

## First approximation of the growth and the spawning period of *Symphodus ocellatus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Labridae) in the southeastern Black Sea

## Primera aproximación del periodo de crecimiento y desove de *Symphodus ocellatus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Labridae) en el sureste del mar Negro

[Hatice Onay](#)

Department of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Recep Tayyip Erdogan University, Rize, 53100, Turkey. E-mail: [hatice.bal@erdogan.edu.tr](mailto:hatice.bal@erdogan.edu.tr)

**ABSTRACT.** The aim of this study was to provide a first approximation of the growth, reproduction, and length–weight relationships of *Symphodus ocellatus* in the southeastern Black Sea, Turkey. A total of 320 specimens (273 males, 47 females) were collected between June 2015 and May 2016, and their biological parameters were estimated for each sex and both sexes combined. Total length ranged from 6.90 to 13.70 cm and the parameters ( $a$ ,  $b$ ) in the power length–weight relationships were  $a = 0.065$  and  $b = 2.38$  for males and  $a = 0.102$  and  $b = 2.20$  for females. Age was successfully estimated by commonly accepted procedures for otolith analysis. The von Bertalanffy growth parameters from the otolith age estimation were  $L_{\infty} = 12.66$  cm,  $k = 0.764$ , and  $t_0 = -1.151$  (0–3 years) for males, and  $L_{\infty} = 14.15$  cm,  $k = 0.764$ , and  $t_0 = -0.188$  (1–3 years) for females. The monthly gonadosomatic index values reflected a spawning period between April and July, with a spawning peak in May–June. The present study provides the first estimate of the growth and reproduction of *S. ocellatus* in the southeastern Black Sea of Turkey and compares the results with those from other areas.

**Key words:** condition factor, age estimation, length–weight relationship, spawning period, *Symphodus ocellatus*.

**RESUMEN.** El objetivo de este estudio fue proveer una primera aproximación del crecimiento, la reproducción y las relaciones entre la longitud y el peso de *Symphodus ocellatus* en el sureste del mar Negro, Turquía. Se recolectaron un total de 320 especímenes (273 machos, 47 hembras) entre junio de 2015 y mayo de 2016, y se estimaron sus parámetros biológicos para cada sexo y sexos combinados. Las longitudes totales variaron de 6.90 a 13.70 cm y los parámetros ( $a$ ,  $b$ ) en las relaciones de potencia longitud-peso fueron  $a = 0.065$  y  $b = 2.38$  para machos y  $a = 0.102$  y  $b = 2.20$  para hembras. La edad se estimó exitosamente con procedimientos comúnmente aceptados para otolitos. Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de la estimación de la edad de los otolitos fueron  $L_{\infty} = 12.66$  cm,  $k = 0.764$ ,  $t_0 = -1.151$  (clases de edad entre 0 y 3 años) para machos y  $L_{\infty} = 14.15$  cm,  $k = 0.764$ ,  $t_0 = -0.188$  (clases de edad de 1 a 3 años) para hembras. El índice gonadosomático mensual reflejó un periodo de desove entre abril y julio, con un pico de desove en mayo-junio. El presente estudio proporciona la primera estimación del crecimiento y la reproducción de *S. ocellatus* en el sureste del mar Negro de Turquía y compara los resultados con aquellos de otras áreas.

**Palabras clave:** factor de condición, estimación de edad, relación peso-longitud, periodo de desove, *Symphodus ocellatus*.



©Hatice Onay.

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

The ocellated wrasse, *Symphodus ocellatus* (Linnaeus 1758), is a common, resident species in the Black, Adriatic, Mediterranean, and Azov seas (Hureau 1986), where it inhabits rocky bottoms and eelgrass beds (Lejeune 1985, Hureau 1986, Harmelin 1987). Although *S. ocellatus* can be found from 1 to 30 m depth, these fish generally remain in the benthos throughout their lives, where they feed on mollusks, gastropods, crustaceans, and foraminifera (Bell and Harmelin-Vivien 1983, Lejeune 1985). When they venture away from the benthos, *S. ocellatus* can be found in the water column foraging on plankton (e.g., copepods) when they are abundant (Bell and Harmelin-Vivien 1983, Lejeune 1985). *Symphodus ocellatus* range from 8 to 12 cm in length and live for 3–5 years (Lejeune 1985, Hureau 1986, Harmelin 1987). The wide distribution and high density of *S. ocellatus* in the aforementioned seas has resulted in this ichthyological species being commonly employed to estimate ecological impacts (e.g., anthropogenic or natural disturbances).

In autumn, *S. ocellatus* juveniles become plentiful prey for other species given their high abundance (24–85 juveniles per 100 m<sup>2</sup>; P. Francour, pers. comm.; Levi et al. 2005). *Symphodus ocellatus* reproduction takes place between May and July in the northwestern Mediterranean Sea (Quignard and Pras 1986), with males exhibiting 3 distinct phenotypes with different behavioral characteristics (i.e., nesting males, satellite males, and sneaker males; Warner and Lejeune 1985, Taborsky et al. 1987). Males build nests of algae in rocky depressions, which become spawning sites for females (Alonzo et al. 2000). Embryos within fertilized eggs develop for 3–4 days before hatching and entering the plankton as larvae (Alonzo et al. 2000).

Several studies have investigated the reproductive behaviors of *S. ocellatus* (Warner and Lejeune 1985, Taborsky et al. 1987, Bentivegna and Benedetto 1989, Budaev and Zworykin 1998, Alonzo et al. 2000, Alonzo and Warner 2000, Stiver and Alonzo 2013, Sinopoli et al. 2014, Stiver et al. 2014). In addition, Mouillot et al. (1999) evaluated the distribution of this species, while Škeljo and Ferri (2012) evaluated its otolith morphology, and Peskov and Manilo (2018) assessed size–age relationships and sexual plasticity in the Black Sea. However, some information on age and growth comes from studies conducted more than a quarter of a century ago (Pauly 1978, Quignard and Pras 1986).

Fisheries management is important to ensure sustainable fisheries and must be adapted to meet the requirements of different fishing areas (Uzer et al. 2019). Some population parameters, such as fish age and growth, must be studied to improve our understanding of fisheries biology and current management strategies, which are critical to preserve stocks into the future. Several methods are used to determine age in fish (Treble et al. 2008). Otolith growth increments are widely used and can provide information on annual growth

## INTRODUCCIÓN

El tordo ocelado, *Symphodus ocellatus* (Linnaeus 1758), es una especie residente común en el mar Negro, el mar Adriático, el mar Mediterráneo y el mar de Azov (Hureau 1986), donde habita fondos rocosos y mantos de pastos marinos (Lejeune 1985, Hureau 1986, Harmelin 1987). Aunque *S. ocellatus* se puede encontrar entre 1 y 30 m de profundidad, estos peces generalmente permanecen en el bentos durante toda su vida, donde se alimentan de moluscos, gasterópodos, crustáceos y foraminíferos (Bell y Harmelin-Vivien 1983, Lejeune 1985). Cuando se alejan del bentos, *S. ocellatus* se puede encontrar en la columna de agua alimentándose de plancton (e.g., copépodos) cuando este es abundante (Bell y Harmelin-Vivien 1983, Lejeune 1985). *Symphodus ocellatus* presenta longitudes de 8 a 12 cm y vive de 3 a 5 años (Lejeune 1985, Hureau 1986, Harmelin 1987). La amplia distribución y alta densidad de *S. ocellatus* en los mares antes mencionados ha resultado en que esta especie ictiológica se emplee comúnmente para estimar impactos ecológicos (e.g., perturbaciones antropogénicas o naturales).

En otoño, los juveniles de *S. ocellatus* se convierten en cuantiosas presas para otras especies dada su gran abundancia (24–85 juveniles por 100 m<sup>2</sup>; P. Francour, com. pers.; Levi et al. 2005). La reproducción de *S. ocellatus* ocurre entre mayo y julio en el noroeste del mar Mediterráneo (Quignard y Pras 1986), con machos que exhiben 3 fenotipos distintos con diferentes características de comportamiento (i.e., machos paternos, machos tipo satélite y machos furtivos; Warner y Lejeune 1985, Taborsky et al. 1987). Los machos construyen nidos de algas en depresiones rocosas, que se convierten en sitios de desove para las hembras (Alonzo et al. 2000). Los embriones dentro de los huevos fertilizados se desarrollan durante 3–4 días antes de eclosionar y entrar al plankton como larvas (Alonzo et al. 2000).

Varios estudios han investigado los comportamientos reproductivos de *S. ocellatus* (Warner y Lejeune 1985, Taborsky et al. 1987, Bentivegna y Benedetto 1989, Budaev y Zworykin 1998, Alonzo et al. 2000, Alonzo y Warner 2000, Stiver y Alonzo 2013, Sinopoli et al. 2014, Stiver et al. 2014). Por otro lado, Mouillot et al. (1999) evaluaron la distribución de esta especie, mientras que Škeljo y Ferri (2012) evaluaron la morfología de sus otolitos, y Peskov y Manilo (2018), las relaciones de tamaño–edad y la plasticidad sexual en el mar Negro. Sin embargo, parte de la información sobre la edad y el crecimiento proviene de estudios realizados hace más de un cuarto de siglo (Pauly 1978, Quignard y Pras 1986).

La gestión pesquera es importante para garantizar una pesca sostenible y debe adaptarse para cumplir con los requisitos de las diferentes áreas de pesca (Uzer et al. 2019). Se deben estudiar algunos parámetros de la población, como la edad y el crecimiento de los peces, para mejorar nuestra comprensión de la biología pesquera y las estrategias de gestión actuales, que son fundamentales para preservar las poblaciones en el futuro. Se utilizan varios métodos para

(Campana and Thorrold 2001). The biological information of *S. ocellatus*, a non-commercial species, is very limited, despite its ecological importance in the region. Thus, the aim of this study was to describe the fundamental biological characteristics of *S. ocellatus*, including age, growth, the sex-ratio, fish condition, spawning period, and length–weight relationships in the southeastern Black Sea.

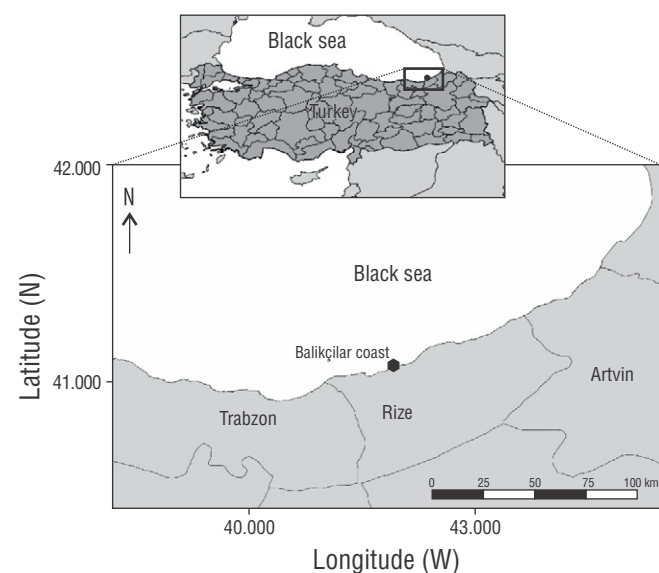
## MATERIALS AND METHODS

### Sampling

This study was conducted along the Rize coast in the southeastern Black Sea, Turkey (Fig. 1). All *S. ocellatus* specimens were collected from the discards of the commercial fleet, which were obtained using trammel nets (36- and 40-mm mesh) at depths of 10–40 m from June 2015 to May 2016. The number of specimens by sex and combined sexes per month is presented in Table 1. Following transportation to a laboratory of the Fisheries Faculty of Recep Tayyip Erdogan University, Rize (Turkey), the fish samples were immediately measured (total length, TL) to the nearest 0.10 cm and weighed to the nearest 0.10 g. Sex was determined by macroscopic examination of the gonads.

