

Determinación de la edad de *Spicara smaris*

ESTUDIO REALIZADO EN 2019

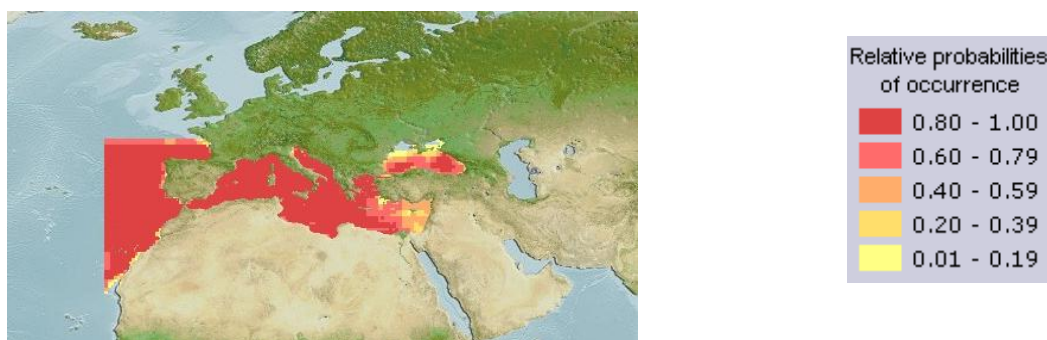
Índice

Introducción	3
Biología de la especie	3
Estudio de los Otolitos para la determinación de la edad	5
Método.....	6
Toma de datos.....	6
Extracción de muestras	6
LECTURA DEL PRIMER ANILLO ANUAL	7
Elección de los individuos	7
Procesado de las muestras para la lectura de anillos diarios.	8
LECTURA DE ANILLOS ANUALES	11
Resultados.....	12
Lecturas anillos diarios	12
Lecturas anillos anuales	12
Conclusiones	14
Bibliografía	14

Introducción

Biología de la especie

Spicara smaris es una especie ampliamente distribuida por Atlántico oriental, toda la cuenca Mediterráneo, el Mar Negro, en el sur del Mar de Azov, y las costas atlánticas de Portugal a Marruecos, incluyendo las Islas Canarias y Madeira (36), como se ve en el mapa 1. Siendo una especie de interés pesquero en Ibiza y Formentera al igual que en otras islas del Mediterráneo.



Mapa1: Muestra la distribución de *Spicara smaris*, donde se aprecia también la probabilidad relativa de aparición.

Spicara smaris es una especie perteneciente a la clase Actinopterygios (peces con aletas radiadas). Dentro de esta clase al orden perciformes y a la familia Centrarchidae (36). Poseen un cuerpo alargado y estrecho. Con una mandíbula superior protráctil, para favorecer la alimentación. Aleta dorsal continua, sin escotadura entre la parte de radios duros y la de radios blandos. Es una especie demersal (30) que se encuentra en aguas someras (0-30 metros) en la época invernal y se traslada a aguas más profundas (hasta 100 metros) en la época estival, incluyendo la época reproductora.

Presenta hermafroditismo protógino secuencial, que presenta dimorfismo sexual únicamente durante el periodo reproductor (39, 40, 25; 34) Su coloración es grisácea por el dorso, aunque en la época reproductiva la de los machos se salpica levemente de manchas azuladas, y vientre plateado. Una de las características más significativa de su coloración es una mancha negra cuadrangular en los flancos, entre la línea lateral y las aletas pectorales. Las aletas ventral y caudal carecen de coloración en las hembras, en cambio en el caso de los machos poseen una coloración amarilla, que se intensifica de manera notable en la época reproductiva. Estas características se pueden apreciar de forma clara en las imágenes 1, 2 y 3. (36) Estos cambios de coloración dentro de la familia Centrarchidae ha llevado a que en el pasado los machos de la especie hayan sido clasificados como *S.flexuosa* en lugar de *S.smaris* (20) Estas confusiones han dificultado la determinación de la edad de *S.smaris* (30).



Imagen 1: Hembra de *Spicara smaris*



Imagen 2: Macho no reproductor de *Spicara smaris*



Imagen 3: Macho reproductor de *Spicara smaris*

Habitan en praderas de *Possidonia oceánica*, fondos fangosos y bancos de arena cercanos, entre los 15 y los 100 metros de profundidad (21). Por lo general utilizan la pradera de *P. oceánica* para resguardarse de los posibles depredadores durante el día. Mientras que durante la noche se trasladan a los bancos de arena. Comúnmente se encuentran a menor profundidad, para alimentarse. Cuando llega la hora de la cría se desplazan a zonas más profundas, donde utilizan las zonas fangosas que rodean a la pradera para nidificar.

