

VIERAEA	Vol. 40	19-35	Santa Cruz de Tenerife, octubre 2012	ISSN 0210-945X
---------	---------	-------	--------------------------------------	----------------

Actualización de parámetros poblacionales de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) procedente de aguas mauritanas (Clupeidae, Clupeiformes)

ALBA JURADO-RUZAFÁ¹*, EVA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ¹,
VERÓNICA DUQUE NOGAL¹, M^a NAZARET CARRASCO HENAREJOS¹
& M^a TERESA GARCÍA SANTAMARÍA¹

¹*Centro Oceanográfico de Canarias del Instituto Español de Oceanografía
Vía Espaldón, Dársena Pesquera (38180, Santa Cruz de Tenerife, España)*

**alba.jurado@ca.ieo.es*

A. JURADO-RUZAFÁ, E. HERNÁNDEZ, V. DUQUE, M.N. CARRASCO Y M.T.G. SANTAMARÍA. Updating of population parameters of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from Mauritanian waters (Clupeidae, Clupeiformes). *VIERAEA* 40: 19-35.

RESUMEN: El 30% de la captura realizada en aguas de Mauritania por la flota industrial europea de arrastre pelágico se descarga en el puerto español de la Luz y de Las Palmas de Gran Canaria (islas Canarias). La actividad de estos barcos está orientada a los peces pequeños pelágicos, principalmente a sardina (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)), alacha (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847), machuelo (*Sardinella maderensis* (Lowe, 1838)), chicharros (*Trachurus* spp.) y caballa (*Scomber colias* Gmelin, 1789).

Dada la importancia de las mencionadas descargas, en el año 2003, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) —a través de su Centro Oceanográfico de Canarias (COC)— inició el seguimiento de esta flota en el marco del proyecto europeo *Data Collection* (Reglamento (EC) 1543/2000).

Además de la información biológica obtenida entre 2004 y 2011 a partir de 41 959 ejemplares de *Sardina pilchardus* de Mauritania, en 2010 y 2011 se llevó a cabo una actualización de sus parámetros de crecimiento. Estos y otros parámetros poblacionales son recogidos en el presente trabajo.

Palabras clave: *Sardina pilchardus*, Mauritania, parámetros poblacionales, edad y crecimiento.

ABSTRACT: The 30% of the catches off Mauritanian waters carried obtained by the European industrial pelagic freezer trawl fleet are landed in a Spanish port (Las Palmas de Gran Canaria, Canary Islands). The activity of this fleet is targeted to catch small pelagic species such as sardine (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)), round and flat sardinella (*Sardinella aurita* Valenciennes

1847, and *S. maderensis* (Lowe, 1838)), horse mackerel (*Trachurus* spp.) and chub mackerel (*Scomber colias* Gmelin, 1789).

Due to the importance of the mentioned catches, in 2003 the Instituto Español de Oceanografía (IEO), through its Centro Oceanográfico de Canarias (COC), started monitoring this fleet under *Data Collection* European Project (Regulation (EC) 1543/2000).

In addition to biological information obtained between 2004 and 2011 from 41,959 specimens of *Sardina pilchardus*, during 2010 and 2011 the COC-IEO decided to undertake an updating of the sardine growth parameters from the area. This and other biological aspects of this species are presented in this study. Key words: *Sardina pilchardus*, Mauritania, population parameters, age and growth.

INTRODUCCIÓN

La plataforma oceánica del noroeste de África es considerada una de las zonas más productivas y más intensamente explotadas del mundo (Wooster y Reid, 1963). Las condiciones ambientales especiales favorecen la existencia de importantes recursos pesqueros (entre los cuales, los peces pequeños pelágicos son los más abundantes), por lo que el sector pesquero desempeña un papel muy importante en la economía de los países de la región (Bonfil *et al.*, 1998). Estos peces son explotados no sólo por embarcaciones de pesca artesanal de la región, sino también por grandes buques de arrastre pelágico (casi exclusivamente extranjeros) (FAO, 2008). La pesca extranjera en aguas de Mauritania se realiza a través de acuerdos de pesca privados, y de acuerdos bilaterales entre la Unión Europea (UE) y el país ribereño. Durante el periodo de estudio, en la Zona Económica Exclusiva de Mauritania faenaron buques arrastreros pelágicos holandeses e irlandeses de grandes dimensiones acompañados por decenas de arrastreros rusos, lituanos e islandeses.

Esta pesquería es considerada por la UE de gran interés para su seguimiento y toma de muestras por tratarse de una actividad realizada por flota comunitaria que produce un elevado volumen de capturas (30% del total de la zona). Es por esto que, aunque no es flota española, al tratarse de descargas realizadas en un puerto comunitario (Puerto de la Luz y de Las Palmas, Gran Canaria, islas Canarias), desde 2003 el Instituto Español de Oceanografía (IEO) —a través de su Centro Oceanográfico de Canarias (COC, en Tenerife)— lleva a cabo el seguimiento de las mismas en el marco del Proyecto Europeo *Data Collection* (Reglamento (CE) 1543/2000). Entre 2004 y 2011, la flota objeto de seguimiento en aguas de Mauritania estuvo compuesta por una media de 6 barcos anualmente, con unas características técnicas medias de 7570 toneladas de registro bruto, 119 metros de eslora y unos 8000 caballos de vapor de potencia.

