



## New biological data on the brown ray, *Raja miraletus* (Chondrichthyes: Rajidae), off the coast of Senegal (eastern tropical Atlantic)

## Nuevos datos biológicos de la raya marrón, *Raja miraletus* (Chondrichthyes: Rajidae), en la costa de Senegal (Atlántico oriental tropical)

C Capapé<sup>1</sup>, Y Diatta<sup>2</sup>, P Ndiaye<sup>2</sup>, C Reynaud<sup>3</sup>, MC Oddone<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 34095 Montpellier Cedex 5, France. E-mail: capape@univ-montp2.fr

<sup>2</sup> Laboratoire de Biologie Marine, Institut Fondamental d'Afrique Noire Cheikh Anta Diop, BP 206, Dakar, Senegal.

<sup>3</sup> Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche sur la Didactique, l'Éducation et la Formation, E.A. 3749, case 77, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 34095 Montpellier Cedex 5, France.

<sup>4</sup> Instituto de Oceanografia, Laboratório de Elasmobrânquios e Aves Marinhas, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Caixa Postal 474, CEP 96201-900, Rio Grande-RS, Brazil.

**ABSTRACT.** A total of 483 specimens (236 males and 247 females) of the brown ray *Raja miraletus* were collected off the coast of Senegal (eastern tropical Atlantic). The hepatosomatic index (HSI) and gonadosomatic index (GSI) were calculated in both males and females, and the oviducosomatic index (OSI) in females. Both HSI and GSI increased significantly with specimen size and the three maturity stages considered (juveniles, subadults, and adults). The monthly HSI of adult males did not show significant variations throughout the year. In contrast, the HSI of adult females, GSI of both adult males and females, and OSI of females showed significant variations throughout year. This suggests that monthly variations occurred in the production of gonadal products even though vitellogenetic activity was observed throughout the year.

**Key words:** Chondrichthyes, Rajidae, *Raja miraletus*, liver, gonads, oviducal glands.

**RESUMEN.** Se recolectaron un total de 483 especímenes (236 machos y 247 hembras) de la raya marrón *Raja miraletus* en la costa de Senegal (Atlántico oriental tropical). Los índices hepatosomático y gonadosomático (IHS e IGS) fueron calculados en machos y hembras, mientras que el índice oviductosomático (IOS) sólo fue calculado en las hembras. Tanto el IHS como el IGS aumentaron significativamente con el tamaño de los individuos y las tres categorías de madurez consideradas (jóvenes, subadultos y adultos). El valor mensual del IHS en machos adultos no presentó variaciones a lo largo del año. En contraste, el IHS de las hembras adultas, así como el IGS de machos y hembras adultos y el IOS de las hembras, mostraron variaciones significativas a lo largo del año. Esto sugiere que ocurrieron variaciones mensuales en la producción gonadal a pesar de que la actividad vitelogénica fue continua a lo largo del año.

**Palabras clave:** Chondrichthyes, Rajidae, *Raja miraletus*, hígado, gónadas, glándulas oviductales.

## INTRODUCTION

The brown or twineye ray, *Raja miraletus* (Linnaeus 1758), has been reported throughout the Mediterranean, especially in southern areas, such as Tunisia (Capapé and Quignard 1974) and Algeria (Hemida *et al.* 2007). In contrast, this species is very rare in northern areas, such as the Adriatic Sea (Jardas 1985, Ungaro 2004), and according to Capapé *et al.* (2006), it has currently completely disappeared from the Mediterranean coast of France, where it was previously reported as common (Quignard 1965). Along the eastern Atlantic shore, *R. miraletus* is known off Portugal, where a constant decline of captures has also been reported (Machado *et al.* 2004, Figueiredo *et al.* 2007). South of the Strait of Gibraltar, *R. miraletus* has been reported from

## INTRODUCCIÓN

La raya marrón o “raya de espejos”, *Raja miraletus* (Linnaeus 1758), se ha reportado a través del Mediterráneo, especialmente en la parte sur, como en Túnez (Capapé y Quignard 1974) y Argelia (Hemida *et al.* 2007). En contraste, esta especie es rara en la parte norte, tal como en el Mar Adriático (Jardas 1985, Ungaro 2004) y, según Capapé *et al.* (2006), en la actualidad ha desaparecido completamente de la costa mediterránea de Francia, donde solía ser reportada como una especie común (Quignard 1965).

A lo largo de la costa Atlántica oriental, *R. miraletus* se encuentra en la costa de Portugal, donde se ha reportado un constante declive de sus capturas (Machado *et al.* 2004, Figueiredo *et al.* 2007). Al sur del Estrecho de Gibraltar,

Morocco (Lloris and Rucabado 1998) to South African waters (Smith and Heemstra 1986).

Some traits of the reproductive biology of *R. miraletus* have been presented for specimens from the Mediterranean, Tunisia (Capapé and Quignard 1974, 1977), Egypt (Abdel-Aziz 1992), and Adriatic waters (Zupanovic 1961, Jardas 1973, Ungaro 2004). In this paper, we complement these previous data on the reproductive biology of *R. miraletus* from Senegal (Capapé *et al.* 2007), adding new observations on variations of the gonadosomatic and hepatosomatic indexes in both sexes, and of the oviducosomatic index in females, to detect seasonal variations in reproductive activity. Our results are compared and contrasted with those reported for brown rays from the Tunisian coast (Capapé and Quignard 1977), and for other skates from temperate marine regions, especially southeastern Brazil.

## MATERIAL AND METHODS

A total of 483 brown rays were captured, of which 236 were males and 247 females. Specimens were collected off the Senegalese coast and most of them were landed at fishing sites along the Cape Verde Peninsula (fig. 1). They were captured by gill-netters at depths from 20 to 80 m, on sandy and muddy bottoms.