Los individuos de esta especie pueden llegar a alcanzar hasta 20 cm de longitud (37). Cabe remarcar, como se ha dicho anteriormente, que *S. smaris* es una especie con hermafroditismo protógino, es decir, que sus individuos inicialmente se comportan como hembras y en un momento de su vida cambian a macho (38). A causa de esta característica hay que tener en cuenta que el tamaño alcanzado por hembras y machos diferirá dentro de rangos preestablecidos.

Se han realizado diversos estudios a lo largo de los años en diferentes zonas del mediterráneo tratando de determinar la edad de los individuos. La mayoría de dichos estudios se han realizado en el mediterráneo oriental: Grecia, Turquía, Creta... Basándose en otolitos y escamas o en la frecuencia de distribución de tallas (41; 36; 19; 22; 18; 26; 27; 3; 30). Pero los estudios mencionados anteriormente parecen ser contradictorios, con respecto a la longitud media por edad y el crecimiento de la especie (30). 5 años para las hembras y 7 años para los machos en las costas de Creta (30). Aunque otros estudios más recientes fijan los rangos de edad en 4 años para las hembras y 6 para los machos (8). Este último hace 6 grupos de edad, sin tener en cuenta una población que está formando su primer año a la cual nosotros clasificaremos como 0

Un estudio realizado entre 1988 – 1990 en las costas de Creta estableció una correlación lineal entre el tamaño del individuo y su edad (30). La edad de los individuos se pudo conocer gracias al estudio de estructuras anatómicas como los otolitos y las escamas, puesto que dichas estructuras forman un anillo nuevo cada año. Conocer la edad de los individuos es un dato relevante para poder establecer el tiempo necesario para alcanzar la madurez reproductiva. Otro estudio realizado entre abril y mayo de 1999 estableció que la relación de crecimiento y peso esperada para los individuos de estudio sufría un crecimiento isométrico para los machos. En cambio, para las hembras experimentaba un crecimiento alométrico negativo (8).

Estudio de los Otolitos para la determinación de la edad

Este tipo de estudios comenzó a desarrollarse a finales del siglo XIX, a partir de los estudios de Reibisch en 1899. A lo largo de los años se estudió esta estructura en gran cantidad de Teleósteos para conocer el crecimiento anual. Pero no fue hasta 1971 cuando Pannella descubrió la formación de anillos diarios en los otolitos. Que le dio un nuevo enfoque al estudio del crecimiento de las especies. Permitiendo reconstruir la vida del individuo, con sus estadios larvarios y juveniles, partes del ciclo vital que en ocasiones son muy difíciles de analizar de otra forma.

Los otolitos aparecen tempranamente en la vida del pez (13). Inicialmente se forma un núcleo alrededor del cual se depositan capas de sustancia calcárea (35). Constituyen una parte muy importante del oído interno de los peces óseos. Son estructuras calcáreas depositadas por el líquido endolinfático del laberinto, las cuales se encuentran alojadas en dos cavidades adyacentes del neurocráneo: las cápsulas óticas (35).

Se reconocen tres pares de otolitos: sagitta (saculus), lapillus (utriculus) y asteriscus (lagena). De estas tres estructuras, la sagitta es la más utilizada para la determinación de la edad y se halla vinculada con la función de la audición (35).

Si se observa con luz transmitida un otolito, se pueden distinguir una serie de bandas concéntricas hialinas (visibles de color claro) y opacas (visibles de color oscuro). Si el mismo otolito se observa con luz reflejada, el patrón de colores de las bandas es inverso, viéndose las bandas hialinas de color oscuro y las opacas de color claro (Imagen 4). Corrientemente los términos hialinos y opaca están referidos a “zona de invierno” y “zona de verano” respectivamente, pero ambas pueden formarse en cualquier estación del año (10; 29), por lo que se prefiere para evitar confusiones referirse a zona hialina y zona opaca.

Las capas concéntricas están unidas entre sí por fibras sólidas de disposición radial entre las cuales se depositan cristales de aragonita (carbonato de calcio), los cuales confieren al otolito su naturaleza calcárea. (35) La sustancia que predomina en la zona opaca es una proteína denominada conquiolina (21).

