

Early life traits of the common two-banded seabream, *Diplodus vulgaris* (Perciformes: Sparidae), inhabiting the shallow waters of Gökçeada Island, Turkey

Rasgos de la vida temprana de la dorada común de dos bandas, *Diplodus vulgaris* (Perciformes: Sparidae), que habita en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada, Turquía

[Aytaç Altın](#)

Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Canakkale Applied Sciences, Department of Fisheries Technology, Çanakkale, Turkey. Email: aytacaltin@gmail.com

ABSTRACT. Daily growth rates and pelagic larval duration were investigated in the common two-banded seabream (*Diplodus vulgaris*). Fish were sampled using a beach seine from the shallow waters of Gökçeada Island, Turkey, between June 2013 and June 2014. The minimum and maximum daily age estimates were 41 and 339 d, respectively. The mean daily growth rate of young-of-the-year *D. vulgaris* was $0.330 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. Our results showed that *D. vulgaris* exhibits a Type Ia settlement-mark with a pelagic larval duration of 29 d. The hatching period occurred from November to April. The maximum hatching frequencies were observed in winter, when the water temperature was relatively low. The natural logarithm of young-of-the-year abundance data was plotted against age, and the instant mortality coefficients were estimated. The relationships between total length and otolith morphometric measurements (otolith length [OL], width [OW], and radius [OR]) were defined by linear equations. Furthermore, it was observed that this ratio exhibited a linear relationship with OL, OW, and OR and total length and daily age.

Key words: daily growth rate, hatching period, *Diplodus vulgaris*.

RESUMEN. Se investigó la duración y el crecimiento de las larvas pelágicas de la dorada común de dos bandas, *Diplodus vulgaris*. Los ejemplares fueron recolectados con un chinchorro playero en aguas poco profundas de la isla de Gökçeada, Turquía. La edad mínima diaria estimada fue de 41 d, y la máxima de 339 d. La tasa media de crecimiento diario de las crías del año de *D. vulgaris* fue de $0.330 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. Los individuos de *D. vulgaris* exhibieron una marca de asentamiento Tipo Ia con duración larvaria pelágica de 29 d. El periodo de eclosión ocurrió entre noviembre y abril. Las frecuencias máximas de eclosión se observaron en el invierno, cuando la temperatura del agua era relativamente baja. Los datos del logaritmo natural de la abundancia de las crías del año se graficaron contra la edad, y se estimaron los coeficientes de mortalidad. Las relaciones entre la longitud total y las medidas morfométricas de otolitos (longitud [LO], ancho [AO] y radio [RO] de otolitos) se describieron mediante ecuaciones lineales. Además, se observó que esta relación exhibió una relación lineal entre la LO, el AO y el RO y la longitud total y la edad diaria.

Palabras clave: tasa de crecimiento diario, periodo de eclosión, *Diplodus vulgaris*.



©Aytaç Altın.

This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows you to share and adapt the work, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. Figures, tables, and other elements in the article are included in the article's CC BY 4.0 license, unless otherwise indicated. You must seek permission from the copyright holder for use of material not covered by this license. The journal title is protected by copyrights owned by Universidad Autónoma de Baja California, and the journal title and logo are not subject to this license.

INTRODUCTION

Diplodus vulgaris is a demersal fish species found in the Mediterranean and western Black seas and along the eastern Atlantic coast (France to Senegal and Angola to South Africa), including the Madeira, Azores, and Canaries archipelagoes (Bauchot and Hureau 1990). This species is mostly found in shallow waters (less than 50.0 m depth) and prefers rocky and sandy bottoms, although *D. vulgaris* juveniles generally prefer coastal lagoons (Monteiro 1989, Ribeiro et al. 2008, Altin et al. 2015a). In addition, *D. vulgaris* individuals less than 12.0 cm total length (TL) have been found in coastal seagrass areas where ample food resources are available (Abecasis et al. 2009, Altin et al. 2015b).

Along the northwest Mediterranean and Portuguese coasts, the spawning season of *D. vulgaris* takes place in October and November (Bauchot and Hureau 1986, Jug-Dujaković and Glamuzina 1988, Gonçalves and Erzini 2000, Hadj-Taieb et al. 2012, Mouine et al. 2012). In the central Mediterranean, the spawning season has been reported to take place from December to February (Hadj-Taieb et al. 2013). At the time of the first reproduction, the body length of *D. vulgaris* is approximately 17.4 cm, which corresponds to an age of 4 years (Mouine et al. 2012).

Diplodus vulgaris is an economically important species that is extensively caught by artisanal and industrial fisheries. Along Turkish coasts, the most common fishing gears used to capture this species are gill nets and longlines. Growth data of *D. vulgaris* are crucial for the development of proper management strategies, yet many biological aspects of this species remain unknown (Pauly 1983), with most age and growth studies focusing on adult individuals (Gordoa and Molí 1997, Gonçalves et al. 2003, Pajuelo and Lorenzo 2003, Mouine et al. 2010, Dulčić et al. 2011, Hadj-Taieb et al. 2013). Although validations of daily ring deposition (Vigliola 1997, Villanueva and Molí 1997), TL and otolith measurements (Altin and Ayyildiz 2018), spawning dates, and pelagic larval duration (PLD; Macpherson and Raventos 2006, Galarza et al. 2009, di Franco et al. 2013) have been reported, only one daily growth rate study has been conducted to date (Ayyildiz et al. 2015).

The primary objective of the current study was to evaluate the hatching period, PLD, daily growth rate, and mortality of young-of-the-year (YOY) *D. vulgaris* from the shallow waters of Gökçeada Island, Turkey, using otolith microstructure.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in the shallow waters (0.00–2.00 m) of Gökçeada Island, Turkey, between June 2013 and June 2014 (Fig. 1). In total, 309 YOY *D. vulgaris* individuals were collected using a 32.00-m (TL) beach seine (13.00-mm stretch mesh) with 15.00-m wing lengths. The cod-end measured 2.00 × 2.00 × 0.60 m, with a mesh size of 5.00 mm.

INTRODUCCIÓN

Diplodus vulgaris es una especie de pez demersal que se encuentra en el mar Mediterráneo y el mar Negro occidental y a lo largo de la costa atlántica oriental (de Francia a Senegal y de Angola a Sudáfrica), incluidos los archipiélagos de Madeira, Azores y Canarias (Bauchot y Hureau 1990). Esta especie se encuentra principalmente en aguas poco profundas (menos de 50.0 m de profundidad) y prefiere fondos rocosos y arenosos, aunque los juveniles de *D. vulgaris* generalmente prefieren las lagunas costeras (Monteiro 1989, Ribeiro et al. 2008, Altin et al. 2015a). Además, se han encontrado individuos de *D. vulgaris* de menos de 12.0 cm de longitud total (LT) en áreas costeras de pastos marinos donde hay abundantes recursos alimentarios disponibles (Abecasis et al. 2009, Altin et al. 2015b).

A lo largo del noroeste del mar Mediterráneo y las costas de Portugal, la temporada de desove de *D. vulgaris* tiene lugar en octubre y noviembre (Bauchot y Hureau 1986, Jug-Dujaković y Glamuzina 1988, Gonçalves y Erzini 2000, Hadj-Taieb et al. 2012, Mouine et al. 2012). En el Mediterráneo central se ha reportado que la temporada de desove ocurre de diciembre a febrero (Hadj-Taieb et al. 2013). En el momento de la primera reproducción, la longitud corporal de *D. vulgaris* es de aproximadamente 17.4 cm, lo que corresponde a una edad de 4 años (Mouine et al. 2012).