### Sex ratio

The monthly length frequency distributions for females and males were calculated using 0.50-cm class intervals and TL. The chi-square test was used to calculate the sex-ratio. The deviations from 1.00:1.00 were tested using the chi-square analysis (Dagnelie 1975).



**Figure 1.** Study area (Rize coast).

**Figura 1.** Área de estudio (costa de Rize).

determinar la edad de los peces (Treble et al. 2008). Los incrementos de crecimiento en los otolitos se utilizan ampliamente y pueden proporcionar información sobre el crecimiento anual (Campana y Thorrold 2001). La información biológica de *S. ocellatus*, una especie no comercial, es muy limitada, a pesar de su importancia ecológica en la región. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue describir las características biológicas fundamentales de *S. ocellatus*, incluida la edad, el crecimiento, la proporción de sexos, la condición de los peces, el periodo de desove y las relaciones entre la longitud y el peso en el sureste del mar Negro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo

Este estudio se realizó a lo largo de la costa de Rize en el sureste del mar Negro, Turquía (Fig. 1). Todos los especímenes de *S. ocellatus* se recolectaron de los descartes de la flota comercial, que se obtuvieron con trasmallos (malla de 36 y 40 mm) a profundidades de 10 a 40 m desde junio de 2015 hasta mayo de 2016. El número de especímenes por sexo y por sexos combinados por mes se presenta en la Tabla 1. Las muestras se transportaron a un laboratorio de la Facultad de Pesca de la Universidad Recep Tayyip Erdogan, Rize (Turquía), donde se midieron inmediatamente (longitud total, LT) con una precisión de 0.10 cm y se pesaron a los 0.10 g más cercanos. El sexo se determinó por medio de un examen macroscópico de las gónadas.

### Proporción sexual

Las distribuciones de la frecuencia de longitudes por mes para hembras y machos se calcularon utilizando intervalos de clase de 0.50 cm y la LT. Se utilizó la prueba de chi cuadrada para calcular la proporción de sexos. Las desviaciones de 1.00:1.00 se probaron mediante el análisis de chi cuadrada (Dagnelie 1975).

### Relaciones longitud-peso, factor de condición e índice gonadosomático

La relación longitud-peso (RLP) se determinó con la ecuación  $W = aL^b$  (Ricker 1975), donde  $W$  es el peso total (g),  $a$  es el intercepto,  $b$  es la pendiente y  $L$  es la LT (cm). La variación de  $b$  de 3 se evaluó con una prueba  $t$  de una muestra. El grado de asociación entre variables se determinó con  $r^2$  (King 1995).

El factor de condición es la relación entre el peso corporal y la longitud, que refleja la interacción entre las variables bióticas y abióticas con respecto al estado fisiológico de los peces (Le Cren 1951). El factor de condición ( $K$ ) se calculó con la ecuación  $K = W/aL^b$  (Le Cren 1951), donde  $W$  es el peso total observado (g) y  $aL^b$  es el peso estimado obtenido de la RLP (Le Cren 1951). Se evaluaron la edad y el sexo

**Table 1.** Number of *Symphodus ocellatus* specimens by sex and combined sexes collected per month in the southeastern Black Sea.**Tabla 1.** Número de especímenes de *Symphodus ocellatus* por sexo y sexos combinados recolectados por mes en el sureste del mar Negro.

Sex/Month	February	March	April	May	June	July	August	September	October	December
Female	6	0	10	1	1	8	6	0	15	0
Male	10	14	5	29	54	85	39	29	0	8
All	16	14	15	30	55	93	45	29	15	8

### Length–weight relationships, condition factor, and gonadosomatic index

The length–weight relationship (LWR) was determined with the equation  $W = aL^b$  (Ricker 1975), where  $W$  is the total weight (g),  $a$  is the intercept,  $b$  is the slope, and  $L$  is the TL (cm). The variation of  $b$  from 3 was evaluated with a one-sample  $t$ -test. The degree of association between variables was determined with  $r^2$  (King 1995).

The condition factor is the ratio between body weight and length, which reflects the interaction between biotic and abiotic variables with regard to the physiological state of the fish (Le Cren 1951). The condition factor ( $K$ ) was calculated with the equation  $K = W/aL^b$  (Le Cren 1951), where  $W$  is the observed total weight (g) and  $aL^b$  is the estimated weight obtained from the LWR (Le Cren 1951). Seasonal age and sex were evaluated to determine how they affect fish condition using a general linear model. The data were statistically analyzed using SPSS (version 15) for Windows.

The spawning season in fish can be estimated from gonadal maturity stages or the gonadosomatic index (GSI), which is a good indicator of reproductive activity (Rizzo and Bazzoli 2020). Sex was recorded, and gonad wet weight was measured to the nearest 0.01 g. Monthly, GSI values were calculated for both females and males with the equation from Avşar (2005):  $GSI = W_{gonad} / W \times 100$ , where  $W_{gonad}$  is gonad weight (g) and  $W$  is fish total weight (g).

### Age and growth

To determine age, the otoliths of 320 fish were removed, cleaned, and stored in Eppendorf tubes containing 70% ethanol for 3–4 weeks. Age was estimated by counting the number of opaque (light = fast growth) and hyaline bands (dark = slow growth) on the sagittal otoliths below reflected light (Panfili et al. 2002).

The age estimations were performed by a single reader who interpreted and counted the hyaline growth bands (annuli; Landa et al. 2014; Fig. 2) following the overall agreed upon otolith margin interpretation scheme for several species (Vitale et al. 2019). The date of birth was taken to be 1 January. The age estimation scheme per quarter is shown in Table 2. Several factors, such as edge type (hyaline and

estacionales para determinar cómo estos afectan la condición de los peces utilizando un modelo lineal general. Los datos se analizaron estadísticamente con SPSS (versión 15) para Windows.

La temporada de desove en los peces se puede estimar a partir de las etapas de madurez gonadal o el índice gonadosomático (IGS), el cual es un buen indicador de la actividad reproductiva (Rizzo y Bazzoli 2020). Se registró el sexo y se midió el peso húmedo de las gónadas con una precisión de 0.01 g. Mensualmente, los valores del IGS se calcularon tanto para hembras como para machos con la ecuación de Avşar (2005):  $IGS = W_{gonad} / W \times 100$ , donde  $W_{gonad}$  es el peso de las gónadas (g) y  $W$  es el peso total del pez (g).

### Edad y crecimiento

Para determinar la edad, se extrajeron, limpiaron y almacenaron los otolitos de 320 peces en tubos Eppendorf que contenían etanol al 70% durante 3 a 4 semanas. La edad se estimó contando el número de bandas opacas (claras = crecimiento rápido) y bandas hialinas (oscuras = crecimiento lento) en los otolitos sagitales bajo luz reflejada (Panfili et al. 2002).

Las estimaciones de edad fueron realizadas por un solo lector que interpretó y contó las bandas de crecimiento hialino (annuli; Landa et al. 2014; Fig. 2) siguiendo el esquema general de interpretación de márgenes de otolitos acordado para varias especies (Vitale et al. 2019). Se tomó como fecha de nacimiento el 1 de enero. El esquema de estimación de la edad por trimestre se muestra en la Tabla 2. En el esquema se consideraron varios factores, como el tipo de borde (hialino y opaco), la resolución de la edad, la fecha de captura, el día de nacimiento teórico y el número de annuli (ICES 2017). Dada la fecha de nacimiento mencionada anteriormente, si se observaba una banda hialina en el borde del otolito durante la primera mitad del año, se contabilizaba como un annulus. Por el contrario, si se observaba una banda hialina en el borde del otolito durante la segunda mitad del año, no se contaba como un annulus (ICES 2012).

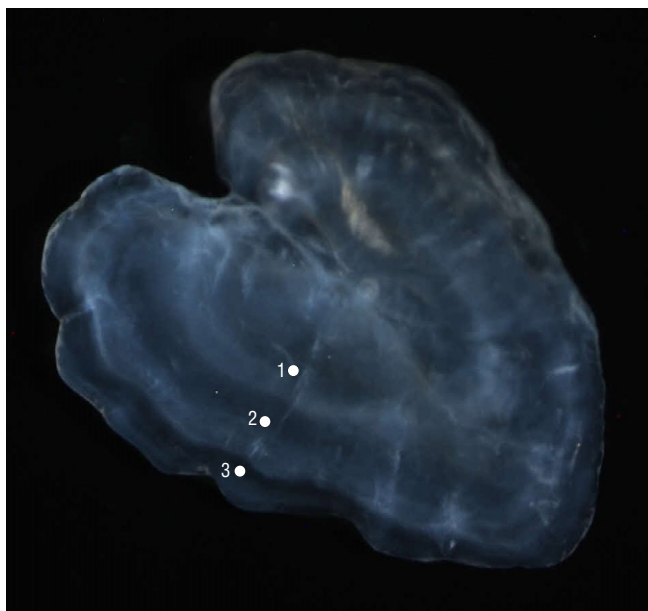
Se tomaron imágenes de los otolitos utilizando una cámara digital Nikon SMZ1000 conectada a un microscopio estereoscópico Nikon SMZ1000 (aumento de  $\times 0.8$  a  $\times 8.0$ ; Nikon, Tokio, Japón) (Fig. 2). Se utilizó la prueba de 2 muestras de

opaque), age resolution, date of capture, theoretical birthday, and the number of annuli, were taken into consideration in the scheme (ICES 2017). Given the aforementioned date of birth, if a hyaline band was observed at the otolith edge during the first half of the year, it was counted as an annulus. On the contrary, if a hyaline band was observed at the otolith edge during the second half of the year, then it was not counted as an annulus (ICES 2012).

The otoliths were imaged using a Nikon SMZ1000 digital camera connected to a Nikon SMZ1000 stereomicroscope (magnification from  $\times 0.8$  to  $\times 8.0$ ; Nikon, Tokyo, Japan) (Fig. 2). The Kolmogorov–Smirnov 2-sample test was used to compare the length frequency for each age between sexes.

### Otolith marginal analyses

Two otolith marginal analyses were performed. The nature of the margin (opaque or hyaline) was identified in 182 otoliths. The proportion of individuals with hyaline and opaque edges was evaluated by month to determine if an annual formation pattern was present and by age to evaluate possible ontogenetic differences in the time of opaque edge formation (Holden and Raitt 1974). Then, the absolute marginal distance (AMD), which was estimated using the distance between the end of the last hyaline annulus and the edge, and the distance between the last 2 hyaline annuli ( $D_i, i-1$ )



**Figure 2.** A sagittal otolith from an *Symphodus ocellatus* individual caught in July 2015. An opaque edge is apparent, and the estimated age is 3 years.

**Figura 2.** Otolito sagital de un individuo de *Symphodus ocellatus* capturado en julio de 2015. Se observa un borde opaco y la edad estimada es de 3 años.

Kolmogorov–Smirnov para comparar la frecuencia de longitudes para cada edad entre sexos.