Disc width (DW) of the specimens was measured to the nearest millimeter, following Clark (1926). Total mass (TM) was recorded to the nearest gram, while liver mass (LM), gonad mass (GM), and oviducal gland mass (OGM) were recorded to the nearest decigram. Clasper length was measured from the forward rim of the pelvic girdle to the tip of the clasper, following Collenot (1969). Three stages of maturity were considered for males relative to the degree of calcification of the claspers and the morphology of the genital duct, following Capapé *et al.* (2007): juvenile, subadult, and adult. Similar stages were also considered for females based on the condition of the ovaries, the morphology of the reproductive tract, and the OGM, following Callard *et al.* (2005) and Capapé *et al.* (2007). The hepatosomatic index (HSI) and gonadosomatic index (GSI) were calculated in both males and females as follows:  $HSI = (LM/TM) \times 100$  and  $GSI = (GM/TM) \times 100$ . The oviducosomatic index (OSI) was calculated in females:  $OSI = (OGM/TM) \times 100$ . Variations in HSI, GSI, and OSI related to DW were considered in all maturity stages and for both sexes, while monthly variations were only considered in adult specimens.

Significance tests ( $P < 0.05$ ) were performed using ANOVA to determine the variations in HSI, GSI, and OSI related to size. Monthly comparisons were performed using the Kruskal-Wallis nonparametric *H*-test.

## RESULTS

Juvenile males were mostly caught in November, and ranged from 220 to 280 mm DW and weighed between 151

*R. miraletus* se ha reportado desde Marruecos (Lloris y Rucabado 1998) hasta aguas sudafricanas (Smith y Heemstra 1986).

Se han registrado algunos aspectos de la biología reproductiva de la raya marrón a partir de especímenes del Mediterráneo, de aguas frente a Túnez (Capapé y Quignard 1974, 1977) y Egipto (Abdel-Aziz 1992), y de aguas adriáticas (Zupanovic 1961, Jardas 1973, Ungaro 2004). En este trabajo, se complementan los datos previos sobre la biología reproductiva de *R. miraletus* de Senegal (Capapé *et al.* 2007), adicionando nuevas observaciones sobre la variación de los índices gonadosomático y hepatosomático en ambos sexos y oviductosomático en las hembras, para detectar variaciones estacionales en la actividad reproductiva. Nuestros resultados son comparados y contrastados con aquellos reportados para la misma especie en la costa de Túnez (Capapé y Quignard 1977) y para otras rayas ovíparas de regiones marinas templadas, especialmente del sudeste de Brasil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 483 rayas marrones fueron capturadas, de las cuales 236 fueron machos y 247 hembras. Los especímenes fueron recolectados frente a la costa de Senegal y la mayoría de ellos fueron desembarcados en sitios de pesca a lo largo de la Península de Cabo Verde (fig. 1). Los ejemplares fueron capturados con redes de enmalle a profundidades de 20 a 80 m, en fondos arenosos y lodosos.

El ancho del disco (AD) de los especímenes fue medido al milímetro más cercano según Clark (1926). La masa total (MT) fue registrada al gramo más cercano, mientras que la masa del hígado (MH), la masa de las gónadas (MG) y la masa de la glándula oviductal (MGO) fueron registradas al decigramo más cercano. La longitud del clasper fue medida desde la cintura pélvica hasta la punta del clasper, de acuerdo con lo indicado por Collenot (1969). Se consideraron tres estados de madurez para los machos en relación al grado de calcificación del clasper y a la morfología del ducto genital, según Capapé *et al.* (2007): joven, subadulto y adulto. Los mismos estados de madurez fueron considerados para las hembras, con base en la condición de los ovarios, la morfología del tracto reproductivo y la MGO, según Callard *et al.* (2005) y Capapé *et al.* (2007). Los índices hepatosomático (IHS) y gonadosomático (IGS) fueron calculados para machos y hembras como:  $IHS = (MH/MT) \times 100$  e  $IGS = (MG/MT) \times 100$ . El índice oviductosomático (IOS) fue calculado para las hembras como:  $IOS = (MGO/MT) \times 100$ . Las variaciones en el IHS, IGS e IOS con relación al AD fueron consideradas en todos los estados de madurez, mientras que las variaciones mensuales sólo fueron consideradas en especímenes adultos.

Las pruebas de significancia ( $P < 0.05$ ) fueron realizadas mediante un análisis de varianza para determinar las variaciones en los IHS, IGS e IOS con relación al tamaño. Se

and 505 g. Juvenile females were captured throughout the year, mainly in November, and ranged from 220 to 295 mm DW and weighed between 142 and 531 g. Subadult males were caught throughout the year, except in March and April, and ranged from 252 to 300 mm DW and from 342 to 596 g TM. Subadult females were captured throughout the year, and ranged from 280 to 330 mm DW and from 514 to 682 g TM. Adult males were captured throughout the year, but mostly between February and June, and ranged from 270 to 380 mm DW and from 550 to 1205 g TM. Adult females were captured throughout the year, but mostly between April and June, and in December; they ranged from 310 to 415 mm DW and from 696 to 1338 g TM.

The HSI values (fig. 2a) were significantly higher for females than for males ( $F = 20.77$ , d.f. = 1,  $P < 0.001$ ). The GSI values (fig. 2b) also showed a similar pattern between males and females ( $F = 102.05$ , d.f. = 1,  $P < 0.001$ ). The male HSI values (fig. 3a) showed significant variations in the three different maturity stages (juvenile, subadult, and adult), increasing regularly and significantly in juveniles and

realizaron comparaciones mensuales mediante la prueba no paramétrica  $H$  de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS

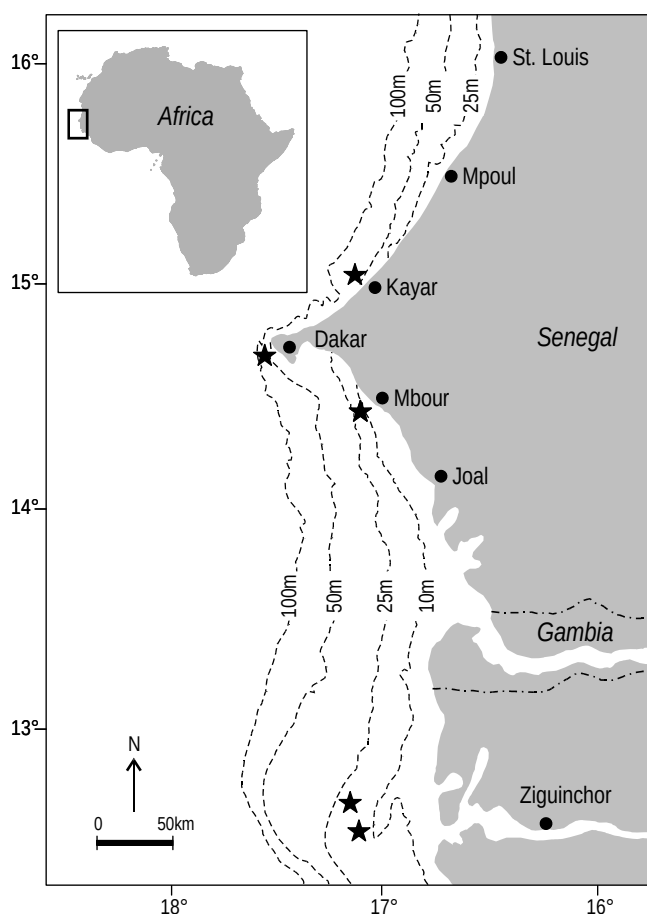
La mayoría de las capturas de los machos jóvenes se registraron en noviembre y la longitud de su AD varió entre 220 y 280 mm, mientras que el peso varió entre 151 y 505 g. Las hembras jóvenes fueron capturadas a lo largo del año pero principalmente en noviembre; su AD midió entre 220 y 295 mm y su peso entre 142 y 531 g.

Los machos subadultos fueron capturados a lo largo del año, excepto en marzo y abril, y se registraron longitudes de AD que variaron entre 252 y 300 mm; la MT osciló entre 342 y 596 g. Las hembras subadultas fueron capturadas a lo largo del año; midieron entre 280 y 330 mm de AD y su MT varió entre 514 y 682 g.

La captura de los machos adultos ocurrió a lo largo del año, pero principalmente de febrero a junio. La longitud del AD varió entre 270 y 380 mm y su MT entre 550 y 1205 g. Las hembras adultas fueron capturadas a lo largo del año, siendo la mayor captura en los meses de abril a junio y en diciembre; su medición varió de 310 a 415 mm de AD y pesaron entre 696 y 1338 g.

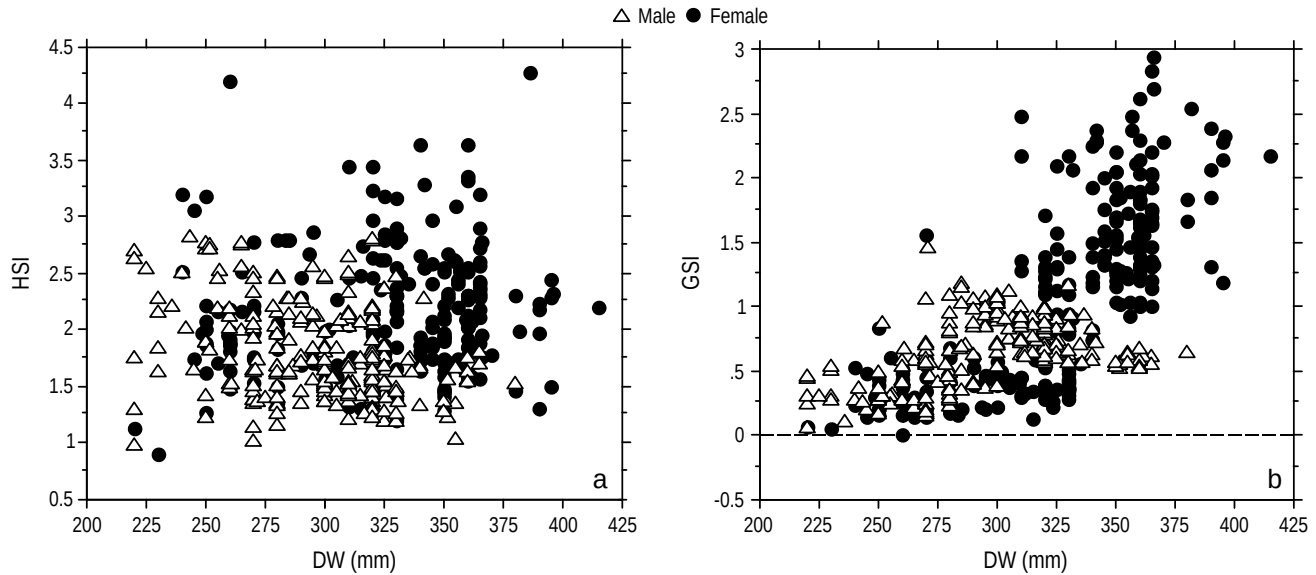
Los valores del IHS (fig. 2a) fueron significativamente más altos en las hembras que en los machos ( $F = 20.77$ , g.l. = 1,  $P < 0.001$ ). El mismo patrón se observó en los valores del IGS (fig. 2b) entre machos y hembras ( $F = 102.05$ , g.l. = 1,  $P < 0.001$ ). Los valores del IHS (fig. 3a) para los machos mostraron variaciones significativas en los tres estados de madurez (jóven, subadulto y adulto), aumentando regular y significativamente en jóvenes y subadultos ( $F = 0.56$ , g.l. = 2,  $P < 0.015$ ). No se registraron diferencias significativas del IHS entre machos subadultos y adultos ( $F = 0.56$ , g.l. = 2,  $P = 0.374$ ). Los valores del IHS para las hembras (fig. 3b) no mostraron variaciones significativas entre jóvenes y subadultas ( $F = 3.89$ , g.l. = 2,  $P = 0.932$ ), y tampoco entre subadultas y adultas ( $F = 3.89$ , g.l. = 2,  $P = 0.69$ ). Los valores del IGS en los machos (fig. 3c) mostraron variaciones significativas entre jóvenes y subadultos, y entre subadultos y adultos ( $F = 10.10$ , g.l. = 1,  $P < 0.001$ ). No se detectaron diferencias significativas en los valores del IGS para las hembras (fig. 3d) entre jóvenes y subadultas ( $F = 6.47$ , g.l. = 2,  $P = 0.428$ ); sin embargo, sí se observaron diferencias significativas entre subadultas y adultas ( $F = 6.47$ , g.l. = 2,  $P < 0.001$ ). Los valores del IOS (fig. 3e) fueron significativamente diferentes entre hembras jóvenes y subadultas, y entre subadultas y adultas ( $F = 5.26$ , g.l. = 1,  $P < 0.001$ ).