Diplodus vulgaris es una especie económicamente importante que es ampliamente capturada por la pesca artesanal y la pesca industrial. A lo largo de las costas de Turquía, las artes de pesca más comunes utilizadas para capturar esta especie son las redes agalleras y los palangres. Los datos de crecimiento de *D. vulgaris* son cruciales para el desarrollo de estrategias de manejo adecuadas; sin embargo, muchos aspectos biológicos de esta especie aún son desconocidos (Pauly 1983), y la mayoría de los estudios de edad y crecimiento se centran en individuos adultos (Gordoa y Molí 1997, Gonçalves et al. 2003, Pajuelo y Lorenzo 2003, Mouine et al. 2010, Dulčić et al. 2011, Hadj-Taieb et al. 2013). Aunque se han reportado validaciones de depósitos diarios en anillos (Vigliola 1997, Villanueva y Molí 1997), mediciones de LT y otolitos (Altin y Ayyildiz 2018), fechas de desove y duración de larvas pelágicas (DLP; Macpherson y Raventos 2006, Galarza et al. 2009, di Franco et al. 2013), solo se ha realizado un estudio de la tasa de crecimiento diario hasta la fecha (Ayyildiz et al. 2015).

El objetivo principal del presente estudio fue evaluar el periodo de eclosión, la DLP, la tasa de crecimiento diario y la mortalidad de los juveniles del año (JDA) de *D. vulgaris* de las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada, Turquía, usando la microestructura de otolitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en aguas poco profundas (0.00–2.00 m) de la isla de Gökçeada, Turquía, entre junio de

An overdose of quinaldine was used to kill the collected fish, and the specimens were stored in a 70.00% alcohol solution.

The *D. vulgaris* specimens were measured for TL (nearest 1.00 mm) and total weight (W , nearest 0.01 g). The relationship between W and TL was determined using the following power function:

$$W = aTL^b \quad (1)$$

where a is the regression constant and b is the regression coefficient. The regression parameters (a , b) and the coefficient of determination (r^2) were calculated for all individuals.

Sagittal otoliths were extracted from the specimens and stored in Eppendorf tubes. In the preliminary examination, 79 otoliths were excluded from the age determination analysis due to fractures. Thus, 230 sagittal otoliths, which covered all length classes, were embedded in thermoplastic cement on glass slides. Abrasive papers (12.00, 9.00, and 3.00 mm) were used to sand each sample. Afterwards, each sample was polished with a polishing cloth and alumina paste (0.30 mm) until the daily growth rings were recognizable from the otolith core to its edge (Secor et al. 1991, Jones 1992). The number of otolith rings for each sample was determined by blind counts performed by 2 independent readers who had no knowledge of the specimen. A light microscope was used to count daily growth rings (Fig. 2). Estimations of the precision of the daily growth ring counts of the readers were detected using the coefficient of variation (CV) of Chang (1982) and average percentage error of Beamish and Fournier (1981).

The relationship between fish age (days) and size (TL) was evaluated via linear regression with the mean growth rate ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$). The daily growth rates for each individual were estimated using the slope of the regression analysis of daily age and TL. The daily otolith growth (increment width) was measured using ImageJ (v.1.52a). According to Wilson and McCormick (1999), the settlement-mark can be classified into one of 3 categories (I, II, or III) and 2 subcategories (a, b). Type I is classified by a clear decrease in increment width across the settlement-mark. In Type Ia, the settlement transition concludes within one increment, whereas the settlement transition occurs over multiple increments in Type Ib (Raventós and Macpherson 2001).

By deducting the number of increments from the date of capture, hatch date distributions were computed (back-calculation). Using the length–age relationships, fish size was converted to age (day) in order to determine the instant mortality coefficient (Z). Fish abundance was grouped into 20-d intervals. The age-based catch curve method of Ricker (1975) was used to estimate the mortality coefficient. A linear regression analysis was conducted with the ln-transformed data set, and the slopes of the regression lines reflected Z . Daily mortality percentages (DM) were determined as follows:

$$DM = 100(1 - e^{-Z}) \quad (2)$$

2013 y junio de 2014 (Fig. 1). En total, se recolectaron 309 JDA de *D. vulgaris* con un chinchorro de playa de 32.00 m (LT) (malla elástica de 13.00 mm) con alas de 15.00 m de longitud. El copo medía $2.00 \times 2.00 \times 0.60$ m, con luz de malla de 5.00 mm. Se usó una sobredosis de quinaldina para matar a los peces recolectados y una solución de alcohol al 70.00% para almacenar a los especímenes.

Se obtuvo la LT (al 1.00 mm más cercano) y el peso total (P , al 0.01 g más cercano) de los especímenes de *D. vulgaris*. La relación entre P y LT se determinó utilizando la siguiente función de potencia:

$$P = aLT^b \quad (1)$$

donde a es la constante de regresión y b es el coeficiente de regresión. Se calcularon los parámetros de regresión (a , b) y el coeficiente de determinación (r^2) para todos los especímenes.

Se extrajeron otolitos sagitales de los especímenes y se almacenaron en tubos Eppendorf. En el examen preliminar, 79 otolitos fueron excluidos del análisis de determinación de la edad debido a fracturas. Por tanto, 230 otolitos sagitales, que cubrían todas las clases de longitud, se incrustaron en cemento termoplástico en portaobjetos de vidrio. Se utilizaron papeles abrasivos (12.00, 9.00 y 3.00 mm) para lijar cada muestra. Posteriormente, cada muestra se pulió con un paño de pulido y pasta de alúmina (0.30 mm) hasta que se reconocieron los anillos de crecimiento diario desde el núcleo del otolito hasta su borde (Secor et al. 1991, Jones 1992). El número de anillos en otolitos para cada muestra se determinó mediante conteos ciegos realizados por 2 lectores independientes que no tenían conocimiento del espécimen. Se utilizó un microscopio óptico para contar los anillos de crecimiento diarios (Fig. 2). Las estimaciones de la precisión de los conteos diarios de anillos de crecimiento de los lectores se detectaron utilizando el coeficiente de variación (CV) de Chang (1982) y el error porcentual promedio de Beamish y Fournier (1981).

La relación entre la edad (días) y el tamaño (LT) de los peces se evaluó usando una regresión lineal con la tasa de crecimiento promedio ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$). Las tasas de crecimiento diario de cada individuo se estimaron utilizando la pendiente del análisis de regresión de la edad diaria y la LT. El crecimiento diario de otolitos (ancho de incremento) se midió usando ImageJ (v.1.52a). Según Wilson y McCormick (1999), la marca de asentamiento se puede clasificar en una de 3 categorías (I, II o III) y 2 subcategorías (a, b). El Tipo I se clasifica por la clara disminución del ancho de los incrementos a lo largo de la marca de asentamiento. En el Tipo Ia, la transición del asentamiento concluye dentro de un incremento, mientras que en el Tipo Ib, la transición del asentamiento ocurre en múltiples incrementos (Raventós y Macpherson 2001).

Por medio de la sustracción del número de incrementos de la fecha de captura, se calcularon las distribuciones de

QCapture imaging software (QImaging; Surrey, British Columbia, Canada) was used to measure otolith length (OL), width (OW), and radius (OR) to the nearest 0.001 mm. Differences between the measurements of the left and right otoliths were analyzed using a paired *t*-test. The relationships between TL and morphometric otolith measurements were examined.

RESULTS

A total of 309 YOY *D. vulgaris* specimens (14.00 to 102.00 mm TL) were captured between June 2013 and June 2014 (Fig. 3). The parameters of the length–weight relationships are provided for all samples in Figure 4. Daily age estimates were successfully determined from the subsample consisting of 209 sagittal otoliths of YOY *D. vulgaris* (14.00 to 102.00 mm TL; Table 1). The minimum and maximum daily age estimates were 41 d (14.00 mm TL) and 339 d (102.00 mm TL). No significant difference in daily age estimates was detected between the right and left otoliths (paired *t*-test: $n = 30$, $P > 0.05$). The average percentage error and CV were 5.40% and 6.90%, respectively, and only 21 otoliths were excluded as they were overly sanded or cracked. The average percentage error and CV obtained in this study are close to their accepted reference points. The dominant daily age groups were 41–59 and 60–79 d (14.00–27.00 mm TL; 47.80%). The mean daily growth rate of *D. vulgaris* was $0.330 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (Fig. 5).