La diferente opacidad de las bandas que aparecen en los otolitos obedece a la cantidad de calcio y proteína que se deposita, en relación a diferentes condiciones fisiológicas (vinculadas por lo general a aspectos ambientales). La zona hialina contiene gran cantidad de cristales de carbonato de calcio mientras que en la zona opaca se encuentra poca cantidad. Por ello, cuando la cantidad depositada es poca, los cristales de carbonato de calcio son pequeños y el espacio existente entre los mismos es llenado por proteínas, lo que aumenta la opacidad. De este modo, los otolitos aumentan su tamaño añadiendo zonas alternadas de diferente opacidad (35).

Si se relacionan las bandas de los otolitos con el crecimiento del pez, se observa que las zonas opacas están asociadas con períodos de crecimiento rápido (verano, otoño) y que las zonas hialinas corresponden a períodos de crecimiento lento (invierno, primavera). Por lo tanto, luego de un año, es posible notar que se ha agregado una zona opaca y una zona hialina a las ya existentes en el otolito. Si se establece que la formación de ambas zonas corresponde a un modelo de tiempo definido, es posible entonces determinar la edad de un pez; por ejemplo, una zona opaca seguida de una hialina al cabo de un año significa un crecimiento anual. Si todas las zonas hialinas representan años, el número de zonas hialinas puede considerarse como la edad del pez (si éste ha alcanzado la fecha de nacimiento) (35).

La determinación de la edad en especies de vida corta por medio de los otolitos puede ser difícil a causa de la predominancia de individuos jóvenes (edades entre 0 y 2 años) que pueden generar anillos falsos (12; 32; 33; 17; 29) La evaluación del crecimiento y la demografía de las especies de vida corta en latitudes templadas y tropicales normalmente usa métodos basados en la longitud de los individuos (15; 3; 6; 29) sin embargo, los conocimientos sobre la dinámica de crecimiento y la demografía real obtenidos del uso de otolitos para la determinación de la edad han llevado a muchos grupos que trabajan con pelágicos de vida corta a descartar tales procedimientos (1; 23; 24; 12; 14; 9; 29).

Hoy en día el análisis de microestructuras del otolito permite detectar incrementos diarios (16; 5) y la reconstrucción individual de las trayectorias de crecimiento a lo largo de la vida. Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay factores tanto extrínsecos (como la disponibilidad de alimento, la temperatura...)

como intrínsecos (el metabolismo...) que afectan al crecimiento (5). La forma de los otolitos puede representar diferentes etapas fenotípicas del desarrollo, siendo principalmente influenciado por el sexo, edad, clases de edad, stock y el medio ambiente (2; 4; 31).

Método

Toma de datos

En nuestro caso las muestras han sido tomadas de forma aleatoria entre los 3 puertos de la isla de Ibiza: San Antonio, Santa Eulalia e Ibiza. Durante todo un año, desde noviembre de 2016 a octubre de 2017. Para el estudio de los Otolitos se han estudiado 492 individuos.

De los cuales se tomó una submuestra de 22 individuos que cumplían los dos requisitos necesarios (mostrar una talla aproximada de 12cm y ser capturados en el mes de abril) y fueron estudiados para poder fijar el anillo de crecimiento que corresponde al primer año de crecimiento.

Estos requisitos concretos se fijaron a raíz del estudio previo de la población donde se tuvieron en cuenta diversos parámetros, por un lado, el índice gonadosomático (IGS) con el cual se relaciona el tamaño gonadal con el tamaño del individuo.

Extracción de muestras

Se realiza un corte superficial en la parte superior de la cabeza del pez a la altura de las branquias (Imagen 4.A). Para poder tener acceso a los otolitos, los cuales se encuentran situados dentro de la cavidad craneal a ambos lados del sistema nervioso (imagen 4.B).

