



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Máster en Gestión Sostenible de Recursos Pesqueros



TOMÁS GONZÁLEZ HERRERA

Nuevos Datos Biométricos y Contribución a la Biología Reproductora de
Myroconger Compressus (Osteichthyes: Anguilliformes: Myrocongridae)
de las Islas Cabo Verde

Trabajo Fin de Máster 2012/2013

Índice

1. Introducción
 2. Material y Métodos
 3. Resultados
 - 3.1. Descriptores
 - 3.2. Relación talla-peso
 - 3.3. Parámetros biométricos
 - 3.4. Distribución vertical
 - 3.5. Tipología sexual
 - 3.6. Sex-ratio
 - 3.7. Periodo reproductor
 - 3.8. Madurez sexual
 4. Discusión
 5. Conclusión
- Agradecimientos
Bibliografía



1. Introducción

Myroconger compressus (Günther, 1870)

Etimología: griego "*myros, -ou*" (macho de morena) + latín "*conger*" (congrío)

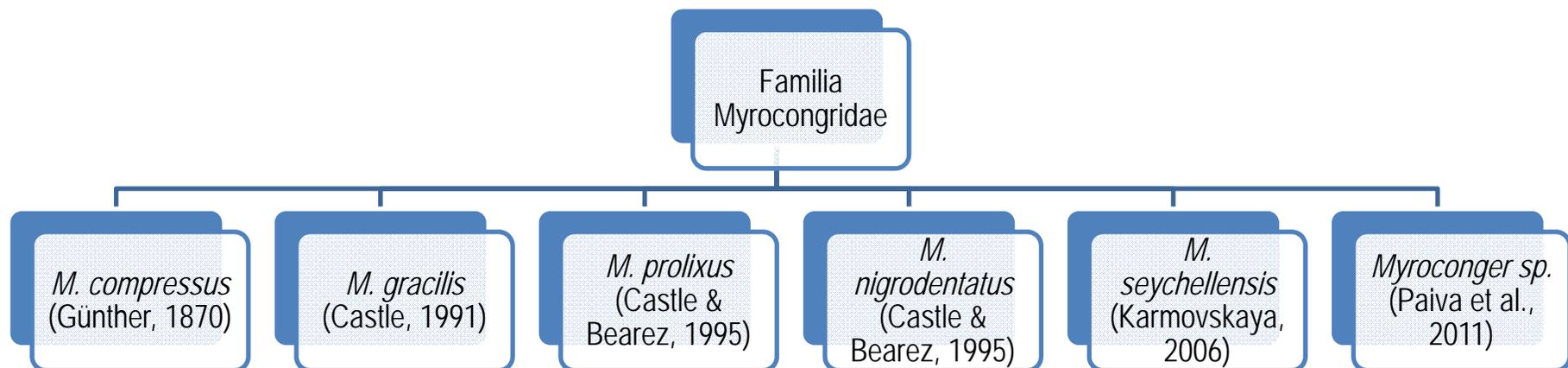


Fig. 1. Ejemplar de *M. compressus* capturado en aguas de Cabo Verde.

1. Introducción

Características de la familia Myrocongridae: huesos frontales separados, reducción de arcos branquiales y poros de la línea lateral, posición del orificio nasal posterior cerca del borde superior del ojo.

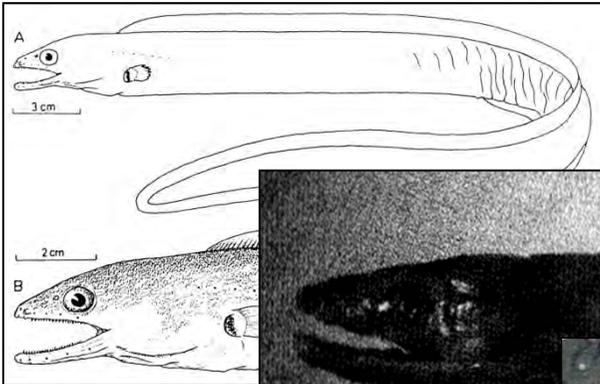
Familia Myrocongridae: grupo primitivo hermano de Clophosidae (=Xencongridae) y Muraenidae (Nelson, 1984; Smith, 1984, 1989, 1990).



1. Introducción

M. gracilis (Castle, 1991)

Distribución: Pacífico Noroeste

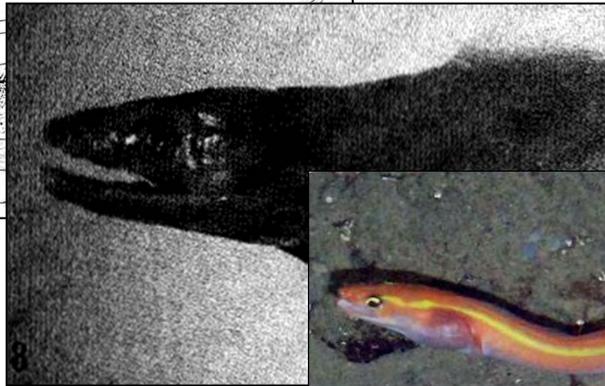


M. prolixus (Castle & Béarez, 1995)

Distribución: Pacífico Oeste

M. nigrodentatus (Castle & Béarez, 1995)

Distribución: Pacífico Este



M. seychellensis (Karmovskaya, 2006)

Distribución: Índico

Myroconger sp. (Paiva et al., 2011)

Distribución: Atlántico Oeste

1. Introducción

Distribución de *M. compressus*: Santa Helena, Dakar en Senegal, Santo Tomé y Príncipe ([registro sin confirmar](#)), Cabo Verde y Vavilov Ridge.



Fig. 2. Distribución geográfica conocida de *M. compressus*.

1. Introducción

Literatura descriptiva: escasa con apenas una **redescripción** del holotipo y de un ejemplar incompleto (Smith, 1984, 1989, 1990, 1999).

Características morfológicas: (Smith, 1999).

- ✓ **Cuerpo** alargado y comprimido.
- ✓ **Ano o poro urogenital** situado antes de la mitad del cuerpo.
- ✓ **Cabeza robusta** con ojos bien desarrollados.
- ✓ **Hocico** ligeramente deprimido.
- ✓ **Mandíbulas casi iguales**, con dientes numerosos.
- ✓ **Dientes** en el **vómer** (1 a 3 filas).
- ✓ **Fosa nasal** anterior tubular y posterior ovalada.
- ✓ **Aletas dorsal, anal y pectoral** bien desarrolladas.
- ✓ **Apertura branquial** oblicua de pequeñas dimensiones.
- ✓ **No presenta escamas.**
- ✓ **Línea lateral** incompleta (**5 a 7 poros**)

1. Introducción

Hábitat: especie **bentónica**, capturada mediante nasas en diversas pescas de prospección dirigidas a crustáceos y peces en aguas profundas entre 100 y 1000 m de profundidad.

Objetivos del presente estudio: aportar **nuevos datos biométricos** y contribuir a la **biología reproductora** de la especie.



2. Material y Métodos

En el marco de los proyectos **PROACTIVA 1-2** (2009-2012) y **MARPROF-CV** (2011-2013):



Un total de **78 ejemplares de *M. compressus*** procedentes de las islas de Cabo Verde fueron analizados.

Los ejemplares fueron capturados entre **junio de 2009** y **julio de 2012**.

Las capturas se realizaron mediante **nasas camarónicas semi-flotantes** y **bentónicas** a profundidades comprendidas **entre 108 y 339,5 m**.

2. Material y Métodos

Localización de las localidades de captura:

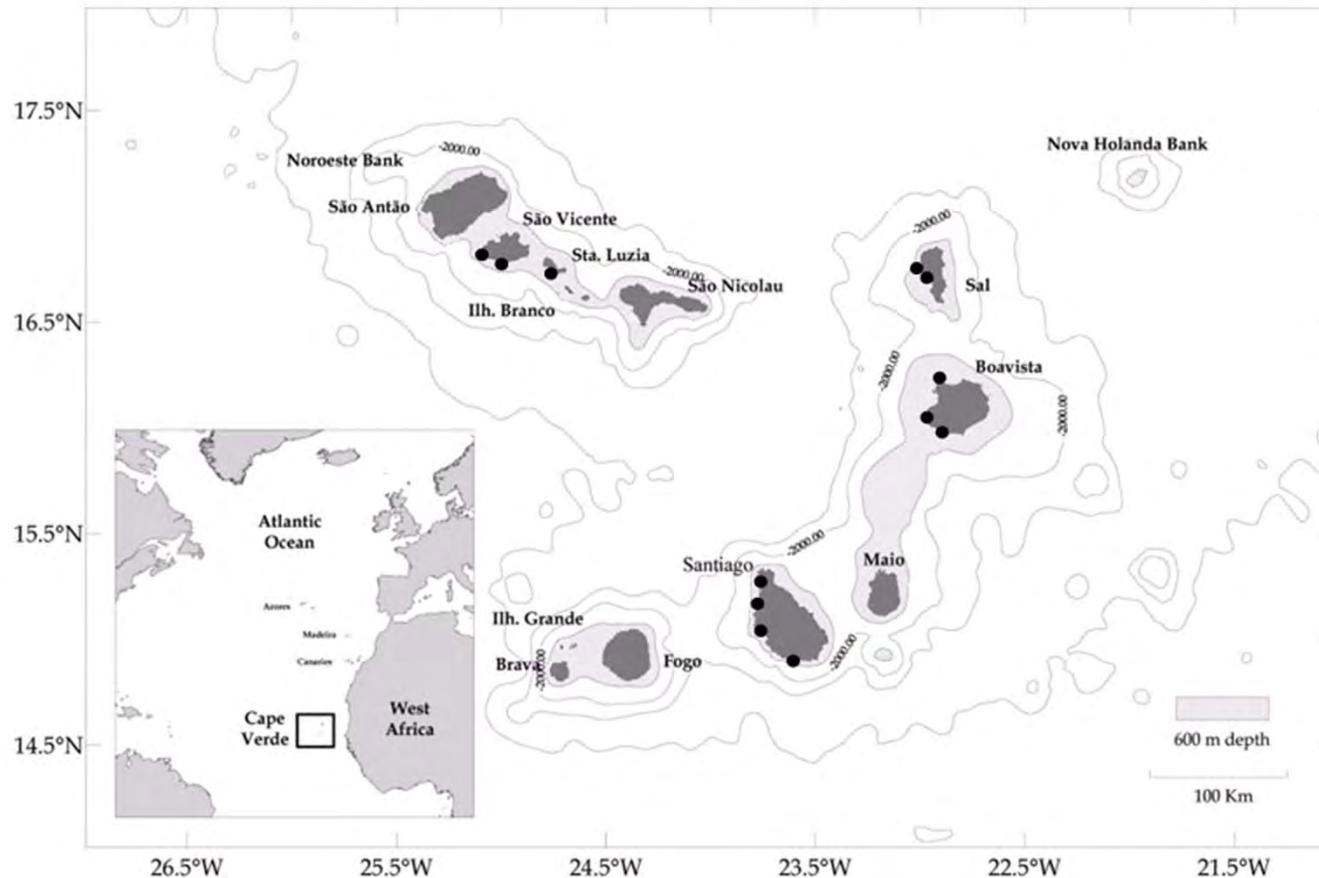


Fig. 3. Archipiélago de Cabo Verde. Localización de las localidades de captura (círculos negros) de los ejemplares muestreados de *M. compressus* (Adaptado de Menezes et al., 2004).