According to Wilson and McCormick (1999), YOY *D. vulgaris* individuals exhibit Type Ia settlement-marks (Fig. 6). The duration of the pelagic larval phase of YOY *D. vulgaris* individuals was 29 d. The hatching period spanned November to April, although higher hatching rates were observed in December and January (Fig. 7). The *Z* value of YOY *D. vulgaris* was 0.0195, which corresponds to a daily mortality rate of approximately 1.95% (Fig. 8). Otolith morphometric measurements of OL, OW, and OR ranged from 0.514 to 7.331 mm, 0.391–4.349 mm, and 0.247–3.551 mm, respectively (Table 2). The relationships between TL and OL, OW, and OR are described by linear equations in Table 3.

DISCUSSION

The hatching period of the juvenile *D. vulgaris* occurred from November to April in the shallow waters of Gökçeada Island. The maximum hatching frequencies were observed in winter (December and January) when the water temperature was relatively low. Temporal and spatial variations in hydrographic conditions directly affect reproduction, spawning, fish availability, and the distributions of different species as well as the abundance of their larvae (Isari et al. 2008). Wootton (1990) reported that temperature is the crucial environmental factor controlling reproduction events. Indeed, when evaluating the reproductive characteristics of sparid

las fechas de eclosión (cálculo retroactivo). Utilizando las relaciones longitud-edad, el tamaño de los peces se convirtió a edad (día) para determinar el coeficiente de mortalidad instantánea (*Z*). La abundancia de peces se agrupó en intervalos de 20 días. Se utilizó el método de Ricker (1975) de la curva de captura basada en edad para estimar el coeficiente de mortalidad. Se realizó un análisis de regresión lineal con el conjunto de datos transformados a logaritmo natural (ln), y las pendientes de las líneas de regresión reflejaron *Z*. Los porcentajes de mortalidad diaria (MD) se determinaron de la siguiente manera:

$$\text{MD} = 100(1 - e^{-Z}) \quad (2)$$

Se utilizó el *software* de imágenes QCapture (QImaging; Surrey, Columbia Británica, Canadá) para medir la longitud (LO), el ancho (AO) y el radio (RO) de los otolitos con una precisión de 0.001 mm. Las diferencias entre las mediciones de los otolitos izquierdo y derecho se analizaron mediante una prueba *t* pareada. Se examinaron las relaciones entre la LT y las medidas morfométricas de otolitos.

RESULTADOS

Se capturaron un total de 309 especímenes de JDA de *D. vulgaris* (14.00 a 102.00 mm LT) entre junio de 2013 y junio de 2014 (Fig. 3). Los parámetros de las relaciones longitud-peso se proporcionan para todas las muestras en la Figura 4. Las estimaciones de la edad diaria se determinaron con éxito a partir de la submuestra que constaba de 209 otolitos sagitales de los JDA de *D. vulgaris* (14.00 a 102.00 mm LT; Tabla 1). Las estimaciones de la edad diaria mínima y máxima fueron 41 d (14.00 mm LT) y 339 d (102.00 mm LT). No se detectaron diferencias significativas en las estimaciones de la edad diaria entre los otolitos derechos e izquierdos (prueba *t* pareada: $n = 30$, $P > 0.05$). El error porcentual promedio y el CV fueron 5.40% y 6.90%, respectivamente, y solo se excluyeron 21 otolitos debido a que estaban demasiado lijados o agrietados. El porcentaje de error promedio y el CV obtenidos en este estudio son cercanos a sus puntos de referencia aceptados. Los grupos de la edad diaria dominantes fueron 41-59 y 60-79 d (14.00-27.00 mm LT; 47.80%). La tasa media de crecimiento diario de *D. vulgaris* fue de $0.330 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (Fig. 5).

De acuerdo con Wilson y McCormick (1999), los individuos de los JDA de *D. vulgaris* exhiben marcas de asentamiento Tipo Ia (Fig. 6). La duración de la fase larvaria pelágica de los individuos de los JDA de *D. vulgaris* fue de 29 d. El periodo de eclosión abarcó de noviembre a abril, aunque se observaron tasas de eclosión más altas en diciembre y enero (Fig. 7). El valor de *Z* para los JDA de *D. vulgaris* fue de 0.0195, lo que corresponde a una tasa de mortalidad diaria de aproximadamente 1.95% (Fig. 8). Las medidas morfométricas de LO, AO y RO de los otolitos oscilaron entre 0.514 y 7.331 mm, 0.391-4.349 mm y 0.247-3.551 mm,

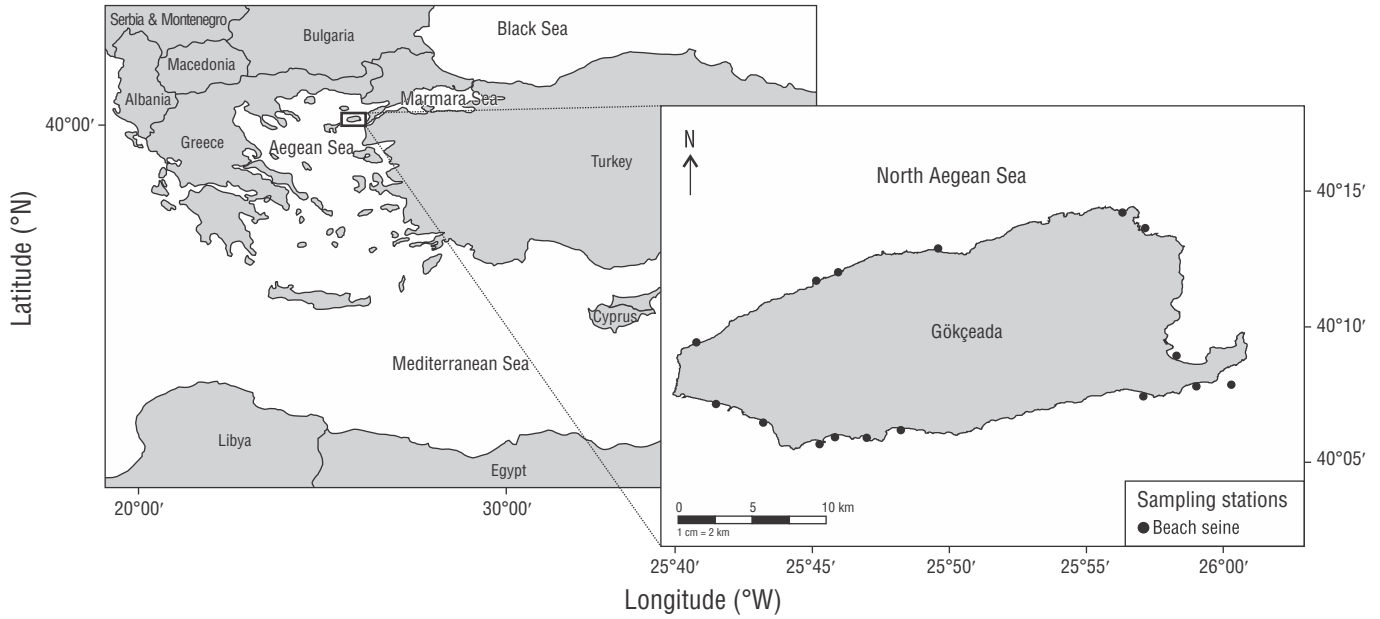


Figure 1. Sampling stations employed in this study. A beach seine was used to collect common two-banded seabream (*Diplodus vulgaris*) individuals from the shallow waters of Gökçeada Island, Turkey.

Figura 1. Estaciones de muestreo empleadas en este estudio. Se utilizó un chinchorro playero para recolectar ejemplares de dorada común de dos bandas (*Diplodus vulgaris*) de las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada, Turquía.