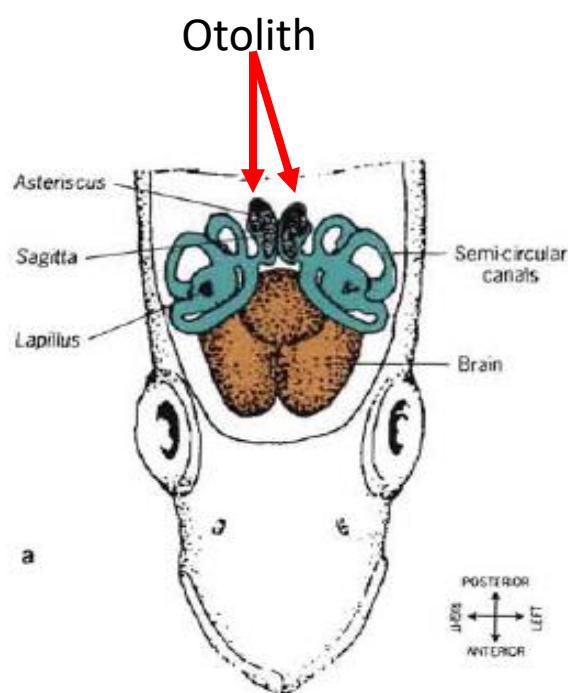


Imagen 4.A (Izquierda): Ejemplar con sección para la extracción de los otolitos. 4.B (Derecha) Esquema de la disposición de los otolitos (35).

Una vez extraídos se colocaron en un recipiente con agua oxigenada un par de minutos para limpiarlos de cualquier resto que hubiera podido quedar de materia orgánica que pudiera deteriorar con su descomposición la integridad de la muestra. Después se lavan con agua destilada y se secan. Para almacenarlos en sus endoporfos correspondientes con su etiquetado de identificación.

La lectura se fracciona en dos partes. Por un lado, el estudio de los anillos diarios para poder determinar con exactitud cuál es el anillo correspondiente al primer año y por otro la lectura de los anillos anuales para determinar la edad de los individuos. Estos dos tipos de lecturas se hicieron necesarios tras comprobar que en la bibliografía no había un consenso para determinar el primer anillo de lectura, haciendo imposible datar con exactitud la edad de los individuos.

A la hora de leer los otolitos hay que conocer cómo crece esta estructura dentro del individuo. Los otolitos poseen un crecimiento continuo durante el cual se depositan diferentes sustancias dependiendo de los factores ambientales que rodeen al individuo. El principal factor que afecta a esta deposición son las temperaturas, así pues, cuando la temperatura es más baja depositan una capa rica en proteínas que da un aspecto más opaco al individuo. Dentro del crecimiento diario esta capa se ve marcada durante la noche. Por otra parte, cuando las temperaturas son más cálidas el depósito tiende a ser hialino, por lo que se ve una línea translúcida. En las variaciones diarias esta capa se deposita durante el día, momento en el que la temperatura del agua asciende.

Uno de los principales problemas a los que nos hemos enfrentado a la hora de leer otolitos de Gerret es que esta especie tiende a vivir en temperaturas estables. Ya que sus hábitos de vida hacen que se vayan a mayores profundidades cuando empieza a aumentar la temperatura y vuelvas a aguas más someras cuando se acerca el invierno y las temperaturas descienden. Todo esto ha llevado a que se formen una gran cantidad de pseudoanillos que se pueden confundir con los anillos de crecimiento anual y dar problemas en la datación de la edad de los individuos.

LECTURA DEL PRIMER ANILLO ANUAL

Elección de los individuos

El primer problema al que nos enfrentamos era determinar que individuos tenían un año. Pues la bibliografía de la especie es confusa y anteriormente no se había hecho un estudio de anillos diarios para la determinación del primer anillo anual. Así que optamos por realizar un estudio de los datos estadísticos obtenidos a lo largo de este estudio de las poblaciones capturadas para ver cómo se comportaba la población. Nos centramos en dos aspectos principales:

1. Época reproductiva:

Con ayuda del índice gonadosomático, pudimos determinar que las poblaciones tenían su máximo entre los meses de marzo y mayo (Imagen 5). Esto unido al conocimiento de que la especie anida en grupo. Por lo que la población ha de sincronizarse a la hora de la puesta nos llevó a determinar que la eclosión de los individuos debía realizarse en torno al mes de mayo.

