente que la madurez sexual en machos no esta relacionada con el peso ni con la talla. (Jiménez-Badillo et al., 2008).

En cuanto a las hembras se obtuvieron siete clases de peso y talla, al igual que en machos, las cuales mostraron que la mayoría de individuos en estadio I o previtelogénesis se encuentran distribuidos en todas las clases lo mismo ocurrió para el estadio II o previtelogénesis II lo que se relaciona con las frecuencias de madurez sexual. La mayor frecuencia se registró en individuos inmaduros (Estadio I) o previtelogenético y en proceso de maduración (Estadio II) previtelogenético II, para el caso de los individuos maduros o en vitelogénesis éstos solo se distribuyeron en las clases donde la talla fue alta lo mismo que el peso, para el caso de talla se encontraron individuos en el rango de 20 cm a 24 cm que corresponde a la clase seis y de peso en un rango de 883 g a 1087g y de

1291 g a 1496 g que corresponden a la clase cinco y siete respectivamente, esto concuerda con lo establecido por Jiménez-Badillo et al. (2008) quien afirma que en las fases de maduración avanzadas para hembras se presenta un mayor peso de las mismas así mismo una mayor proporción.

De acuerdo a Guerra (1975) y Silva et al. (2002), el índice de madurez (IM) aumenta progresivamente en los machos y descende en las hembras con el transcurso de la maduración, durante este trabajo, el comportamiento del IM concuerda con lo visto en España por parte de los autores mencionados. En machos, los índices de madurez se mantienen en los rangos de madurantes y maduros (0,38-0,44) lo que concuerda con las frecuencias de los estadios, en las que se observa claramente que el estadio II (68%) y III (22%) predominan durante el periodo estudiado. El estadio I solo está presente en un 4% en los primeros meses, es decir noviembre y diciembre con un IM de 0,15. Para el caso de hembras los datos obtenidos de IM concuerdan para los individuos encontrados en estadio inmaduro o previtelogenesis pues registran los índices más altos con valores de 0,34 y 0,27 y lo mismo ocurre con el estadio II (madurando o previtelogenesis II) que registra valores de 0,18 y 0,15; para el caso de estadio III (maduro o vitelogenesis) se observa que según el IM propuesto por Guerra (1975) en este estudio no se registraron individuos maduros en observaciones macroscópicas, pero al realizar observaciones a nivel histológico se encontraron individuos maduros que concuerda con lo propuesto por Rodríguez-Rua et al. (2005).

Al realizar un análisis a nivel microscópico de la gónadas se observó que el área de los oocitos aumentan de tamaño a medida que el individuo madura lo que coincide por lo establecido por Rodríguez Rúa et al. (2005) y Hounaida et al. (2006) quienes afirman que a medida que inicia el proceso de maduración estadio II hay un incremento significativo de los oocitos hasta llegar al estadio III y IV, lo mismo ocurre con el estadio inmaduro donde se observa una gran cantidad de oocitos de menor área y a medida que estas células aumentan de tamaño el número disminuye debido a que no todas llegan a un estadio de maduración avanzado (Rodríguez-Rúa et al., 2002)

Por otra parte, en España, Perú (Carbajal et al., 2003) y Chile (Wolf y Pérez, 1992) mantienen leyes con respecto a la pesca de pulpo del género *Octopus* (*O. vulgaris* y *O. minus* principalmente) debido a la gran importancia que tiene en la pesca estos

cefalópodos económica y biológicamente, sin embargo para Colombia no existen referentes acerca de las medida legales de la extracción de pulpo, es por ello que tomando como referencia dichos autores, para este trabajo se mantiene 1000 g como el peso mínimo de extracción legal tanto para hembras y machos. De acuerdo a esto, durante el tiempo de estudiado tanto hembras como machos presentan pesos inferiores al mencionado. Como lo indica Carbajal et al. (2003) esta actividad es altamente selectiva logrando solo capturar ejemplares pequeños con pesos por debajo de los indicados para el inicio de la actividad reproductiva lo cual genera consecuencias desfavorables ya que se está impidiendo que el potencial reproductor de la especie actúe como mecanismo de renovación, es decir, que dicha explotación hace desaparecer las edades reproductivas que generan nuevos individuos juveniles. En un caso así, inevitablemente el stock disminuye de tamaño hasta un punto tal en que la captura colapsa y la escasa población reproductiva no es capaz de regenerar la población (Pérez, 2006).