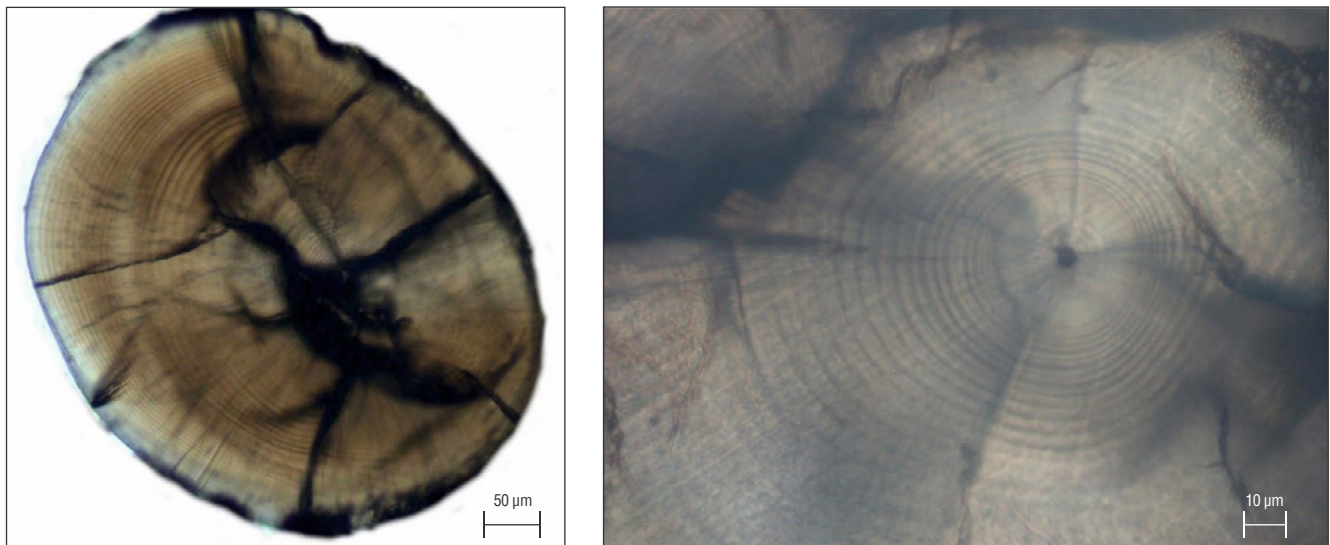


Figure 2. Images of the growth rings seen in a polished sagittal otolith (17 mm total length) from a 54-day-old young-of-the-year *Diplodus vulgaris* specimen.

Figura 2. Imágenes de los anillos de crecimiento vistos en un otolito sagital pulido (17 mm de longitud total) de un espécimen de los juveniles del año de *Diplodus vulgaris* de 54 días de edad.

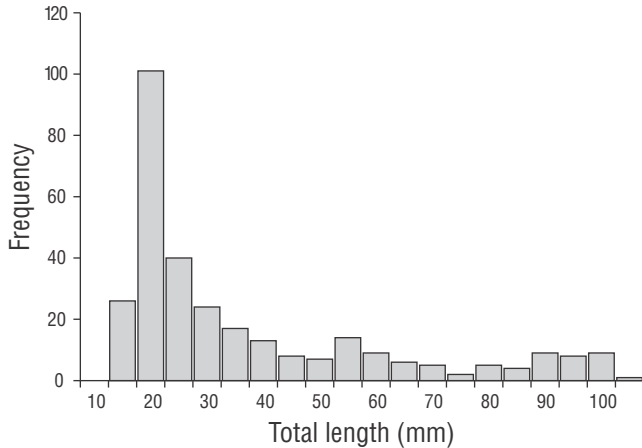


Figure 3. Length–frequency distribution of young-of-the-year *Diplodus vulgaris* collected ($n = 309$) from the shallow waters of Gökçeada Island during the entire sampling period of this study (June 2013 to June 2014).

Figura 3. Distribución de la frecuencia-longitud de los juveniles del año de *Diplodus vulgaris* recolectados ($n = 309$) en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada durante todo el periodo de muestreo de este estudio (junio de 2013 a junio de 2014).

species, Pajuelo et al. (2006) stated that reproduction is associated with nutrient availability and water temperature. However, the spawning periods of fish species are known to vary from year to year depending on environmental and biological factors (Gonçalves and Erzini 2000, Morato et al. 2003, Pajuelo et al. 2006).

Previous studies have reported winter spawning of *D. vulgaris* along the Portuguese coast (Gonçalves and Erzini 2000) and central Mediterranean (Jug-Dujaković and Glamuzina 1988, Mouine et al. 2012). Di Franco et al. (2013) also stated that spawning occurred from 20 October to 14 February in the Adriatic Sea. In the shallow waters of Çanakkale, Turkey, Ayyildiz et al. (2015) stated that the highest hatching frequencies of *D. vulgaris* were observed in January. In addition, the spawning season for this species in the Gulf of Gabes has been reported to occur in winter (Hadj-Taieb et al. 2013). Thus, similar results have been reported for different regions by other researchers.

PLD, which is defined as the time larvae spend growing in the water column as part of the plankton, can be determined in fish using daily increment marks on otoliths (Macpherson and Raventos 2006). The number of increments from the otolith core to the settlement-mark can be used to determine PLD. In this study, all specimens exhibited settlement-marks, which are essential time markers needed to determine PLD and recruitment patterns (Wilson and McCormick 1999). The daily age determinations of YOY *D. vulgaris* were successfully performed with sagittal otoliths by counting increments (see methods).

We determined that otolith growth (OL, OW, and OR) in YOY *D. vulgaris* is proportional to the TL and age of the fish.

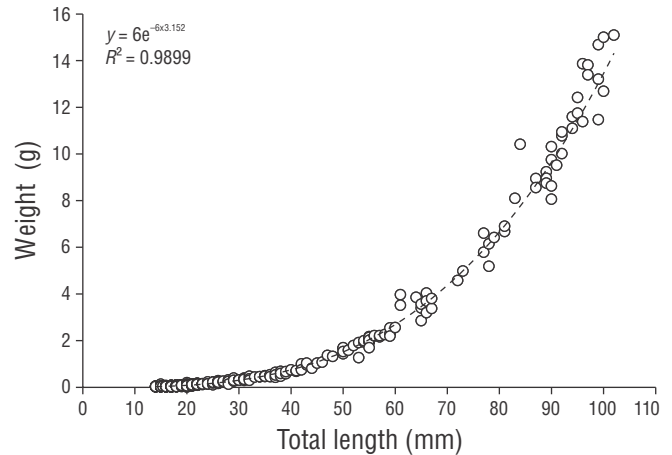


Figure 4. Length–weight relationships of young-of-the-year *Diplodus vulgaris* collected from the shallow waters of Gökçeada Island.

Figura 4. Relaciones longitud-peso de los juveniles del año de *Diplodus vulgaris* recolectados en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada.

respectivamente (Tabla 2). Las relaciones entre LT y LO, AO y RO se describieron mediante ecuaciones lineales en la Tabla 3.

DISCUSIÓN

El periodo de eclosión de los juveniles de *D. vulgaris* en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada ocurrió de noviembre a abril. Las frecuencias máximas de eclosión se observaron en invierno (diciembre y enero) cuando la temperatura del agua era relativamente baja. Las variaciones temporales y espaciales en las condiciones hidrográficas afectan directamente la reproducción, el desove, la disponibilidad de peces y la distribución de diferentes especies, así como la abundancia de sus larvas (Isari et al. 2008). Wootton (1990) informó que la temperatura es el factor ambiental crucial que controla los eventos de reproducción. De hecho, al evaluar las características reproductivas de las especies de espáridos, Pajuelo et al. (2006) indicaron que la reproducción está asociada con la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua. Sin embargo, se sabe que los periodos de desove en especies de peces varían de un año a otro dependiendo de los factores ambientales y biológicos (Gonçalves and Erzini 2000, Morato et al. 2003, Pajuelo et al. 2006).

Estudios anteriores reportaron el desove invernal de *D. vulgaris* a lo largo de la costa de Portugal (Gonçalves and Erzini 2000) y en el mar Mediterráneo central (Jug-Dujaković and Glamuzina 1988, Mouine et al. 2012). Di Franco et al. (2013) también indicaron que el desove ocurrió del 20 de octubre al 14 de febrero en el mar Adriático. En las aguas poco profundas de Çanakkale, Turquía, Ayyildiz et al. (2015) indicaron que las frecuencias de eclosión más altas de *D. vulgaris* se observaron en enero. Además, se ha reportado



Table 1. Age-length key for young-of-the-year *Diplodus vulgaris*. N, total number of individuals per length/age group.
Tabla 1. Clave de edad-longitud para los juveniles del año de *Diplodus vulgaris*. N, número total de individuos por longitud/grupo de edad.