Las principales especies objetivo de esta flota son, por orden de importancia de capturas: sardina (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)), alacha (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847), machuelo (*Sardinella maderensis* (Lowe, 1838)), caballa (*Scomber colias* Gmelin, 1789) y chicharro (*Trachurus* spp.) (Jurado-Ruzafá *et al.*, 2011). Las capturas de *Sardina pilchardus* (especialmente importantes entre los meses de enero y mayo, debido a los

ciclos estacionales del afloramiento) alcanzan el 45% del peso total de peces pequeños pelágicos capturados en la franja norte de Mauritania (Ould *et al.*, 1999; Santos *et al.*, 2001). En 2011 sus descargas en el Puerto de Las Palmas de Gran Canaria fueron algo superiores a 55 000 toneladas, y merece destacar que el nivel de descarte de esta flota es muy bajo, no alcanzando el 10% del total capturado (ter Hofstede y Dickey-Collas, 2006).

El crecimiento (en talla y peso), la mortalidad (por pesca y natural) y la madurez sexual son, entre otros, procesos relacionados con el tiempo y son elementos clave en las evaluaciones analíticas de las poblaciones de peces. Es por esto que, además de la información biológica recogida para todas las especies desde 2004, en 2010 y 2011 se llevó a cabo una actualización de parámetros de crecimiento de *S. pilchardus* procedente de Mauritania.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar estos resultados, así como la actualización de otros parámetros poblacionales de dicha especie.

MATERIAL Y MÉTODOS

Procedencia y obtención de muestras

Las muestras que el COC-IEO analizó entre 2004 y 2011 en el marco del Proyecto europeo *Data Collection* (que se comercializan congeladas y empaquetadas en cajas de cartón con un peso medio de 20 kg/caja), fueron seleccionadas a partir de las declaraciones de descarga de los buques de la flota objeto de seguimiento. Se trató de cubrir el mayor rango de categorías comerciales posible de todas las mareas desembarcadas, en base mensual (Santamaría *et al.*, 2010).

Muestreo de tallas

Entre enero de 2004 y diciembre de 2011 se realizó el muestreo de talla-peso a un total de 41 959 ejemplares de sardina procedentes de aguas de Mauritania (Fig. 1). La talla asignada fue la longitud total (con precisión 0,1 cm) agrupadas en clases de talla (L_i) al medio centímetro inferior, según las recomendaciones establecidas para el estudio y evaluación de esta especie (FAO, 1978, 2011). Se obtuvieron las frecuencias de tallas de las muestras para cada año y para el total del periodo.

Muestreo biológico

Entre 2004 y 2011 (excepto en 2005 en que no se realizó análisis) se llevó a cabo el muestreo biológico de un total de 5.417 ejemplares de *S. pilchardus*. Se determinó la longitud total y el peso total (precisión de 1 mm y 0,1 gr, respectivamente), el sexo, el estado de madurez sexual (EMS, según la escala de madurez de cinco estadios establecida por Arriaga *et al.* (1983)), el peso eviscerado y el peso gonadal (también con precisión de 0,1 gr). Además, en 2010 y 2011 se extrajeron y almacenaron los otolitos *sagitta* de 495 ejemplares, según la metodología descrita por Goñi (1979), completando un total de 10 individuos por cada clase de talla, en base trimestral. Los otolitos extraídos fueron lavados y almacenados para ser montados, posteriormente, en resina (Eukitt®) sobre placas de plástico negro.

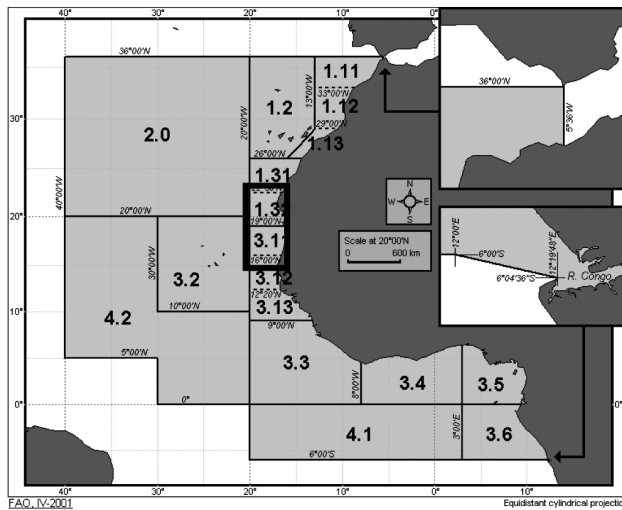


Figura 1.- Zona FAO 34 (FAO, 1990-2012). El área de estudio (rectángulo) abarca las aguas mauritanas donde faena la flota industrial de arrastre pelágico europea que descarga en Las Palmas de Gran Canaria.

Se calculó, trimestralmente, el número y proporción de ejemplares de cada sexo presentes en las muestras. Para determinar si la proporción de machos y hembras difería significativamente de la relación teórica 1:1 se aplicó el test χ^2 .

La determinación del periodo de puesta se realizó a partir de un método cualitativo (evolución mensual del porcentaje de individuos sexualmente maduros), y de un método cuantitativo (evolución mensual del índice gonadosomático o IGS medio (Peso gonadal/Peso total, multiplicado por 1.000)), agrupando mensualmente los datos obtenidos entre 2004 y 2011.

La Talla de Primera Madurez (TPM), fue calculada para machos, hembras y el total de ejemplares a partir de las curvas de madurez sexual para $p_i = 0,5$. Se obtuvo la proporción de individuos maduros respecto al total por clase de talla (p_i) y se ajustó a una curva de tipo sigmoide simétrica (modelo logístico), según la ecuación:

$$p_i = 1 / (1 + e^{a + b \cdot L_i})$$

La proporción de individuos sexualmente maduros por clase de talla (p_i) se estandarizó con medias móviles ($p_{MM} = (p_{i-1} + p_i + p_{i+1}) / 3$). La obtención de los parámetros a y b se realizó mediante la transformación logarítmica del modelo logístico (Pope *et al.*, 1983).