### Análisis de los incrementos marginales de otolitos

Se realizaron 2 análisis de los incrementos marginales de otolitos. La naturaleza del margen (opaco o hialino) se identificó en 182 otolitos. Se evaluó la proporción de individuos con bordes hialinos y opacos por mes para determinar si se presentaba un patrón de formación anual y por edad para evaluar posibles diferencias ontogenéticas en el tiempo de formación de bordes opacos (Holden y Raitt 1974). Posteriormente, se utilizó el incremento marginal absoluto (IMA), que se estimó utilizando la distancia entre el final del último anillo hialino y el borde, y la distancia entre los 2 últimos anillos hialinos ( $D_i, i-1$ ) para estimar el incremento marginal relativo (IMR:  $IMA/D_i, i-1$ , Panfili et al. 2002, Navarro et al. 2021). Solo se seleccionaron los otolitos completos y se midieron ( $\mu\text{m}$ ) con un microscopio. Cada mes, se seleccionaron de 5 a 27 otolitos, lo que resultó en un total de 108 otolitos representativos de todo el intervalo de longitudes.

La función de crecimiento de von Bertalanffy se determinó con la siguiente fórmula:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] ,$$

donde  $t_0$  es la edad teórica a la longitud 0,  $k$  es el coeficiente de crecimiento corporal,  $L_\infty$  es la longitud total máxima media asintótica y  $L_t$  es la longitud total esperada a la edad de  $t$  años (von Bertalanffy 1938). El índice de rendimiento de crecimiento de Munro,  $\emptyset = \log(k) + 2\log(L_\infty)$ , se calculó para comparar los resultados de crecimiento obtenidos con los hallazgos de otros estudios (Pauly y Munro 1984). Los parámetros se determinaron por separado para machos, hembras y sexos combinados (R Foundation for Statistical Computing 2021-11-01) con los paquetes ‘FSA’ (Ogle et al. 2021), ‘FSAsim’ (Ogle 2020) y ‘nlstools’ (Baty et al. 2015).

## RESULTADOS

### Composición por sexo y proporción de sexos

Durante el estudio se recolectaron un total de 320 individuos de *S. ocellatus*, de los cuales la mayoría eran machos (machos: 273, 85.31%; hembras: 47, 14.68%). Se obtuvo una proporción de sexos (femenino:masculino) de 1.00:5.80 que fue significativamente diferente de la proporción de 1.00:1.00 ( $P < 0.05$ ). Los machos presentaron valores de LT y  $W$  entre 6.90 y 13.70 cm y 6.77 a 33.69 g, respectivamente, mientras que las hembras presentaron valores de LT y  $W$  entre 10.00 y 13.70 cm y entre 15.23 y 33.46 g, respectivamente. La Figura 3 muestra la distribución de la frecuencia de la LT por sexo del *S. ocellatus* del sureste del mar Negro. Se observó una variación mensual en la proporción de sexos a lo largo

**Table 2.** The age estimation scheme for *Symphodus ocellatus* with a theoretical birthday on 1 January.

**Tabla 2.** Esquema de estimación de edad para *Symphodus ocellatus* con un día de nacimiento teórico del 1 de enero.

Date of capture	Otolith edge	Age
First and second quarters	Translucent	$N$
	Opaque	$N + 1$
Third and fourth quarters	Translucent	$N - 1$
	Opaque	$N$

were used to estimate the relative marginal distance (RMD: AMD/Di,  $i-1$ ; Panfili et al. 2002, Navarro et al. 2021). Only whole otoliths were selected and measured ( $\mu\text{m}$ ) using a microscope. Each month, 5–27 otoliths were selected, which amounted to a total of 108 otoliths representative of the entire length range.

The von Bertalanffy growth function was determined with the following formula:

$$Lt = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] ,$$

where  $t_0$  is the theoretical age at 0 length,  $k$  is the body growth coefficient,  $L_{\infty}$  is the asymptotic mean maximum total length, and  $Lt$  is the expected total length at age  $t$  years (von Bertalanffy 1938). Munro's growth performance index,  $\emptyset = \log(k) + 2\log(L_{\infty})$ , was calculated in order to compare the growth results obtained with the findings of other studies (Pauly and Munro 1984). Parameters were determined separately for males, females, and combined sexes (R Foundation for Statistical Computing 2021-11-01) with the 'FSA' (Ogle et al. 2021), 'FSAsim' (Ogle 2020), and 'nlstools' (Baty et al. 2015) packages.

## RESULTS

### Composition by sex and sex ratio

A total of 320 *S. ocellatus* individuals were collected during the study, of which most were males (males: 273, 85.31%; females: 47, 14.68%). A sex ratio (female:male) of 1.00:5.80 was obtained that was significantly different from the ratio of 1.00:1.00 ( $P < 0.05$ ). The TL and  $W$  values of males ranged from 6.90 to 13.70 cm and 6.77 to 33.69 g, respectively, while those of females ranged from 10.00 to 13.70 cm and 15.23 to 33.46 g, respectively. The TL frequency distribution by sex of *S. ocellatus* from the south-eastern Black Sea is given in Figure 3. Monthly variation in the sex ratio was observed throughout the study period, with a vastly greater proportion of males than females from May to September (Table 1).

del periodo de estudio, con una proporción mucho mayor de machos que de hembras de mayo a septiembre (Tabla 1).

### Relaciones longitud-peso, factor de condición e índice gonadosomático

Tanto los machos como las hembras de *S. ocellatus* exhibieron alometría negativa ( $b < 3$ ; prueba  $t$ :  $P < 0.050$ ; Fig. 4). La RLP mostró un buen ajuste ( $r^2 = 0.93$ ,  $P < 0.001$ ), y los parámetros de regresión se presentan en la Tabla 3.  $K$  se calculó para todos los sexos y grupos de edad (Tabla 3). No se encontró un efecto significativo de la edad y el sexo sobre  $K$  según el análisis del modelo lineal general ( $P > 0.050$ ), aunque la temporada sí tuvo un efecto significativo ( $P < 0.050$ ). Los valores más altos de  $K$  se observaron en primavera y verano, después de lo cual cayeron bruscamente en otoño y alcanzaron los valores más bajos en invierno (Fig. 5a).

El periodo reproductivo de los machos ocurre de mayo a septiembre, con un pico de mayo a junio. El periodo completo de desove de las hembras aún no se conoce debido al bajo número de hembras en este estudio; sin embargo, las hembras también mostraron un claro pico de desove de mayo a junio. La única conclusión que se puede sacar con la información limitada disponible para las hembras es que el periodo máximo reproductivo para toda la población parece ocurrir de mayo a junio (Fig. 5b).

### Edad y crecimiento

El análisis de la composición por edades reveló que la edad de la mayoría de los individuos era 1-3 años (85% machos). Solo 2 especímenes presentaron una edad de 0. La Figura 6 muestra la distribución de la composición por edades por sexo. Se determinó que la longitud mínima a la edad 0 era 6.90 cm, mientras que la longitud máxima a la edad 3 era 13.70 cm (Tabla 4). De acuerdo con los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la diferencia de la LT entre sexos a la edad de 1 año no fue significativa ( $P > 0.050$ ) cuando se compararon las distribuciones de las longitudes para cada edad. Se encontró una diferencia significativa en la

### Length–weight relationships, condition factor, and gonadosomatic index

Both male and female *S. ocellatus* exhibited negative allometry ( $b < 3$ ,  $t$ -test:  $P < 0.050$ ; Fig. 4). The LWR showed a good fit ( $r^2 = 0.93$ ,  $P < 0.001$ ), and the regression parameters are presented in Table 3.  $K$  was calculated for all sexes and age-groups (Table 3). No significant effect of age and sex on  $K$  was found according to the general linear model analysis ( $P > 0.050$ ), although the season had a significant effect ( $P < 0.050$ ). The highest  $K$  values were observed in spring and summer, after which they fell sharply in autumn and were at their lowest in winter (Fig. 5a).

The spawning period for males occurs from May to September, with a peak from May to June. The full spawning period for females is not yet known because of the low number of female specimens in this study; however, females also showed a clear spawning peak from May to June. The only conclusion that can be drawn with the limited information available for females is that a peak spawning period for the entire population appears to occur from May to June (Fig. 5b).

### Age and growth

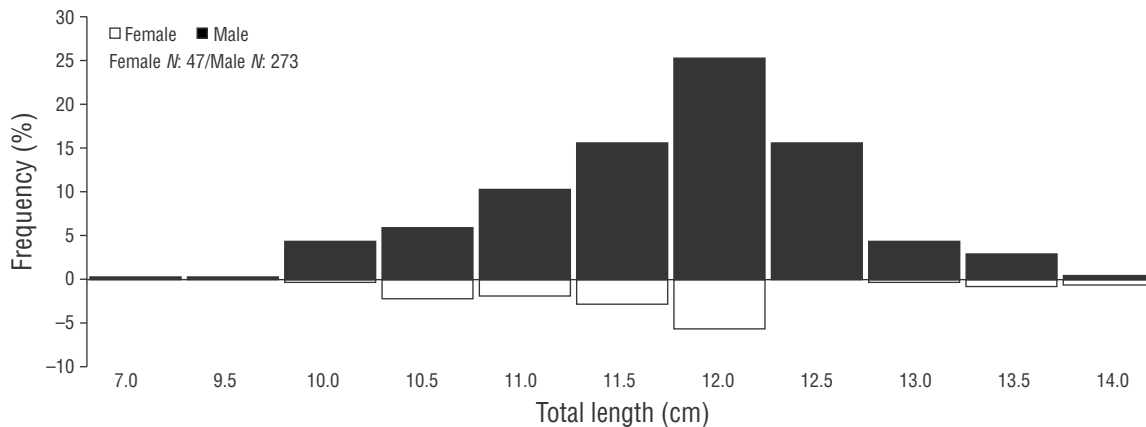
The age composition analysis revealed that most individuals were 1–3 years old (85% male). Only 2 specimens were of age 0. The age composition distribution by sex is given in Figure 6. The minimum length at age 0 was determined to be 6.90 cm, whereas the maximum length at age 3 was determined to be 13.70 cm (Table 4). According to the results of the Kolmogorov–Smirnov test, the difference in TL between sexes at age 1 was not significant ( $P > 0.050$ ) when length distributions were compared for each age. A significant difference in TL between sexes was found in fish aged 2 ( $Z = 1.402$ ,  $P < 0.050$ ) and 3 ( $Z = 1.560$ ,  $P < 0.050$ ) years. The

LT entre sexos en peces de 2 ( $Z = 1.402$ ,  $P < 0.050$ ) y 3 ( $Z = 1.560$ ,  $P < 0.050$ ) años de edad. Las claves de edad-longitud de machos y hembras se presentan en la Tabla 5. Los valores medios de la LT a las edades 2 y 3 fueron más altos en las hembras que en los machos.

La curva de crecimiento de von Bertalanffy se ajustó a las longitudes por edad para todos los peces y para ambos sexos (Tabla 2). Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy estimados para los sexos combinados fueron  $L_{\infty} = 12.63$  cm,  $k = 0.791$  año<sup>-1</sup> y  $t_0 = -1.080$  años. La diferencia de los valores de  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  entre sexos fue significativa según el modelo fitILT seleccionado con base en el criterio de información de Akaike ( $P < 0.001$ ). Las hembras alcanzaron una LT asintótica mayor ( $L_{\infty} = 14.15$  cm) que los machos ( $L_{\infty} = 12.66$  cm) y también crecieron ligeramente más rápido ( $\phi = 2.068$  en hembras) que los machos ( $\phi = 1.975$ ).