Length groups (mm)	Daily age																N
	41-59	60-79	80-99	100-119	120-139	140-159	160-179	180-199	200-219	220-239	240-259	260-279	280-299	300-319	320-339		
14-20	41	34														75	
21-27	1	23	14													38	
28-34		1	10	9	3											23	
35-41			1	8	9	1	1									20	
42-48				1	2	2										5	
49-55					2	3	3									8	
56-62						1	2	3								6	
63-69								2	2							4	
70-76									1							2	
77-83										3	4					7	
84-90												6	4			10	
91-97												1	6			7	
98-102														3	1	4	
N	42	58	25	18	16	7	7	5	3	3	4	7	10	3	1	209	

Indeed, this ratio exhibited linear relationships between OL, OW, and OR and TL and daily age. We also found that YOY *D. vulgaris* exhibit Type Ia settlement-marks according to the criteria of Wilson and McCormick (1999). The otolith settlement-marks of slow-growing species, such as sparids, can be determined by a rapid decrease in the daily growth increment widths (Vigliola et al. 2000, Ayyildiz and Altin 2021). In this study, we estimated the PLD for *D. vulgaris* to be 29 d.

Macpherson and Raventos (2006) determined a weak yet noticeable and positive relationship between PLD and the distribution range. In the Mediterranean, the PLD of *D. vulgaris* differs among geographic areas. In Marseille, France, Vigliola et al. (2000) found that *D. vulgaris* had settled in the demersal environment 25 d after hatching. In addition, Galarza et al. (2009) reported that the PLD of *D. vulgaris* ranged between 29 and 58 d in the western Mediterranean. The settlement times of YOY *D. vulgaris* may also differ by region in the Mediterranean Sea. For example, García-Rubies and Macpherson (1995) reported 2 apparent peaks for YOY *D. vulgaris* at the beginning of November and March/April in the northwest Mediterranean that reflect a strategy of intermittent recruitment. However, Vigliola et al. (2000) determined that *D. vulgaris* settled in autumn and winter in Marseille, France. These findings further support the idea of Vigliola et al. (2000) that *Diplodus* species with winter settlement periods (e.g., *Diplodus puntazzo* and *D. vulgaris*) show longer PLD times than species that settle in warmer months (e.g., *Diplodus sargus*; García-Rubies and Macpherson 1995, Macpherson 1998, Vigliola 1998).

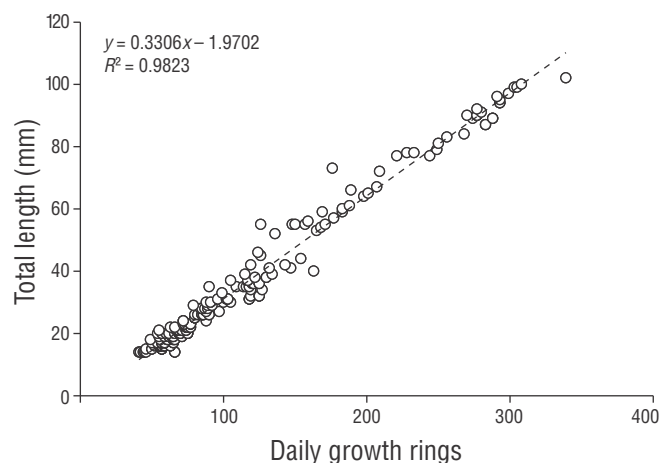


Figure 5. Age-length relationships estimated for young-of-the-year *Diplodus vulgaris* collected from the shallow waters of Gökçeada Island from June 2013 to June 2014.

Figura 5. Relaciones edad-longitud estimadas para los juveniles del año de *Diplodus vulgaris* recolectados en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada entre junio de 2013 y junio de 2014.

que la temporada de desove de esta especie en el golfo de Gabes ocurre en invierno (Hadj-Taieb et al. 2013). Por lo tanto, otros investigadores han reportado resultados similares para regiones distintas.

La DLP, que se define como el periodo de tiempo durante el cual las larvas crecen en la columna de agua como parte del plancton, se puede determinar en los peces con las marcas de incremento diario en los otolitos (Macpherson y Raventos 2006). El número de incrementos desde el núcleo del otolito hasta la marca de asentamiento se puede utilizar para determinar la DLP. En este estudio, todos los especímenes exhibieron marcas de asentamiento, los cuales son marcadores de tiempo esenciales que se necesitan para determinar la DLP y los patrones de reclutamiento (Wilson y McCormick 1999). Las determinaciones de la edad diaria de los JDA de *D. vulgaris* se realizaron con éxito con los otolitos sagitales mediante el conteo de los incrementos (ver métodos).

Determinamos que el crecimiento de los otolitos (LO, AO y RO) en los JDA de *D. vulgaris* es proporcional a la LT y la edad del pez. De hecho, esta proporción exhibió relaciones lineales entre la LO, el AO y el RO y la LT y la edad diaria. También encontramos que los JDA de *D. vulgaris* presentan marcas de asentamiento Tipo Ia según los criterios de Wilson y McCormick (1999). Las marcas de asentamiento en los otolitos de las especies de crecimiento lento, como los espáridos, pueden determinarse por una rápida disminución en el ancho de los incrementos de crecimiento diarios (Vigliola et al. 2000, Ayyildiz y Altin 2021). En este estudio, estimamos que la DLP para *D. vulgaris* es de 29 d.

Macpherson y Raventos (2006) determinaron una relación débil pero notoria y positiva entre la DLP y el rango de distribución. En el Mediterráneo, la DLP de *D. vulgaris* difiere entre áreas geográficas. En Marsella, Francia, Vigliola et al. (2000) encontraron que *D. vulgaris* se había asentado en el ambiente demersal 25 d después de la eclosión. Además, Galarza et al. (2009) reportaron que la DLP de *D. vulgaris* osciló entre 29 y 58 d en el mar Mediterráneo occidental. Los tiempos de asentamiento de los JDA de *D. vulgaris* también pueden diferir según la región del mar Mediterráneo. Por ejemplo, García-Rubies y Macpherson (1995) reportaron 2 picos aparentes para los JDA de *D. vulgaris* a principios de noviembre y marzo/abril en el noroeste del Mediterráneo que reflejan una estrategia de reclutamiento intermitente. Sin embargo, Vigliola et al. (2000) determinaron que *D. vulgaris* se asentó en otoño e invierno en Marsella, Francia. Estos hallazgos apoyan aún más la idea de Vigliola et al. (2000) de que las especies de *Diplodus* con periodos de asentamiento invernal (e.g., *Diplodus puntazzo* y *D. vulgaris*) muestran tiempos de DLP más prolongados que las especies que se asientan en meses más cálidos (e.g., *Diplodus sargus*; García-Rubies y Macpherson 1995, Macpherson 1998, Vigliola 1998).

Las tasas de crecimiento de los peces durante las primeras etapas de vida afectan el éxito de la supervivencia, y el crecimiento y la mortalidad de las larvas están estrechamente

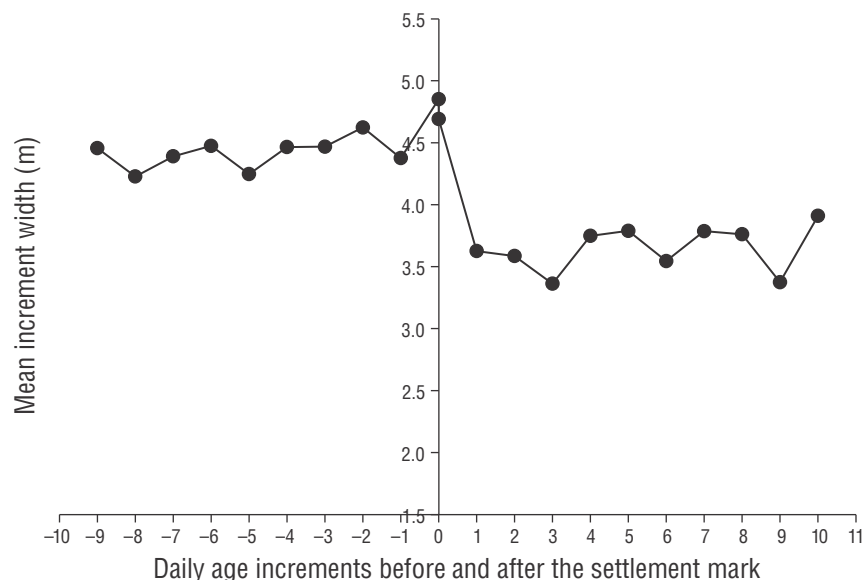


Figure 6. Mean increment widths before and after the settlement-mark.