Se obtuvieron las relaciones talla-peso para machos, hembras y total de ejemplares mediante ajuste a la curva exponencial:

$$\text{Peso} = a \cdot \text{Talla}^b$$

Los valores a y b fueron estimados mediante la transformación logarítmica de los datos (Ricker, 1973).

La interpretación de la edad a partir de los otolitos fue realizada por dos lectores de manera independiente, utilizando lupas binoculares con luz reflejada y siguiendo los criterios establecidos por FAO (2002). Con el fin de evitar influencias en la atribución de las edades, los lectores desconocían las tallas de los peces. Los otolitos que presentaron descalcificación y los que estaban opacos debido a sobre-calcificación no fueron tenidos en cuenta, habiéndose considerado únicamente los resultados en los que hubo coincidencia de atribución de la edad entre los lectores.

A partir de dichos resultados se construyó la clave talla-edad y se calculó la talla media por clase de edad, multiplicando el punto medio de la clase de talla por el correspondiente número de ejemplares para esa clase de edad y dividiendo por el número total de ejemplares (Santamaría, 1993). Los parámetros de crecimiento para machos, hembras y total de individuos fueron estimados por medio de una regresión no lineal utilizando el algoritmo de Levenberg-Marquardt (GraphPad Prism® 4). Los pares de valores talla-edad fueron ajustados a la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy, siguiendo los criterios de Sparre *et al.* (1998). Su expresión matemática es:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k \cdot (t + t_0)})$$

A partir de las curvas de crecimiento y de las TPM estimadas, se calculó la edad de primera madurez para machos, hembras y total de ejemplares.

RESULTADOS

Distribuciones de tallas

El rango de tallas de los ejemplares analizados estuvo comprendido entre 10,7 cm y 29,9 cm. La clase de talla dominante durante el periodo estudiado fue de 24,5 cm, con una talla media de 23,3 cm (Fig. 2).

Las frecuencias de tallas anuales entre 2006 y 2010 presentaron distribuciones bimodales, con modas de 19,5-21,0 cm y 24,0-25,0 cm. Sin embargo, en 2005 y 2011 existió una única moda en ejemplares de tallas mayores (23,0 y 24,5 cm, respectivamente). Cabe destacar que en 2004 se obtuvo una distribución trimodal (con modas en 16,0, 21,5 y 24,5 cm), correspondiendo los ejemplares más pequeños a capturas realizadas entre mayo y junio.

Parámetros biológicos

De los 5417 ejemplares analizados, 2821 fueron hembras y 2596, machos. En la figura 3 se presentan las proporciones entre sexos obtenidas trimestralmente durante el periodo 2004-2011. El análisis anual del test de la χ^2 reveló que no existen diferencias en la proporción de sexos para los años 2006, 2008, 2009, 2010 y 2011. Sin embargo, en 2004 y 2007 la proporción de hembras resultó superior de forma significativa. De este modo, según