## 9. CONCLUSIONES

1. Se identificaron tres de los cuatro estadios propuestos para la escala de maduración microscópica de las gónadas de machos y hembras de *O. cf. vulgaris* durante la época seca comprendida entre los meses de nov 2007 y mayo 2008. En ninguno de los casos se registro individuos en desove.
2. Durante los meses estudiados de la época seca en la región de Santa Marta pueden encontrarse machos listos para cuando las hembras alcancen su madurez sexual siendo mayo el mes de mayor presencia de machos maduros. Igualmente, se infiere que durante esta época los individuos están listos para reproducción mientras que para la época de lluvias se espera que ocurra el desove.
3. De los 101 individuos muestreados solo el 6% superan el peso mínimo legal de extracción lo que supone que la pesca de pulpo en el Caribe colombiano debe ser reglamentada y controlada con la implementación de vedas.
4. El crecimiento de *O. cf. vulgaris* se caracteriza por se alométrico, sin embargo el peso y la LDM no estan relacionadas con el estados de maduración.



## 10. RECOMENDACIONES

Se recomienda completar el ciclo gonadal de *Octopus cf. vulgaris*, es decir realizar el correspondiente estudio durante la época de lluvias en el Caribe colombiano para determinar la época de puesta y comparar con los resultados obtenidos de la época seca; igualmente se aconseja en posteriores estudios que se realicen en cautividad tener en cuenta las variables climatológicas, ambientales y la edad de los individuos para así poder establecer una relación más directa del peso y la talla con respecto al grado de madurez en el que se encuentra y esto debido a que en su ambiente natural variables como peso y talla están determinadas por la dinámica de la población y por las relaciones que se dan en forma natural entre la especie como competencia por recursos y calidad del alimento.

Igualmente es necesario realizar estudios acerca de la biología de *Octopus cf. vulgaris* en Colombia que permitan legalizar la extracción de esta especie y así proponer un peso y talla mínima de extracción principalmente para hembras ya que como se vio en el trabajo, estas pueden tener un peso y talla elevada pero no indicar que estén maduras sexualmente lo que tendría consecuencias para la especie.

Finalmente, se aconseja realizar estudios histológicos con microscopía óptica de alta resolución que facilitan la observación e identificación de los diferentes tipos celulares mediante el montaje de los tejidos en resinas plásticas lo que permite trabajar con cortes más finos y de mayor precisión (Lowe, 1992).

## BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, C. 2001. Las corrientes superficiales en la cuenca de Colombia observadas con boyas a la deriva. Rev. Acad. Colom. Cienc. 25(96): 321 – 335.

AYÇAGUER, C. 2008. Elementos de Malacología aplicada a la Tecnología de los Productos Pesqueros *Material correspondiente a la clase teórica para el Ciclo Orientado (curso N° 35), segundo semestre de 2008*. Pps19 .

BARNES, R. 1989. Zoología de invertebrados. 5ª Edición. McGraw-Hill. Cap. 11. Pps 478-504. México.

BARNES, R. 1982. Invertebrate Zoology. 4ª Edición. Holt saunders. Cap.10. Pps 434-460.

BRUSCA, R. G, BRUSCA. 2003. Invertebrates. Second Edition. USA. Sinauer Associates, Inc. Cap 20. Pps 755-759.

CABELLO, A.M. V, ROSBELYS. B. FIGUERA GARCÍA, M. RAMOS, Y. MÁRQUEZ, O. M. 2004. Parámetros de frescura de moluscos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de los Estados Sucre y Nueva Esparta. Venezuela. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIV, N° 5, Pps 457 – 466.

CARBAJAL, W., RAMÍREZ, P., DE LA CRUZ, J., CASTRO, J. 2003. Evaluación del recurso pulpo *Octopus minus* en las islas Lobos de Tierra y de Afuera – Lambayeque. Instituto del Mar Del Perú. Chiclayo, Perú.

CLARO, R. 1994. Ecología de los peces marinos de Cuba. CIQRO, México. Pps 525.