Figura 6. Anchos de los incrementos promedio de antes y después de la marca de asentamiento.

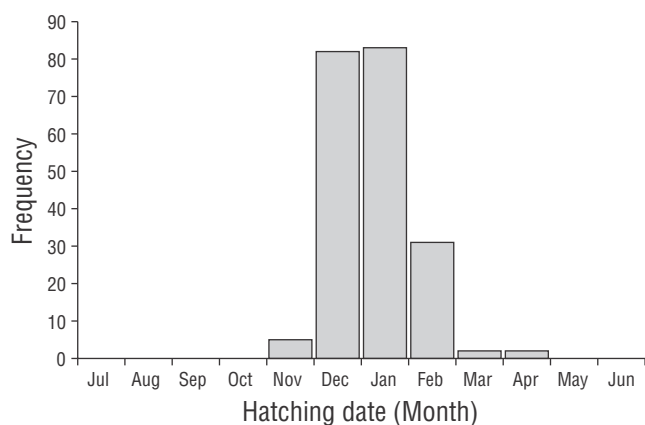


Figure 7. Hatching-date frequency distributions back-calculated by using daily age estimates and sampling dates of young-of-the-year *Diplodus vulgaris* collected from the shallow waters of Gökçeada Island from June 2013 to June 2014.

Figura 7. Distribuciones de la frecuencia de las fechas de eclosión retrocalculadas utilizando las estimaciones de la edad diaria y fechas de los muestreos de los juveniles del año de *Diplodus vulgaris* recolectados en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada entre junio de 2013 y junio de 2014.

The growth rates of fish during early life stages affect survival success, and larval mortality and growth are closely linked (Jones 1986, Vigliola 1997). In general, faster larval growth rates are associated with higher survivorship in the plankton, thus faster growth may result in high recruitment (Sim-Smith et al. 2012). Monteiro (1989) found that the daily growth rate of YOY *D. vulgaris* was $0.240 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ in the Ria Formosa lagoon. In another study conducted by Ayyildiz et al. (2015), the mean somatic growth rate of juvenile *D. vulgaris*

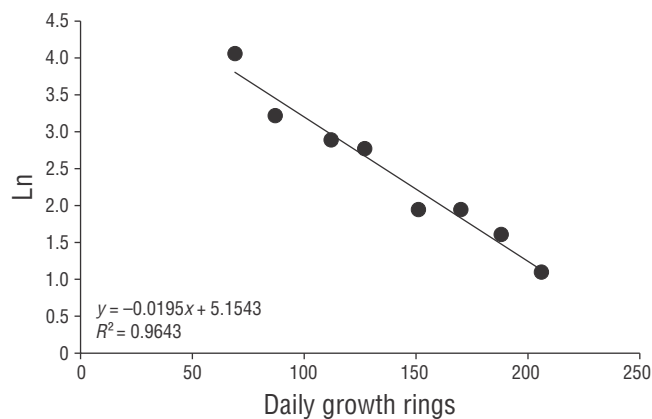


Figure 8. Relationships of ln-transformed abundance at age.

Figura 8. Relaciones de la abundancia transformada a logaritmo natural (ln) por edad.

relacionados (Jones 1986, Vigliola 1997). En general, las tasas de crecimiento larvario más rápidas se asocian con una mayor supervivencia en el plancton, por lo que un crecimiento más rápido puede resultar en un reclutamiento alto (Sim-Smith et al. 2012). Monteiro (1989) encontró que la tasa de crecimiento diario de los JDA de *D. vulgaris* era de $0.240 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ en la laguna de Ria Formosa. En otro estudio, Ayyildiz et al. (2015) encontraron que la tasa media de crecimiento somático de los juveniles de *D. vulgaris* era de $0.273 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ en las aguas poco profundas de Çanakkale, Turquía. A partir de los resultados de los estudios experimentales de verificación de la edad realizados en el mar Mediterráneo, se encontró que las tasas de crecimiento diario eran de 0.150 y $0.200 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (Vigliola 1997). En este estudio, la tasa media del crecimiento

Table 2. Otolith morphometric measurements of young-of-the-year *Diplodus vulgaris* according to the length groups. Min., minimum value; Max., maximum value; SD, standard deviation.
Tabla 2. Medidas morfométricas de otolitos de juveniles del año de *Diplodus vulgaris* según los grupos de longitud. Min., valor mínimo; Max., valor máximo; SD, desviación estándar.

Length group (mm)	Otolith length				Otolith width				Otolith radius			
	Min.	Max.	Mean	SD	Min.	Max.	Mean	SD	Min.	Max.	Mean	SD
14–20	0.515	1.244	0.812	0.130	0.392	0.849	0.584	0.093	0.247	0.599	0.386	0.076
21–27	0.515	1.724	1.054	0.205	0.404	1.190	0.740	0.126	0.247	0.838	0.503	0.107
28–34	1.138	1.618	1.388	0.106	0.764	1.120	0.970	0.071	0.564	1.279	0.695	0.143
35–41	1.205	1.838	1.623	0.152	0.884	1.481	1.136	0.118	0.566	0.945	0.798	0.090
42–48	1.213	2.134	1.791	0.375	0.895	1.322	1.166	0.165	0.592	1.018	0.858	0.175
49–55	2.226	2.455	2.348	0.080	1.491	1.731	1.545	0.078	1.071	1.222	1.142	0.057
56–62	2.382	2.938	2.565	0.197	1.575	1.865	1.673	0.104	1.146	1.272	1.190	0.044
63–69	2.663	2.849	2.745	0.083	1.791	1.916	1.854	0.052	1.285	1.431	1.337	0.066
70–76	3.098	3.136	3.117	0.027	1.926	2.092	2.009	0.117	1.496	1.514	1.505	0.013
77–83	2.976	3.402	3.185	0.163	2.057	2.241	2.144	0.076	1.437	1.635	1.548	0.074
84–90	3.404	3.967	3.602	0.178	2.173	2.529	2.382	0.117	1.644	1.914	1.735	0.084
91–97	3.243	4.021	3.776	0.239	1.983	2.621	2.447	0.203	1.487	1.932	1.804	0.138
98–104	3.860	4.206	4.033	0.141	2.518	2.789	2.643	0.112	1.778	1.950	1.902	0.083

Table 3. Parameters of the linear relationship of otolith length, width, and radius with total length for young-of-the-year *Diplodus vulgaris* collected from the shallow waters of Gökçeada Island. The number of individuals (n), y -intercept (a), slope of the regression line (b), and coefficient of determination (r^2) are shown.

Tabla 3. Parámetros de la relación lineal de la longitud, el ancho y el radio de los otolitos con la longitud total para los juveniles del año de *Diplodus vulgaris* recolectados en las aguas poco profundas de la isla de Gökçeada. Se muestran el número de individuos (n), el intercepto en y (a), la pendiente de la línea de regresión (b) y el coeficiente de determinación (r^2).

Otolith morphometry	n	a	b	r^2	P
Otolith length	209	-5.8329	27.143	0.967	<0.010
Otolith width	209	-9.2516	43.013	0.957	<0.010
Otolith radius	209	-6.3141	57.930	0.921	<0.010

was found to be $0.273 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ in the shallow waters of Çanakkale, Turkey. From the results of experimental age verification studies conducted in the Mediterranean, the daily growth rates were found to be 0.150 and $0.200 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ (Vigliola 1997). In this study, the average daily growth rate of juvenile *D. vulgaris* was $0.330 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$, which is higher than what has been reported in other studies. This may be due to the differences in nutrient availability among regions given that diet is an essential determinant of the growth rate in fishes (Jones 1986).