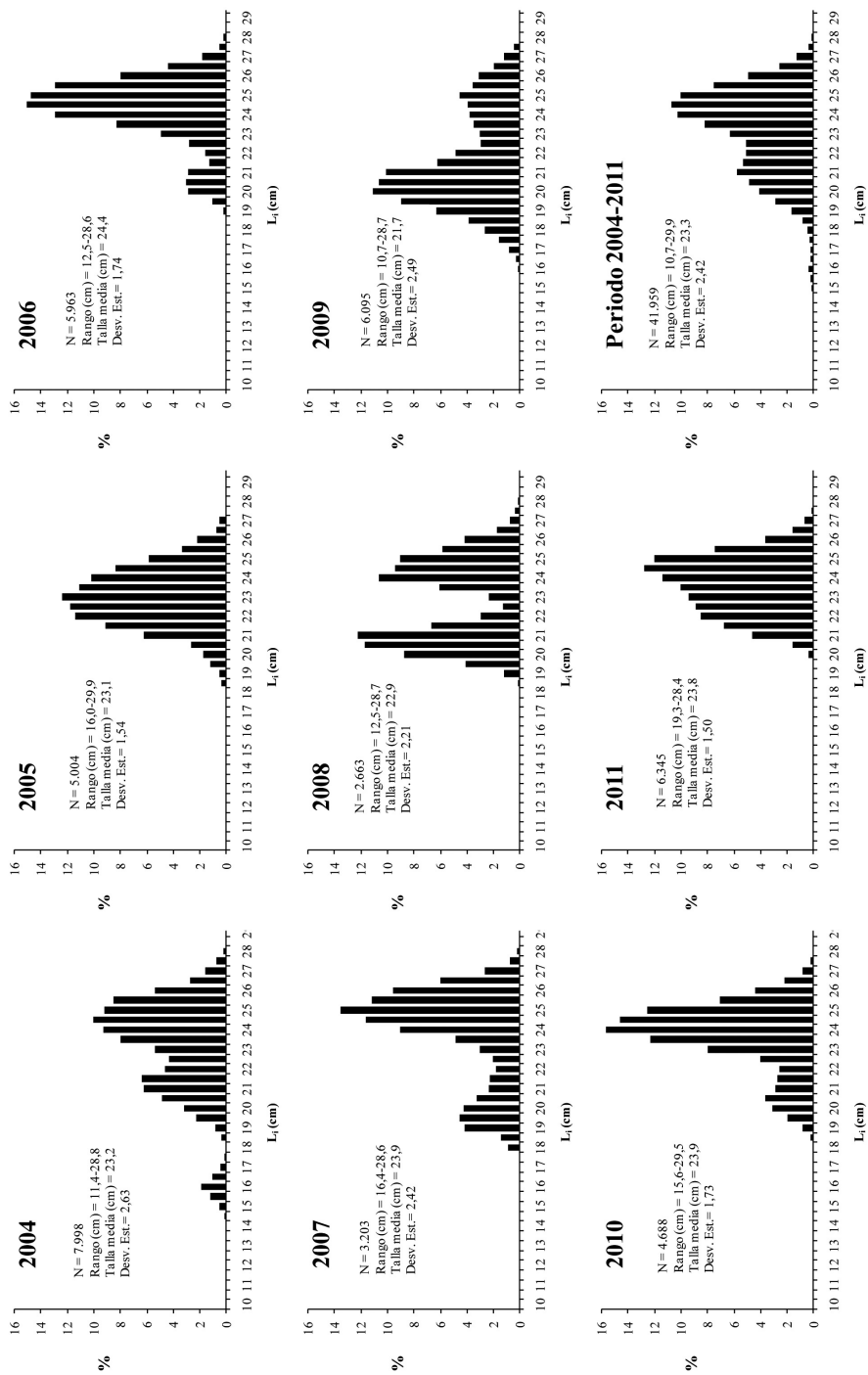


Figura 2.- Frecuencias de tallas de los ejemplares de *Sardina pilchardus* procedentes de aguas de Mauritania entre 2004 y 2011. (L₁: Clase de talla; N: n° de ejemplares)

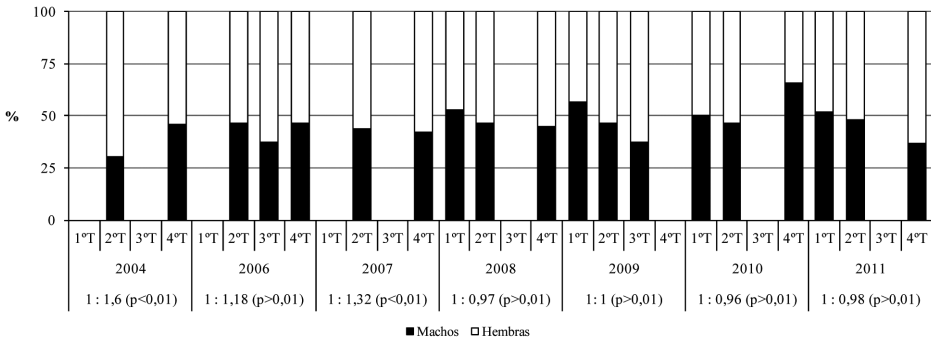


Figura 3.- Representación gráfica de la proporción trimestral entre machos y hembras para cada uno de los años de estudio. Se presenta la proporción entre sexos (M:H) y la significación del estadístico χ^2 para cada año.

el resultado del test para el total de la muestra (con una proporción M:H de 1:1,09) tampoco puede asumirse la igualdad 1:1 en el conjunto de los individuos muestreados ($p<0,001$).

Se definió la época de puesta entre octubre y febrero, con un pico en noviembre, enero y febrero (96,4%, 93,8% y 91,1% de ejemplares sexualmente maduros, respectivamente) (Fig. 4).

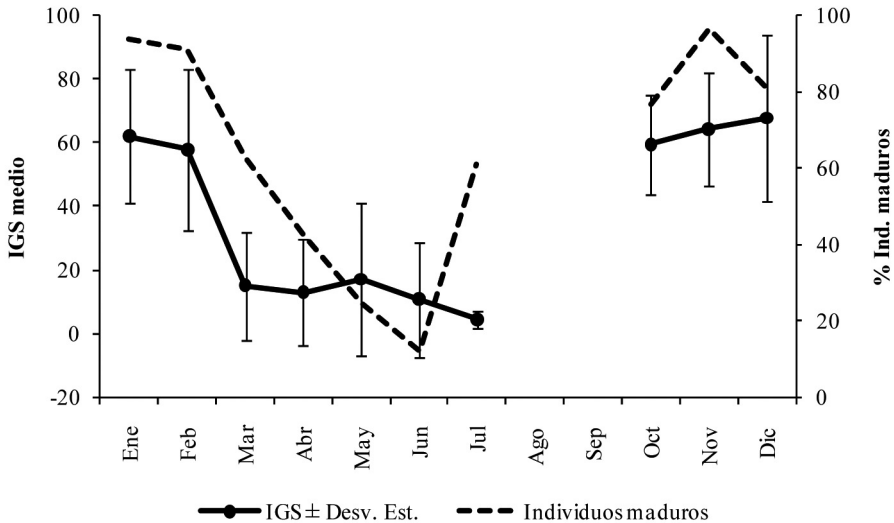


Figura 4.- Evolución mensual del Índice Gonadosomático (IGS) medio y del % de individuos sexualmente maduros. Se presentan valores mensuales medios de los datos acumulados para cada mes entre 2004 y 2011.

Los parámetros, tallas de primera madurez y curvas de madurez sexual por clase de talla para machos, hembras y total de individuos se presentan en la tabla I y figura 5, respectivamente.

Tabla I.- Parámetros estimados para las ojivas de machos, hembras y total de ejemplares de sardina procedente de Mauritania. Periodo: 2004-2011.

	N	a	b	R ²	TPM (cm)
Machos	2.545	16,412	-0,999	0,91	16,4
Hembras	2.743	13,999	-0,899	0,93	15,6
Total	5.260	13,047	-0,852	0,95	16,3

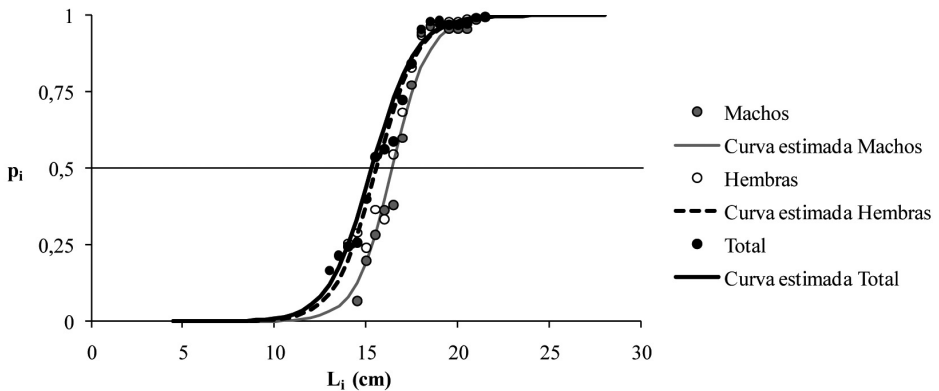


Figura 5.- Ojivas de madurez sexual para machos, hembras y total de *S. pilchardus* procedente de capturas comerciales en aguas de Mauritania. Periodo: 2004-2011. (p_i : proporción de ejemplares sexualmente maduros).