2. Material y Métodos

Tipos de artes de pesca:

Nasa camaronera

- ✓ dimensiones de 56x57x57 cm
- ✓ malla rígida romboidal de netlon ($\emptyset_{\text{malla}}=15 \times 20$ mm)
- ✓ boya individual de flotación rígida de 1 litro (indeformable hasta 400 m)
- ✓ entrada lateral o matadero de 19 mm de diámetro

Nasa bentónica

- ✓ dimensiones de 1x1 m de base y 0,5 m de altura
- ✓ malla metálica ($\emptyset_{\text{malla}}=19$ mm)
- ✓ entrada tronco-cónica lateral de 24 y 17 cm de diámetro exterior e interior respectivamente

2. Material y Métodos

Tipos de artes de pesca:

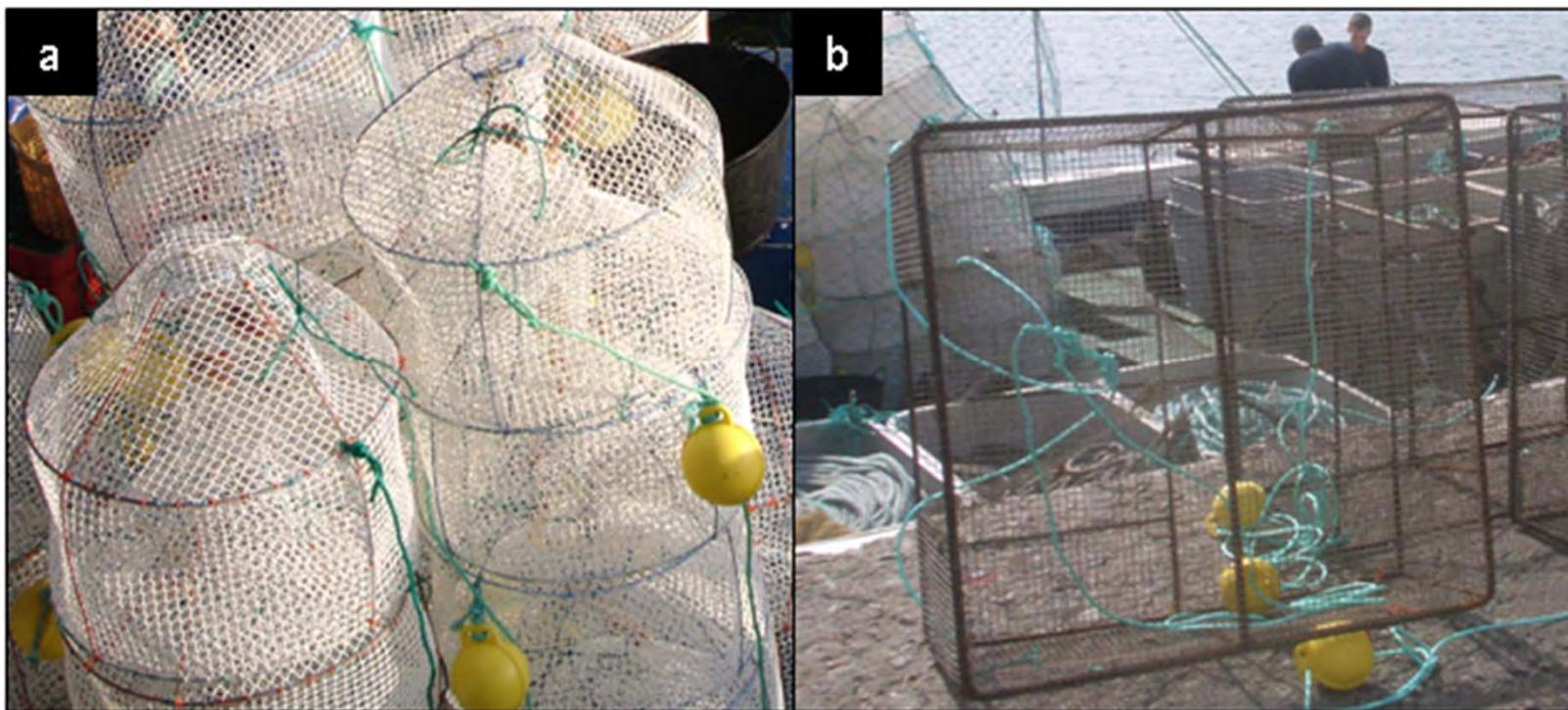


Fig. 4. Tipos de artes de pesca utilizados en las capturas de *M. compressus*: (a) nasa camaronera y (b) nasa bentónica.

2. Material y Métodos

Las capturas fueron agrupadas en 3 estratos batimétricos para obtener información acerca de la distribución vertical de la especie.

Estrato 1	• < 175 m
Estrato 2	• 175 – 250 m
Estrato 3	• > 250 m

Los datos fueron agrupados en 3 cuatrimestres con la finalidad de obtener un mejor conocimiento de la distribución y aspectos reproductivos (tipología sexual, sex-ratio, época de puesta, madurez sexual).

Cuatrimestre 1				Cuatrimestre 2				Cuatrimestre 3			
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

2. Material y Métodos

La **metodología** utilizada para el **estudio biométrico** se ha basado en los criterios establecidos por Böhlke (1982, 1989) para Anguilliformes.

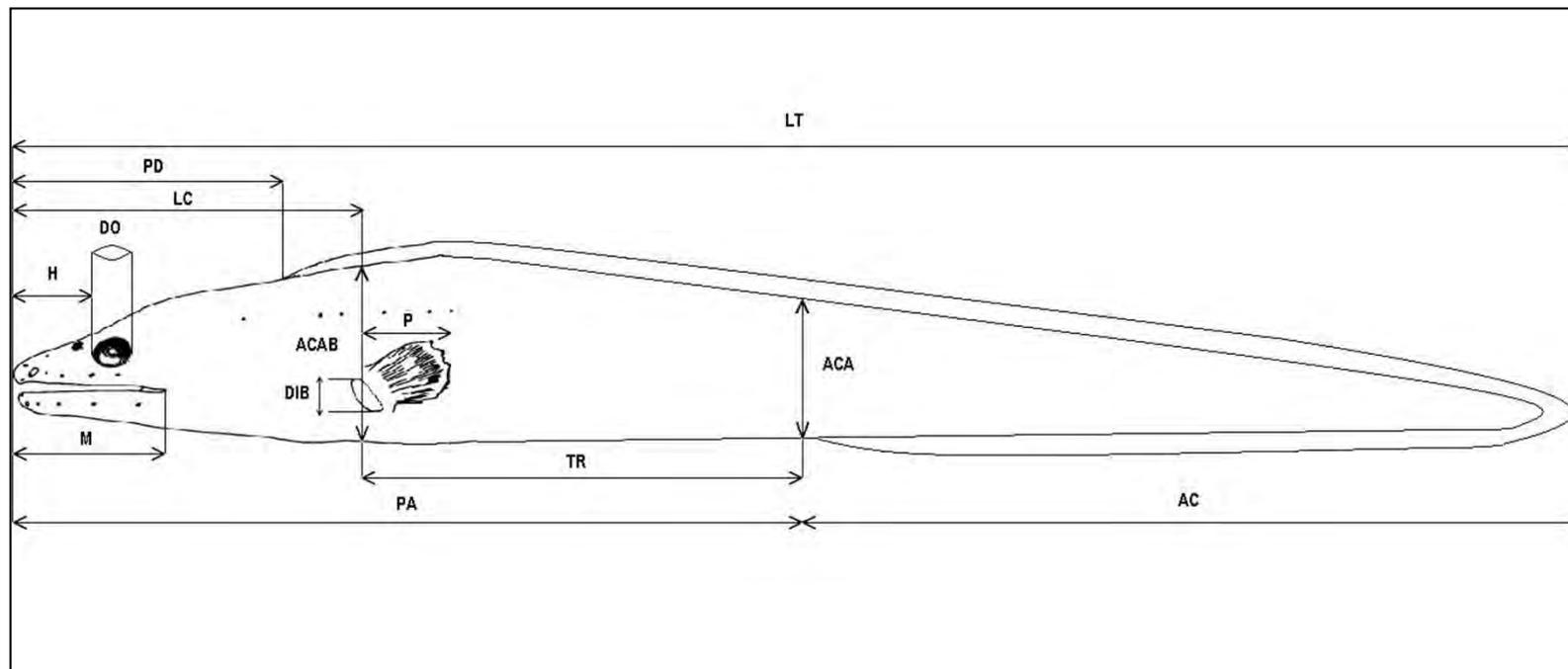


Fig. 5. Esquema de las medidas tomadas en *M. compressus*.

2. Material y Métodos

Además el peso total (PT), peso eviscerado (PEvis), peso gonadal (PGon) y peso hepático (PH) se midió con precisión de 0,01 g.

Los radios de la aleta pectoral (RP) y el número de poros de la línea lateral (PLL) en cada flanco se determinaron utilizando una lupa binocular.

También se determinaron el sexo y el estado de madurez sexual a nivel macroscópico.

El estado de madurez se asignó según Holden & Raitt (1975) (inmaduro I, en reposo II, maduro III, maduro y en puesta IV, post-puesta V). Las gónadas se extrajeron y se fijaron en formol para su posterior análisis.

2. Material y Métodos



Fig. 6. (a) Detalle de varios ejemplares de *M. compressus* y (b, c y d) toma de algunas medidas durante los muestreos en el laboratorio.

2. Material y Métodos

El examen radiográfico de una submuestra de 12 ejemplares permitió establecer la fórmula vertebral y las restantes fórmulas radiales.

La fórmula vertebral se expresó como número de vértebras predorsales (PD), preanales (PA), precaudales (PC) y totales (VT).

Las fórmulas radiales incluyeron los radios dorsales totales (RD), los radios dorsales anteriores a nivel del ano o poro urogenital (RDA) y los radios anales (RA).



Fig. 7. Mamografía de un ejemplar de *M. compressus*.

2. Material y Métodos

Las diferencias en **talla y peso medio** entre sexos se analizaron utilizando el **t-test.**, mientras que para los **rangos de tallas y pesos entre sexos** se utilizó el **test-Z no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov.**

La **relación talla-peso** se calculó mediante la ecuación $W = a L^b$ (Anderson y Neumann, 1996).

Las **alometrías** se contrastaron utilizando el **test t de Student.**

Las diferencias entre sexos para las medidas morfométricas se contrastaron utilizando el **t-test.**

Las medidas merísticas se contrastaron utilizando la **prueba Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas** para PLL y la **prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes** en el resto de parámetros.

2. Material y Métodos

Histología:

El análisis histológico de las gónadas se utilizó para:

- ✓ confirmar la tipología sexual y estados de madurez sexual, establecidos previamente por asignación visual.
- ✓ verificar la estrategia reproductora de la especie.



Fig. 8. Estados de madurez sexual asignados macroscópicamente en *M. compressus*.

2. Material y Métodos

Para cada ejemplar se tomaron dos muestras de tejido gonadal de la parte anterior y posterior del lóbulo.



Fig. 8. Procesos del análisis histológico: (a) deshidratador automático, (b) microtomo manual, (c) tinción manual de las muestras y (d) observación de cortes histológicos al microscopio.

2. Material y Métodos

Tabla 1. Protocolo de deshidratación de las muestras de tejido utilizado para *M. compressus*.

Reactivos	Tiempo (horas)
1.- Alcohol al 70%	1.- 3 horas
2.- Alcohol al 90-96%	2.- 2 horas
3.- Alcohol al 90-96%	3.- 2 horas
4.- Alcohol al 90-96%	4.- 1 hora
5.- Alcohol al 100%	5.- 1 hora
6.- Alcohol al 100%	6.- 2 horas
7.- Alcohol al 100%	7.- 2 horas
8.- <u>Isoparafina</u>	8.- ½ hora
9.- <u>Isoparafina</u>	9.- ½ hora
10.- <u>Isoparafina</u>	10.- 1 hora
11.- Parafina	11.- 3 horas
12.- Parafina + vacío	12.- 7 horas + 2 horas

Tabla 2. Protocolo de tinción de las muestras de tejido utilizado para *M. compressus*.

Reactivos	Tiempo (minutos)
1.- <u>Isoparafina</u>	1.- 2 minutos
2.- <u>Isoparafina</u>	2.- 2 minutos
3.- Alcohol al 100%	3.- 2 minutos
4.- Alcohol al 100%	4.- 2 minutos
5.- Alcohol al 70%	5.- 2 minutos
6.- Agua destilada	6.- 2 minutos
7.- Agua destilada	7.- 2 minutos
8.- Agua destilada	8.- 2 minutos
9.- Hematoxilina	9.- 15 minutos
10.- Alcohol clorhídrico	10.- 4 pases rápidos *
11.- Agua amoniacal	11.- 15 pases rápidos *
12.- Eosina	12.- 4 minutos
13.- Alcohol al 96%	13.- 2 minutos
14.- Alcohol al 96%	14.- 2 minutos
15.- Alcohol al 100%	15.- 2 minutos
16.- Alcohol al 100%	16.- 2 minutos
17.- <u>Isoparafina</u>	17.- 2 minutos
18.- <u>Isoparafina</u>	18.- 2 minutos
19.- <u>Isoparafina</u>	19.- 2 minutos

2. Material y Métodos

Tabla 3. Etapas de desarrollo ovárico en hembras de *M. compressus* (Adaptado de West, 1990).

Etapas	Descripción
Previtelogénesis	
1.- Ovogonia (OO)	Ovocitos de pequeño tamaño con alta relación entre el núcleo y el citoplasma. Núcleo bien desarrollado y citoplasma basofílico.
2.- Ovocitos perinucleares (PO)	Ovocitos basofílicos con numerosos nucléolos y recubiertos de células teca bien definidas.
Vitelogénesis	
3.- Ovocitos vitelogénicos con vesículas de vitelo primarias (YPO)	Ovocitos con primeras vesículas de vitelo en el citoplasma (alvéolo cortical). Gran cantidad de nucléolos en la región periférica del núcleo.
4.- Ovocitos vitelogénicos con vesículas de vitelo primarias (YSO)	Ovocitos con gránulos eosinófilos en el citoplasma y aumento de las vacuolas lipídicas. Envuelta del ovocito presenta una capa interna radiada muy visible, de afinidad basófila, sobre las que se observan dos capas eosinófilas.
5.- Ovocitos vitelogénicos con vesículas de vitelo primarias (YTO)	Ovocitos con envuelta radiada y desaparición del núcleo. Gránulos vitelinos ocupando gran parte de la superficie del ovocito. Fusión parcial de algunos gránulos de vitelo con el citoplasma.
6.- Huevos maduros (H)	Ovarios con ovocitos maduros caracterizados por estar completamente llenos de vitelo.
7.- Folículos postovulatorios y atrésicos (POF, AF)	Presencia de estructuras postovulatorias vacías denominadas folículos postovulatorios en procesos de reabsorción (ovocitos atrésicos).

2. Material y Métodos

Tabla 4. Etapas de desarrollo gonadal en machos de *M. compressus* (Adaptado de Grier, 1981).