As previously mentioned, faster growth is associated with higher survival (Sogard 1997, Ayyildiz et al. 2014, Bouchoucha et al. 2018, Ayyildiz and Altın 2020). Indeed, fast-growing fish have been shown to progress through early life stages in relatively short periods of time while showing low mortality rates (Takahashi and Watanabe 2004). In this study, the daily mortality of YOY *D. vulgaris* was 1.93%. It is noteworthy that the mortality rate of *D. vulgaris* in this study was lower than that of YOY *Diplodus annularis* (23.00%) from the same region (Altın et al. 2016). A similar study conducted in the southwest coast of France reported that the average mortality rate of *D. vulgaris* juveniles ranged from 71.40% to 76.50% in the 4 months following settlement (Planes et al. 2009).

In the north Aegean Sea, an area with nutrient-rich resources, we observed that YOY *D. vulgaris* spawn in winter. Although PLD is not a strong indicator of range size (Macpherson and Raventos 2006), a relatively short PLD was observed in this area compared to what has been reported for other areas of the Mediterranean. Finally, relatively low mortality and high growth rates were detected for juvenile *D. vulgaris* in the shallow waters of Gökçeada Island. Overall, these shallow waters constitute a suitable habitat for juvenile fish.

ACKNOWLEDGMENTS

The Scientific and Technological Research Council of Turkey funded this research (project number: 112Y062).

diario de los juveniles de *D. vulgaris* fue de $0.330 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$, la cual es superior a la reportada en otros estudios. Esto puede deberse a las diferencias en la disponibilidad de nutrientes entre regiones dado que la dieta es un determinante esencial de la tasa de crecimiento de los peces (Jones 1986).

Como se mencionó anteriormente, un crecimiento más rápido se asocia con una mayor supervivencia (Sogard 1997, Ayyildiz et al. 2014, Bouchoucha et al. 2018, Ayyildiz y Altın 2020). De hecho, se ha demostrado que los peces de rápido crecimiento progresan a través de las primeras etapas de la vida en periodos de tiempo relativamente cortos, mientras que muestran bajas tasas de mortalidad (Takahashi y Watanabe 2004). En este estudio, la mortalidad diaria de los JDA de *D. vulgaris* fue de 1.93%. Cabe destacar que la tasa de mortalidad de *D. vulgaris* en este estudio fue menor que la de los JDA de *Diplodus annularis* (23.00%) de la misma región (Altın et al. 2016). Un estudio similar realizado en la costa suroeste de Francia reportó que la tasa de mortalidad promedio de los juveniles de *D. vulgaris* osciló entre el 71.40% y el 76.50% en los 4 meses posteriores al asentamiento (Planes et al. 2009).

En el norte del mar Egeo, un área rica en nutrientes, observamos que los JDA de *D. vulgaris* desovan en invierno. Aunque la DLP no es un indicador fuerte del tamaño del área de distribución (Macpherson y Raventos 2006), se observó una DLP relativamente corta en esta área en comparación con lo que se ha reportado para otras áreas del mar Mediterráneo. Finalmente, se detectó una mortalidad relativamente baja y altas tasas de crecimiento para los juveniles de *D. vulgaris* en las aguas poco profundas de la isla Gökçeada. En general, estas aguas poco profundas constituyen un hábitat adecuado para los peces juveniles.

AGRADECIMIENTOS

El Consejo de Investigación Científica y Tecnológica de Turquía financió esta investigación (número de proyecto: 112Y062).

Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

REFERENCES

- Abecasis D, Bentes L, Erzini K. 2009. Home range, residency and movements of *Diplodus sargus* and *Diplodus vulgaris* in a coastal lagoon: Connectivity between nursery and adult habitats. *Estuar Coast Mar Sci.* 85(4):525-529. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2009.09.001>
- Altin A, Ayyildiz H. 2018. Relationships between total length and otolith measurements for 36 fish species from Gökçeada Island, Turkey. *J Appl Ichthyol.* 34(1):136-141. <https://doi.org/10.1111/jai.13509>
- Altin A, Ayyildiz H, Kale S, Alver C. 2015a. Length-weight relationships of forty-nine fish species from shallow waters of Gökçeada Island, Northern Aegean Sea Turkey. *Turk J Zool.* 39(5):971-975. <https://doi.org/10.3906/zoo-1412-15>
- Altin A, Ayyildiz H, Ozen O, Yuksek A, Acarli D. 2016. Gökçeada sığ sularındaki larva ve genç balıkların biyoçeşitliliği, dağılımı ve populasyon parametreleri [Biodiversity, distribution and population parameters of larvae and young of the year (YOY) fishes in the shallow waters of Gökçeada]. Çanakkale (Turkey): Tubitak. Project Report 112Y062. 262 p.
- Altin A, Özen Ö, Ayyildiz H, Ayaz A. 2015b. Feeding habits and diet overlap of juveniles of 2 sparids, *Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792) and *Diplodus vulgaris* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817), from the North Aegean Sea of Turkey. *Turk J Zool.* 39(1):80-87. <https://doi.org/10.3906/zoo-1312-2>
- Ayyildiz H, Altin A. 2020. Hatching time and early growth of *Diplodus sargus sargus* inhabiting a coastal area of Gökçeada Island, Turkey. *Thalassas.* 36:1-8. <https://doi.org/10.1007/s41208-019-00185-9>
- Ayyildiz H, Altin A. 2021. Pelagic larval duration and early growth of striped seabream, *Lithognathus mormyrus* inhabiting the Gökçeada shallow waters, Turkey. *Res Mar Sci.* 6(1):883-895.
- Ayyildiz H, Ozen O, Altin A. 2014. Growth and hatching of annular seabream, *Diplodus annularis*, from Turkey determined from otolith microstructure. *J Mar Biol Assoc UK.* 94(5):1047-1051. <https://doi.org/10.1017/s002531541400040x>
- Ayyildiz H, Ozen O, Altin A. 2015. Daily growth rates and hatch date distributions of common two-banded seabream, *Diplodus vulgaris* inhabiting the Çanakkale shallow waters of Turkey. *J Mar Biol Assoc UK.* 95(1):185-191. <https://doi.org/10.1017/s0025315414001222>
- Bauchot ML, Hureau JC. 1986. Sparidae. In: Whitehead PJP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E (eds.), *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean No. II.* Paris (France): UNESCO. p. 883-907.
- Bauchot ML, Hureau JC. 1990. Sparidae. In: Hureau JC, Karrer C, Post A, Saldanha L (eds.), *Check list of the fishes of the eastern tropical atlantic.* Paris (France): Clofeta II, UNESCO. p. 790-812.
- Beamish RJ, Fournier DA. 1981. A method for comparing the precision of a set of age-determinations. *Can J Fish Aquat Sci.* 38(8):982-983. <https://doi.org/10.1139/f81-132>
- Bouchoucha M, Brach-Papa C, Gonzalez JL, Lenfant P, Darnaude AM. 2018. Growth, condition and metal concentration in juveniles of two *Diplodus* species in ports. *Mar Pollut Bull.* 126:31-42. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.086>
- Chang WYB. 1982. A statistical-method for evaluating the reproducibility of age-determination. *Can J Fish Aquat Sci.* 39(8):1208-1210. <https://doi.org/10.1139/f82-158>
- Di Franco A, Qian KC, Calo A, Di Lorenzo M, Planes S, Guidetti P. 2013. Patterns of variability in early life traits of a mediterranean coastal fish. *Mar Ecol Prog Ser.* 476:227-235. <https://doi.org/10.3354/meps10117>
- Dulčić J, Pallaoro A, Matic-Skoko S, Dragičević B, Tutman P, Grgičević R, Stagličić N, Bukvić V, Pavličević J, Glamuzina B et al. 2011. Age, growth and mortality of common two-banded seabream, *Diplodus vulgaris* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817), in the eastern Adriatic Sea (Croatian coast). *J Appl Ichthyol.* 27(5):1254-1258. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01806.x>
- Galarza JA, Carreras-Carbonell J, Macpherson E, Pascual M, Roques S, Turner GF, Rico C. 2009. The influence of oceanographic fronts and early-life-history traits on connectivity among littoral fish species. *P Natl A Sci.* 106(5):1473-1478. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806804106>
- García-Rubies A, Macpherson E. 1995. Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the mediterranean littoral. *Mar Biol.* 124(1):35-42.
- Gonçalves JMS, Bentes L, Coelho R, Correia C, Lino PG, Monteiro CC, Ribeiro J, Erzini K. 2003. Age and growth, maturity, mortality and yield-per-recruit for two banded bream (*Diplodus vulgaris* Geoffr.) from the south coast of Portugal. *Fish Res.* 62(3):349-359. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00280-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00280-1)
- Gonçalves JMS, Erzini K. 2000. The reproductive biology of the two-banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) from the southwest coast of Portugal. *J Appl Ichthyol.* 16(3):110-116. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2000.00232.x>
- Gordoa A, Molí B. 1997. Age and growth of the sparids *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* and *D. annularis* in adult populations and the differences in their juvenile growth patterns in the north-western Mediterranean Sea. *Fish Res.* 33(1-3):123-129. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836\(97\)00074-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(97)00074-X)
- Hadj-Taieb A, Ghorbel M, Ben-Hadj Hamida N, Jarboui O. 2012. Reproductive biology of *Diplodus vulgaris* (Teleostei, Sparidae) in the Southern Tunisian waters (Central Mediterranean). *Acta Adriat.* 53(3):437-446.