- DIAZ, JM. ARDILA, N. GRACIA, A. 2000. Calamares y pulpos (Mollusca: Cephalopoda) del Mar Caribe Colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR. Biota Colombiana 1 (2) Pps 195 – 201. Santa Marta, Colombia.
- DIAZ, J. PUYANA, M. 1994. Moluscos del caribe Colombiano, Santa fe de Bogotá editorial presencia. Pps. 263-266.
- FAO. 2003. Comisión De pesca para el atlántico cento-occidental. FAO Fisheries Report No 711. Martinica.
- GARCIA, F. 2009. Armed Forces Institute of Patology. AFIP.
- GARTNER, I., HIATT, J. 1997. Histología. Texto y Atlas. McGraw Hill. México D.F. Pps. 426-434
- HERNÁNDEZ-GARCÍA, V. HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J, L. CASTRO. 2002. On the reproduction of *Octopus vulgaris* off the coast of the Canary Islands.
- HOUNAIDA, F. KOUTEA N, IDHALLA, M, BELYHTI, S. 2006. Les modalites du cycle sexual du poulpe *Octopus vulgaris* du Sud marocain (Tantan, Boujdour). Biologie et pathologic animales. Marruecos.
- IGLESIAS J, F.J. SÁNCHEZ, J.J. OTERO, C. MOXICA. 1999. Cultivo del pulpo (*octopus vulgaris*, cuvier): situación actual, problemas y perspectivas. Instituto Español de Oceanografía Centro Oceanográfico de Vigo. España. Pps 311-320.
- ISHIYAMA, V., SIGA, B., TALLEDO, C. 1999. Biología reproductiva del pulpo (Mollusca: Cephalopoda) de la región de Matarani, Arequipa, Perú. Revista Peruana de Biología Vol. 6 N° 1. Arequipa, Perú.
- JIMENEZ-BADILLO, M., RÍO-RODRIGUEZ, R., GOMEZ-SOLANO, M., CU-ESCAMILLA, A., MENDEZ-AGUILAR, D. 2008. Madurez gonádica del pulpo. *Octopus vulgaris* en el Golfo de México: Análisis macroscópico y microscópico. Serie Acuicultura. México.

- KATSANEVAKIS, S. VERRIOPOULOS, G. 2004. Den ecology of *Octopus vulgaris* cuvier. 1797, on soft sediment: availability and types of shelter. Department of zoology- marine. Scientia Marina. Grecia. 68(1):147-157.
- LANDINES M. L, 2005, Reproducción de Peces en el Trópico, INCODER, Bogotá, Colombia, Pps, 11-20
- LOWE, J. STEVENS, A. 1992. Texto atlas de histología. Ediciones Doyma. Pps. 5, 324-326.
- MARCANOS, L., LODEIROS, J. 1987. Pesca de pulpo con longanizo o caza pulpo. Fondo Nacional de investigaciones Agropecuarias. Sucre. Venezuela.
- MARTÍNEZ, M. M, PEDINI. 1998. Status of aquaculture in Latin América and the Caribbean. FAO Aquaculture Newsletter 18: 20-24.
- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SISTEM. ITIS. 2009. Fecha de consulta 18-08-07.
- MONTERO, C. 2002. Experiencias de engorde y cultivo en dos especies de pulpo *Octopus vulgaris* (Cuvier) y *Octopus mimus* (Gould). CIVA 2002. (<http://www.civa2002.org>), Pps 707-719. Proyecto PADESPA (Perú)
- MUÑOZ, J. 2002. El engorde de pulpo (*octopus vulgaris*, cuvier 1797) en condiciones naturales de un estero. Memorias CIVA2002. [http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/descargas/Moluscos/19\\_engorde\\_pulpo\\_estero.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/descargas/Moluscos/19_engorde_pulpo_estero.pdf). Consultada 22 de Agosto 2007. El Toruño. El Puerto de Santa María. España.
- MUÑOZ, J. 2003. El engorde del pulpo en un estero (*Octopus vulgaris* Cubier 1797) en condiciones naturales de un estero Res. IX congreso nacional de acuicultura Cádiz España.