Etapas	Descripción
1.- Espermatogonias (ESP)	El núcleo presenta un aspecto claro después de la tinción y el citoplasma presenta un parche de material granular denso y fibrilar llamada "nube", por lo general cerca de la membrana nuclear.
2.- Espermatocitos (ESPT)	Aparición de espermatocitos I y II por mitosis y meiosis celular de las espermatogonias respectivamente. Espermatocitos presentan forma redondeada con gran núcleo oval. Evidencias del inicio de la segunda meiosis con presencia de espermatidas, caracterizadas por presentar forma redondeada, reducido citoplasma y núcleo basófilo.
3.- Espermatidas (ESPM)	Presencia de espermatocitos y espermatidas en los testículos. Aparición de espermatozoides por citodiferenciación de las espermatidas. Espermatozoides presentan forma alargada y fuerte coloración por hematoxilina-eosina.
4.- Espermatozoides (ESPZ)	Testículos sólo presentan espermatozoides maduros.

2. Material y Métodos

El **patrón sexual** se estableció teniendo en cuenta las determinaciones del sexo.

La **proporción entre sexos o sex-ratio (machos: hembras)** se estimó teniendo en cuenta la relación entre el número de machos y hembras.

También se analizó la **sex-ratio** por **cuatrimestres** y por **rangos de talla** (jóvenes, adultos y viejos).

Las proporciones de sexos estimadas se testaron estadísticamente aplicando una **prueba no paramétrica χ^2 de Pearson** ($\alpha=0,05$) para detectar posibles desviaciones significativas respecto a la relación esperada 1: 1.

2. Material y Métodos

El **periodo de desove** se determinó a partir de la monitorización de la variación temporal en el índice gonadosomático (IGS) y la estimación de la evolución temporal de la frecuencia de los estados de madurez sexual.

$$IGS = (\text{peso de la gónada/peso eviscerado}) \cdot 100$$

La **talla de primera madurez (Lm)** se determinó como la proporción de individuos reproductivamente activos en cada clase de tallas (estadios III, IV y V) mediante el ajuste de una ojiva logística:

$$P = \frac{100}{1 + e^{-r(Lt - Lm)}}$$

P = % individuos maduros en cada intervalo de talla

Lt = la longitud total (mm)

Lm = la longitud de primera madurez (mm)

r = un parámetro del modelo

3. Resultados

3.1. Descriptores

En la muestra examinada (n=78) de *M. compressus*:

- ✓ 52 individuos machos
- ✓ 25 individuos hembras
- ✓ 1 individuo deteriorado no pudo ser asignado a ningún sexo.

Determinaciones histológicas confirmaron:

Sexo (macho/hembra)	→	75,33%
EMS (maduro/inmaduro)	→	93,51%

Conjunto de la muestra: el rango de tallas varió entre 308 y 611 mm de LT y el PT osciló entre 54,66 y 598,80 g.

Machos: el rango de tallas varió entre 331 y 611 mm de LT y el rango de PT varió entre 75 y 598,80 g.

3. Resultados

3.1. Descriptores

Hembras: el rango de tallas varió entre 308 y 570 mm de LT y el rango de PT varió entre 54,66 y 415,86 g.

No se hallaron diferencias significativas en la LT media entre machos (467,38 mm) y hembras (474,16 mm) (t -test, $t=-0,407$ y p -valor=0,685) y tampoco en el PT medio entre machos (241,83 g) y hembras (240,06 g) (t -test, $t=0,062$ y p -valor=0,950).

No se encontraron diferencias significativas entre ambos sexos en el rango de longitudes totales (LT) (prueba Z de Kolmogorov-Smirnov, $Z=1,062$ y p -valor=0,209) y el rango de pesos totales (PT) (prueba Z de Kolmogorov-Smirnov, $Z=0,812$ y p -valor= 0,524).

3. Resultados

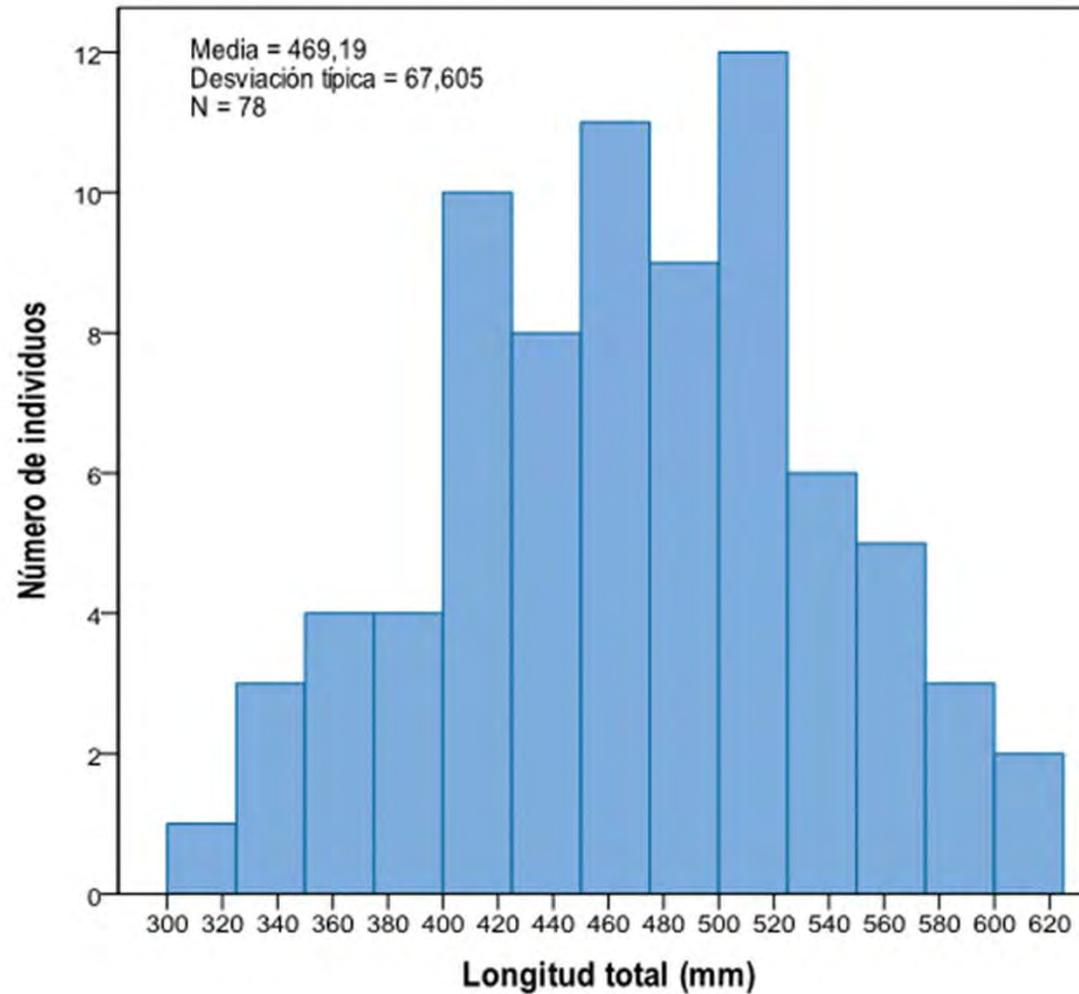


Fig. 10. Distribución de frecuencias de talla para el conjunto de la muestra (n=78).

3. Resultados

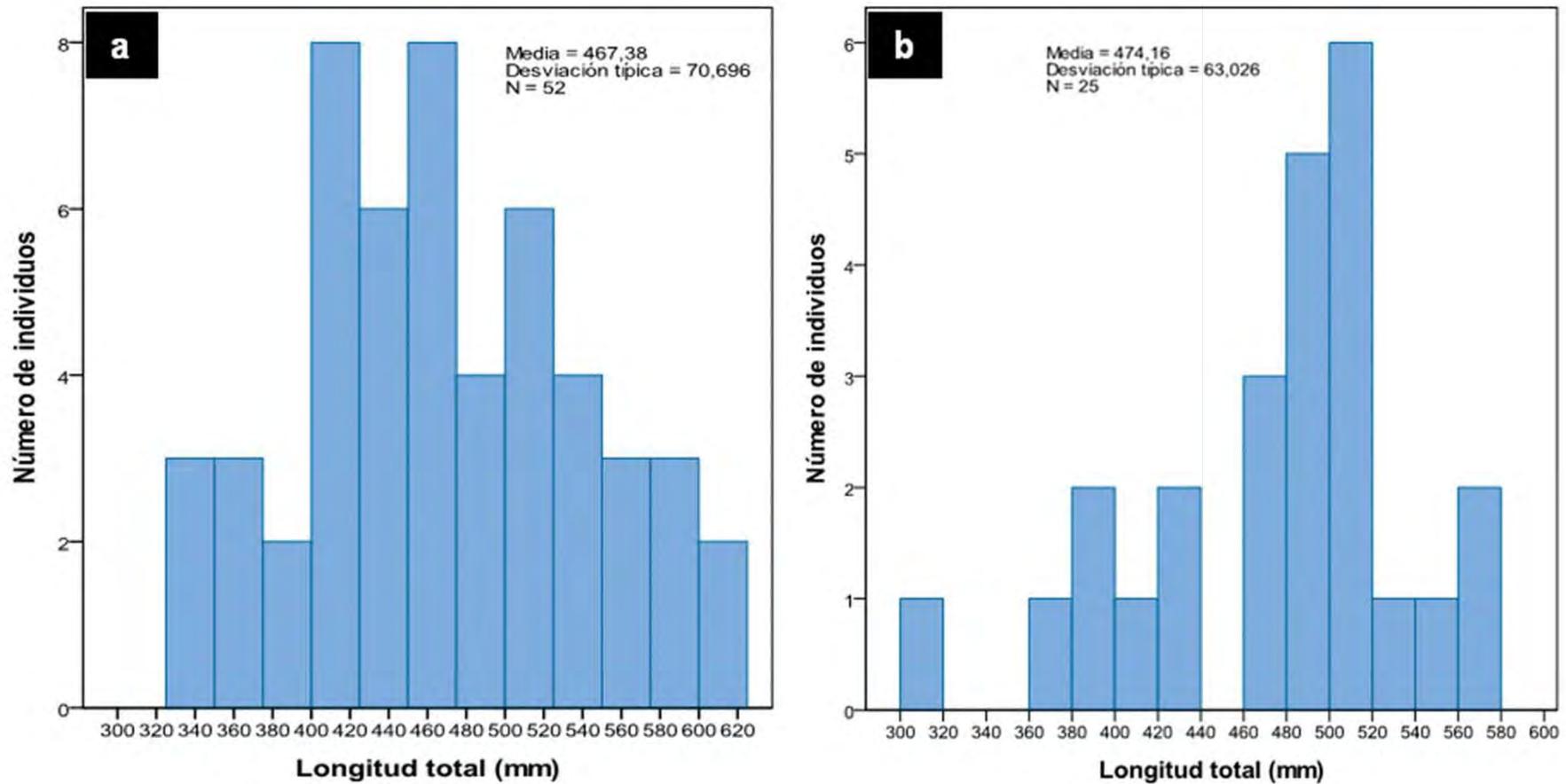


Fig. 11. Distribución de frecuencias de talla: (a) para machos (n=52) y (b) hembras (n=25).

3. Resultados

3.2. Relación talla-peso

El análisis del coeficiente de alometría mostró una relación **talla-peso alométrica positiva** tanto para el conjunto de la muestra como para machos y hembras ($t\text{-valor} > t_{0,05, n-2} = 1,993$).

Tabla 5. Parámetros de la relación **talla-peso** para machos, hembras y el conjunto de la muestra.