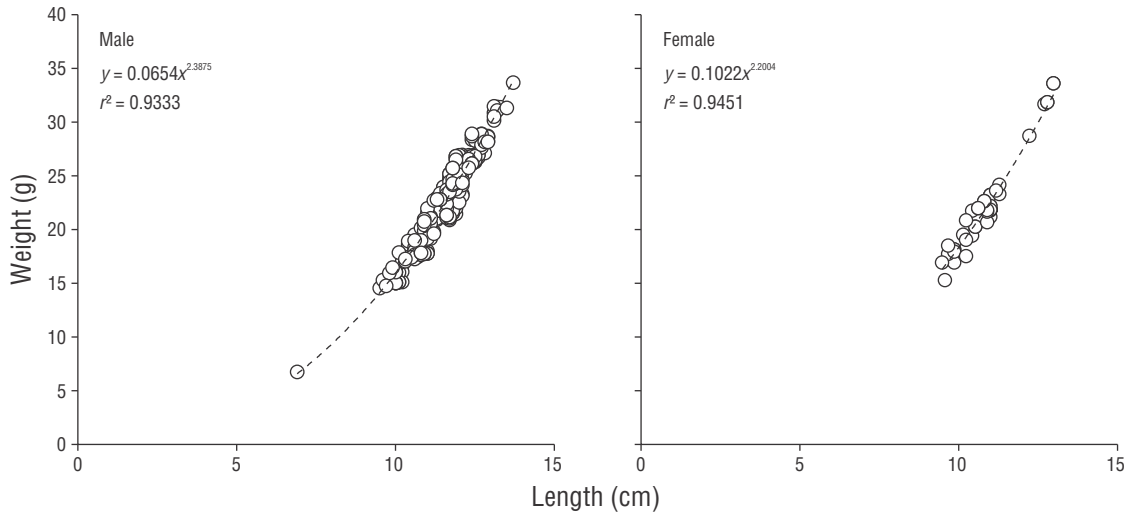
### Análisis de los incrementos marginales de los otolitos

La Figura 7a muestra que la mayoría de los otolitos presentaron bordes hialinos en el primer y segundo trimestre y bordes opacos en el tercero y cuarto trimestre. También se observaron algunos bordes opacos en la primera mitad del año en abril. El porcentaje de bordes de otolitos opacos comenzó a aumentar en febrero y para abril más del 50% de los otolitos tenían bordes opacos; después de abril, el porcentaje empezó a disminuir hasta julio y posteriormente aumentó de julio a diciembre (Fig. 7a). Por lo tanto, en el sureste del mar Negro, los incrementos de crecimiento hialino en los otolitos de *S. ocellatus* se forman en invierno. Los valores más bajos de IMA e IMR se observaron de enero a febrero y los más altos de marzo a septiembre, aunque disminuyeron de junio a julio (Fig. 7b). Tras analizar el tipo de borde por grupo de edad, se observó una tendencia a la baja de marzo a julio para las edades de 2 y 3 años, seguida de un fuerte ascenso hasta octubre. Para los individuos de 1 año de edad,



**Figure 3.** Length frequency distribution by sex of *Symphodus ocellatus* sampled in the southeastern Black Sea.

**Figura 3.** Distribución de la frecuencia de longitudes por sexo de *Symphodus ocellatus* muestreado en el sureste del mar Negro.



**Figure 4.** Length–weight relationship of male and female *Symphodus ocellatus*.  
**Figura 4.** Relación longitud-peso de machos y hembras de *Symphodus ocellatus*.

age–length keys of males and females are given in Table 5. The mean TL values at ages 2 and 3 were higher in females than in males.

The von Bertalanffy growth curve was fitted to the lengths-at-age for all fish and both sexes (Table 2). The estimated von Bertalanffy growth parameters for combined sexes were  $L_{\infty} = 12.63$  cm,  $k = 0.791$  year<sup>-1</sup>, and  $t_0 = -1.080$  years. The difference of  $L_{\infty}$ ,  $k$ , and  $t_0$  values between sexes was significant according to the fit1LT model selected based on the Akaike information criterion ( $P < 0.001$ ). Females reached a larger asymptotic TL ( $L_{\infty} = 14.15$  cm) than males ( $L_{\infty} = 12.66$  cm) and also grew slightly faster ( $\emptyset = 2.068$  in females) than males ( $\emptyset = 1.975$ ).

### Otolith marginal analyses

In Figure 7a, it can be seen that most otoliths showed hyaline edges in the first and second quarters and opaque edges in the third and fourth quarters. Some opaque edges were

diciembre exhibió un porcentaje de bordes opacos superior al 50% (Fig. 7c).

### DISCUSIÓN

Este estudio es la primera aproximación a la descripción de los aspectos biológicos de *S. ocellatus* en el sureste del mar Negro basada en muestras mensuales recolectadas desde junio de 2015 hasta mayo de 2016. No obstante, se necesitan estudios adicionales que incluyan tiempos de muestreo más largos para determinar si las diferencias estacionales encontradas en este estudio son constantes a lo largo del tiempo.

### Composición por sexo y proporción de sexos

El mayor valor de LT de *S. ocellatus* obtenido en el presente estudio (13.70 cm) fue claramente inferior al mayor valor de LT de 18.50 cm registrado previamente dentro de su distribución (Altın et al. 2015), aunque nuestro valor fue mayor que

**Table 3.** Von Bertalanffy growth parameters ( $L_{\infty}$  = asymptotic length,  $k$  = body growth coefficient, and  $t_0$  = theoretical age), growth performance index ( $\emptyset$ ), length–weight relationship parameters ( $a$  = intercept and  $b$  = slope of the relationship), and number of *Symphodus ocellatus* ( $n$ ) analyzed in the southeastern Black Sea ( $r^2$  = coefficient of determination of each function).

**Tabla 3.** Parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy ( $L_{\infty}$  = longitud asintótica,  $k$  = coeficiente de crecimiento corporal y  $t_0$  = edad teórica), índice de rendimiento de crecimiento ( $\emptyset$ ), parámetros de relación longitud-peso ( $a$  = intersección y  $b$  = pendiente de la relación) y número de *Symphodus ocellatus* ( $n$ ) analizados en el sureste del mar Negro ( $r^2$  = coeficiente de determinación de cada función).

Sex	$n$	$L_{\infty}$	$k$	$t_0$	$r^2$	$\emptyset$	$a$	$b$	$r^2$
Female	47	14.150	0.764	-0.188	0.990	2.068	0.102	2.200	0.940
Male	273	12.660	0.764	-1.151	0.950	1.975	0.065	2.388	0.930
Combined sexes	320	12.630	0.791	-1.080	0.950	2.000	0.070	2.362	0.930



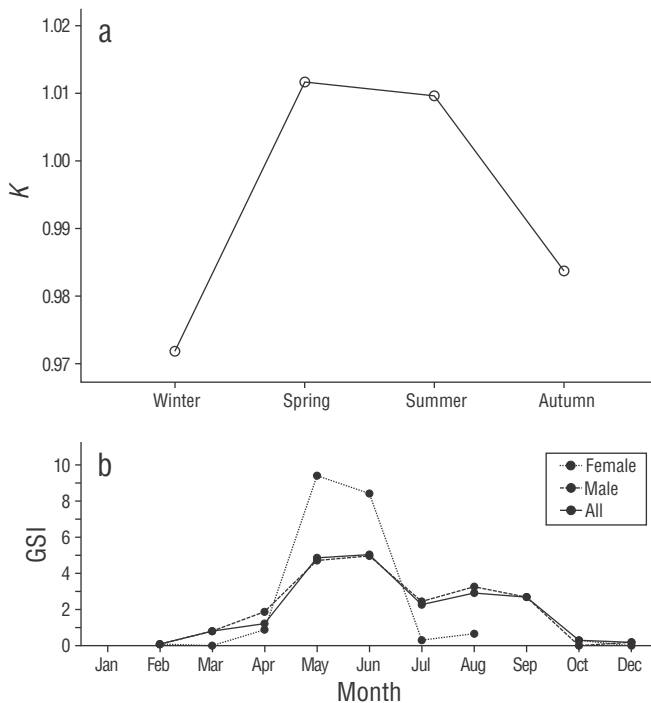
also observed in the first half of the year in April. The percentage of opaque otolith edges began to increase in February, and more than 50% of otoliths had opaque edges in April, after which this percentage decreased until July and subsequently increased from July to December (Fig. 7a). The hyaline growth increment in *S. ocellatus* otoliths is therefore formed in winter in the southeastern Black Sea. The AMD and RMD values were lowest from January to February and highest from March to September, although they decreased from June to July (Fig. 7b). After analyzing the edge type by age group, a downward trend was observed from March to July at ages 2 and 3, followed by a steep rise until October. For 1-year-old individuals, December exhibited a percentage of opaque edges greater than 50% (Fig. 7c).

**DISCUSSION**

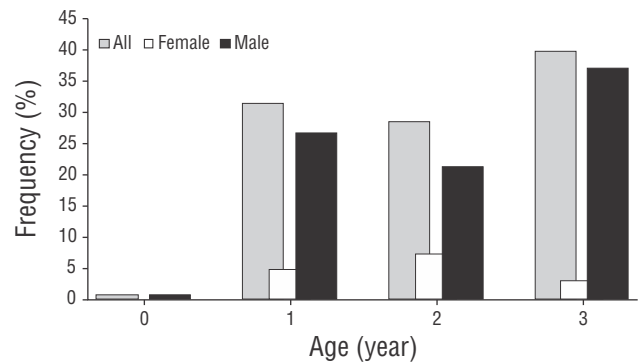
This study constitutes a first approach to describing the biological aspects of *S. ocellatus* in the southeastern Black Sea based on monthly samples collected from June 2015 to May 2016. Nonetheless, additional studies that include longer sampling times are needed to determine whether the seasonal differences found in this study remain consistent over time.

los reportados para los mares Egeo, Mediterráneo y Mármara (6.60-10.70 cm; Valle et al. 2003, Özaydın et al. 2007, İlhan et al. 2008, Gürkan et al. 2010, Keskin y Gaygusuz 2010, Kasapoglu y Duzgunes 2013, Bilge et al. 2014, Kurtele et al. 2019). Esta diferencia en LT probablemente no se deba al tamaño de la muestra porque en otros estudios se analizó un número variable de especímenes. Por lo tanto, esta diferencia puede deberse a la variabilidad biogeográfica en la tasa de crecimiento y a las diferencias en la presión pesquera local (Pallaoro y Jardas 2003), que probablemente influyen en la estructura de las poblaciones en diferentes áreas.

La información sobre la proporción de sexos es necesaria para comprender las relaciones entre la dinámica de la población, los individuos y el medio ambiente (Vicentini y Araújo 2003). La proporción de sexos varía entre especies, poblaciones y periodos dentro de la misma población, y muchos factores, como las condiciones ambientales, la disponibilidad de alimentos y el comportamiento reproductivo, pueden hacer que la proporción de sexos difiera de 1.00:1.00 (Nikolsky 1963, Vandeputte et al. 2012). La gran desviación de la proporción de sexos teórica y esperada de 1.00:1.00 que se encontró en este estudio indica que los machos claramente dominaban sobre las hembras. Una proporción mayor, aunque no muy alta, de machos de *S. ocellatus* también se ha encontrado en otras áreas. Por ejemplo, se obtuvo una proporción de sexos de 1.11:1.00 para especímenes de *S. ocellatus* capturados a lo largo de la costa del mar Negro de Ucrania (Peskov y Manilo 2018) con 80 especímenes recolectados entre 1958 y 2013. De manera similar, los machos de su congénere *Symphodus tinca* también fueron predominantes durante los periodos reproductivos a lo largo del periodo de muestreo en estudios realizados a lo largo de la costa de Croacia (1.43:1.00; Pallaoro y Jardas 2003) y en el noreste de Túnez (1.38:1.00; Ben Slama et al. 2010). Para el tabernero (*Ctenolabrus rupestris*), Sayer et al. (1995) reportaron una proporción de sexos de 1.12:1.00 en diferentes áreas costeras de Escocia.