- O'DOR, R. J, WELLS. 1978. Reproduction versus somatic growth: hormonal control in *Octopus vulgaris*. Gran Bretaña. Cambridge University J. exp. Biol. (1978), Pps 77, 15-31.
- OLIVARES, A., ZAMORA, M., PORTILLA, P., ZUÑIGA, O. 2001. Estudio histológico de la ovogénesis y maduración ovárica en *Octopus minus* (Cephalopoda: Octopodidae) de la II región de Chile. Estud. Oceanol. 20:13-22. Antofagasta, Chile.
- PÉREZ, E. 2006. Estado de situación de las capturas y del stock de la sardina *Sardinella aurita* en el oriente de Venezuela, Isla de Margarita, Venezuela. Diario El Universal Enoriente.com.
- QUETGLAS, A. F, ALEMANYA, A, CARBONELLA, P, MERELLA. P. SÁNCHEZ. 1998. Biology and Fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). Spain. Fisheries Research 36 (1998) Pps 237-249.
- RAMÍREZ, J. DE LA CRUZ, W. CARVAJAL. 2007. Instituto del mar del Perú. Imarpe. Sede regional de Lambayeque. <http://www.imarpe.gob.pe/chiclayo/index.htm>
- RIBES, E. GIMENEZ, P. MARTINEZ, P. GONZALEZ, A. SAPERAS, N. KASINSKY, H. CHIVA, M. 2004. Chromatin organization during spermiogenesis in octopus vulgaris. I: morphological structures. Molecular reproduction and development. 68:223–231.
- RODRÍGUEZ-RÚA A. I. POZUELO M. A. PRADO M. J. GÓMEZ M. A. BRUZÓN. 2005. The gametogenic cycle of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) as observed on the Atlantic coast of Andalusia (south of Spain). Marine Biology (2005) 147: 927–933.
- RODRÍGUEZ DE LA RÚA, A; POZUELO, I; PRADO, M; GÓMEZ, M.J; BRUZÓN, M. A. ciclo reproductor y talla de madurez sexual del pulpo común (*Octopus vulgaris*) en el litoral Atlántico andaluz. Memorias CIVA 2002. [http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/descargas/Moluscos/4\\_ciclo\\_reproductor\\_pulpo.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/descargas/Moluscos/4_ciclo_reproductor_pulpo.pdf). Consultada 22 de Agosto 2007

- ROPER, C. F. E. SWEENEY, M. J. NAUEN, C. E. 1984. FAO Species Catalogue Vol.3 Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis Nº 125, Vol. 3. Pps 277.
- ROSAS, Comunicación personal, 16 de junio de 2009.
- SANTAMARIA, A., ELORDUY, J.F., VILLEJO, M., ROJAS, A., A. 2002. Desarrollo Gonadal y Ciclo Reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Rev. biol. trop.*, jun. 2003, vol.51, no.2, Pps.489-502. ISSN 0034-7744.
- SCION IMAGE FOR WINDOWS BETA 4. 0. 2. 2000. Scion Corporation.
- SWEENEY, M.J. C.F.E. ROPER. 1998. Classification, type localities, and type repositories of Recent cephalopoda. *Smith. Contrib. Zool.* 586 (II):561-599.
- SILVA, L. SOBRINO, I. RAMOS, F.2002. Reproductive biology of the common Octopus, *octopus vulgaris* cuvier,1797 (cephalopoda:Octopodidae) in the gulf of cádiz (sw spain). *Bulletin of marine science.* 71(2): 837–850.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PESCA Y ACUICULTURA. Boletín trimestral de pesca. La pesca artesanal en el litoral Caribe. Junio – Agosto. 2007
- TRUJILLO, Comunicación personal, 31 de marzo de 2009.
- VELASCO, L. J, BARROS. 2007. Potential for hatchery broodstock conditioning of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Aquaculture* 272: 767–773
- VIDAL. L. A. 2004. Comparación del plancton en la Bahía de Taganga durante una época lluviosa, septiembre 2003 y una época seca, febrero 2004. Informe Unimag-Intropic
- WELLS, M. A, CLARKE. 1996. Energetics: The Costs of Living and Reproducing for an Individual Cephalopod. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, Vol. 351, No. 1343, The Role of Cephalopods in the World's Oceans. Pps. 1083-1104.

WOLLF, M. Y H. PÉREZ. 1992. Population dynamics, food consumption and conversion efficiency of *Octopus mimus* Gould 1853 (Cephalopoda, Octopoda), from Antofagasta, Northern Chile. ICES, Pps 9.

ZAR, J. H. 2001. Biostatistical analysis. Prentice Hall. 4°ed. New York. USA.

ZÚÑIGA, O. OLIVARES, A. OSSANDÓN, L. 1995. Influencia de la luz en la maduración sexual de hembras *Octopus mimus*. Estudio Oceanol. 14: 75-76.