	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\sigma(b)$	r^2	<i>t</i> -valor
Machos	52	0,0000002592	3,345	0,094	0,962	35,518
Hembras	25	0,0000003500	3,291	0,147	0,956	22,401
Total	77	0,0000002907	3,325	0,079	0,960	42,162

3. Resultados

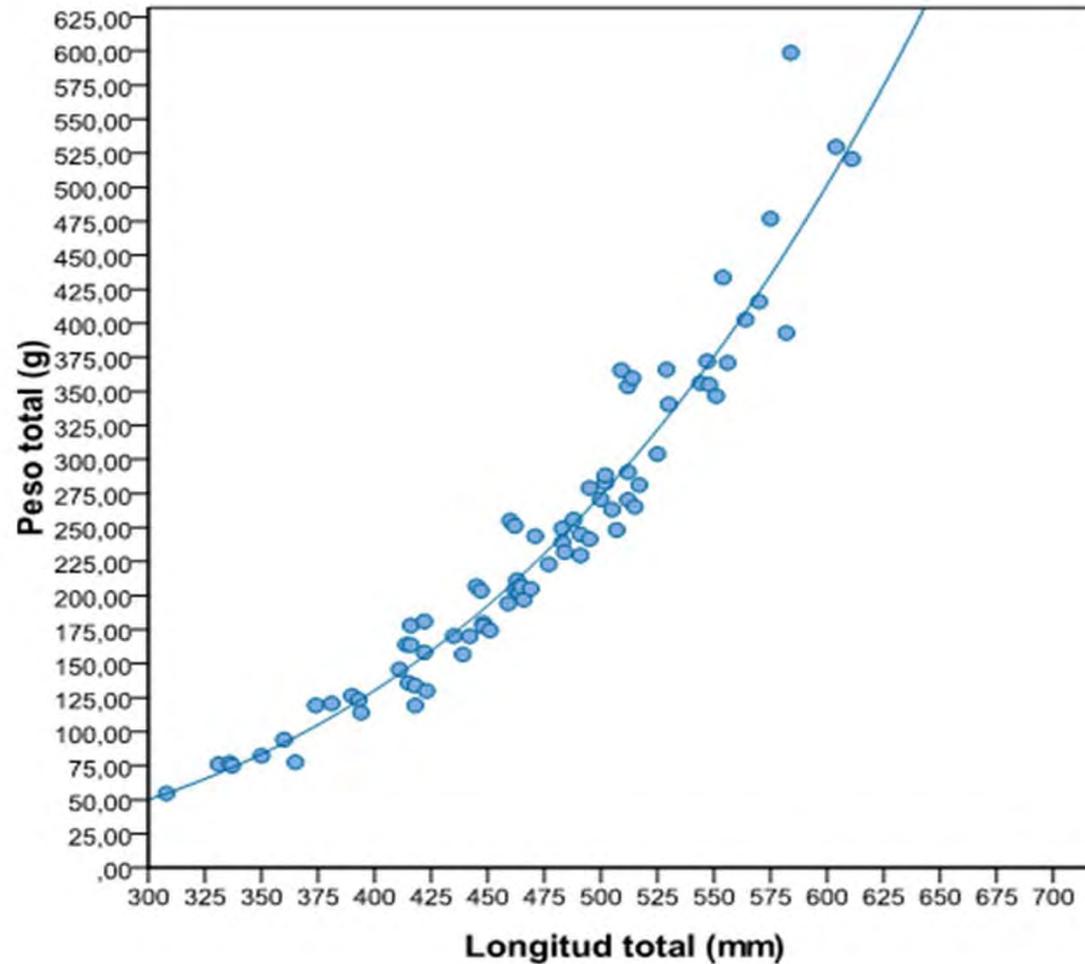


Fig. 12. Relación talla-peso para el conjunto de la muestra ($n=77$).

3. Resultados

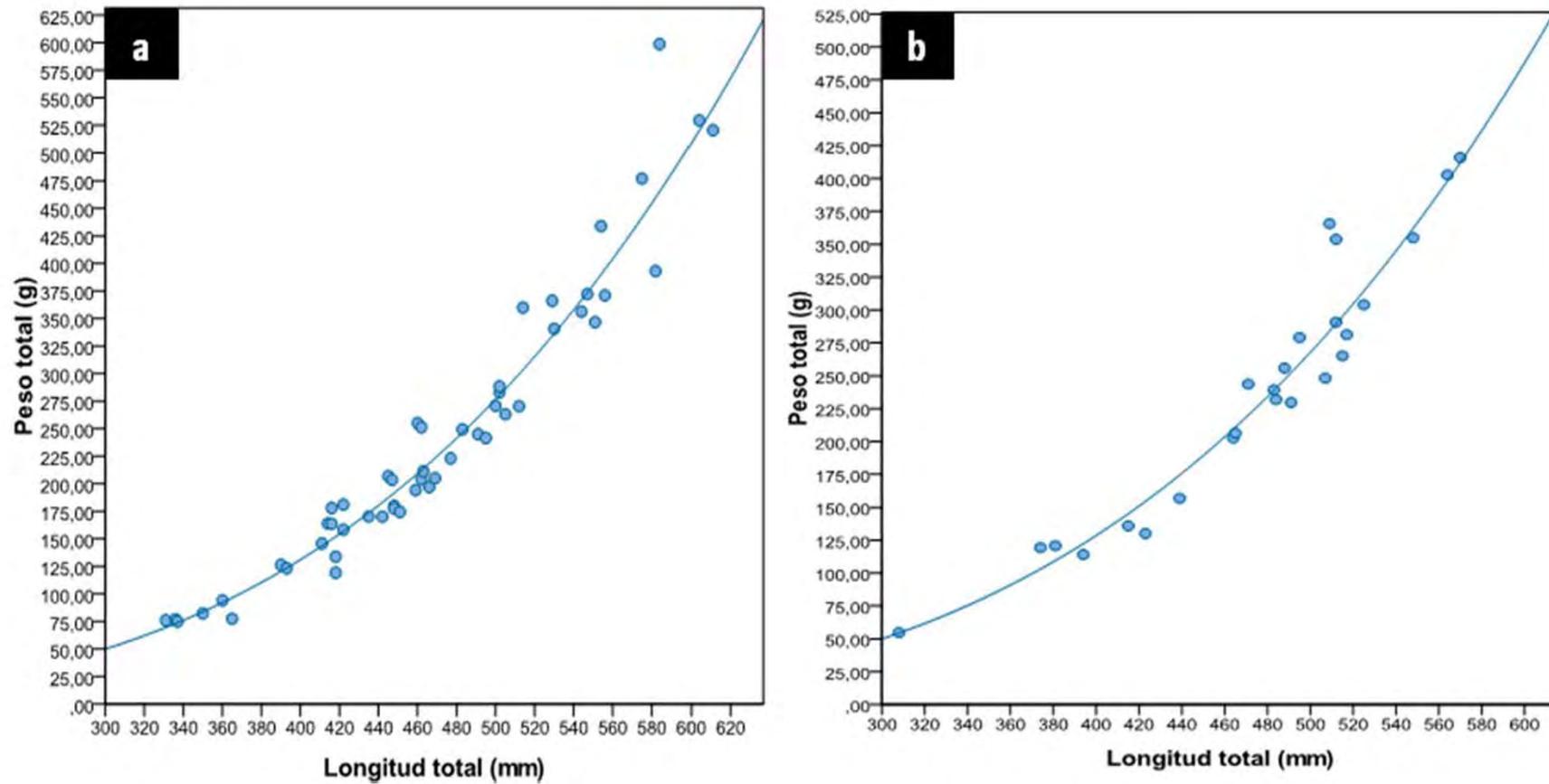


Fig. 13. Relación talla-peso: (a) para los machos ($n=52$) y (b) para hembras analizados ($n=25$).

3. Resultados

3.3. Parámetros biométricos

Tabla 6. Datos merísticos y morfométricos de *Myroconger compressus*.

<i>Myroconger compressus</i>	Smith (1984)	Presente trabajo		
		Total	Machos	Hembras
Longitud total (mm)	366	308 - 611	331 - 611	308 - 570
Datos merísticos				
Nº poros línea lateral (izquierdo)	5 - 7	3 - 9	4 - 9	3 - 9
Nº poros línea lateral (derecho)		3 - 8	3 - 8	4 - 8
Radios pectorales	16	15 - 20	16 - 20	15 - 20
Radios dorsales a nivel del ano	?	104 - 114	104 - 111	104 - 114
Radios dorsales totales	?	288 - 324	288 - 324	288 - 306
Radios anales totales	?	184 - 238	184 - 238	199 - 236
Vértebras predorsales	?	6 - 8	6 - 7	6 - 8
Vértebras preanales	47	48 - 52	48 - 52	49 - 51
Vértebras precaudales	52	54 - 62	54 - 62	57 - 60
Vértebras totales	131	130 - 135	130 - 135	132 - 133
Datos morfométricos (% LT)				
Longitud preanal	45	41,61 - 47,95	41,61 - 47,61	43,32 - 47,95
Longitud predorsal	12	10,75 - 14,75	11,12 - 14,75	10,75 - 14,45
Longitud cefálica	14	13,04 - 17,47	13,04 - 16,49	13,31 - 17,47
Altura corporal a nivel del ano	-	5,79 - 10,51	5,79 - 9,18	7,08 - 10,51
Altura corporal a nivel de la apertura branquial	-	6,53 - 10,36	6,53 - 10,36	6,77 - 10,02
Longitud del tronco	-	28,31 - 33,40	28,31 - 32,73	29,86 - 33,40
Longitud de la aleta caudal	-	30,41 - 58,39	30,41 - 58,39	52,27 - 56,69
Datos morfométricos (% LC)				
Longitud del hocico	24	17,72 - 32,81	17,72 - 32,81	20,01 - 29,33
Diámetro ocular	12 - 14	12,56 - 17,97	12,56 - 17,97	13,46 - 16,80
Distancia interorbital	-	16,67 - 25,35	16,67 - 25,16	17,68 - 25,35
Longitud de la mandíbula superior	48	38,39 - 56,83	38,39 - 56,83	42,01 - 50,20
Distancia interbranquial	10 - 12	10,90 - 18,02	10,90 - 17,29	11,70 - 18,02
Longitud de la aleta pectoral	19 - 22	18,44 - 32,03	18,44 - 32,03	22,37 - 30,88

3. Resultados

3.3. Parámetros biométricos

Análisis morfométrico:

No se hallaron diferencias significativas en la totalidad de las medidas tomadas entre ambos sexos (t -test, p -valor $> 0,025$).

Tabla 7. Resultados de los t -test aplicados a la totalidad de los parámetros morfométricos.

<u>t-tests</u>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p-valor</i>
Longitud preanal	-0,953	69	0,344
Longitud predorsal	0,175	69	0,861
Longitud cefálica	-0,223	75	0,824
Altura corporal a nivel del ano	-1,172	68	0,245
Altura corporal a nivel de la apertura branquial	-0,285	75	0,776
Longitud del tronco	-0,919	68	0,361
Longitud de la aleta caudal	-0,405	68	0,687
Longitud del hocico	0,311	69	0,756
Diámetro ocular	-0,044	69	0,965
Distancia <u>interorbital</u>	-0,346	68	0,730
Longitud de la mandíbula superior	-0,103	68	0,918
Distancia <u>interbranquial</u>	-0,875	68	0,385
Longitud de la aleta pectoral	-1,843	68	0,070

3. Resultados

3.3. Parámetros biométricos

Análisis merístico:

El número de poros de la línea lateral, característica distintiva de la familia Myrocongridae, *difiere* para cada lado del cuerpo en el **75,70% de los casos**.

No se encontraron diferencias significativas en el PLL entre ambos flancos (prueba no paramétrica Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas: **muestra**, p-valor=0,912, **machos**, p-valor=0,577; **hembras**, p-valor=0,441).

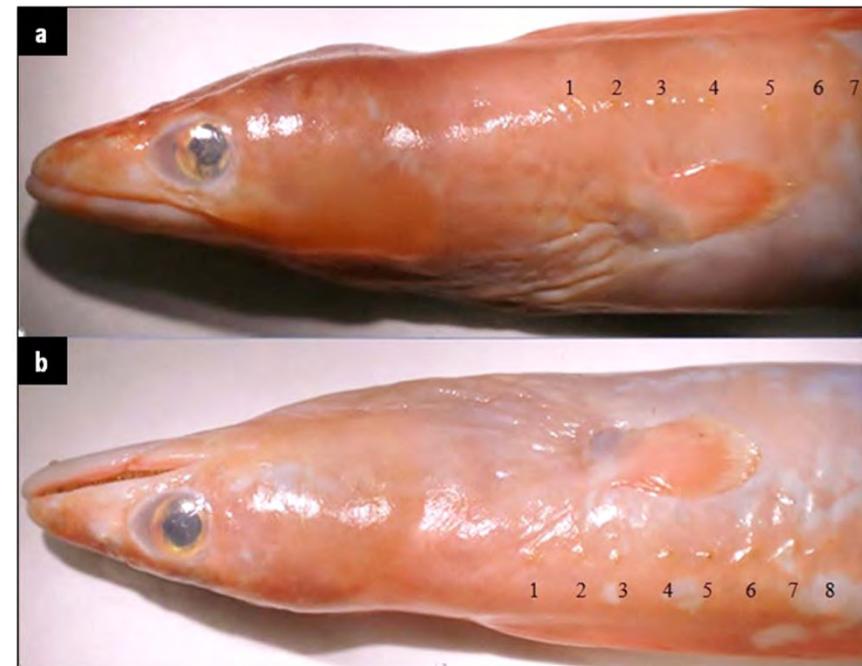


Fig. 14. Detalle del número de poros de la línea lateral para cada flanco de *M. compressus*: (a) flanco izquierdo y (b) flanco derecho.

3. Resultados

3.3. Parámetros biométricos

Análisis merístico:

No se hallaron diferencias significativas en el número de radios pectorales entre ambos sexos (prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes, p -valor=0,608).



Fig. 15. Detalle de los radios de la aleta pectoral de *M. compressus*.

3. Resultados

3.3. Parámetros biométricos

Análisis radiográfico:

El estudio radiográfico de la **submuestra (n=12)** reveló que un ejemplar presentaba la aleta caudal incompleta.

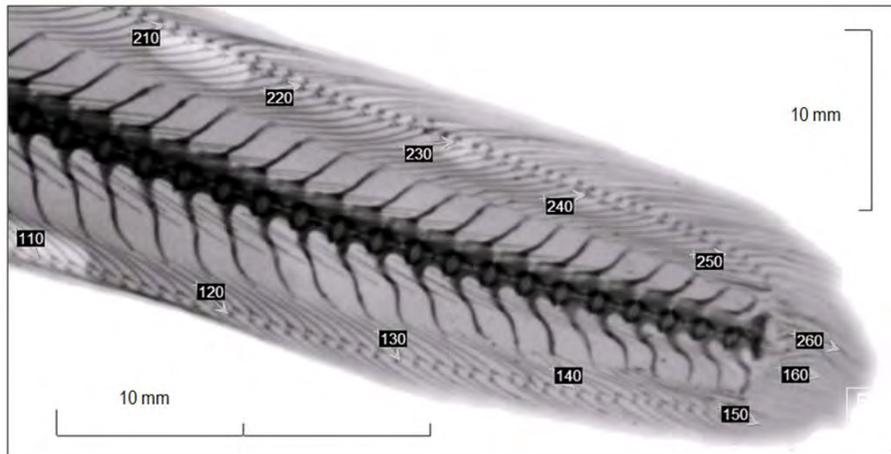


Fig. 16. Detalle de un caso de aleta caudal seccionada en un ejemplar de *M. compressus*.