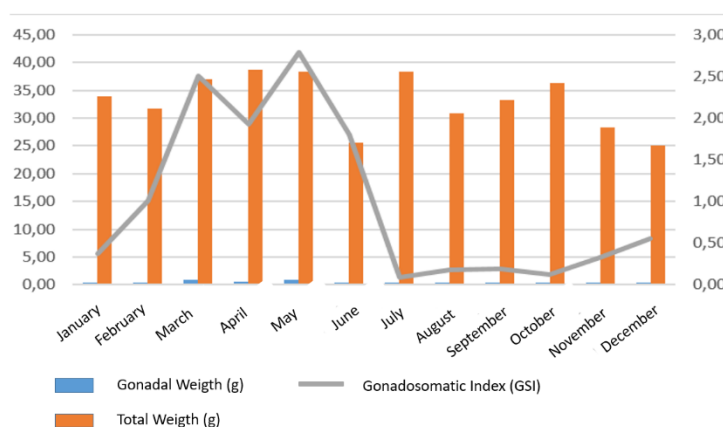


Imagen 5: Representación anual del peso total de los individuos (Total weight) frente al peso de las gónadas (Gonadalweight) y el índice gonadosomático (GSI)

2. Tamaño de los individuos:

Con el estudio de las poblaciones vimos como la primera coorte capturada correspondía a individuos que alcanzaban entorno a los 12 centímetros en los meses que se aproximan a la puesta (Imagen 6 – Letra A).

Como se observa en las gráficas las poblaciones evolucionan, con una coorte marcada para el primer año (coorte A), que avanza desde los 9 centímetros en enero a los 12 cm en abril.

Con estos datos se decidió tomar las muestras de 12 centímetros entorno a los meses de abril y mayo.

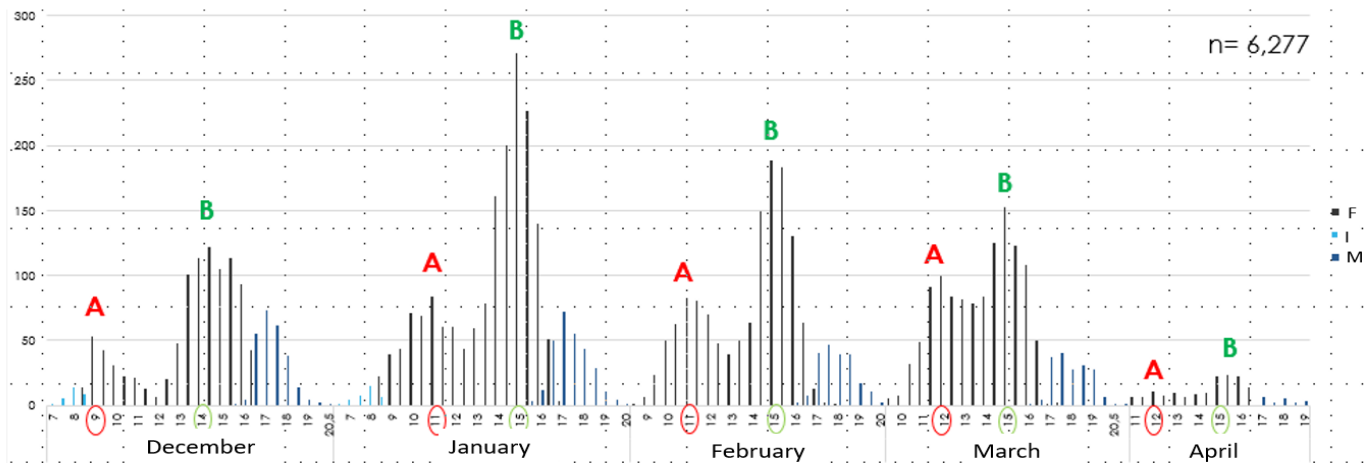


Imagen 6: Distribución de la población de *S. smarís* en los meses permitidos para la pesca con artet.

Pero nos topamos con el siguiente problema: las muestras cogidas con artet, que son las que incluyen a los individuos más pequeños, solo son hasta abril. Puesto que ahí termina su permiso para la pesca. Así que nos tuvimos que adaptar y tomar las muestras que se encontraban en torno a los 12 centímetros en abril y así corroborar que estaban a punto de cumplir un año de vida.

Procesado de las muestras para la lectura de anillos diarios.

En primer lugar, se fotografiaron todos los otolitos que se iban a utilizar, puesto que con su procesado se deteriorarán.

Para la lectura de los otolitos diarios se utilizó el plano de lectura transversal en el otolito izquierdo de todos los individuos. Siguiendo el eje ventral, desde el core hasta el límite exterior (Imagen 7).

A continuación, se añade una imagen con los diferentes planos del otolito. Puesto que en la descripción de las diferentes técnicas empleadas se hace referencia a varios de ellos, ya que se tuvo que probar con diferentes planos hasta encontrar el óptimo ya que no había hecho ningún estudio previo de los otolitos diarios de *Spicara smarís*.