Los valores medios mensuales del IHS para machos adultos (fig. 4a) no variaron significativamente a lo largo del año ( $H = 14.712$ , g.l. = 11,  $P = 0.196$ ). De modo contrario, los valores medios mensuales del IHS en las hembras adultas (fig. 4b) mostraron variaciones significativas a lo largo del año ( $H = 24.38$ , g.l. = 11,  $P = 0.012$ ). Se registraron



**Figure 1.** *Raja miraletus* fishing areas (black stars) off the coast of Senegal.

**Figura 1.** Áreas de pesca (estrellas negras) de *Raja miraletus* frente a la costa de Senegal.



**Figure 2.** Variations in (a) hepatosomatic index (HSI) vs disc width (DW) and (b) gonadosomatic index (GSI) vs DW for male and female *Raja miraletus*.

**Figura 2.** Variaciones en (a) el índice hepatosomático (HSI) vs ancho del disco (DW) y (b) el índice gonadosomático (GSI) vs DW para machos y hembras de *Raja miraletus*.

subadults ( $F = 0.56$ , d.f. = 2,  $P < 0.015$ ); no significant differences were recorded between subadults and adults ( $F = 0.56$ , d.f. = 2,  $P = 0.374$ ). However, the female HSI values (fig. 3b) did not show significant variations between juveniles and subadults ( $F = 3.89$ , d.f. = 2,  $P = 0.932$ ), or between subadults and adults ( $F = 3.89$ , d.f. = 2,  $P = 0.69$ ). The male GSI values (fig. 3c) showed significant variations between juveniles and subadults, and between subadults and adults ( $F = 10.10$ , d.f. = 1,  $P < 0.001$ ). The female GSI values (fig. 3d) did not show significant differences between juveniles and subadults ( $F = 6.47$ , d.f. = 2,  $P = 0.428$ ), but significant differences were observed between subadults and adults ( $F = 6.47$ , d.f. = 2,  $P < 0.001$ ). The OSI values (fig. 3e) were significantly different between juvenile and subadult females, and between subadult and adult females ( $F = 5.26$ , d.f. = 1,  $P < 0.001$ ).

The monthly mean HSI values for adult males (fig. 4a) did not vary significantly throughout the year ( $H = 14.712$ , d.f. = 11,  $P = 0.196$ ). Conversely, the monthly mean HSI values for adult females (fig. 4b) showed significant variations throughout the year ( $H = 24.38$ , d.f. = 11,  $P = 0.012$ ). Significant monthly changes were recorded in the mean GSI values for adult males (fig. 4c), exhibiting relatively high values in June and July ( $H = 64.904$ , d.f. = 11,  $P < 0.05$ ), as well as in the monthly mean GSI values for females (fig. 4d) ( $H = 41.47$ , d.f. = 11,  $P < 0.05$ ). Significant monthly mean OSI values (fig. 4e) were also detected in adult females ( $H = 42.06$ , d.f. = 11,  $P < 0.05$ ).