No se encontraron diferencias significativas entre **las fórmulas vertebrales y radiales por sexos** (prueba U de Mann-Whitney y prueba de medianas de muestras independientes, $p\text{-valor} > 0,05$).

3. Resultados

3.3. Parámetros biométricos

Análisis radiográfico

Tabla 8. Resultados de los test no paramétricos aplicados en las fórmulas radiales y vertebrales.

	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes (p-valor)	Prueba de medianas para muestras independientes (p-valor)
Radios dorsales a nivel del ano	0,796	0,545
Radios dorsales totales	0,474	1,000
Radios anales totales	0,683	0,545
Vértebras predorsales	0,540	0,333
Vértebras preanales	0,726	1,000
Vértebras precaudales	0,795	1,000
Vértebras totales	1,000	1,000

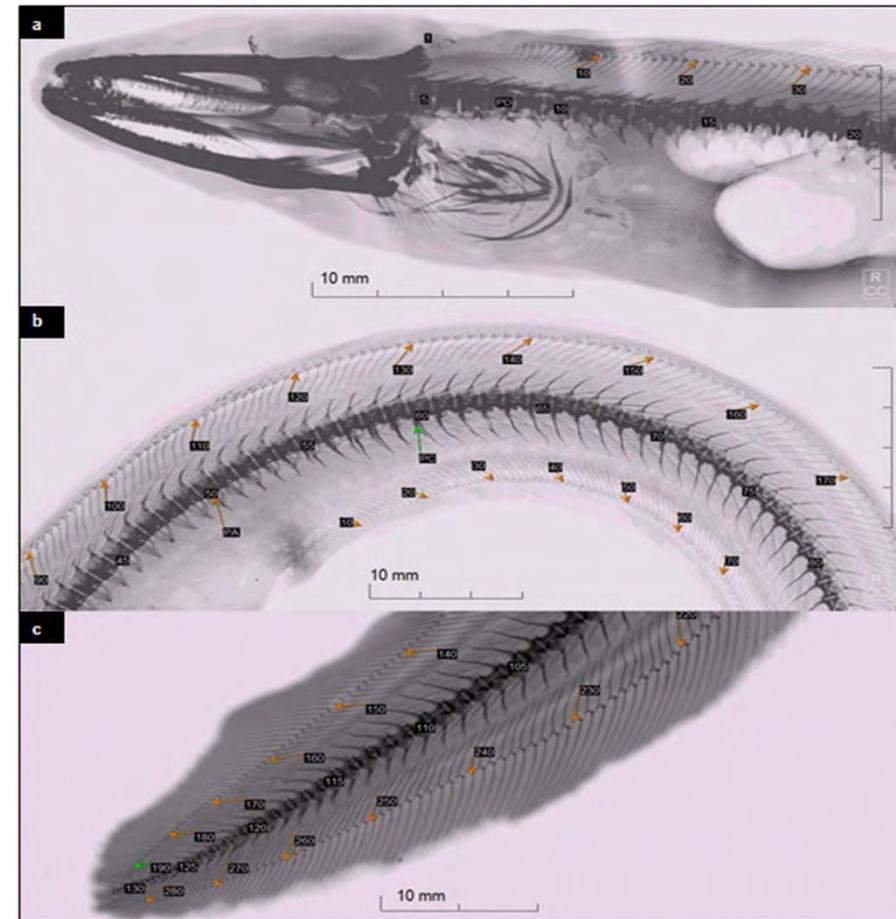


Fig. 17. Análisis radiográfico de un ejemplar de *M. compressus* en varias secciones: (a) cabeza, (b) tronco y (c) aleta caudal .

3. Resultados

3.4. Distribución vertical

La **sex-ratio por estrato de profundidad** presentó diferencias significativas en el **estrato 3** (>250 m) a favor de los machos (Prueba no paramétrica χ^2 de Pearson, $\chi^2=7,78 > \chi^2_{0.05,1}=3,84$).

Tabla 9. Sex-ratio por estrato de profundidad.

Profundidad (m)	Machos	Hembras	Sex-ratio	Prueba χ^2	n
<175	11	4	1:0,36	3,27	15
175-250	12	7	1:0,58	1,32	19
>250	26	14	1:0,51	7,78	40

Tabla 10. Porcentaje de individuos maduros por estrato de profundidad.

Profundidad (m)	Maduros	Inmaduros	% Maduros	Prueba χ^2	n
<175	10	5	66,67	1,67	15
175-250	10	9	52,63	0,05	19
>250	20	20	50,00	0	40

3. Resultados

3.5. Tipología sexual

M. compressus no presenta evidencias externas que sugieran dimorfismo sexual.

Las **gónadas** se localizan extraperitonealmente en el techo de la cavidad visceral y en posición ventral a la columna vertebral, adheridas parcialmente a la vejiga natatoria.

En ambos sexos los **lóbulos** se encuentran desarrollados de manera semejante y unidos mediante un **tejido conectivo**.

Machos: testículos alargados color blanquecino a crema.

Hembras: ovarios saculares y alargados color anaranjado a castaño.

3. Resultados

3.5. Tipología sexual

El examen histológico determinó la existencia únicamente de **tejido testicular y tejido ovárico**, sin evidencias de hermafroditismo o inversión sexual.

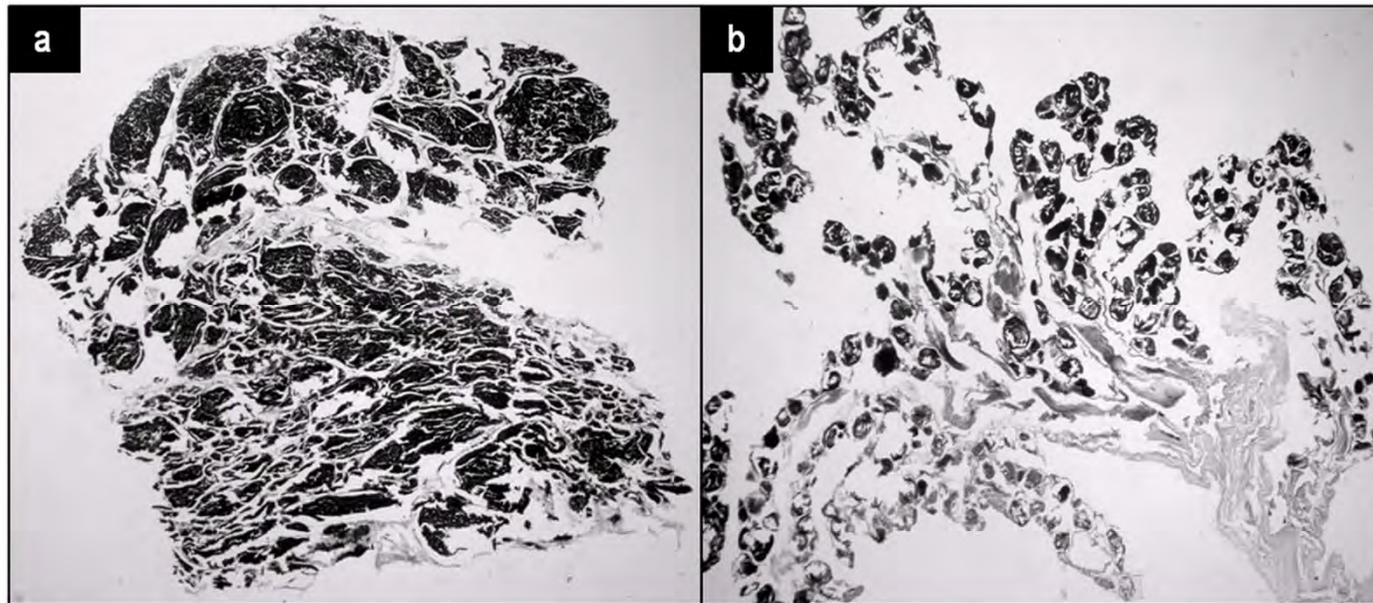


Fig. 18. Análisis histológico de *M. compressus*: (a) sección transversal de un testículo (4x) y (b) sección transversal de un ovario (4x).

3. Resultados

3.5. Tipología sexual

Conjunto de la muestra: el peso de las gónadas varió entre 0,05 y 21,94 g.

Machos: el peso de los testículos osciló entre 0,05 y 8,01 g.

Hembras: el peso de los ovarios varió entre 0,28 y 21,94 g.

El peso de las gónadas mostró diferencias significativas entre ambos sexos (prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes, p-valor=0).

Tabla 11. Pesos gonadales medios para cada estado de madurez sexual en machos y hembras de *M. compressus*.

Peso gonadal (g)	I	II	III	IV	V
Machos	-	0,61	1,75	6,54	-
Hembras	-	0,87	3,68	9,01	-
Total	-	0,64	2,36	8,68	-

3. Resultados

3.6. Sex-ratio

La proporción de sexos o **sex-ratio** (machos: hembras) fue de **1: 0,48**.

Ambos sexos no están representados en la misma proporción y **se rechaza la hipótesis de sex-ratio 1:1** (Prueba no paramétrica χ^2 de Pearson, $\chi^2=9,47 > \chi^2_{0.05,1}=3,84$).

Tabla 12. Sex-ratio total y por cuatrimestre de los ejemplares examinados de *M. compressus*.

Cuatrimestre	Machos	Hembras	Sex-ratio	Prueba χ^2
1	10	3	1:0,30	3,77
2	9	3	1:0,33	3,00
3	33	19	1:0,58	3,77
Total	52	25	1:0,48	9,47

3. Resultados

3.6. Sex-ratio

La sex-ratio por rango de tallas presentó diferencias significativas para individuos jóvenes de tallas comprendidas entre 310 y 450 mm (Prueba no paramétrica χ^2 de Pearson, $\chi^2=10,13 > \chi^2_{0.05,1}=3,84$).

Tabla 13. Sex-ratio por rango de tallas de los ejemplares examinados de *M. compressus*.

Rango de tallas (mm)	Machos	Hembras	Sex-ratio	Prueba χ^2
310-450	25	7	1:0,28	10,13
470-530	17	15	1:0,88	0,13
550-610	10	3	1:0,30	3,77
Total	52	25	1:0,48	9,47

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

El análisis de los EMS reveló que todos los estados de desarrollo gonadal fueron observados en machos y hembras, excepto los estados I y V.

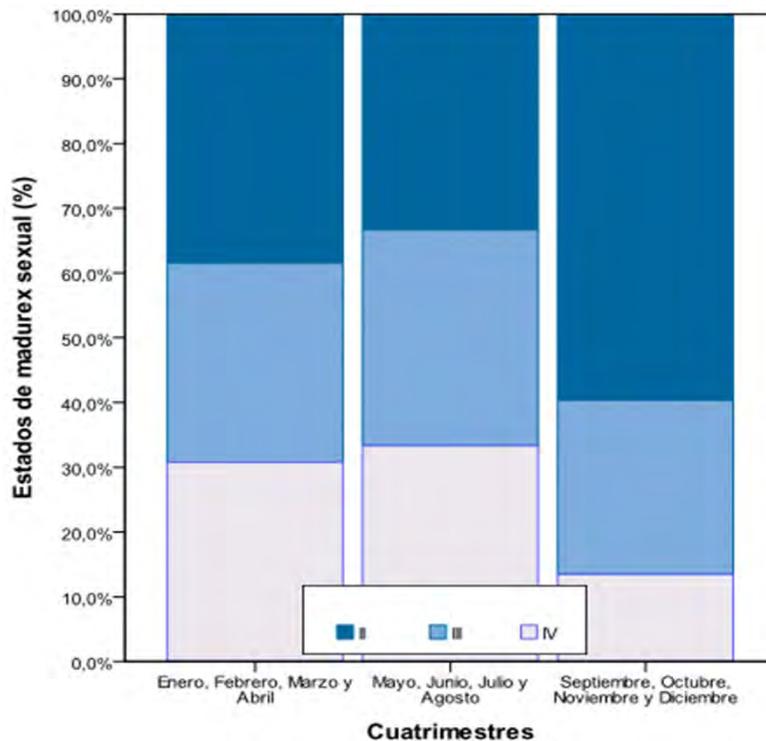


Fig. 19. Evolución porcentual de los estados de madurez sexual por cuatrimestre en el conjunto de la muestra de *M. compressus* (n=77).