**Figure 5. (a)** Seasonal condition factor (*K*) values of combined sexes and **(b)** monthly gonadosomatic index (GSI) values by sex and combined sexes of *Symphodus ocellatus* in the southeastern Black Sea. **Figura 5. (a)** Valores del factor de condición estacional (*K*) de sexos combinados y **(b)** valores del índice gonadosomático mensual (GSI) por sexo y sexos combinados de *Symphodus ocellatus* en el sureste del mar Negro.



**Figure 6.** Age composition distribution of *Symphodus ocellatus*. **Figura 6.** Distribución de la composición por edades de *Symphodus ocellatus*.

**Table 4.** Basic biometric data by sex of *Symphodus ocellatus* in the southeastern Black Sea.

**Tabla 4.** Datos biométricos básicos por sexo de *Symphodus ocellatus* en el sureste del mar Negro.

Age group	Sex	N	Total length (cm)		Total weight (g)		Condition factor	
			Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range
0	Male	2	8.20 ± 0.65	6.90–9.50	10.66 ± 2.93	6.77–14.56	1.85 ± 0.08	1.65–2.06
1	Female	15	10.56 ± 0.22	10.00–11.10	18.35 ± 1.03	15.23–20.78	1.53 ± 0.02	1.38–1.68
	Male	85	10.64 ± 0.09	9.60–11.40	18.59 ± 0.44	14.77–22.97	1.48 ± 0.01	1.26–1.69
2	Female	23	11.50 ± 0.17	11.00–11.60	21.94 ± 0.78	20.60–23.11	1.43 ± 0.02	1.34–1.62
	Male	68	11.53 ± 0.10	11.00–11.80	22.41 ± 0.49	17.79–25.20	1.42 ± 0.01	1.25–1.58
3	Female	9	12.92 ± 0.29	11.80–13.70	29.03 ± 1.26	23.20–33.46	1.33 ± 0.03	1.27–1.43
	Male	118	12.28 ± 0.08	11.80–13.70	26.23 ± 0.37	21.47–33.69	1.37 ± 0.00	1.22–1.58

**Table 5.** Age-length keys by sex of *Symphodus ocellatus* in the southeastern Black Sea.

**Tabla 5.** Claves de edad-longitud por sexo de *Symphodus ocellatus* en el sureste del mar Negro.

Length (cm)	Females (N)					Males (N)					Total N
	N	Age (year)				N	Age (year)				
		0	1	2	3		0	1	2	3	
7.00	0					1	1				1
9.50	0					1	1				1
10.00	1		1			14		14			15
10.50	7		7			19		19			26
11.00	6		5	1		33		28	5		39
11.50	9		2	7		50		24	26		59
12.00	18			15	3	81			37	44	99
12.50	0					50				50	50
13.00	1				1	14				14	15
13.50	3				3	9				9	12
14.00	2				2	1				1	3
Total	47	0	15	23	9	273	2	85	68	118	320
Mean length			10.76	11.80	13.05		8.20	10.86	11.73	12.46	

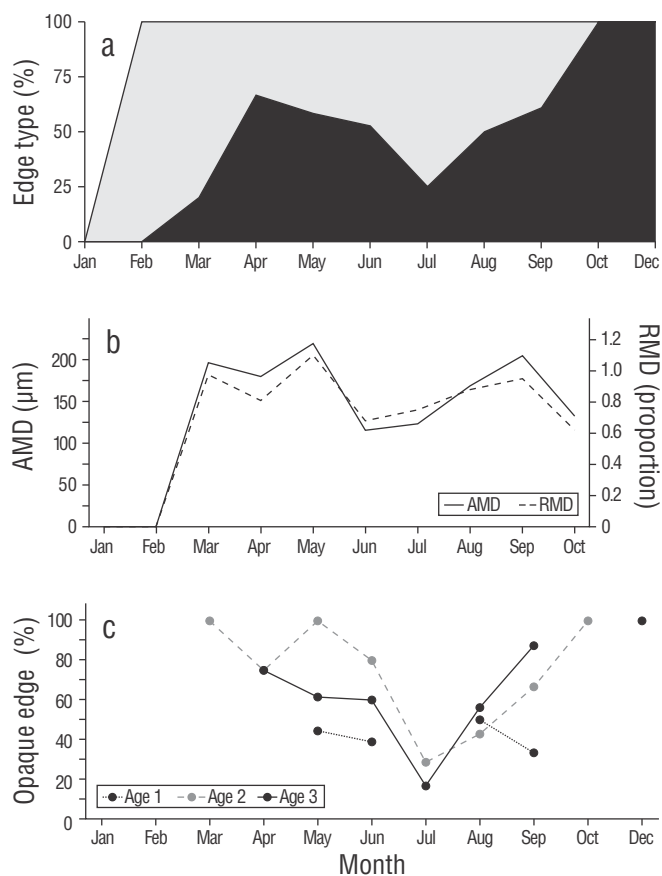
### Composition by sex and sex ratio

The largest *S. ocellatus* TL value obtained in the present study (13.70 cm) was clearly lower than the largest TL value of 18.50 cm previously recorded within its distribution (Altın et al. 2015), although our value was higher than those reported for the Aegean, Mediterranean, and Marmara seas (6.60–10.70 cm; Valle et al. 2003, Özaydın et al. 2007, İlhan et al. 2008, Gürkan et al. 2010, Keskin and Gaygusuz 2010, Kasapoglu and Duzgunes 2013, Bilge et al. 2014, Kurtele et al. 2019). This difference in TL is probably not due to sample size because variable numbers of specimens were analyzed in other studies. Thus, the reasons for this difference may be biogeographical variability in the growth rate and the differences in local fishing pressure (Pallaoro and Jardas 2003), which likely influence the structure of populations in different areas.

Sex ratio information is necessary to understand relationships between population dynamics, individuals, and the environment (Vicentini and Araújo 2003). The sex ratio varies among species, populations, and periods within the same population, and many factors, such as environmental conditions, food availability, and reproductive behavior, may cause the sex ratio to differ from 1.00:1.00 (Nikolsky 1963, Vandeputte et al. 2012). The large deviation away from the theoretical and expected sex ratio of 1.00:1.00 found in this study indicates that male individuals were clearly dominant over females. A higher, although not very high, proportion of *S. ocellatus* males has also been found in other areas. For example, a sex ratio of 1.11:1.00 was obtained for *S. ocellatus* captured along the Ukrainian coast of the Black Sea (Peskov and Manilo 2018) based on 80 specimens collected from 1958 to 2013. Similarly, males of *Symphodus tinca*, a congener, were also predominant during reproductive periods throughout the sampling period in studies conducted along the Croatian coast (1.43:1.00; Pallaoro and Jardas 2003) and in northeastern Tunisia (1.38:1.00; Ben Slama et al. 2010). In the goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*), Sayer et al. (1995) reported a sex ratio of 1.12:1.00 in different coastal areas of Scotland.

The sex ratio may vary seasonally and regionally depending on the habitat preferences of each sex. For example, sex-based flocking tendencies and differential sex- and age-based migration patterns have been observed (Nilsson 1970). However, additional research based on larger sampling sizes and times is required to fully address this issue in the southeastern Black Sea. The vastly greater proportion of males than females observed from May to September in this study coincides with a portion of the estimated spawning period, which could indicate differential sex-based behavior of *S. ocellatus* with regard to its distribution and thus reproduction.

*Symphodus ocellatus* exhibits 3 male phenotypes (nesting, satellite, and sneaker) with different behavioral and physical characteristics (Taborsky et al. 1987). Nesting males



**Figure 7.** Results of otolith marginal analysis of *Symphodus ocellatus* in the southeastern Black Sea: (a) monthly proportion of opaque (black) and hyaline (gray) edges; (b) monthly mean values of relative marginal distance (RMD) and absolute marginal distance (AMD); (c) monthly proportion of opaque edges by age group.

**Figura 7.** Resultados del análisis de los incrementos marginales de otolitos de *Symphodus ocellatus* en el sureste del mar Negro: (a) proporción mensual de bordes opacos (negros) e hialinos (grises); (b) valores medios mensuales del incremento marginal relativo (RMD) y el incremento marginal absoluto (AMD); (c) proporción mensual de bordes opacos por grupo de edad.

La proporción de sexos puede variar por temporada o región dependiendo de las preferencias de hábitat de cada sexo. Por ejemplo, se han observado tendencias de agrupamiento basadas en el sexo y patrones de migración diferenciales basados en el sexo y la edad (Nilsson 1970). Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales basadas en tamaños y tiempos de muestreo más grandes para abordar completamente este tema en el sureste del mar Negro. La proporción mucho mayor de machos a hembras observada de mayo a septiembre en este estudio coincide con una parte del periodo estimado de desove, lo que podría indicar un comportamiento diferencial basado en el sexo de *S. ocellatus* con respecto a su distribución y, por lo tanto, a la reproducción.

*Symphodus ocellatus* exhibe 3 fenotipos masculinos (paternal, satélite y furtivo) con diferentes características

court females, build nests and defend them, and provide parental care. Sneaker males do not defend or care for nests and do not court females (Taborsky et al. 1987, Alonzo et al. 2000). Satellite males associate with a nesting male and court females but do not build nests or provide parental care (Alonzo and Warner 2000, Alonzo 2008). Numerous males are found in nesting areas during the spawning season, and the proportions of these 3 male phenotypes can vary between sites (Alonzo and Warner 2000, Alonzo and Heckman 2010).

### **Length–weight relationships, condition factor, and gonadosomatic index**

The slope value ( $b$ ) from the LWRs for combined sexes estimated in this study (2.36) was very low compared to those of other studies conducted in other Mediterranean areas (3.08–3.22; Table 6). Two studies with the largest sample sizes and TL values representative of *S. ocellatus* (Keskin and Gaygusuz 2010, Altın et al. 2015) reported similarly high  $b$  values (3.10–3.20) in Mediterranean areas relatively close to our study area. By not including specimens smaller than 9.50 cm (except one), the present study is limited when compared to other studies, which could be responsible for the low  $b$  value we obtained. Carlander (1977) and Froese (2006) demonstrated that values of  $b < 2.5$  or  $> 3.5$  are often derived from samples with narrow size ranges. The differences in condition between large and small specimens can vary between years, localities, and seasons and thus result in different weight–length relationships (Froese 2006).

The mean  $K$  values ranged from 0.880 to 1.100. A high  $K$  value implies that the environmental conditions are suitable for a given fish population (Blackwell et al. 2000). As the  $K$  value in our study was higher than 1.000, the environmental conditions in the southeastern Black Sea are suitable for *S. ocellatus*. However, the number of females in our study was quite low and varied monthly. This can influence  $K$  given that the  $K$  value is affected by variables such as fish length, sampling method, environment, food source, spawning period, and growth rate (Le Cren 1951).

In this study, the lowest  $K$  values were observed in winter, while the highest values were observed in spring and summer. Le Cren (1951) also reported that the  $K$  decreases in winter, increases in spring and summer, and decreases again in autumn. Low sea temperature is a factor that negatively influences metabolic processes (e.g., assimilation, digestion, ingestion) and eventually the growth rate in fish. Thus, overwintering is a particularly important period for fish (reviewed by Hurst 2007). During periods of low food availability and/or temperatures,  $K$  declines. The  $K$  values estimated in this study increased as the spawning season approached, which was probably related to the onset of favorable environmental conditions, and then drastically decreased after summer.