## DISCUSSION

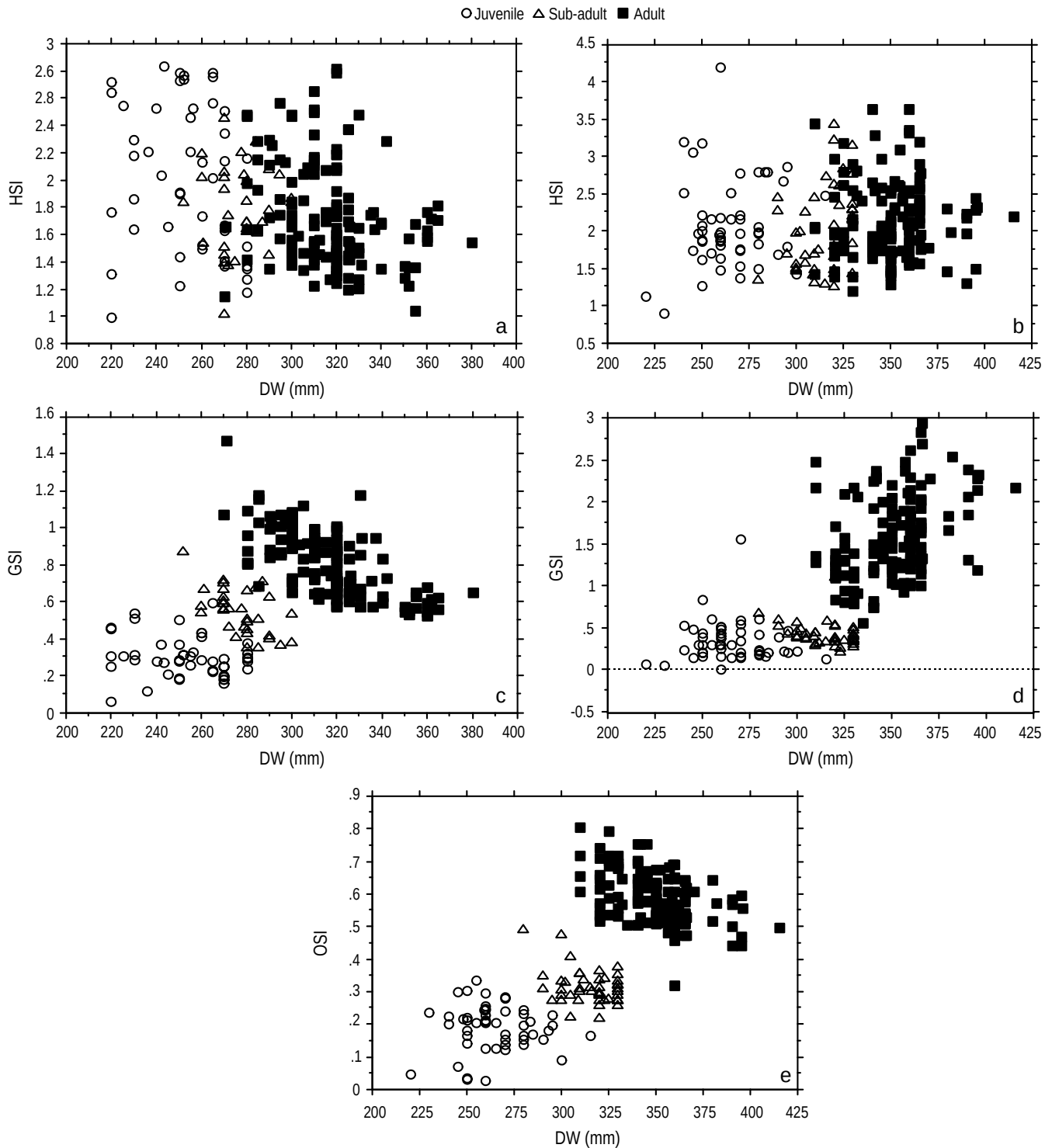
The HSI values were significantly higher in females than in males because a large liver in the former may allow

variaciones mensuales significativas en los valores medios del IGS para machos adultos (fig. 4c), exhibiendo valores relativamente altos en junio y julio ( $H = 64.904$ , g.l. = 11,  $P < 0.05$ ); lo mismo se observó para las hembras (fig. 4d) ( $H = 41.47$ , g.l. = 11,  $P < 0.05$ ). Se detectaron valores medios mensuales significativos en el IOS (fig. 4e) de las hembras adultas ( $H = 42.06$ , g.l. = 11,  $P < 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

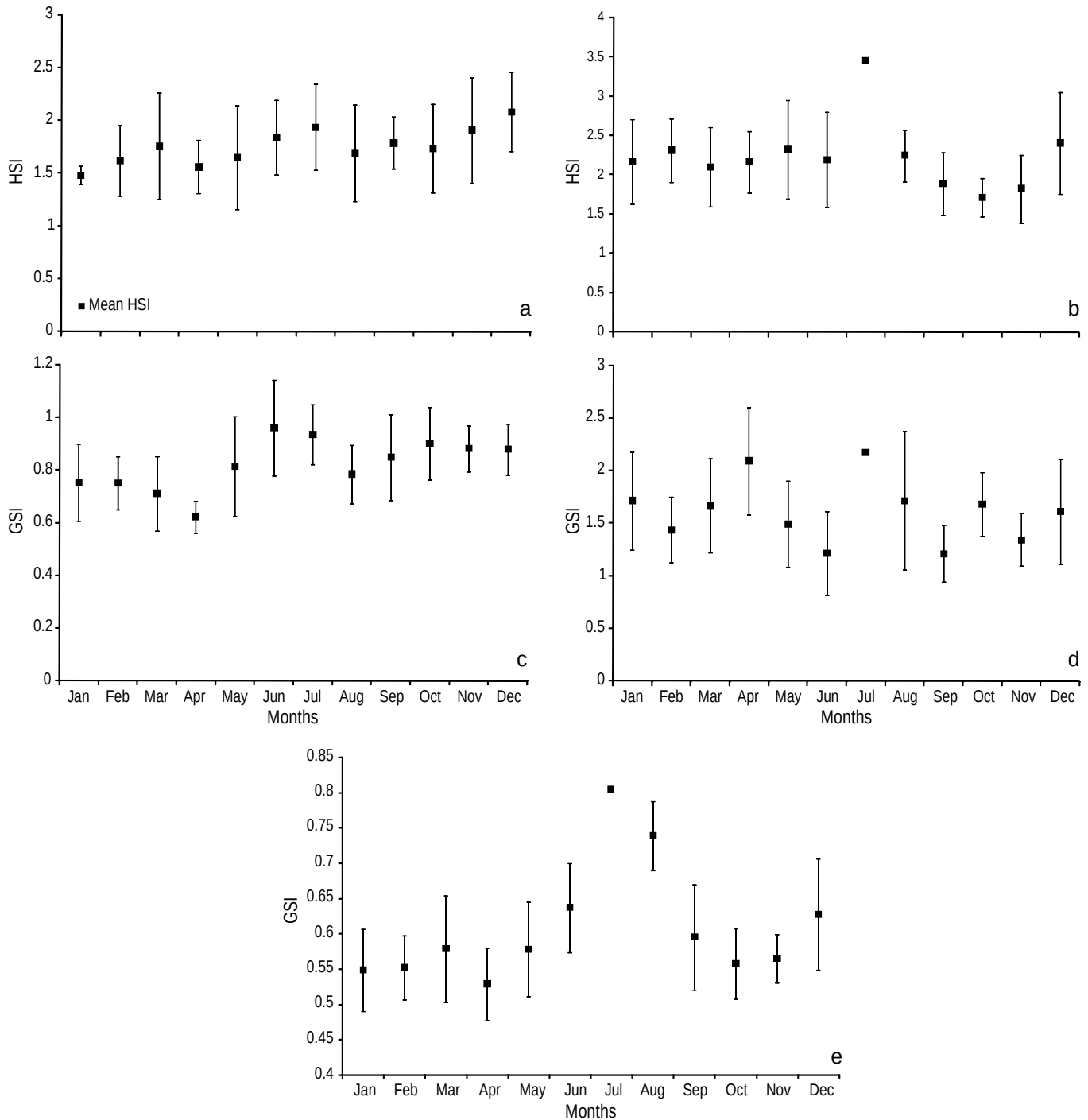
Los valores del IHS fueron significativamente más altos en las hembras que en los machos, debido a que un hígado grande en las hembras puede permitir la maximización de los productos gonadales, especialmente la producción de vitelo, tanto en las especies vivíparas como en las ovíparas (García-Garrido *et al.* 1990, Mabragaña *et al.* 2002, Oddone y Velasco 2006, Capapé *et al.* 2008a, 2008b).