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

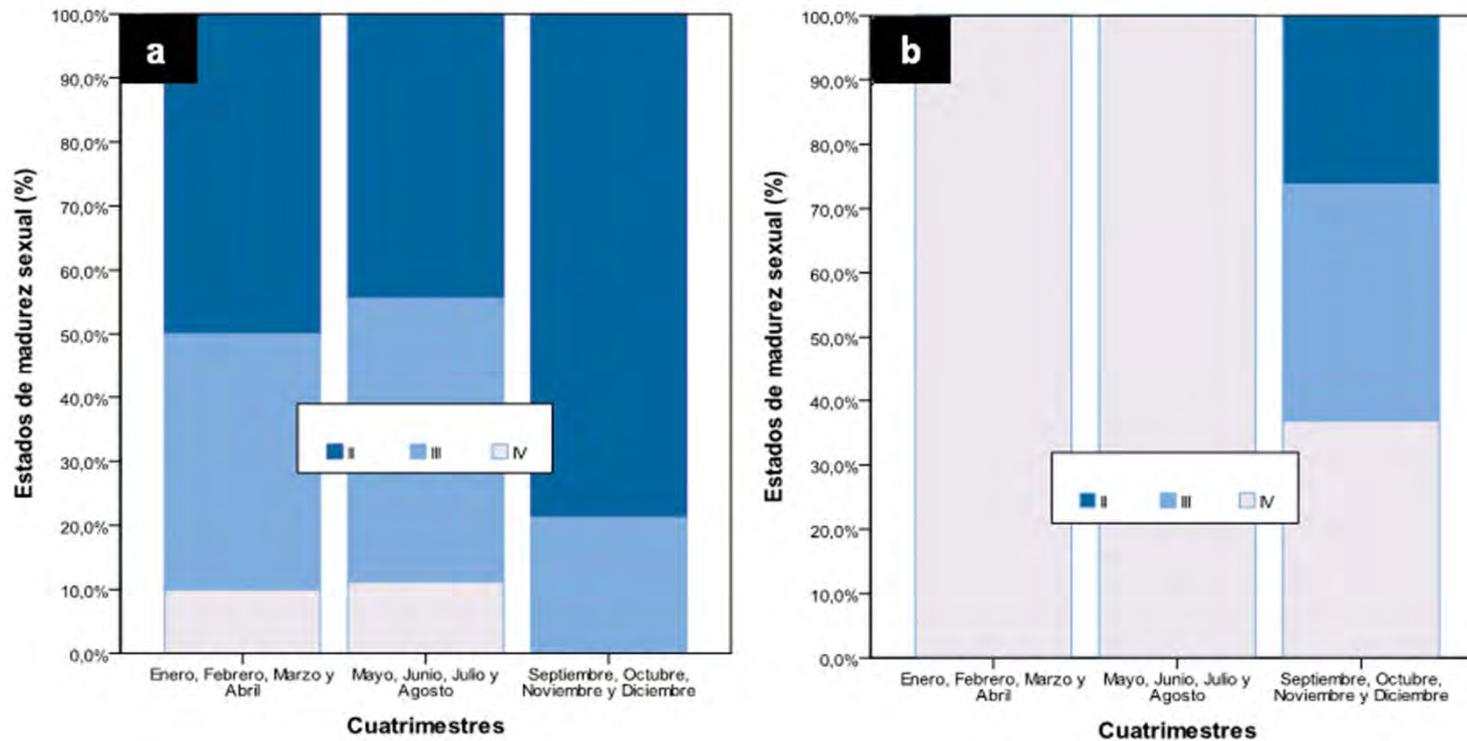


Fig. 20. Evolución porcentual de los estados de madurez sexual por cuatrimestre: (a) para machos (n=52) y (b) hembras (n=25).

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

La evolución del IGS medio para el **conjunto de la muestra** (n=77) durante los cuatrimestres analizados varió entre **0,85 y 2,40%**.

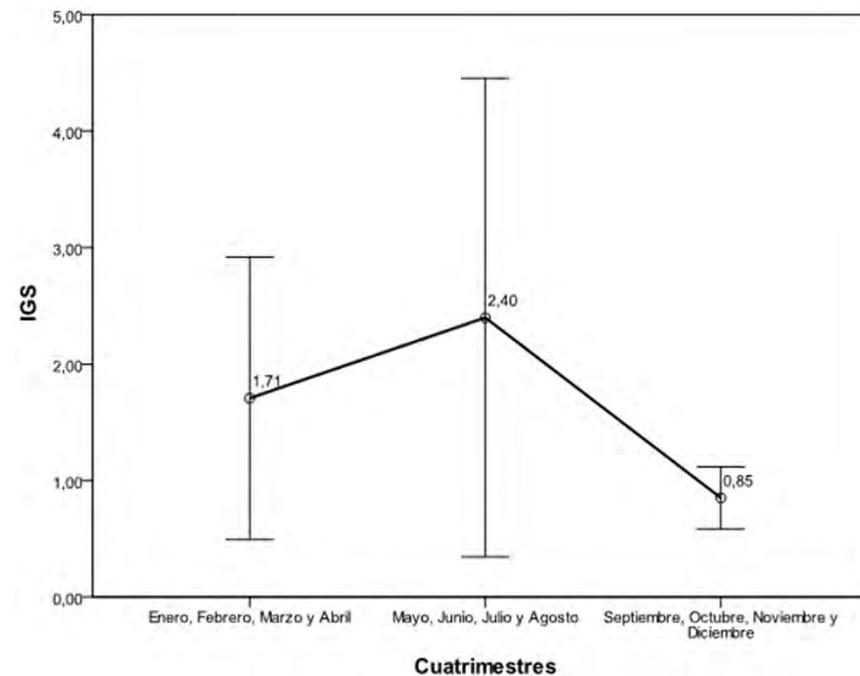


Fig. 21. Evolución cuatrimestral del IGS medio en el conjunto de la muestra de *M. compressus* (n=77).

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

En machos, los valores del IGS medio variaron entre 0,34 y 0,92%, mientras que en las hembras el IGS medio varió entre 1,74 y 7,13%.

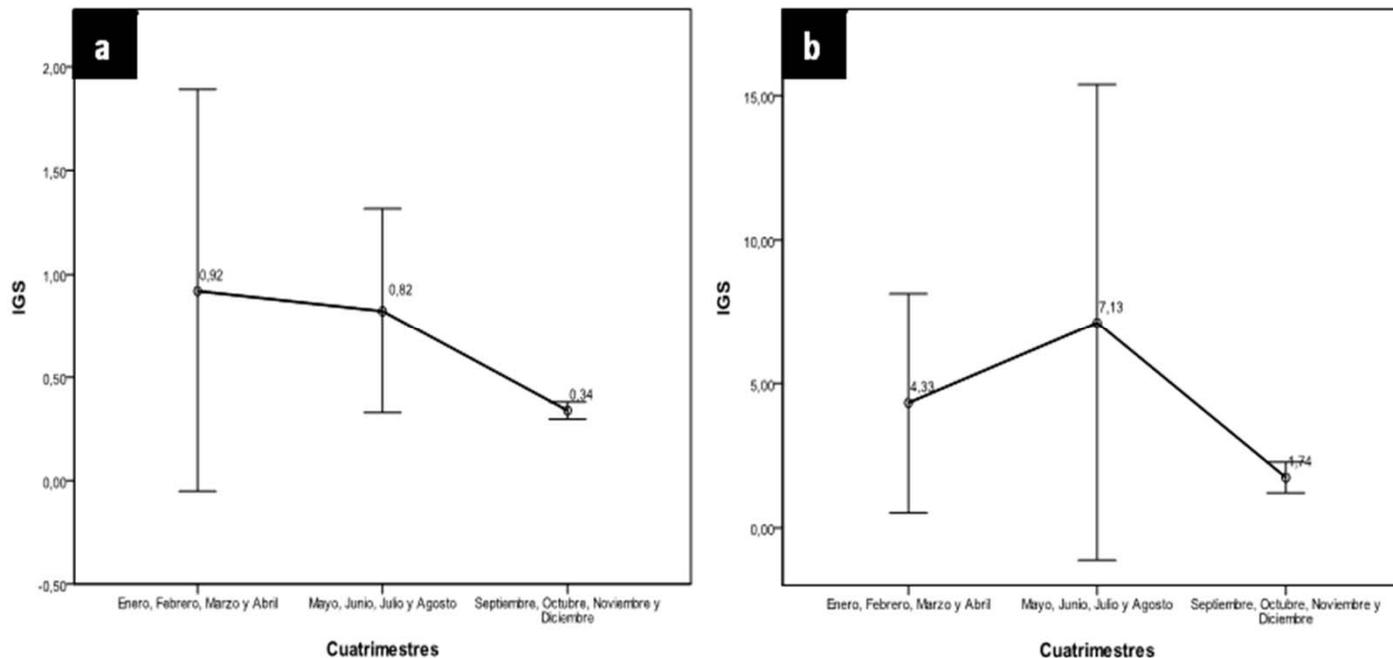


Fig. 22. Evolución cuatrimestral del IGS medio en *M. compressus*: (a) para los machos (n=52) y (b) para las hembras (n=25).

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

En los machos los valores del IGS variaron entre 0,04 y 4,77% y en las hembras variaron entre 0,30 y 10,97%.

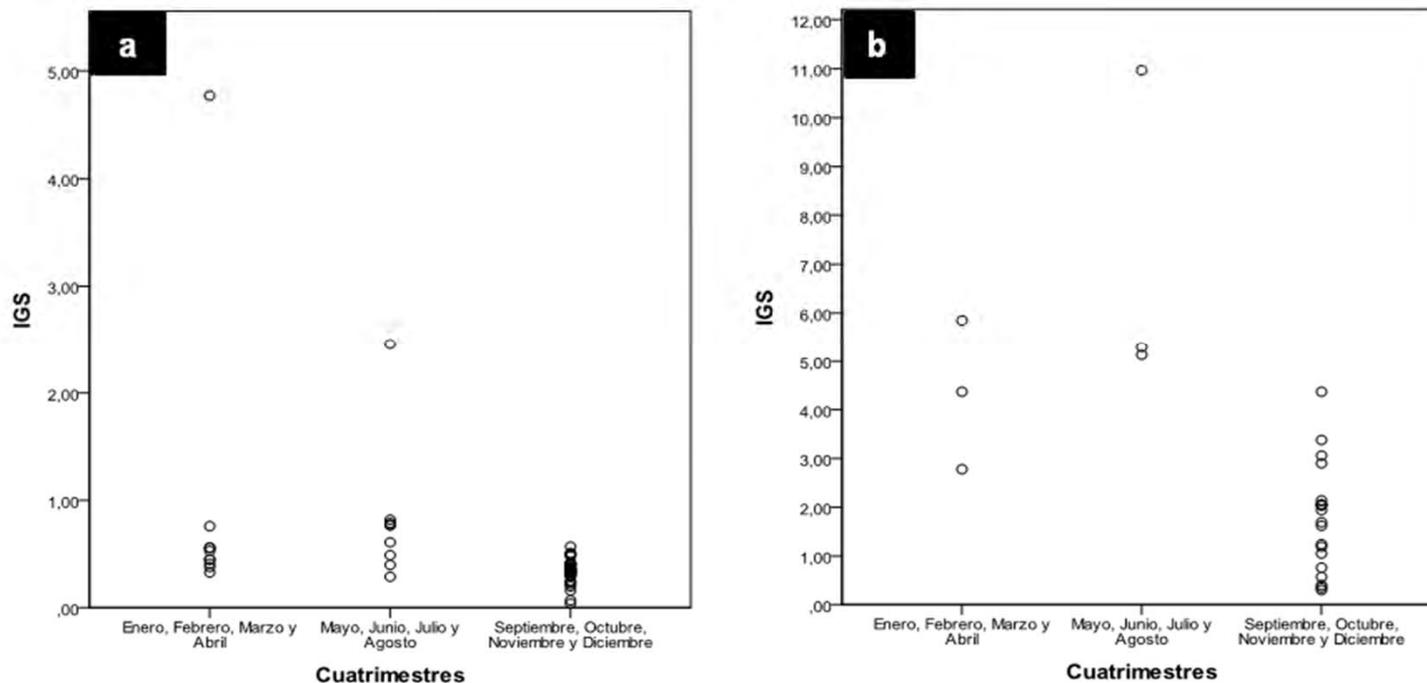


Fig. 24. Evolución cuatrimestral de los valores individuales del IGS en *M. compressus*: (a) para los machos (n=52) y (b) para las hembras (n=25).

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

Espermatogénesis y ovogénesis:

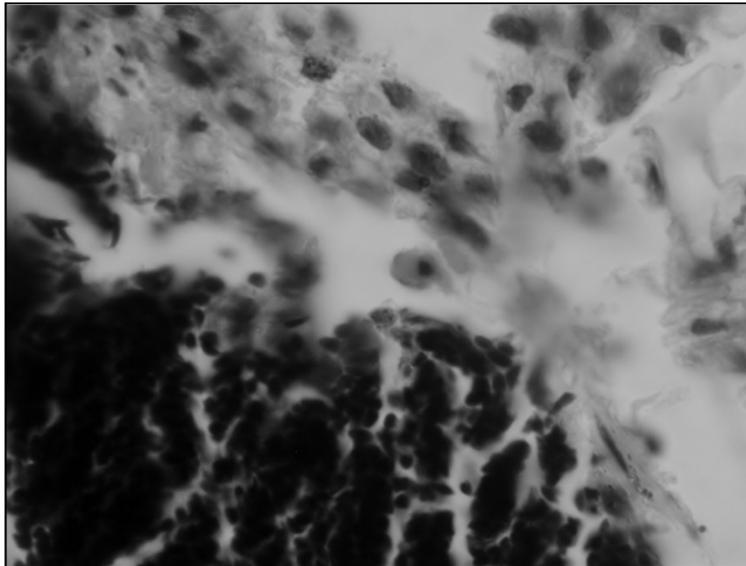


Fig. 25. Detalle de espermatocitos 1 y 2 (100x) en *M. compressus*.