Hermaphroditism, namely a change of sex with age, has been reported in some *Symphodus* species (Quignard

físicas y de comportamiento (Taborsky et al. 1987). Los machos paternos cortejan a las hembras, construyen y defienden los nidos, y brindan cuidado parental. Los machos furtivos no defienden ni cuidan los nidos y no cortejan a las hembras (Taborsky et al. 1987, Alonzo et al. 2000). Los machos tipo satélite se asocian con un macho paternal y cortejan a las hembras, pero no construyen nidos ni brindan cuidado parental (Alonzo y Warner 2000, Alonzo 2008). Numerosos machos se encuentran en las áreas de anidación durante la temporada de desove, y las proporciones de estos 3 fenotipos masculinos pueden variar entre sitios (Alonzo y Warner 2000, Alonzo y Heckman 2010).

### **Relaciones longitud-peso, factor de condición e índice gonadosomático**

El valor de la pendiente ( $b$ ) de las RLP para los sexos combinados que se estimó en este estudio (2.36) fue muy bajo en comparación con los de otros estudios realizados en otras áreas mediterráneas (3.08–3.22; Tabla 6). Dos estudios con los tamaños de muestra más grandes y valores de LT representativos de *S. ocellatus* (Keskin y Gaygusuz 2010, Altın et al. 2015) reportaron valores altos de  $b$  similares (3.10–3.20) en áreas mediterráneas relativamente cercanas a nuestra área de estudio. El presente estudio se ve limitado en comparación con otros estudios debido a que no incluimos especímenes menores de 9.50 cm (excepto uno), lo cual podría haber ocasionado el bajo valor de  $b$  que obtuvimos. Carlander (1977) y Froese (2006) demostraron que los valores de  $b < 2.5$  o  $> 3.5$  a menudo se derivan de muestras con rangos de tamaño estrechos. Las diferencias entre la condición de especímenes grandes y pequeños pueden variar entre años, localidades y temporadas y dan como resultado diferentes relaciones de peso-longitud (Froese 2006).

Los valores medios de  $K$  oscilaron entre 0.880 y 1.100. Un valor alto de  $K$  implica que las condiciones ambientales son adecuadas para una determinada población de peces (Blackwell et al. 2000). Como el valor de  $K$  en nuestro estudio fue superior a 1.000, las condiciones ambientales en el sureste del mar Negro son adecuadas para *S. ocellatus*. Sin embargo, el número de hembras en nuestro estudio fue muy bajo y varió mensualmente. Esto puede influir en  $K$  dado que el valor de  $K$  se ve afectado por variables como la longitud del pez, el método de muestreo, el ambiente, la fuente de alimento, el periodo de desove y la tasa de crecimiento (Le Cren 1951).

En este estudio, los valores más bajos de  $K$  se observaron en invierno, mientras que los valores más altos se observaron en primavera y verano. Le Cren (1951) también informó que el  $K$  disminuye en invierno, aumenta en primavera y verano y vuelve a disminuir en otoño. La baja temperatura del mar es un factor que influye negativamente en los procesos metabólicos (e.g., asimilación, digestión, ingestión) y, por ende, en la tasa de crecimiento de los peces. Por lo tanto, el invierno es un periodo de supervivencia

**Table 6.** Length–weight relationship parameters of *Symphodus ocellatus* estimated in the present study and from other studies in the Mediterranean and Black Seas.

**Tabla 6.** Parámetros de la relación longitud-peso de *Symphodus ocellatus* estimados en el presente estudio y de otros estudios en el Mediterráneo y el mar Negro.

	<i>N</i>	Total length range (cm)	Total weight range (g)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>
Mediterranean						
Valle et al. (2003)	456	3.00–9.00	-	0.009	3.170	0.960
Kurtela et al. (2019)	118	2.20–7.80	0.10–7.00	0.012	3.010	0.970
Aegean Sea						
Özaydın et al. (2007)	216	4.70–9.70	-	0.009	3.220	0.960
İlhan et al. (2008)	328	4.70–9.20	1.10–10.56	0.009	3.190	0.970
Gürkan et al. (2010)	10	4.30–6.60	0.59–2.79	0.004	3.480	0.980
Bilge et al. (2014)	274	4.60–9.00	-	0.010	3.130	0.950
Altın et al. (2015)	1922	1.22–18.50	0.01–81.69	0.010	3.200	0.980
Marmara Sea						
Keskin and Gaygusuz (2010)	575	1.80–10.70	-	0.010	3.080	0.970
Black Sea						
Present study (females)	47	10.00–13.70	15.23–47.53	0.102	2.200	0.940
Present study (males)	273	6.90–13.70	6.77–79.97	0.065	2.380	0.930
Present study (combined sexes)	320	6.90–13.70	6.77–79.97	0.069	2.360	0.930

1966, Remacle 1970), such as *Symphodus melanocercus*, although this has not been observed in *S. ocellatus* (Warner and Lejeune 1985). Male *S. ocellatus* have been reported to display different reproductive behaviors (Lejeune 1985). For example, some males build nests and care for the eggs (Gerbe 1864, Šoljan 1930, Taborsky et al. 1987), while females visit these nests and lay their eggs in multiple nests (Taborsky et al. 1987).

Fiedler (1964), Voss (1976), and Lejeune (1985) reported that the breeding period of *S. ocellatus* can last up to 2 months and occurs between May and June in the Mediterranean Sea. In addition, Quignard and Pras (1986) reported that the spawning season of *S. ocellatus* takes place over 4 months in spring and summer (April–July) in the Mediterranean Sea, while Bentivegna and Benedetto (1989) reported that the spawning season takes place from May to August in the Bay of Naples in the Mediterranean Sea. Salekhova (1971) reported that the spawning of *Crenilabrus* species is multiproportional, and reproduction in the Black Sea occurs from April to August when water temperatures range from 12 to 26 °C, with a spawning peak from the end of May to the end of June. The May–June spawning peak reported in this study for the Rize coast in the southeastern Black Sea agrees with those of previous

particularmente importante para los peces (revisado por Hurst 2007). Durante los periodos de baja disponibilidad de alimentos y/o temperatura, el *K* disminuye. Los valores de *K* estimados en este estudio aumentaron a medida que se acercaba la temporada de desove, lo que probablemente se relacionó con la aparición de condiciones ambientales favorables, y posteriormente disminuyeron drásticamente después del verano.

El hermafroditismo, un cambio de sexo con la edad, se observa en algunas especies de *Symphodus* (Quignard 1966, Remacle 1970), como *Symphodus melanocercus*, aunque esto no se ha observado en *S. ocellatus* (Warner y Lejeune 1985). Se ha reportado que los machos de *S. ocellatus* muestran diferentes comportamientos reproductivos (Lejeune 1985). Por ejemplo, algunos machos construyen nidos y cuidan a los huevos (Gerbe 1864, Šoljan 1930, Taborsky et al. 1987), mientras que las hembras visitan estos nidos y ponen sus huevos en múltiples nidos (Taborsky et al. 1987).

Fiedler (1964), Voss (1976) y Lejeune (1985) reportaron que el periodo de reproducción de *S. ocellatus* puede durar hasta 2 meses y ocurre entre mayo y junio en el mar Mediterráneo. Además, Quignard y Pras (1986) reportaron que la temporada de desove de *S. ocellatus* ocurre durante 4 meses en primavera y verano (abril-julio) en el mar

studies in nearby areas. Along the coasts of Tunisia, the reproductive periods of the congener *S. tinca* and the Labridae family were reported to occur from April to June (Ouannes-Ghorbel et al. 2002, Ben Slama et al. 2010) and March to June (Dieuzeide et al. 1954).

Sea temperature is a critical environmental factor that affects fish growth, embryonic and larval development, and reproductive activity (Avşar 2005). Seasonal changes in sea temperature affect fish reproduction. For example, increases in temperature stimulate reproduction in fish species that lay eggs in spring, while decreases in temperature stimulate reproduction in species that lay eggs in autumn (Pankhurst and Munday 2011).

### Age and growth

The growth parameters of *S. ocellatus* in the Black Sea were estimated in this study for the first time. Moreover, we present a first approach to establishing the age and growth of this species in the Black Sea based on otolith data. Given the absence of the other age studies of *S. ocellatus* in the Black Sea, a comparison was performed with the only other study available, which was conducted four decades ago (Pauly 1978) in the neighboring Mediterranean Sea (Table 7). The maximum estimated age (5 years) of *S. ocellatus* of Quignard and Pras (1986) was higher than the maximum age of 3 years estimated in this study.

A performance index can be used to determine the average growth parameters for a given species (Sparre and Venema 1992) and is beneficial when evaluating growth under environmental stress (Pauly 1991). The slightly faster growth rate in females with larger asymptotic lengths than males in this study contrasts with what has been reported in previous studies of *S. ocellatus* in French Mediterranean waters (Pauly 1978) and of the congener *Symphodus mediterraneus* (Škeljo et al. 2015), which exhibited higher  $\emptyset$ ,  $L_{\infty}$ , and  $k$  values in males than in females. Peskov and Manilo (2018) investigated size-at-age and sex variability in *S. ocellatus* along the Ukrainian coast of the Black Sea. According to their results, males were characterized by significantly higher values than those of females. Sayer et al. (1995) pointed to the large difference in the relative size of males and females and annual gonadal development to explain the different growth rates between sexes.

Differences in growth may be due to latitudinal differences in oceanographic variables, such as temperature, or to biological differences in maintenance metabolism and diet among populations (Pauly 1994, Landa et al. 2002). Water temperature affects fish physiology and food availability, which in turn affect biological production (Weatherley and Gill 1987) and growth (Elizarov 1965). Thus, regional ecological conditions may explain the regional variation in growth, although it is not possible to discern the causes behind the differences in sexual growth between this study and that of Pauly (1978). However, the difference in growth

Mediterráneo, mientras que Bentivegna y Benedetto (1989) reportaron que la temporada de desove ocurre de mayo a agosto en la bahía de Nápoles en el mar Mediterráneo. Salekhova (1971) reportó que el desove de las especies de *Crenilabrus* es multiporacional, y la reproducción en el mar Negro ocurre de abril a agosto, cuando la temperatura del agua oscila entre 12 y 26 °C, con un pico de desove desde finales de mayo hasta finales de junio. El pico de desove de mayo a junio reportado en este estudio para la costa de Rize en el sureste del mar Negro concuerda con los de estudios previos en áreas cercanas. A lo largo de las costas de Túnez, se reportó que los periodos reproductivos de la especie congénere *S. tinca* y la familia Labridae ocurren de abril a junio (Ouannes-Ghorbel et al. 2002, Ben Slama et al. 2010) y de marzo a junio (Dieuzeide et al. 1954).

La temperatura del mar es un factor ambiental crítico que afecta el crecimiento de los peces, el desarrollo embrionario y larvario y la actividad reproductiva (Avşar 2005). Los cambios estacionales en la temperatura del mar afectan la reproducción de los peces. Por ejemplo, el aumento de temperatura estimula la reproducción en especies de peces que ponen huevos en primavera, mientras que la disminución de temperatura estimula la reproducción en especies que ponen huevos en otoño (Pankhurst y Munday 2011).

### Edad y crecimiento

En este estudio se estimaron por primera vez los parámetros de crecimiento de *S. ocellatus* en el mar Negro. Además, presentamos una primera aproximación para establecer la edad y el crecimiento de esta especie en el mar Negro basada en datos de otolitos. Dada la ausencia de otros estudios de edad de *S. ocellatus* en el mar Negro, se realizó una comparación con el único otro estudio disponible, que se realizó hace 4 décadas (Pauly 1978) en el vecino mar Mediterráneo (Tabla 7). La edad máxima (5 años) de *S. ocellatus* estimada por Quignard y Pras (1986) fue superior a la edad máxima de 3 años estimada en este estudio.