En las hembras de *R. miraletus* de las costas de tanto Senegal como Túnez, los valores del IHS variaron entre 1.5 y 3.9 (Capapé y Quignard 1977). Valores similares del IHS (entre 1.55 y 6.30) fueron registrados por Oddone *et al.* (2008) para hembras de la raya ojona, *Atlantoraja cyclophora* (Regan 1903), frente a la costa sudeste de Brasil. Mayores valores del IHS fueron registrados para las hembras de raya de clavos, *Raja clavata* (entre 3.5 y 6.0), de las costas de Túnez y Languedoc, Francia (Capapé 1979, Capapé *et al.* 2009), y para la raya pintarroja, *Scyliorhinus canicula* (entre 6.5 y 10), en las mismas áreas (Capapé 1978, Capapé *et al.* 2008a). Estos valores son más bajos que aquellos que se han reportado para especies vivíparas en la costa de Languedoc, como el valor de 14 del IHS registrado para la raya águila, *Myliobatis aquila* (Capapé *et al.* 2008b), y el intervalo de



**Figure 3.** Variations in hepatosomatic index (HSI) vs disc width (DW) in juvenile, subadult, and adult male (a) and female (b) *Raja miraletus*. Variations in gonadosomatic index (GSI) vs DW in juvenile, subadult, and adult male (c) and female (d) *R. miraletus*. Variations in oviducosomatic index (OSI) vs DW in juvenile, subadult, and adult female *R. miraletus* (e).

**Figura 3.** Variaciones en el índice hepatosomático (HSI) vs ancho del disco (DW) en juveniles, subadultos y adultos de machos (a) y hembras (b) de *Raja miraletus*. Variaciones en el índice gonadosomático (GSI) vs DW en juveniles, subadultos y adultos de machos (c) y hembras (d) de *R. miraletus*. Variaciones en el índice oviductosomático (OSI) vs DW en juveniles, subadultos y adultos de hembras de *R. miraletus* (e).



**Figure 4.** Monthly variations (mean  $\pm$  standard error) in hepatosomatic index (HSI) in male (a) and female (b) *Raja miraletus*. Monthly variations in gonadosomatic index (GSI) in male (c) and female (d) *R. miraletus*. Monthly variations in oviducosomatic index (OSI) in female *R. miraletus* (e).

**Figura 4.** Variaciones mensuales (media  $\pm$  error estándar) del índice hepatosomático (HSI) en machos (a) y hembras (b) de *Raja miraletus*. Variaciones mensuales del índice gonadosomático (GSI) en machos (c) y hembras (d) de *R. miraletus*. Variaciones mensuales del índice oviductosomático (OSI) en hembras de *R. miraletus* (e).

maximizing gonadal products, especially the production of yolk, in both viviparous and oviparous species (García-Garrido *et al.* 1990; Magrabaña *et al.* 2002; Oddone and Velasco 2006; Capapé *et al.* 2008a, 2008b).

Capapé and Quignard (1977) reported HSI values between 1.5 and 3.9 for *R. miraletus* females from both the Senegalese and Tunisian coasts. Similar HSI values, between 1.55 and 6.30, were reported by Oddone *et al.* (2008) for females of the eye-spot skate, *Atlantoraja cyclophora* (Regan 1903), off southeastern Brazil. Higher HSI values were recorded for females of the thornback ray, *Raja clavata*, from the coasts of Tunisia and Languedoc (France), ranging from 3.5 to 6.0 (Capapé 1979, Capapé *et al.* 2009), and for the small-spotted catshark, *Scyliorhinus canicula*, from the same areas, ranging from 6.5 to 10 (Capapé 1978, Capapé *et al.* 2008a). The latter values are lower than those reported for viviparous species from the Languedocian coast, such as the HSI value of 14 recorded for the eagle ray, *Myliobatis aquila* (Capapé *et al.* 2008b), and the HSI range of 23.0–42.2 found for the angular rough shark, *Oxynotus centrina* (Capapé *et al.* 1999).

The GSI was also significantly higher in *R. miraletus* females than in males. This is related to the production of numerous large and heavy yolky vitellogenic follicles, and the consequent continuous reproductive activity throughout the year (Capapé *et al.* 2007), in agreement with the regular and significant increase of GSI during the different stages of maturation in specimens of both sexes, even if no significant differences were observed between female juveniles and subadults. Similar patterns have been reported for *R. clavata* from the Tunisian coast (Capapé 1979), and for other skates elsewhere (Oddone and Velasco 2006; Oddone *et al.* 2007, 2008) and oviparous sharks (Capapé 1978, Capapé *et al.* 2008a).