- Hadj-Taieb A, Ghorbel M, Ben-Hadj-Hamida N, Jarboui O. 2013. Reproductive biology, age and growth of the two-banded seabream *Diplodus vulgaris* (Pisces: Sparidae) in the Gulf of Gabes, Tunisia. *J Mar Biol Assoc UK*. 93(5):1415-1421.
<https://doi.org/10.1017/S0025315412001737>
- Isari S, Fragopoulou N, Somarakis S. 2008. Interrannual variability in horizontal patterns of larval fish assemblages in the northeastern Aegean Sea (eastern Mediterranean) during early summer. *Estuar Coast Shelf S*. 79(4):607-619.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.06.001>
- Jones CM. 1992. Development and application of the otolith increment technique. In: Stevenson DK, Campana SE (eds.), *Otolith Microstructure Examination and Analysis* No. 117. Virginia (USA): Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. p. 1-11.
- Jones GP. 1986. Food availability affects growth in a coral reef fish. *Oecologia*. 70(1):136-139.
<https://doi.org/10.1007/bf00377123>
- Jug-Dujaković J, Glamuzina B. 1988. Preliminary studies of reproduction and early life history of *Diplodus vulgaris* (E. Geoffroy Saint-Hilaire 1817) in captivity. *Aquaculture*. 69(3-4):367-377.
[http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90343-2](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(88)90343-2)
- Macpherson E. 1998. Ontogenetic shifts in habitat use and aggregation in juvenile sparid fishes. *J Exp Mar Biol Ecol*. 220(1):127-150.
[https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00086-5)
- Macpherson E, Raventos N. 2006. Relationship between pelagic larval duration and geographic distribution of Mediterranean littoral fishes. *Mar Ecol Prog Ser*. 327:257-265.
<http://doi.org/10.3354/meps327257>
- Monteiro CC. 1989. La faune ichthyologique de la lagune ria formosa (sud Portugal) répartition et organisation spatio-temporelle des communautés application à l'aménagement des ressources. Montpellier (France): Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 219 p.
- Morato T, Afonso P, Lourinho P, Nash RDM, Santos RS. 2003. Reproductive biology and recruitment of the white sea bream in the Azores. *J Fish Biol*. 63(1):59-72.
<https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00129.x>
- Mouine N, Francour P, Ktari MH, Chakroun-Marzouk N. 2012. Reproductive biology of four *Diplodus* species *Diplodus vulgaris*, *D. annularis*, *D. Sargus sargus* and *D. Puntazzo* (Sparidae) in the gulf of Tunis (central Mediterranean). *J Mar Biol Assoc UK*. 92(3):623-631.
<https://doi.org/10.1017/S0025315411000798>
- Mouine N, Ktari MH, Chakroun-Marzouk N. 2010. Age and growth of *Diplodus vulgaris* (Sparidae) in the gulf of Tunis. *Cybiu*. 34(1):37-45.
- Pajuelo JG, Lorenzo JM. 2003. The growth of the common two-banded seabream, *Diplodus vulgaris* (Teleostei, Sparidae), in Canarian waters, estimated by reading otoliths and by back-calculation. *J Appl Ichthyol*. 19(2):79-83.
<https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00359.x>
- Pajuelo JG, Lorenzo JM, Bilbao A, Ayza O, Ramos AG. 2006. Reproductive characteristics of the benthic coastal fish *Diplodus vulgaris* (Teleostei: Sparidae) in the Canarian Archipelago, northwest Africa. *J Appl Ichthyol*. 22(5):414-418.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00766.x>
- Pauly D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. Rome (Italy): [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 52 p.
- Planes S, Lecchini D, Romans P, Mills SC. 2009. Effects of post-settlement mortality on size and parasite load in juvenile *Diplodus vulgaris* and *D. sargus* in the Mediterranean. *Aquat Biol*. 6(1-3):153-158.
<http://doi.org/10.3354/ab00178>
- Raventós N, Macpherson E. 2001. Planktonic larval duration and settlement marks on the otoliths of Mediterranean littoral fishes. *Mar Biol*. 138:1115-1120.
<https://doi.org/10.1007/s002270000535>
- Ribeiro J, Monteiro CC, Monteiro P, Bentes L, Coelho R, Gonçalves JMS, Lino PG, Erzini K. 2008. Long-term changes in fish communities of the ria formosa coastal lagoon (Southern Portugal) based on two studies made 20 years apart. *Estuar Coast Shelf S*. 76(1):57-68.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2007.06.001>
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *B Fish Res Board Can*. 191:382.
- Secor DH, Dean JM, Laban EH. 1991. Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. Columbia (SC, USA): Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research. University of South Carolina. Technical Publication 1991-01. 84 p.
- Sim-Smith CJ, Jeffs AG, Radford CA. 2012. Variation in the growth of larval and juvenile snapper, *Chrysophrys auratus* (Sparidae). *Mar Freshwater Res*. 63(12):1231-1243.
<https://doi.org/10.1071/MF12176>
- Sogard SM. 1997. Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes: A review. *B Mar Sci*. 60(3):1129-1157.
- Takahashi M, Watanabe Y. 2004. Staging larval and early juvenile Japanese anchovy based on the degree of guanine deposition. *J Fish Biol*. 64(1):262-267.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00283.x>
- Vigliola L. 1997. Validation of daily increment formation in otoliths for three *Diplodus* species in the Mediterranean sea. *J Fish Biol*. 51(2):349-360.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01671.x>
- Vigliola L. 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidae (poissons, téléostéens) en Méditerranée: Importance des processus pré- et post-installation benthique = Control and regulation of sparid recruitment (pisces, teleostei) from the Mediterranean sea : importance of pre- and post settlement processes [dissertation]. [Marseille (France)]: Université Aix-Marseille II. 265 p.

- Vigliola L, Harmelin-Vivien M, Meekan MG. 2000. Comparison of techniques of back-calculation of growth and settlement marks from the otoliths of three species of *Diplodus* from the Mediterranean Sea. *Can J Fish Aquat Sci.* 57(6):1291-1299.
<https://doi.org/10.1139/f00-055>
- Villanueva R, Molí B. 1997. Validation of the otolith increment deposition ratio using alizarin marks in juveniles of the sparid fishes, *Diplodus vulgaris* and *D. puntazzo*. *Fish Res.* 30(3):257-260.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836\(97\)00008-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(97)00008-8)
- Wilson DT, McCormick ML. 1999. Microstructure of settlement-marks in the otoliths of tropical reef fishes. *Mar Biol.* 134(1):29-41.
<https://doi.org/10.1007/s002270050522>
- Wootton RJ. 1990. *Ecology of teleost fishes*. London (UK), New York (NY): Chapman and Hall. 404 p.