Se puede utilizar un índice de rendimiento para determinar los parámetros de crecimiento promedio para una especie dada (Sparre y Venema 1992) y es beneficioso cuando se evalúa el crecimiento bajo estrés ambiental (Pauly 1991). La tasa de crecimiento ligeramente más rápida en las hembras con longitudes asintóticas más grandes que los machos en este estudio contrasta con lo reportado en estudios previos de *S. ocellatus* en aguas del Mediterráneo frente a Francia (Pauly 1978) y de la especie congénere *Symphodus mediterraneus* (Škeljo et al. 2015), que exhibió mayores valores de  $\emptyset$ ,  $L_{\infty}$  y  $k$  en machos que en hembras. Peskov y Manilo (2018) investigaron el tamaño por edad y la variabilidad de sexos en *S. ocellatus* a lo largo de la costa de Ucrania del mar Negro. Según sus resultados, los machos se caracterizaron por presentar valores significativamente más altos que las hembras. Sayer et al. (1995) señalaron la gran diferencia en el tamaño relativo de machos y hembras y el

**Table 7.** A comparison of the von Bertalanffy growth parameters of *Symphodus ocellatus* and *Symphodus mediterraneus* in the present study in the Black Sea and in other Mediterranean areas.

**Tabla 7.** Una comparación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de *Symphodus ocellatus* y *Symphodus mediterraneus* en el presente estudio en el mar Negro y en otras áreas del Mediterráneo.

Reference	Species	Study area	Sex	$L_{\infty}$ (cm)	$k$ (year <sup>-1</sup> )	$t_0$ (year)	$\emptyset$
Pauly D. (1978)	<i>Symphodus ocellatus</i>	Mediterranean Sea	Female	10.300	0.645	-	1.840
			Male	10.800	0.949	-	2.040
Present study	<i>Symphodus ocellatus</i>	Black Sea	Female	14.150	0.764	-0.188	2.068
			Male	12.660	0.764	-1.151	1.975
			Combined	12.630	0.791	-1.080	2.000
Škeljo et al (2015)	<i>Symphodus mediterraneus</i>	Mediterranean Sea	Female	14.110	0.330	-1.420	1.810
			Male	16.090	0.500	-0.830	2.110
			All	13.760	0.460	-1.080	1.930

observed in *S. ocellatus* between the coasts of France and the Black Sea could be based on differences in trophic resources and water temperature.

The analysis of otolith edges revealed that the periodicity of annulus formation in *S. ocellatus* is likely annual. Thus, opaque edges predominate in autumn and hyaline edges predominate during the first months of the year (although no information was available for January). The formation of opaque or hyaline bands can be attributed to variables such as seasonal sea temperature cycles, light conditions, fish feeding habits, and reproductive cycles (Beckman and Wilson 1995).

*Symphodus ocellatus* is not a commercially important fish species and is not a target fish species in the Black Sea. As such, no minimum landing size limits have been defined for catches. The present study provides the first data on the growth and reproduction of *S. ocellatus* in the southeastern Black Sea of Turkey, which may be of great interest for future stock assessments to sustainably manage its remaining populations. Further research is needed to increase the accuracy of the estimations presented in this study regarding the period of female reproduction.

#### ACKNOWLEDGMENTS

I thank Semih Engin for providing support in identifying the fish species in this study. I also thank Mr. İbrahim Çolak for providing fish samples every month.

desarrollo gonadal anual para explicar las diferentes tasas de crecimiento entre sexos.

Las diferencias en el crecimiento pueden deberse a diferencias latitudinales en las variables oceanográficas, como la temperatura, o a diferencias biológicas en el mantenimiento del metabolismo y la dieta entre las poblaciones (Pauly 1994, Landa et al. 2002). La temperatura del agua afecta la fisiología de los peces y la disponibilidad de alimentos, lo que a su vez afecta la producción biológica (Weatherley y Gill 1987) y el crecimiento (Elizarov 1965). Por tanto, las condiciones ecológicas regionales pueden explicar la variación regional en el crecimiento, aunque no es posible discernir las causas detrás de las diferencias en el crecimiento sexual entre este estudio y el de Pauly (1978). Sin embargo, la diferencia de crecimiento observada en *S. ocellatus* entre las costas de Francia y el mar Negro podría deberse a diferencias en los recursos tróficos y la temperatura del agua.

El análisis de los bordes de los otolitos reveló que la periodicidad de la formación de los *annuli* en *S. ocellatus* es probablemente anual. Así, los bordes opacos predominan en otoño y los bordes hialinos predominan durante los primeros meses del año (aunque no se dispone de información para enero). La formación de bandas opacas o hialinas se puede atribuir a variables como los ciclos estacionales de temperatura del mar, las condiciones de luz, los hábitos de alimentación de los peces y los ciclos reproductivos (Beckman y Wilson 1995).

## REFERENCES

- Alonzo SH. 2008. Female mate choice copying affects sexual selection in wild populations of the ocellated wrasse. *Animal Behaviour*. 75:1715-1723.  
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.09.031>
- Alonzo SH, Heckman KL. 2010. The unexpected but understandable dynamics of mating, paternity and paternal care in the ocellated wrasse. *Proc Royal Soc B*. 277:115-122.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1425>
- Alonzo SH, Taborsky M, Wirtz P. 2000. Male alternative reproductive behaviors in a Mediterranean wrasse, *Symphodus ocellatus*: Evidence from otoliths for separate life-history pathways. *Evol Ecol Res*. 2:997-1007.
- Alonzo SH, Warner RR. 2000. Allocation to mate guarding or increased sperm production in a Mediterranean wrasse. *Am Nat*. 156:266-275.  
<https://doi.org/10.1086/303391>
- Altın A, Ayyıldız H, Kale S, Alver C. 2015. Length–weight relationships of forty-nine fish species from shallow waters of Gökçeada Island, northern Aegean Sea. *Turk. J Zool*. 39(5):971-975.  
<https://doi.org/10.3906/zoo-1412-15>
- Avşar D. 2005. Fisheries Biology and Population Dynamics. Adana (Turkey): Akademisyen Kitapevi. 332 p.
- Baty F, Ritz C, Charles S, Brutsche M, Flandrois JP, Delignette-Muller ML. 2015. A toolbox for nonlinear regression in R: The Package nlstools. *Journal of Statistical Software*. 66(5):1-21.  
<https://doi.org/10.18637/jss.v066.i05>
- Beckman DW, Wilson CA. 1995. Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths. In: Secor DJ, Dean JM, Campana SE (eds.), Recent Developments in Fish Otolith Research. Columbia (OH): Belle W. Baruch. p. 27-44.
- Bell JD, Harmelin-Vivien ML. 1983. Fish fauna of French Mediterranean Posidonia oceanica seagrass meadows. 2 - Feeding habits. *Téthys*. 11(1):1-14.
- Ben-Slama K, Jouini A, Ben-Sallem R, Somalo S, Sáenz Y, Estepa V, Boudabous A, Torres C. 2010. Prevalence of broad-spectrum cephalosporin-resistant *Escherichia coli* isolates in food samples in Tunisia, and characterization of integrons and antimicrobial resistance mechanisms implicated. *Int J Microbiol Food*. 137(2-3):281-286.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.003>
- Bentivegna F, Benedetto F. 1989. Gonochorism and seasonal variation in the gonads of the labrid *Symphodus (Crenilabrus) ocellatus* (Forsskal). *J Fish Biol*. 34(3):343-348.  
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb03317.x>
- Bilge G, Yapıcı S, Filiz H, Cerim H. 2014. Weight–length relations for 103 fish species from the southern Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyol Piscat*. 44(3):263-269.  
<https://doi.org/10.3750/AIP2014.44.3.11>
- Blackwell BG, Brown ML, Willis DW. 2000. Relative weight (Wr) status and current use in fisheries assessment and management. *Rev Fish Sci*. 8(1):1-44.  
<https://doi.org/10.1080/10641260091129161>
- Budaev SV, Zworykin DD. 1998. Difference in shoaling behaviour between ocellated (*Symphodus ocellatus*) and long-striped (*S. tinca*) wrasses and its relation to other behavioural patterns. *Mar Freshw Behav Phy*. 31(2):115-121.  
<https://doi.org/10.1080/10236249809387067>
- Campana SE, Thorrold SR. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Can J Fish Aquat Sci*. 58:30-38.  
<https://doi.org/10.1139/cjfas-58-1-30>
- Carlander KD. 1977. Handbook of freshwater fishery biology, volume 2. Ames (IA): The Iowa State University Press. 431 p.
- Symphodus ocellatus* no es una especie de pez comercialmente importante y no es una especie de pez objetivo en el mar Negro. Como tal, no se han definido límites mínimos de tamaño de desembarque para las capturas. El presente estudio proporciona los primeros datos sobre el crecimiento y la reproducción de *S. ocellatus* en el sureste del mar Negro de Turquía, que pueden ser de gran interés para futuras evaluaciones de la población para gestionar de forma sostenible sus poblaciones restantes. Se necesita más investigación para aumentar la precisión de las estimaciones presentadas en este estudio con respecto al periodo de reproducción de las hembras.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Semih Engin por su apoyo en la identificación de las especies de peces en este estudio. También agradezco al Sr. İbrahim Çolak por proporcionar muestras de peces cada mes.

Traducido al español por Claudia Michel-Villalobos.

- Dagnelie P. 1975. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Tome II. Gembloux (Belgium): Presses agronomiques de Gembloux. 463 p.
- Dieuzeide R, Novella M, Roland J. 1954. Catalogue des poissons des côtes algériennes. *Bull Stn Aquic Pêche Castiglione*. 6:1-384.
- Elizarov AA. 1965. Long-term variations of oceanographic conditions and stocks of cod observed in the areas of west Greenland, Labrador and Newfoundland. *ICNAF*. 6:827-831.
- Fiedler VK. 1964. Verhaltensstudien an Lippfischen der Gattung *Crenilabrus* (Labridae, Perciformes). *Z Tierpsychol*. 21(5):521-591.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1964.tb01207.x>
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J Appl Ichthyol*. 22(4):241-253.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Gerbe Z. 1864. Observations sur la nidification des Crenilabres. *Rev Mag Zool*. 16:255-258.
- Gürkan S, Bayhan B, Akcinar SC, Taskavak E. 2010. Length–weight relationship of fish from shallow waters of Candarli Bay (North Aegean Sea, Turkey). *Pakistan J Zool*. 42(4):495-498.
- Harmelin JG. 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Pare national de Port-Cros, France). *Mar Ecol*. 8(3):263-284.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1987.tb00188.x>
- Holden MJ, Raitt DFS. 1974. Manual of fisheries science. Part 2: Methods of resource investigation and their application. Rome (Italy): FAO Fish. Technical Report 115 (Rev. 1). 223 p.
- Hureau JC. 1986. Labridae. In: Whitehead PJP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E (eds.), Fishes of the northeastern Atlantic and the Mediterranean. Paris (France): UNESCO. p. 919-942.
- Hurst TP. 2007. Causes and consequences of winter mortality in fishes. *J Fish Biol*. 71(2):315-345.  
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01596.x>