Como puede observarse en la tabla II, las TPM obtenidas para la sardina en el presente trabajo son similares a las presentadas por otros autores para aguas de Mauritania y zonas adyacentes.

En la tabla III se presenta la relación talla-peso obtenida por sexo y para el total de individuos.

En la asignación de la edad, el 31 % de los otolitos analizados fueron rechazados para el estudio por presentar anomalías de calcificación. Los lectores coincidieron en un 66,3 % de las lecturas. Las clases de edad asignadas estuvieron comprendidas entre 0 y 8 años de edad. La clave talla-edad, así como la talla media por clase de edad y su desviación están-

Tabla II.- Tallas de Primera Madurez de *S. pilchardus* en áreas próximas del Atlántico Centro-Oriental.

Área	TPM (cm)			Referencia
	Machos	Hembras	Total	
África Occidental			15,5	Domanevsky and Barkova (1976)
África Occidental			15,4	Delgado y Fernández (1985)
Marruecos	16,3	17,5		Amenzoui <i>et al.</i> (2004-2005)
Marruecos	15,8	15,8		Amenzoui <i>et al.</i> (2006)
Mauritania	17,0	16,9		Pascual-Alayón <i>et al.</i> (2008)
Mauritania			16,2	Silva <i>et al.</i> (2006)
Islas Canarias	15,0	15,2		Méndez-Villamil <i>et al.</i> (1997)
Mauritania	16,4	15,6	16,3	Presente estudio

Tabla III.- Constantes estimadas de las relaciones talla-peso para los ejemplares analizados de *S. pilchardus* procedentes de aguas de Mauritania. Periodo: 2004-2011.

	N	a	b	R ²
Machos	2.596	0,016	2,823	0,86
Hembras	2.821	0,014	2,875	0,88
Total	5.417	0,014	2,871	0,88

dar, se presentan en la tabla IV. Como puede observarse, a partir de la clase de talla de 25 cm los individuos se agruparon en un mayor rango de edades.

En la tabla V se presentan los parámetros de crecimiento estimados para machos, hembras y total de individuos. Las hembras alcanzan la TPM a una edad (7,5 meses) más temprana que los machos (10 meses) debido a su diferencia en la velocidad de crecimiento. Las curvas correspondientes a las ecuaciones de crecimiento para el total de individuos y por sexo se representan en la figura 6. Como se ha comentado anteriormente, la curva de crecimiento alcanza su punto de inflexión a partir de la clase de talla de 25 cm, aproximadamente, debido a la disminución progresiva de la tasa de crecimiento (Sparre *et al.*, 1998).

Tabla IV.- Clave talla-edad de *S. pilchardus* de Mauritania. Años: 2010-2011.

L _i	CLASES DE EDAD									N
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
15,0										
15,5	2									2
16,0										
16,5										
17,0										
17,5										
18,0										
18,5		3								3
19,0		8								8
19,5		8	1							9
20,0		6	2							8
20,5		9	3							12
21,0		6	3							9
21,5		3	5	5						13
22,0		2	10	4						16
22,5		1	9	3						13
23,0			8	4						12
23,5			8	7						15
24,0			9	9	2					20
24,5			5	6	4					15
25,0			5	5	4					14
25,5			3	6	4	2				15
26,0			2	2	5	5	1		1	16
26,5				1	3	3	2	1		10
27,0				1	2	5	3			11
27,5						2	1			3
28,0										
Total	2	46	73	53	24	17	7	1	1	224
Talla media (cm)	15,8	20,4	23,2	24,1	25,7	26,8	27,0	26,8	26,3	-
Desv. Est.	-	1,01	1,51	1,40	0,89	0,64	0,49	-	-	-

L_i: Clases de talla (longitud total, al centímetro inferior)

N: n° de ejemplares

Tabla V.- Parámetros de crecimiento y edad de primera madurez de machos, hembras y total de *S. pilchardus* procedente de Mauritania. Años: 2010 y 2011.

	Machos	Hembras	Total
L_{∞} (mm)	263,0	275,3	275,1
k	0,554	0,481	0,436
t_0 (años)	-1,687	-1,809	-2,104
R^2	0,72	0,75	0,73
N	252	243	495
Edad de Primera Madurez (meses)	10,0	7,5	9,6

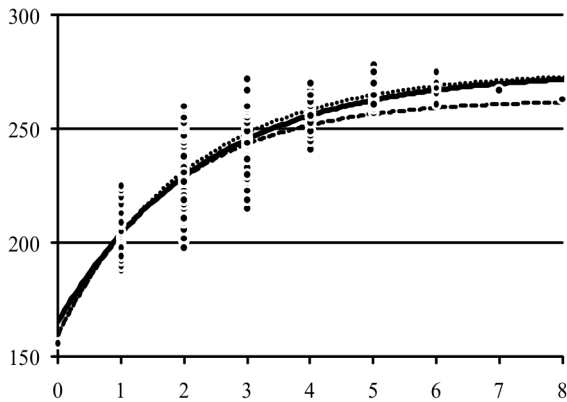


Figura 6.- Curvas de crecimiento estimadas para machos, hembras y total de *S. pilchardus* analizadas durante 2010 y 2011.