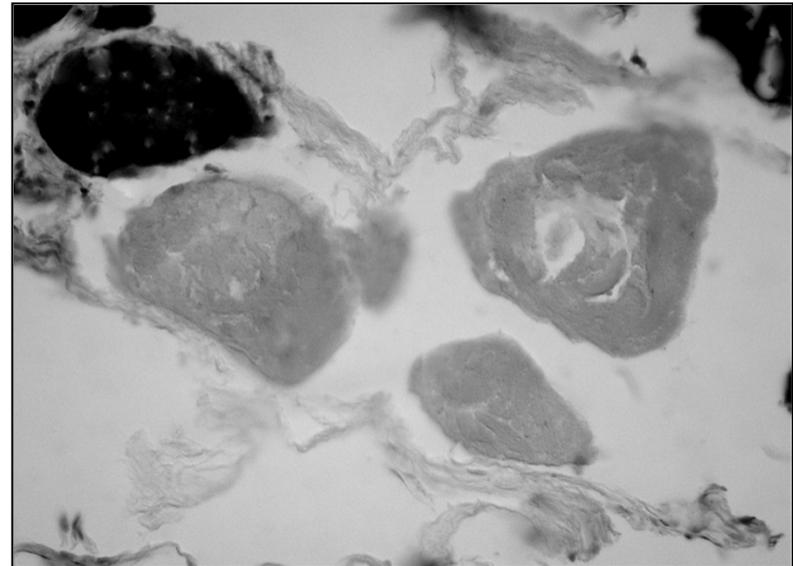


Fig. 26. Detalle de ovocitos perinucleares (40x) en *M. compressus*.

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

Espermatogénesis y ovogénesis:

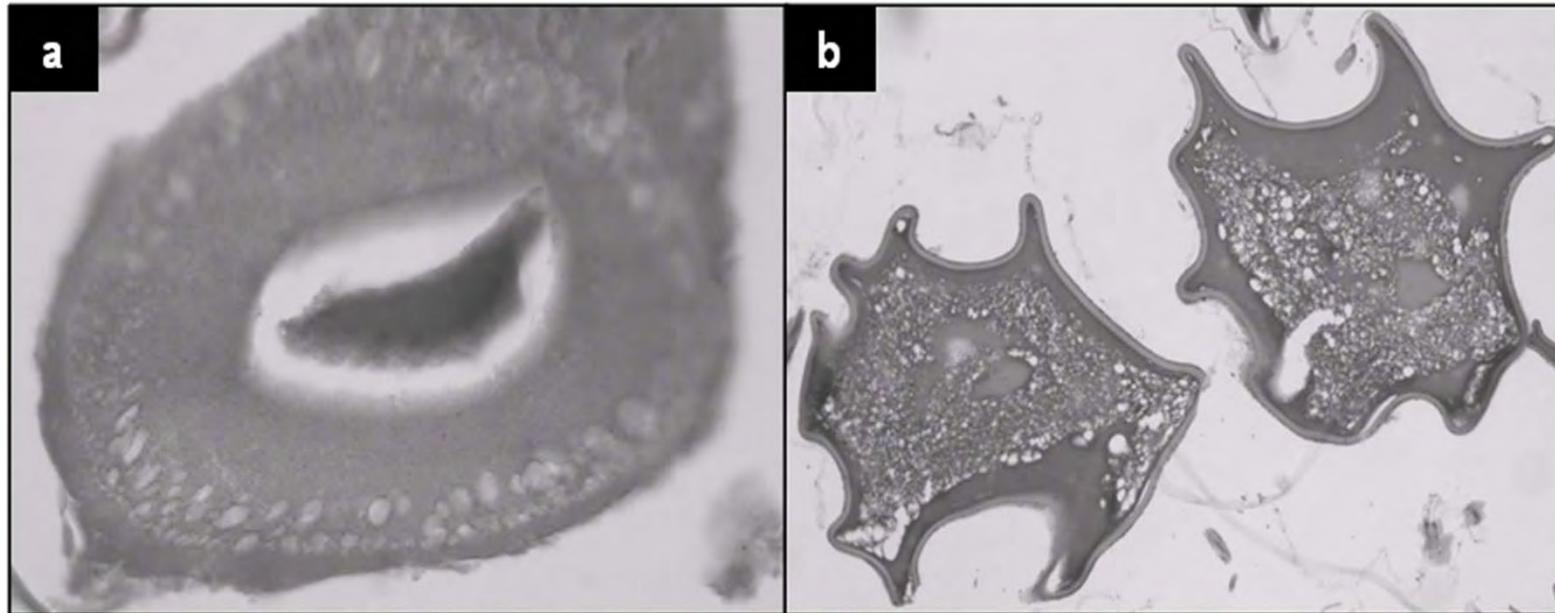


Fig. 27. Detalle de ovocitos vitelogénicos: (a) ovocitos con vesículas primarias YPO (40x) y (b) ovocitos con vesículas terciarias YTO (10x) en *M. compressus*.

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

Espermatogénesis y ovogénesis:

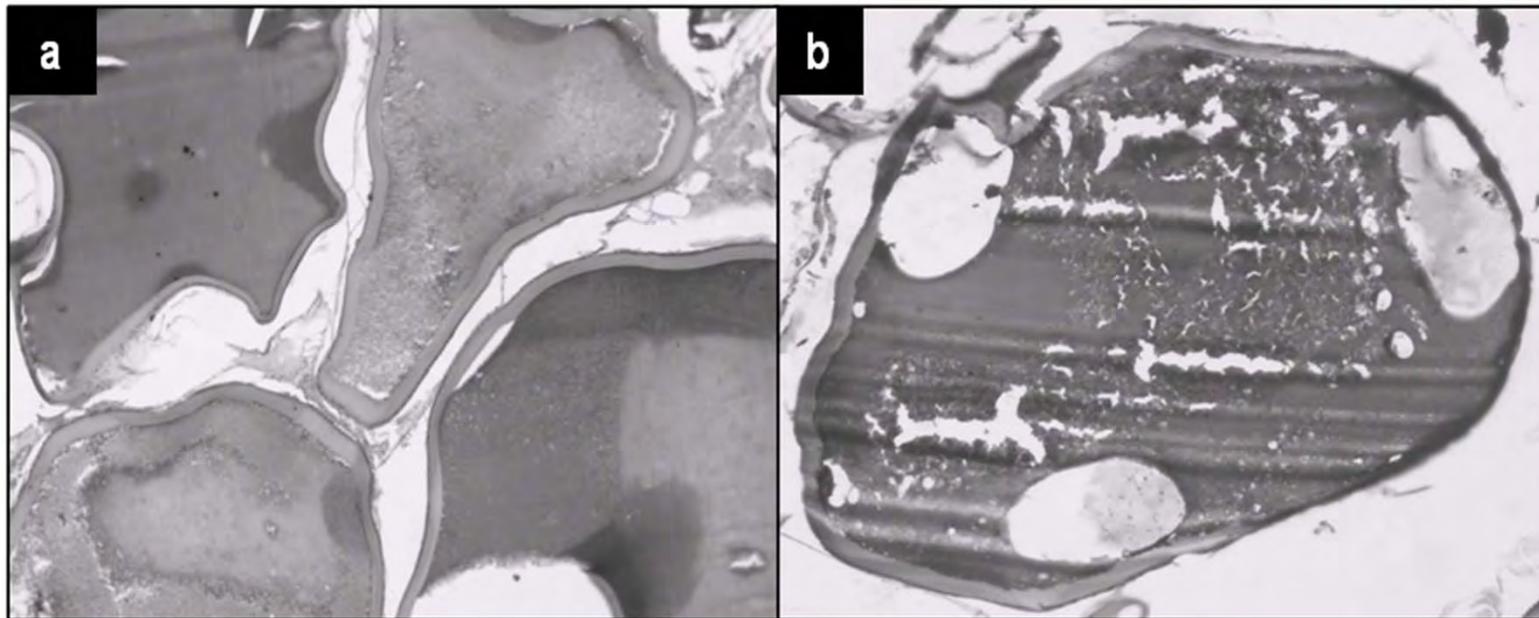


Fig. 28. Detalle de huevos maduros (H) en *M. compressus*: (a) huevos maduros (10x) y (b) huevo maduro con gotas de aceite (10x).

3. Resultados

3.7. Periodo reproductor

Espermatogénesis y ovogénesis:

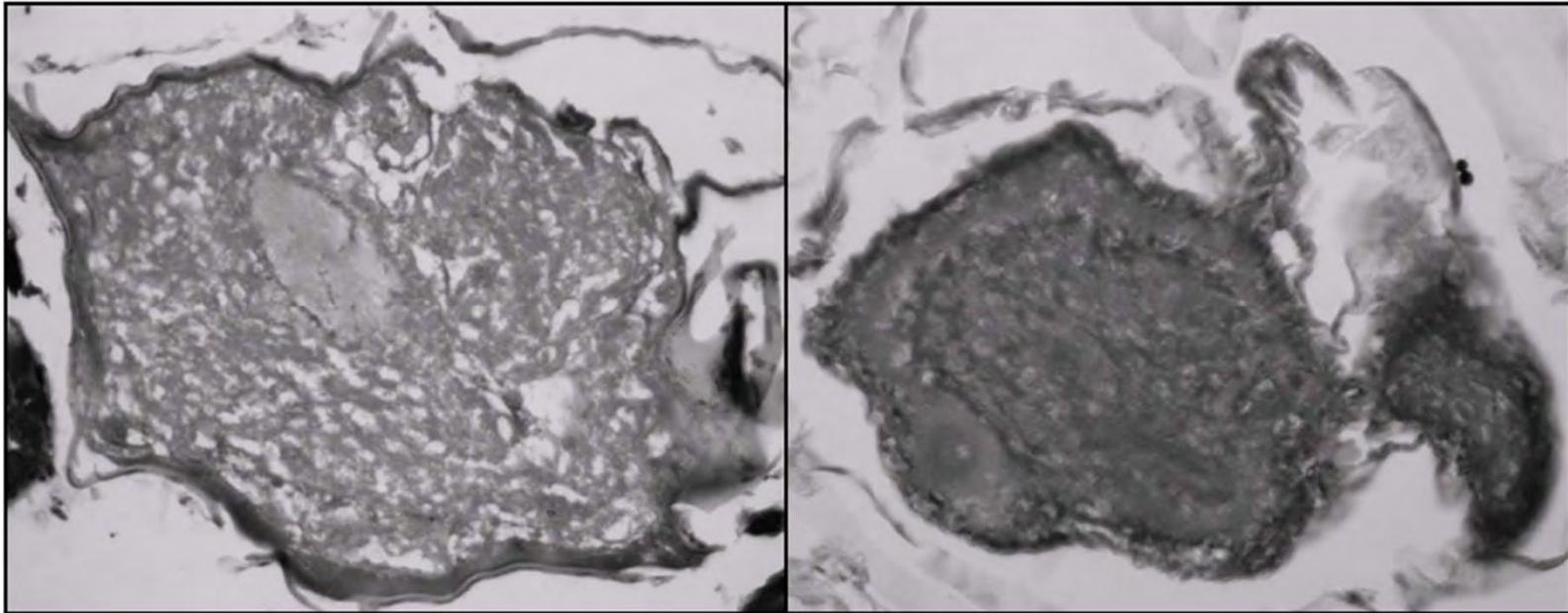


Fig. 29. Detalle de ovocitos con signos de atresia (40x) en *M. compressus*.

3. Resultados

3.8. Madurez sexual

La talla de primera madurez (L_m) fue de 476 mm y de 497 mm para los EMS establecidos histológicamente y macroscópicamente respectivamente.

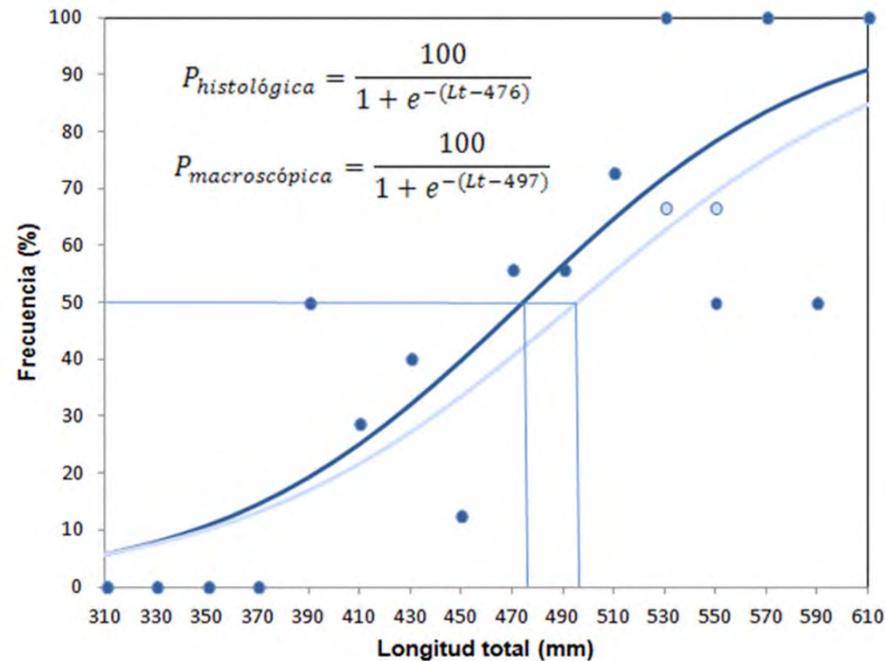


Fig. 30. Ojivas de madurez para *M. compressus* en base a los EMS (III, IV y V) establecidos histológicamente y asignados de manera macroscópica.