- [ICES] The International Council for the Exploration of the Sea. 2012. Report of the second workshop on age reading of red mullet and striped red mullet (WKACM2), 2-6 July 2012. Boulogne-sur-Mer (France): ICES. 52 p. Technical Report ICES CM 2012/ACOM:60
- [ICES] The International Council for the Exploration of the Sea. 2017. Workshop on Ageing Validation methodology of *Mullus* species (WKVALMU), 15–19 May 2017. Conversano (Italy). Technical Report ICESCM2017/SSGIEOM. 74 p.
- İlhan DU, Akalin S, Tosunoglu Z, Ozaydin O. 2008. Length-weight relationships of five *Symphodus* species (Pisces: Perciformes) from İzmir Bay, Aegean Sea. *Ege JFAS*. 25(3):245-246.
- Kasapoglu N, Duzgunes E. 2013. Length-weight relationships of marine species caught by five gears from the Black Sea. *Mediterr Mar Sci*. 15(1):95-100. <https://doi.org/10.12681/mms.463>
- Keskin Ç, Gaygusuz Ö. 2010. Length-Weight Relationships of fishes in shallow waters of Erdek Bay (Sea of Marmara, Turkey). *Eur J Biol*. 69(2):87-94.
- King M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Oxford (England): Fishing News Books. 341 p.
- Kurtela A, Antolović N, Glavić N, Kožul V. 2019. Length-weight relations and monthly occurrence of juvenile fish species from the Donji Molunat Bay, Croatia (South-East Adriatic Sea). *Naše more*. 66(3):1-5. <https://doi.org/10.17818/NM/2019/3.7>
- Landa J, Antolínez A, Barrado J, Fontenla J, Hernández C, Villamor B, Dueñas C, Navarro MR. 2014. Age determination procedures for benthic fish in Spanish Institute of Oceanography (IEO). Santander (Spain): Instituto Español de Oceanografía. 34 p. [http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/bitstream/handle/10508/9859/Age%20estimation%20procedures%20of%20IEO%20for%20benthic%20fish%20species\\_Landa%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/bitstream/handle/10508/9859/Age%20estimation%20procedures%20of%20IEO%20for%20benthic%20fish%20species_Landa%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Technical Report Int. Doc. IEO. <https://doi.org/10.13140/2.1.4966.9445>
- Landa J, Pérez N, Piñero C. 2002. Growth patterns of the four spot megrim (*Lepidorhombus boschii*) in the northeast Atlantic. *Fish Res*. 55(1–3):141-152. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00302-2](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00302-2)
- Le Cren ED. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in Perch, *Perca fluviatilis*. *J Anim Ecol*. 20(2):201-219. <https://doi.org/10.2307/1540>
- Lejeune P. 1985. Le comportement social des Labridés méditerranéens: étude écoethologique des comportements reproducteurs et sociaux des Labridés méditerranéens des genres *Symphodus* Rafinesque, 1810, et *Coris* Lacepede, 1802. *Cah Ethol Appl*. 5:1-208.
- Levi F, Boutoute M, Mayzaud P. 2005. Lipid composition of *Symphodus ocellatus* (Perciforme: Labridae) in the north-western Mediterranean: influence of two different biotopes. *MarBio*. 146:805-814. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1465-9>
- Mouillot D, Culioli JM, Lepretre A, Tomasini JA. 1999. Dispersion statistic and sample size estimating for three species (*Symphodus ocellatus*, *Serranus scriba* and *Diplodus annularis*) in the Lavezzi Islands Marine Reserve (South Corsica, Mediterranean Sea). *Mar Ecol*. 20(1):19-34. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0485.1999.00064.x>
- Navarro MR, Landa J, Villamor B, Domínguez-Petit R. 2021. First approach to the growth and age corroboration of Northeast Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) in Northern Iberian waters. *Estuar Coast Shelf Sci*. 259:107433. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107433>
- Nikolsky GV. 1963. The ecology of fishes. London (UK): Academic Press. 352 p.
- Nilsson L. 1970. Local and seasonal variation in sex-ratios of diving ducks in south Sweden during the non-breeding season. *Scandinavian Journal of Ornithology*. 1(2):115-128. <https://doi.org/10.2307/3676029>
- Ogle DH, Doll JC, Wheeler P, Dinno A. 2021. FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.9.1: Fish R Core Team; accessed 2021 July 17. <https://github.com/droglenc/FSA>.
- Ogle DH. 2020. FSAsim: Simulate Data for Fisheries Stock Assessment Methods. Accessed 2020 Feb 12. <http://derekogle.com/fishr>, <https://github.com/droglenc/FSAsim>.
- Ouannes-Ghorbel M, Bradai MN, Bouain A. 2002. Spawning period and sexual maturity of *Symphodus (Crenilabrus) tinca* (Labridae) in Sfax coasts (Tunisia). *Cybium*. 26:89-92.
- Özaydin O, Uçkun D, Akalin S, Leblebici S, Tosunoglu Z. 2007. Length-weight relationships of fishes captured from Izmir Bay, central Aegean Sea. *J Appl Ichthyol*. 23(6):695-696. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00853.x>
- Pallaoro A, Jardas I. 2003. Some biological parameters of the peacock wrasse, *Symphodus (Crenilabrus) tinca* (L. 1758) (Pisces: Labridae) from the middle eastern Adriatic (Croatian coast). *Sci Mar*. 67(1):33-41. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67n133>
- Panfili J, Pontual (de) H, Troadec H, Wrigth PJ. 2002. Manual of Fish Sclerochronology. Brest (France): Ifremer-IRD coedition. p. 464.
- Pankhurst NW, Munday PL. 2011. Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. *Mar Freshw Res*. 62(9):1015-1026. <https://doi.org/10.1071/MF10269>
- Pauly D. 1978. A preliminary compilation of fish length growth parameters. *Berichte des Institut für Meereskunde der Christian-Albrechts-Universität Kiel*. 55:1-200.
- Pauly D. 1991. Growth performance in fishes: rigorous description of patterns as a basis for understanding causal mechanisms. *Aquabyte*. 4:3-6.
- Pauly D, Munro JL. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*. 2(1):21-23.
- Pauly D. 1994. A framework for latitudinal comparisons of flatfish recruitment. *Neth J Sea Res*. 32(2):107-118. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0077-7579(94)90035-3)
- Peskov VN, Manilo LG. 2018. Size-at-age and sex variability of plastic values in ocellated wrasse, *Symphodus ocellatus* (Linnaeus, 1758) (Labridae, Perciformes), in Northern part of the Black Sea. 36 pp Зоол муз. 49:3-15.
- Quignard JP. 1966. Recherches sur les Labridae (poissons téléostéens perciformes) des côtes européennes. *Nat Monspel Ser Zool*. 5:1-247.
- Quignard JP, Pras A. 1986. Labridae. In: Whitehead PJP, Bauchot M-L, Hureau J-C, Nielsen J, Tortonese T (eds.), *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean Vol. 2*. Paris (France): UNESCO. p. 919-942.
- Remacle C. 1970. Contribution à l'étude de la sexualité chez certains Labridae et Sparidae (teleostéens perciformes). *Bulletin de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique. Entomol biol*. 46:1-13.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *J Fish Res*. 191:1-367.
- Rizzo E, Bazzoli N. 2020. Chapter 13 - reproduction and embryogenesis. In: Baldisserotto B, Urbinati EC, Cyrino JEP (eds.), *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. Cambridge (MA): Academic Press. p. 287-313.
- Salekhova LP. 1971. Embrionalnyi i ranniy postembrionalnyi periody razvitiya chernomorskih zelenushek roda *Crenilabrus*. *Biologiya morya. Vyp. 23. Voprosy ekologii ryb yuznyh morey*. (Respubl. mezhdovomstvennyi sborn.). Kiev (Ukraine): Naukova dumka p. 36-77.
- Sayer MDJ, Gibson RN, Atkinson RJA. 1995. Growth, diet and condition of goldsinny on the west coast of Scotland. *J Fish Biol*.

- 46(2):317-340.  
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1995.tb05972.x>
- Sinopoli M, Cattano C, Chemello R, Timpanaro A, Timpanaro V, Gristina M. 2014. Nest building in a Mediterranean wrasse (*Symphodus ocellatus*): are the algae used randomly chosen or actively selected. *Mar Ecol.* 36(4):942-949.  
<https://doi.org/10.1111/maec.12187>
- Škeljo F, Brčić J, Vuletin V, Ferri J. 2015. Age and growth of the axillary wrasse, *Symphodus mediterraneus* (L.) from the eastern Adriatic Sea. *Mar Biol Res.* 11(7):780-784.  
<https://doi.org/10.1080/17451000.2015.1016963>
- Škeljo F, Ferri J. 2012. The use of otolith shape and morphometry for identification and size-estimation of five wrasse species in predator-prey studies. *J Appl Ichthyol.* 28(4):524-530.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01925.x>
- Šoljan T. 1930. Nestbau eines adriatischen lippfisches (*Crenilabrus ocellatus* forsk.). *Z Morphol Oekol Tiere.* 17:145-153.  
<https://doi.org/10.1007/BF00406256>
- Sparre P, Venema SC. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. Rome (Italy): [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 376 p. Fisheries Technical Paper No. 306.
- Stiver KA, Alonzo SH. 2013. Does the risk of sperm competition help explain cooperation between reproductive competitors? A study in the ocellated wrasse (*Symphodus ocellatus*). *Am Nat.* 181(3):357-368.  
<https://doi.org/10.1086/669149>
- Stiver KA, Harris RM, Townsend JP, Hofmann HA, Alonzo SH. 2014. Neural gene expression profiles and androgen levels underlie alternative reproductive tactics in the ocellated wrasse, *Symphodus ocellatus*. *Ethology.* 121(2):152-167.  
<https://doi.org/10.1111/eth.12324>
- Taborsky M, Hudde B, Wirtz P. 1987. Reproductive behaviour and ecology of *Symphodus (Crenilabrus) ocellatus*, a European wrasse with four types of male behaviour. *Behaviour.* 102(1-2):82-117.  
<https://doi.org/10.1163/156853986X00063>
- Treble MA, Campana SE, Wastle RJ, Jones CM, Boje J. 2008. Growth analysis and age validation of a deepwater Arctic fish, the Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). *Can J Fish Aquat.* 65(6):1047-1059.  
<https://doi.org/10.1139/F08-030>
- Uzer U, Öztürk B, Yıldız T. 2019. Age composition, growth, and mortality of European hake *Merluccius merluccius* (Actinopterygii: Gadiformes: Merlucciidae) from the northern Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyol Piscat.* 49(2):109-117.  
<https://doi.org/10.3750/AIEP/02465>
- Valle C, Bayle JT, Ramos AA. 2003. Weight-length relationships for selected fish species of the western Mediterranean Sea. *J Appl Ichthyol.* 19(4):261-262.  
<https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00492.x>
- Vandeputte M, Quillet E, Chatain B. 2012. Are sex ratios in wild European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) populations biased?. *Aquat Living Resour.* 25(1):77-81.  
<https://doi.org/10.1051/alr/2012002>
- Vicentini RN, Araújo FG. 2003. Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz J Biol* 63(4):559-566.  
<https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000400003>
- Vitale F, Worsøe-Clausen L, Ní Chonchúir G. 2019. Handbook of fish age estimation protocols and validation methods. Copenhagen (Denmark): ICES Cooperative Research. 180 p. Report No. 346.  
<http://doi.org/10.17895/ices.pub.5221>
- Von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries of growth laws II). *Hum Biol.* 10(2):181-213.
- Voss J. 1976. A propos de quelques poissons de la Méditerranée: le genre *Symphodus* Rafinesque, 1810: *Symphodus (Crenilabrus) melops* L., *Symphodus ocellatus* Forskal, 1775. *Revue française d'Aquariologie Herpétologie.* 3:93-98.
- Warner RR, Lejeune P. 1985. Sex change limited by paternal care: a test using four Mediterranean labrid fishes, genus *Symphodus*. *Mar Biol.* 87:89-99.  
<https://doi.org/10.1007/BF00397010>
- Weatherley AH, Gill HS. 1987. The biology of fish growth. London (UK): Academic Press. 443 p.