No significant monthly variations were recorded for the HSI in adult males, as observed in adult females. This pattern suggests that liver could play a more important role during the reproductive cycle in adult females than in males. Additionally, the GSI values for both adult males and females, and the OSI values exhibited monthly changes during the year. Such patterns confirmed that even though reproductive activity was continuous, it fluctuated throughout the year in both male and female *R. miraletus* from the Senegalese coast, as suggested by Capapé *et al.* (2007), with alternating periods of intense and reduced activity. These patterns were also observed in the Rio skate, *Rioraja agassizi*, from southeastern Brazil by Oddone *et al.* (2007), who noted that the testicular lobule diameter for males and the mature vitellogenic follicle diameter for females varied significantly throughout the year. These phenomena could be due to the influence of environmental factors that generally play an important role in such variations in oviparous elasmobranch species (Mellinger 1989). Moreover, for *R. miraletus*, it

23.0 a 42.2 del IHS registrado para el tiburón cerdo marino, *Oxynotus centrina* (Capapé *et al.* 1999).

El IGS también fue significativamente más alto en las hembras de *R. miraletus* que en los machos, lo cual está relacionado con la continua producción de folículos vitelogénicos de gran tamaño y peso, y la consecuente continua actividad reproductiva a lo largo del año (Capapé *et al.* 2007). Esto es el motivo del aumento regular y significativo del IGS para los diferentes estados de madurez en los especímenes de ambos sexos, a pesar de que no existe una relación significativa entre las hembras jóvenes y subadultas. Se han reportado patrones similares para *R. clavata* de la costa de Túnez (Capapé 1979), para rayas ovíparas de otras áreas (Oddone y Velasco 2006; Oddone *et al.* 2007, 2008) y para tiburones ovíparos (Capapé 1978, Capapé *et al.* 2008a).

No se observaron diferencias mensuales significativas para el IHS en machos adultos, como sí se observó en hembras adultas. Tal patrón sugiere que el hígado podría tener un papel más importante durante el ciclo reproductivo en hembras adultas que en machos. Además, los valores del IGS en hembras y machos adultos, y del IOS exhibieron cambios mensuales a lo largo del año. Tales patrones confirmaron que a pesar de que la actividad reproductiva fue continua, ésta fluctuó a lo largo del año tanto en machos como en hembras de *R. miraletus* de la costa de Senegal, tal como lo sugieren Capapé *et al.* (2007), con alternancia de periodos de actividad intensa y reducida. Estos patrones también se observaron en la raya lisa, *Rioraja agassizi*, del sudeste de Brasil por Oddone *et al.* (2007), quienes notaron que el diámetro de los lóbulos testiculares en los machos y el diámetro del folículo vitelogénico maduro en las hembras variaron significativamente a lo largo del año. Estos fenómenos podrían estar influenciados por factores ambientales, que generalmente juegan un papel importante en estas variaciones, en especies ovíparas de elasmobranchios (Mellinger 1989). Además, para *R. miraletus*, no se puede descartar en su totalidad la posibilidad de que esas variaciones puedan deberse parcialmente a sesgos en el muestreo y al tamaño de muestra, ya que, por ejemplo, un solo ejemplar se examinó en julio.

Por el contrario, Oddone y Velasco (2008) no observaron variaciones significativas en el IHS o el IGS para machos y hembras de la raya de La Plata, *Atlantoraja platana*, del sudeste de Brasil, probablemente debido a que incluyeron jóvenes y adultos de varios tamaños en el muestreo. Capapé *et al.* (2009) reportaron un patrón similar para *R. clavata* de la costa de Languedoc; observaron una intensa actividad reproductiva en adultos de machos y hembras, las últimas mostrando una vitelogénesis activa, con grandes y numerosos ovocitos vitelogénicos durante todo el año. Por otra parte, todos los especímenes se encontraron en aguas más profundas (100 m), donde los factores ambientales no juegan un papel tan importante como en aguas más costeras.

cannot be totally discarded that these variations could be partially due to sampling bias and sample size, since for instance, a single specimen was examined in July.

In contrast, Oddone and Velasco (2008) did not observe significant variations in either the HSI or GSI for males and females of the Plata skate, *Atlantoraja platana*, from south-eastern Brazil, probably because they included juveniles and adults of varied sizes in the sample. Capapé *et al.* (2009) reported a similar pattern for *R. clavata* from the Languedocian coast; they observed intense reproductive activity in both male and female adults, the latter displaying active vitellogenesis, and large and numerous yolky oocytes all year round. Additionally, all specimens occurred in deep waters (100 m depth), where environmental factors do not play such an important role as in shallow coastal waters.