4. Discusión

El presente estudio sobre *M.compressus*:

- ✓ amplía la información biométrica conocida
- ✓ aporta nuevos datos sobre la biología reproductora

Antecedentes en la literatura:

Redescripción del holotipo y un espécimen incompleto
(Smith, 1984, 1989) → 538 y 253+ mm LT.

Consta del material más completo conocido con **amplio rango de tallas** y **ejemplares** depositados en **colecciones biológicas de referencia** (MMF41909 y MMF41910).

4. Discusión

Descriptores y relación talla-peso

La **distribución de frecuencias de tallas** para el total de la muestra y por sexos mostró un patrón característico de **especies dioicas o gonocóricas**.

El **análisis estadístico de LT y PT** no mostró diferencias significativas entre sexos tanto para valores medios como por rango.

La **relación talla-peso** se definió por los parámetros $a=0,0000002907$ y $b=3,325$, presentando **alometrías positivas** entre LT y PT.



Tipo de alometrías observadas en *Conger conger* (Filiz y Bilge, 2004)

4. Discusión

El examen macroscópico no mostró evidencias que sugirieran dimorfismo sexual en *M.compressus*.

El análisis biométrico confirmó que no existen diferencias morfológicas entre machos y hembras



Característica observada en *Ophichthus rufus* (Casadevall i Masó, 1991).



El estudio radiológico completó las fórmulas vertebrales y aporta por primera vez información acerca de las fórmulas radiales de estos congrios.

Parámetros biométricos

4. Discusión

Tabla 14. Biometría comparada de las especies pertenecientes a la familia Myrocongridae.

	Presente trabajo	Castle (1991)	Castle y Bearez (1995)		Karmovskaya (2006)	Paiva et al. (2011)
Fam. Myrocongridae	<i>M. compressus</i>	<i>M. gracilis</i>	<i>M. nigrodentatus</i>	<i>M. prolixus</i>	<i>M. seychellensis</i>	<i>Myroconger sp.</i>
Longitud total (mm)	308 - 611	484	366	383	450	431
Datos merísticos						
Nº poros línea lateral	3 - 9		6	11	4	5
Radios pectorales	15 - 20	16	16-17	15-16	-	-
Radios dorsales a nivel ano	104 - 114	134	100	156	-	-
Radios dorsales totales	288 - 324	349	298	398	300	-
Radios anales totales	184 - 238	229	213	239	163	-
Vértebras predorsales	6 - 8	7	6	5	7	4
Vértebras preanales	48 - 52	53	43	57	56	48
Vértebras precaudales	54 - 62	65	50	71	68	-
Vértebras totales	130 - 135	139	123	147	130	125
Datos morfométricos (%LT)						
Longitud preanal	41,61 - 47,95	44,50	45,60	45,40	50,70	47,30
Longitud predorsal	10,75 - 14,75	9,90	13,60	10,30	12,20	13,90
Longitud cefálica	13,04 - 17,47	10,90	17,40	11,80	14,20	14,90
Altura corporal a nivel del ano	5,79 - 10,51	5,10	7,50	4,60	6,40	6,40
Altura corporal a nivel de la apertura branquial	6,53 - 10,36	-	-	-	-	-
Longitud del tronco	28,31 - 33,40	-	-	-	36,40	-
Longitud de la aleta caudal	30,41 - 58,39	-	-	-	-	-
Datos morfométricos (%LC)						
Longitud del hocico	17,72 - 32,81	23,00	21,00	27,10	25,80	24,90
Diámetro ocular	12,56 - 17,97	15,00	15,10	13,90	11,70	12,70
Distancia interorbital	16,67 - 25,35	18,20	18,90	20,90	20,30	24,40
Longitud mandíbula superior	38,39 - 56,83	45,40	41,90	49,50	47,60	49,80
Distancia interbranquial	10,90 - 18,02	11,20	18,10	8,40	10,90	24,40
Longitud de la aleta pectoral	18,44 - 32,03	20,10	22,10	17,80	18,70	16,60

Parámetros biométricos

4. Discusión

Los resultados obtenidos aportan los primeros datos acerca de la **distribución vertical** de la especie por sexos y madurez sexual.

Distribución vertical

Antecedentes en la literatura:

Registros de captura entre **100 y 1000 m** de profundidad
(González et al., 2004;
Menezes et al., 2004; González y Tariche, 2009)

4. Discusión

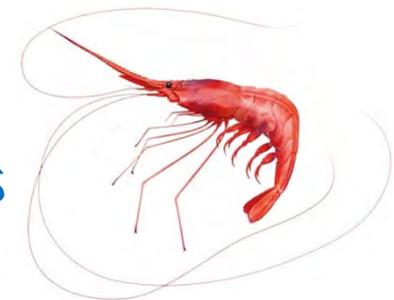
Distribución vertical

La **distribución vertical por sexos**, en los tres estratos batimétricos estudiados, **no** parece indicar una **segregación de sexos** en profundidad.

El **nº de ejemplares capturados** se registró en mayor proporción en el estrato 3 de profundidad (**> 250 m**)



Grandes biomasas de **camarones pandálidos**
(González y Tariche, 2009)



4. Discusión

Distribución vertical

La **proporción de individuos maduros e inmaduros** no mostró diferencias significativas en ninguno de los estratos de profundidad estudiados.

La **sex-ratio por estratos de profundidad** presentó diferencias significativas sólo en el estrato 3 (>250 m)



n<30 en
algunos
casos

En *Conger conger* si se ha constatado un desplazamiento vertical de los sexos (Cau y Manconi, 1983)

4. Discusión

El estudio de la biología reproductora de *M. compressus* representa el **primer documento en este campo** sobre la especie, el género *Myroconger* y la familia Myrocongridae.

Los resultados histológicos confirmaron que *M. compressus* presenta sexos separados, sin evidencias de inversión sexual o hermafroditismo.



Este patrón ha sido observado en gran parte de las especies de anguilliformes.



Tipología sexual

4. Discusión

La **sex-ratio** mostró diferencias significativas en el conjunto de la muestra, siendo la relación **1:0,48** a favor de los machos.

La **baja proporción de hembras** encontrada puede estar asociada a diversos factores:

- ✓ selectividad de las trampas utilizadas en la captura
- ✓ variaciones del comportamiento en machos

n<30 en
algunos
casos

Sex-ratio

La **sex-ratio por cuatrimestre** no refleja diferencias significativas en la relación esperada 1:1.

La **sex-ratio por rango de tallas** mostró diferencias significativas entre individuos jóvenes (310-450 mm) a favor de los machos.

4. Discusión

La época de puesta de *M.compressus* en aguas de Cabo Verde parece extenderse a lo largo de todo el año con un pico de la puesta en los meses de verano.

Periodo reproductor

- ♂ y ♀ maduros en todos los cuatrimestres analizados
- ♂ maduros y en puesta se registraron en los cuatrimestres 1 y 2
- ♀ maduras y en puesta se observaron durante todo el año

Mayor porcentaje de individuos
en estado III y IV
en los cuatrimestres 1 y 2

4. Discusión

IGS (%) machos < IGS (%) hembras

Hembras inviertan mayor energía en la reproducción
(reservas vitelógicas de los huevos)

IGS (%) por cuatrimestre > cuatrimestre 2

Incremento de la actividad reproductora en verano
(mayor disposición de alimento)

Periodo reproductor



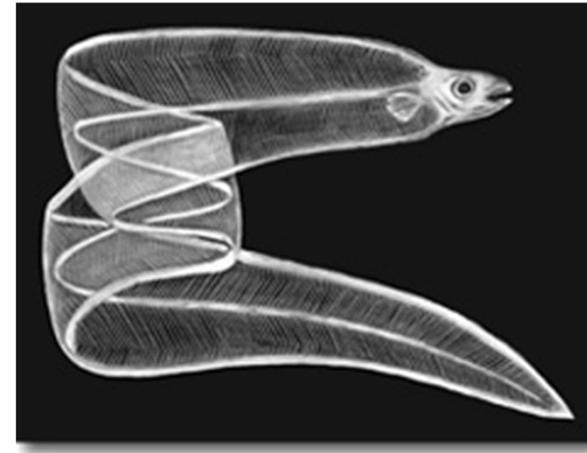
Conger conger (verano) y *Gnathopis mystax* (julio-agosto)
(Muus y Nielsen, 1999; Relini et al., 1999; Vallisneri et al., 2007)
y (Casadevall i Masó, 1991)

4. Discusión

Los huevos de *M. compressus* presentan inclusiones de gotas de aceite en etapas de vitelogénesis avanzada de los ovocitos, fusionándose en general en la etapa de huevo maduro.



Confirma un crecimiento larvario en fase pelágica (larvas leptocéfalas) *Gnathophis mystax* y *Ophichthus rufus* (Marinero, 1971) y (Sparta, 1937)



Periodo reproductor

4. Discusión

La **talla de primera madurez (L_m)** o longitud a la cual el 50% de los individuos se encuentran maduros se estableció en 476 mm.

Esta talla resultó **19 mm menor** que la talla de primera madurez obtenida a partir de los estados de maduración sexual otorgados **macroscópicamente (497 mm)**.



Dificultad de **clasificar** correctamente de manera visual el **sexo** y los **ems** (estadios iniciales de desarrollo de las gónadas)

Madurez sexual

4. Discusión

En la actualidad, *M. compressus* no se encuentra sometida a explotación pesquera. Las capturas se restringen a pescas de prospección en agua profundas con diferentes tipos de nasas (bycatch).



El presente trabajo aporta nuevos datos acerca de la biología de la especie (**biometría y aspectos reproductivos**)

SE REQUIERE:

un estudio más exhaustivo (**n más amplia**)
que determine otros parámetros eco-biológicos.

PARA ESTABLECER:

medidas de gestión pesquera que regulen su captura incidental en
futuras pesquerías en Cabo Verde.

5. Conclusión

1. Se confirma que *M. compressus* es una especie dioca o gonocórica.
2. *M. compressus* no presenta dimorfismo sexual.
3. *M. compressus* presenta en ambos sexos alometrías positivas entre la longitud total (LT) y el peso total (PT).
4. La especie no muestra indicios que sugieran segregación de sexos en profundidad.
5. *M. compressus* presenta una puesta pelágica a lo largo de todo el año con un pequeño pico de la puesta en los meses de verano.

5. Conclusión

6. La proporción de sexos o sex-ratio de *M. compressus* presenta diferencias significativas a favor de los machos (1:0,48).
7. Los valores del IGS (%) son mayores en las hembras que en los machos.
8. *M. compressus* presenta una madurez sexual a los 476 mm. El error que se comete al determinar el sexo y los estados de madurez de manera visual asciende al 24,67% y 6,49% respectivamente.

Agradecimientos

A los profesores/as y compañeros/as del máster.

A mis compañeros/as de muestreo.

Al Grupo de Ecología Marina Aplicada y Pesquerías (ULPGC) y al Departamento de Biología Pesquera (ICCM).

A los doctores José Antonio González Pérez (ICCM) y José Mario Pajuelo González (ULPGC).

A mi familia y amigos/as.

Bibliografía

- Böhlke, E.B. (1982)** - Vertebral formulae of type specimens of eels (Pisces: Anguilliformes). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 134: 31-49.
- Böhlke, E.B. (1989)** - Methods and terminology, p. 1-8. In: Fishes of the western North Atlantic, part 9, vol. 1 (E.B. Böhlke, ed.). *Memoir Sears Foundation for Marine Research, New Haven*.
- Grier, H. J. (1981)** - Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *American Zoologist*, 21: 345-357.
- Holden, M.J. y D.F.S. Raitt (1975)** - Manual de ciencia pesquera: Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. *FAO Documento Técnico de Pesca*, 115: 211.
- Smith D.G. (1984)** - A redescription of the rare eel *Myroconger compressus* (Pisces: Myrocongridae), with notes on its osteology, relationships and distribution. *Copeia*, 3: 585-594.
- Smith, D. (1989)** - Family Myrocongridae, p. 98-103. In: Fishes of the western North Atlantic (E.B. Böhlke, ed). Part 9, vol. 1 Orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes. *Memoir Sears Foundation for Marine Research, New Haven*.
- Smith, D.G. (1990)** - Myrocongridae. p. 149. In: Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA) (J.C. Quéro, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha, eds.). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.
- Smith, D. G. (1999)** - Myrocongridae: thin morays, p. 1641-1642. In: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific (K. E. Carpenter and V. H. Niem, eds). FAO, Rome. Vol. 3.
- West, G. (1990)** - Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Australian Journal of Marine Freshwater Research*. 41: 199-222.