La tabla VI incluye parámetros de crecimiento obtenidos por diversos autores a partir de la interpretación de otolitos y/o escamas de sardina, tanto en aguas de Mauritania como en zonas adyacentes.

Tabla VI.- Parámetros de crecimiento de *S. pilchardus* de África occidental obtenidos por diferentes autores.

Zona	Método	Parámetros de crecimiento			Referencia
		L_{∞} (cm)	k	t_0	
Marruecos	LDE	21,6	0,49	-1,07	Belvèze (1972)
Sáhara Occidental	LDO	22,9-23,5	0,48-0,52	-0,68 a -0,95	Krzepkowski (1975)
Sáhara Occidental	LDO	23,2-24,6	0,37-0,44	-1,12 a -1,35	Krzepkowski (1977)
Cabo Blanco	EE	22,8	0,95	-0,22	Belvèze & Rami (1978)
Marruecos	LDO	21,6	0,82	-1,29	Delgado <i>et al.</i> (1981)
Marruecos	LDO	22,7	0,55	-1,66	Santamaría (1993)
Marruecos	LDO	28,9	0,69	-0,23	FAO (2008)

LDE= Lectura directa de escamas

LDO= Lectura directa de otolitos

EE= Escalimetría de escamas (retrocálculo)

DISCUSIÓN

Machu *et al.* (2009) también han descrito distribuciones bimodales para la sardina de la costa sahariana, aunque la moda inferior suele encontrarse más próxima a la que se obtuvo en 2004 (año en el que la distribución fue trimodal, de 16,5 cm) debido, probablemente, a que las muestras del presente estudio fueron adquiridas por categorías comerciales y en estos casos no siempre es posible conseguir todo el rango de tallas deseado, especialmente hacia el límite inferior. Por otra parte, hay que tener en cuenta la selectividad del arte de pesca (red de arrastre pelágico, en este caso) y la distancia entre la zona en la que se desarrolla la actividad pesquera y la costa, donde hay mayor acumulación de juveniles (García, 1982; Ettahiri *et al.*, 2003).

La sardina es una especie gonocórica sin evidencias de dimorfismo sexual y, generalmente, con una *sex-ratio* sin diferencias significativas. Sin embargo, la proporción entre sexos encontrada en el presente trabajo (ligeramente superior para las hembras) puede deberse a que el mayor volumen de captura de sardina se produce en la época de puesta. Otros autores han descrito una mayor proporción de las mismas respecto de los machos durante ese periodo, tanto en aguas de Canarias (Méndez-Villamil *et al.*, 1997) como en aguas marroquíes (Delgado y Fernández, 1985; Amenzoui *et al.*, 2006).

La puesta de *S. pilchardus* se prolonga a lo largo de todo el año, aunque disminuye considerablemente en el tercer trimestre, durante el cual se dispersa dentro de su área de distribución. La época de puesta determinada en el presente trabajo (noviembre-febrero) coincide con la establecida por otros autores para aguas adyacentes al caladero mauritano (Ettahiri *et al.*, 2003; Amenzoui *et al.*, 2004-2005; Machu *et al.*, 2009). De la misma manera, el periodo de puesta óptimo definido para la sardina distribuida en agua de Mauritania concuerda con otros trabajos realizados en la misma zona (Coombs *et al.*, 2006) y en Marruecos (Delgado y Fernández, 1985; Santamaría, 1993; Coombs *et al.*, 2006). Se ha descrito la existencia de un gradiente latitudinal en la duración del periodo reproductivo, así como en el pico de puesta, prolongándose éste y adelantándose el máximo, hacia el sur (Coombs *et al.*, 2006; Stratoudakis *et al.*, 2007). El periodo de desove descrito por Soares *et al.* (2007) para la sardina distribuida en la costa portuguesa se prolonga hasta el mes de abril, aunque el pico de puesta (invierno) y el periodo de descanso durante el verano coinciden con lo hallado en el Atlántico centro-oriental.

La dispersión de la sardina durante los meses de verano puede deberse a los patrones migratorios de la especie y a su estrategia reproductiva. Ésta difiere de la mayoría de especies de peces en que no se reproduce en la época de máxima producción planctónica, sino que almacena dichos nutrientes en forma de grasa y los metaboliza para la reproducción al cabo de dos o tres meses (Amenzoui *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2006), concentrándose de nuevo para la puesta.

Los estudios de variabilidad geográfica y temporal realizados para *S. pilchardus* sugieren un aumento de la TPM en el Atlántico este desde el Canal de la Mancha hasta Mauritania (Silva *et al.*, 2006), aunque se produce gran variación de la misma (y de otras características poblacionales) entre la zona norte-centro de las aguas marroquíes y el límite sur de Marruecos-norte de Mauritania (Silva, 2007; Silva *et al.*, 2008), donde se ha definido la existencia de diferentes poblaciones para esta especie (FAO, 1985).

La ausencia de incremento progresivo de las tallas medias en las clases de edad VII y VIII que cabría esperar, puede explicarse por el escaso número de ejemplares de esos grupos hallados en la muestra analizada, además de por la complicación añadida en la interpretación de los anillos en ejemplares de más edad debido a la acumulación de los mismos en el borde del otolito. Silva *et al.* (2008) encontraron relaciones talla-edad similares para la sardina de Mauritania a partir de individuos con tallas comprendidas entre 14,4 cm y 27,0 cm, a las que asignaron clases de edad 0 y 7, respectivamente.