## REFERENCES

- Abdel-Aziz SH. 1992. The use of vertebral rings of the brown ray *Raja miraletus* (Linnaeus 1758) off the Egyptian Mediterranean coast for estimation of age and growth. *Cybiurn* 16: 121–132.
- Callard IP, George JS, Koob TJ. 2005. Endocrine control of the female reproductive tract. In: Hamlett WC (ed.), *Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes*. Sharks, batoids and chimaeras. Science Publishers, Enfield (NH, USA), pp. 283–300.
- Capapé C. 1978. Contribution à la biologie des Scyliorhinidae des côtes tunisiennes. VI. *Scyliorhinus canicula* (Linné 1758): Étude complémentaire de la fécondité. Relations taille-poids du corps, taille-poids des gonades, poids du corps-poids du foie, poids du corps-poids des gonades, poids du foie-poids des gonades. Coefficients de condition. Rapports hépaté et gonosomatique. *Bull. Off. Natl. Pêches Tunisie* 2: 109–140.
- Capapé C. 1979. Contribution à la biologie des Rajidae des côtes tunisiennes. XX. *Raja clavata* Linné, 1758. Relations taille-poids du corps, taille-poids des gonades. Rapports hépaté et gonosomatique. Coefficients de condition. *Arch. Inst. Pasteur Tunis* 56: 425–469.
- Capapé C, Quignard JP. 1974. Contribution à la biologie des Rajidae des côtes tunisiennes. I. *Raja miraletus* Linné 1758: Répartition géographique et bathymétrique, sexualité, reproduction, fécondité. *Arch. Inst. Pasteur Tunis* 51: 39–60.
- Capapé C, Quignard JP. 1977. Contribution à la biologie des Rajidae des côtes tunisiennes. XVI. *Raja miraletus* Linné 1758: Relations taille-poids du foie, poids du corps-poids des gonades. Coefficient de condition. Rapports hépaté et gonosomatique. *Ann. Inst. Michel Pacha* 10: 19–46.
- Capapé C, Seck AA, Quignard JP. 1999. Observations on the reproductive biology of the angular rough shark, *Oxynotus centrina* (Oxyotidae). *Cybiurn* 23: 259–271.
- Capapé C, Guélorget O, Vergne Y, Marqués A, Quignard JP. 2006. Skates and rays (Chondrichthyes) from waters off the Languedocian coast (southern France, northern Mediterranean). *Ann. Ser. Hist. Nat.* 16: 166–178.
- Capapé C, Guélorget O, Siau Y, Vergne Y, Quignard JP. 2007. Reproductive biology of the thornback ray *Raja clavata* L., 1758 (Chondrichthyes: Rajidae) from the coast of Languedoc (southern France, northern Mediterranean). *Vie Milieu* 57: 83–90.
- Capapé C, Reynaud C, Vergne Y, Quignard JP. 2008a. Biological observations on the smallspotted catshark *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) off the Languedocian coast (southern France, northern Mediterranean). *Pan-Am. J. Aquat. Sci.* 3: 282–289.
- Capapé C, Vergne Y, Quignard JP, Reynaud C. 2008b. Biological observations on the eagle ray *Myliobatis aquila* (Chondrichthyes: Myliobatidae) off the Languedocian coast (southern France, northern Mediterranean). *Ann. Ser. Hist. Nat.* 18: 167–172.
- Capapé C, Vergne Y, Reynaud C. 2009. New biological data on the thornback ray, *Raja clavata* (Chondrichthyes: Rajidae), off the Languedocian coast (southern France, northern Mediterranean). *Ann. Ser. Hist. Nat.* 19: 135–142.
- Clark RS. 1926. Rays and skates. A revision of the European species. *Fish. Bd. Scotland, Sci. Invest.* 1: 1–66.
- Collenot G. 1969. Etude biométrique de la croissance relative des ptérygopodes chez la roussette *Scyliorhinus canicula* L. *Cah. Biol. Mar.* 10: 309–29.
- Figueiredo I, Moura T, Bordalo-Machado P, Neves A, Rosa C, Gordo LS. 2007. Evidence for temporal changes in ray species composition in the Portuguese continental coast from the commercial landings. *Aquat. Liv. Res.* 17: 85–93.
- García-Garrido L, Muñoz-Chapuli R, De Andres AV. 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. *J. Fish Biol.* 36: 499–509.
- Hemida F, Sergouas W, Seridji R. 2007. Analyse des données morphométriques de quelques espèces du genre *Raja* Linnaeus, 1758, dans le bassin algérien. *Rapp. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Médit.* 38: 497.
- Jardas I. 1973. A contribution to our knowledge of thornback ray (*Raja clavata* L.) and brown ray (*Raja miraletus* L.) in the Adriatic. *Acta Adriat.* 5: 1–42.
- Jardas I. 1985. Check-list of the fishes (*sensu lato*) of the Adriatic Sea (Cyclostomata, Selachii, Osteichthyes) with respect to taxonomy and established number. *Biosystematics.* 11 (1): 45–74.
- Lloris D, Rucabado R. 1998. Guide FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide d'identification des ressources marines vivantes du Maroc. FAO, Rome, 263 pp.
- Machado PB, Gordo LS, Figueiredo I. 2004. Skate and ray species composition in the Portuguese continental coast from the commercial landings. *Aquat. Liv. Res.* 17: 231–234.
- Magrabaña E, Lucifora LO, Massa AM. 2002. The reproductive ecology and abundance of *Sympterygia bonapartii* endemic to the southwest Atlantic. *J. Fish Biol.* 60: 951–967.
- Mellinger J. 1989. Reproduction et développement des Chondrichthyens. *Océanis* 15: 283–303.
- Oddone MC, Velasco G. 2006. Relationship between liver weight, body size and reproductive activity in *Atlantoraja cyclophora* (Elasmobranchii: Rajidae: Arhynchobatidae) in oceanic waters off Riogrande do Sul, Brazil. *Neotrop. Biol. Conserv.* 1: 12–16.
- Oddone MC, Velasco G. 2008. Observations on the reproductive seasonality of *Atlantoraja platana* (Günther 1880), an intensively fished skate endemic to the southwestern Atlantic Ocean. *Endang. Spec. Update*, 25: 122–128.
- Oddone MC, Amorim AF, Mancini PL, Norbis W, Velasco G. 2007. The reproductive biology and the cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. *Sci. Mar.* 71: 593–604.
- Oddone MC, Norbis W, Mancini PL, Amorim AF. 2008. Sexual development and reproductive cycle of *Atlantoraja cyclophora* (Regan 1903) (Chondrichthyes: Rajidae: Arhynchobatidae) in southeastern Brazil. *Acta Adriat.* 49: 73–87.



- Quignard JP. 1965. Les raies du Golfe du Lion. Nouvelle méthode de diagnose et d'étude biogéographique. Rapp. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Médit. 18: 211–212.
- Smith MC, Heemstra PC. 1986. Smiths' sea fishes. Springer-Verlag, Berlin, 1047 pp.
- Ungaro N. 2004. Biological parameters of the brown ray *Raja miraletus* in the southern Adriatic Basin. Cybium 28: 174–176.
- Zupanovic S. 1961. Contribution à la connaissance des poissons de l'Adriatique. Acta Adriat. 9: 1–84.

*Received February 2010;  
accepted June 2010.*