Los resultados en estudios de crecimiento de sardina realizados para zonas cercanas a Mauritania son muy dispares. Los valores de k estimados en el presente trabajo son de similar orden a los encontrados por Belvèze (1972) y Santamaría (1993) en aguas de Marruecos, y por Krzeptowski (1975; 1977) para la sardina del Sáhara occidental. Sin embargo, difieren notablemente de los valores presentados en estudios realizados con sardina de Marruecos (Delgado *et al.*, 1981; FAO, 2008) y de la zona de Cabo Blanco (Belvèze y Rami, 1978). Como consecuencia de la disparidad de resultados de los coeficientes de crecimiento, las tallas máximas teóricas estimadas son superiores, inferiores o del mismo orden, según los casos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el rango de tallas trabajado y de edades asignado, la estructura de crecimiento utilizada (escamas u otolitos) y el método usado para el cálculo de los parámetros de crecimiento, influyen directamente en el cálculo de dichos

parámetros. Por esta razón, aunque pueden obtenerse distintos valores, no debe interpretarse como un crecimiento diferente de la especie de unas áreas a otras sin asegurar las características de la muestra y la metodología utilizada (FAO, 2002).

REFERENCIAS

- AMENZOU, K., F. FERHAN-TACHINANTE, A. YAHYAOU, S. KIFANI & A.H. MESFIOU (2006). Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *Comptes Rendus: Biologies* 329 (11): 892-901.
- AMENZOU, K., F. FERHAN-TACHINANTE, A. YAHYAOU, A.H. MESFIOU & S. KIFANI (2004-2005). Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* 26-27: 43-50.
- ARRIAGA, L., S. COELLO & L. MARIDUEÑA (1983). Escala de madurez sexual para los principales peces pelágicos en aguas ecuatorianas. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología* 2 (1): 69-78.
- BELVÈZE, H. (1972). Observations complémentaires sur le stock sardinier de l'Atlantique marocain de 1968 à 1971 et essais d'estimation de quelques paramètres. *Bull. Inst. Pêches. Marit.* 20: 5-55.
- BELVÈZE, H. & M. RAMI (1978). Détermination de l'âge de la sardine marocaine (*Sardina pilchardus* Walb.). Eléments de croissance comparés. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes* 29: 57-81.
- BONFIL, R., G. MUNRO, U.R. SUMAILA, H. VALTYSSON, M. WRIGHT, T. PITCHER, D. PREIKSHOT, N. HAGGAN & D. PAULY (eds.) (1998). Distant water Fleets: An Ecological, Economic and Social Assessment. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, Canada: 29 pp.
- COOMBS, S.H., T.J. SMYTH, D.V.P. CONWAY, N.C. HALLIDAY, M. BERNAL, Y. STRATOUDAKIS & P. ALVAREZ (2006). Spawning season and temperature relationships for sardine (*Sardina pilchardus*) in the eastern North Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86 (5): 1245-1252.
- DELGADO, A. & M.A.R. FERNÁNDEZ (1985). Datos sobre la biología de la sardina (*Sardina pilchardus* Walb., 1792) capturada por los cerqueros españoles en África occidental de 1976 a 1982, pp 935-955. In: BAS, C., R. MARGALEF & P. RUBÍES (eds.). Simposio internacional sobre las áreas de afloramiento más importantes del oeste africano (Cabo Blanco y Benguela). 21-25 de noviembre, 1983. Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, España.
- DELGADO, A., M.A.R. FERNÁNDEZ & R. GOÑI (1981). Contribución al estudio de la sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) en aguas de África Occidental. III. Estudio del crecimiento por lectura directa de otolitos y por retrocálculo mediante escalimetría de escamas. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6: 139-164.
- DOMANEVSKY, L.N. & N.A. BARKOVA (1976). Some peculiarities of sardine (*Sardine pilchardus* Walbaum) distribution and spawning along the Northwest Africa. *ICES C.M.* 1976/J6: 9.

- ETTAHIRI, O., A. BERRAHO, G. VIDY, M. RAMDANI & T. DO CHI (2003). Observation on the spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21–26°N). *Fisheries Research* 60 (2-3): 207-222.
- FAO (1978). Report of the ad hoc working group on sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) *CECAF/ECAF Series 78/7*. FAO, Rome: 35 pp.
- FAO (1985). Rapport de la troisième réunion du Groupe de travail ad hoc sur la sardine *Sardina pilchardus* (Walb.). Institut Scientifique des Pêches Maritimes. Casablanca, Maroc. 27 novembre-5 décembre 1984. *COPACE/PACE Series 85/39*. Rome: 157 pp.
- FAO. 1990-2012. *FAO Major Fishing Areas fact sheets. Atlantic, Eastern Central (Major Fishing Area 34)*. *CWP Data Collection* [Online]. Rome. Available: <http://www.fao.org/fishery/area/search/en> [Accessed 2012].
- FAO (2002). Report of the sardine (*Sardina pilchardus*) otolith workshop. Kaliningrad, Russian Federation, 28–31 August 2001. *FAO Fisheries Report*. Rome. No. 685: 49 pp.
- FAO (2008). Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Saly, Senegal, 6-15 May 2008. *FAO Fisheries and Aquaculture Report*. No. 882. Rome: 257 pp.
- FAO (2011). Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Nouakchott, Mauritania, 21-30 April 2009. *FAO Fisheries and Aquaculture Report*. No. 965. Rome: 252 pp.
- GARCIA, S. (1982). Distribution, migration and spawning of the main fish resources in the Northern CECAF Area. *CECAF/ECAF Series*. FAO. CECAF/ECAF Series 82/25, Rome: 9 pp.
- GOÑI, R. (1979). Estudio de crecimiento de *Sardina pilchardus* (Walb.) por lectura directa de otolitos y retrocálculo mediante escalimetría de escamas en ejemplares en la costa NW de África entre los 27°N y 29°N. *Tesina de Máster*. Universidad de Navarra: 126 pp.
- JURADO-RUZAFÁ, A., M.N. CARRASCO, V. DUQUE, A. SANCHO, E. HERNÁNDEZ, P.J. PASCUAL & M.T.G. SANTAMARÍA (2011). Preliminary data on horse mackerel (*Trachurus* spp) landings from Mauritanian waters. *Mediterranea. Serie de estudios Biológicos II* (Núm. especial): 1-30.
- KRZEPTOWSKI, M. (1975). Sardine in Polish catches in the Spanish Sahara region during the years 1971-1974. *ICES C.M.* 1975/J:18.
- KRZEPTOWSKI, M. (1977). The results of Polish investigations on sardine inhabiting the Western Sahara shelf, pp 9. Symposium on the Canary Current: Upwelling and Living Resource. Paper No. 112.
- MACHU, E., O. ETTAHIRI, S. KIFANI, A. BENAZZOUZ, A. MAKAOUI & H. DEMARCQ (2009). Environmental control of the recruitment of sardines (*Sardina pilchardus*) over the western Saharan shelf between 1995 and 2002: a coupled physical/biogeochemical modelling experiment. *Fisheries Oceanography* 18 (5): 287-300.
- MÉNDEZ-VILLAMIL, M., J.M. LORENZO, J.M. GONZÁLEZ & R. SOTO (1997). Periodo reproductor y madurez sexual de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) en aguas de Gran Canaria (Islas Canarias). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 13 (1-2): 47-55.

- OULD, S., R.F. SHAW & P.J. GEAGHAN (1999). On the dynamics of the Mauritanian small-pelagic fishery, North-West Africa. *South African Journal of Marine Science* 21: 135-144.
- PASCUAL-ALAYÓN, P., A. SANCHO, E. HERNÁNDEZ, M.T.G. SANTAMARÍA, V. DUQUE, E. BALGUERÍAS, L. BRAVO DE LAGUNA, C. LÓPEZ & C. PRESAS (2008). Reproductive aspects of sardine, round sardinella, flat sardinella and mackerel off Mauritanian waters (NW Africa). *In: Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stock in Northwest Africa*. Casablanca (Marruecos), 11-14 March 2008.
- POPE, J.A., A.R. MARGETTS, J.M. HAMLEY & E.F. AKYÜZ (1983). Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Parte 3: Selectividad del arte de pesca. FAO Documentos Técnicos de Pesca. No. 41, Roma: 56 pp.
- RICKER, W.E. (1973). Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30: 409-434.
- SANTAMARÍA, M.T.G. (1993). Actividad de la flota sardinal española en África Occidental. Aspectos biológicos de la sardina (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), dinámica y evaluación del recurso. *Tesis Doctoral*. Universidad de La Laguna: 394 pp.
- SANTAMARÍA, M.T.G., A. SANCHO, A. JURADO-RUZAFÁ, V. DUQUE, M.N. CARRASCO, Z. ROMERO, L. FERNÁNDEZ-PERALTA, E. GARCÍA-ISARCH, P.J. PASCUAL, M.A. PUERTO, E. HERNÁNDEZ, J. REY & F. SALMERÓN (2010). *Scientific-Technical Report National Basic Data Collection Programme. Committee for Eastern Central Atlantic Fisheries*. Centro Oceanográfico de Canarias-IEO. <http://hdl.handle.net/10508/546>. Madrid: 64 pp.
- SANTOS, A.M.P., M. DE FÁTIMA BORGES & S. GROOM (2001). Sardine and horse mackerel recruitment and upwelling off Portugal. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 58 (3): 589-596.
- SILVA, A. (2007). Geographic variation in sardine population traits: implications for stock assessment. *Tesis Doctoral*. Universidade do Algarve: 235 pp.
- SILVA, A., P. CARRERA, J. MASSÉ, A. URIARTE, M.B. SANTOS, P.B. OLIVEIRA, E. SOARES, C. PORTEIRO & Y. STRATOUDAKIS (2008). Geographic variability of sardine growth across the northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea. *Fisheries Research* 90 (1-3): 56-69.
- SILVA, A., M.B. SANTOS, B. CANECO, G. PESTANA, C. PORTEIRO, P. CARRERA & Y. STRATOUDAKIS (2006). Temporal and geographic variability of sardine maturity at length in the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science* 63 (4): 663-676.
- SOARES, E., A. SILVA & A. MORAIS (2007). Workshop on Sardine Otolith Age Reading and Biology. Lisbon 27 June – 1 July, 2005. *Relat. Cient. Téc. Inst. Invest. Pescas Mar. Série digital* (<http://ipimar-iniap.ipimar.pt>). N° 42: 57 pp.
- SPARRE, P., E. URSIN & S.C. VENEMA (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, Manual. FAO Fisheries Technical Paper. 306.1 Rev. 2. FAO, Rome: 407 pp.

- STRATOUDAKIS, Y., S. COOMBS, A. DE LANZÓS, N. HALLIDAY, G. COSTAS, B. CANECO, C. FRANCO, D. CONWAY, M. SANTOS, A. SILVA & M. BERNAL (2007). Sardine (*Sardina pilchardus*) spawning seasonality in European waters of the northeast Atlantic. *Marine Biology* 152 (1): 201-212.
- TER HOFSTEDE, R. & M. DICKEY-COLLAS (2006). An investigation of seasonal and annual catches and discards of the Dutch pelagic freezer-trawlers in Mauritania, North-west Africa. *Fisheries Research* 77 (2): 184-191.
- WOOSTER, W.S. & J.L. REID (1963). Eastern boundary currents, pp 253-280. In: HILL, M.N. (ed.) *The Sea. Ideas and observations on progress in the study of the seas*. Interscience Publishers, New York.