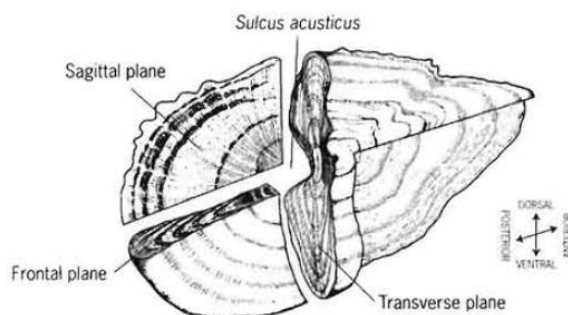


Imagen 7: Representación del otolito con los diferentes ejes de crecimiento (35).

Nuestra primera estrategia de lectura era utilizar el radio rostral, por ser el de mayor crecimiento así que se fijaron los otolitos con (Crystalbond™) en un portaobjetos y comenzamos a pulirlos. Pero rápidamente nos dimos cuenta de que esto no sería posible, pues debido a la morfología del otolito es imposible pulirlos para que la lectura en este radio incluya el borde del otolito y el core (zona central donde se encuentra el primer anillo de crecimiento). Esto es a causa de que los otolitos son muy cóncavos y el núcleo se encuentra mucho más cerca de uno de los bordes.

Al encontrarnos con este problema decidimos pasar el radio de lectura al radio posterior. Se pulieron una decena de muestras y nos encontramos con el siguiente problema. La integridad del otolito se debilitaba a medida que se iba puliendo y cuando era lo suficientemente fino como para vislumbrar el core, el borde externo se deterioraba hasta el punto de no poder ser leído.

Así que se decidió cambiar el eje lectura y pasar al eje trasversal (imagen 8.1). Para ellos se incluyeron los otolitos en resina (imagen 8.2). Una vez solidificada se marcaron los núcleos y se cortó una sección transversal de 300 micras en la que se incluía el core. Después, se fijó con Crystalbond™ a un portaobjetos y se pulió a mano con lijas de diferentes medidas después se pulió y se procedió a su lectura.

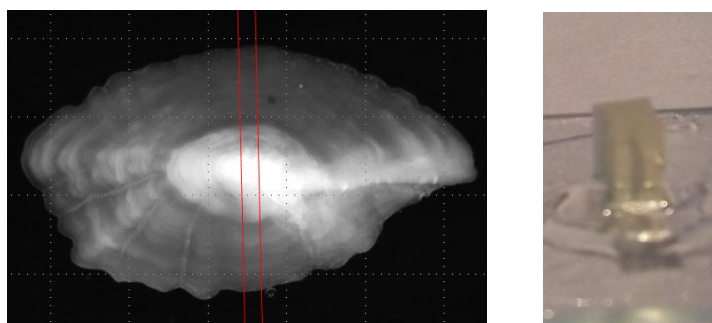


Imagen 8.1 (izquierda) Imagen de lupa binocular de otolito sagita izquierdo con marca a la altura del core que delimita la sección. 8.2 (derecha) Sección incluida en resina para su posterior procesamiento.

Pero nos encontramos con la siguiente dificultad. A pesar de que el lijado y el pulido habían sido exitosos los núcleos seguían sin verse. En primer lugar, decidimos sumergirlos en ácido nítrico, primero al 1% y luego al 5%. Pero al ver que tras 15min de tratamiento seguía sin verse diferencia se descartó esta opción.

Así que decidimos añadirles ácido clorhídrico (1N) al 1% para disolver la parte que no nos dejaba ver los primeros incrementos diarios (imagen 9 y 10). Se expusieron al ácido por ambas caras entre 5 y 10 min observados con lupa para evitar roturas y deterioros causados por una sobreexposición al ácido.

Una vez se consiguió que se viesen por completo los anillos de crecimiento diarios se pasó a fotografiar con ayuda del microscopio los otolitos con aceite de inmersión al 20x. Las imágenes obtenidas fueron montadas manualmente con Photoshop (Imagen 9). Puesto que eran demasiadas imágenes para que el programa de montaje de imágenes automático realizara los collage. Después con ayuda del programa ImageJ se realizó una lectura en el radio ventral de todos los otolitos 2 veces para poder corroborar las

lecturas, y así pudiendo corroborar que entre ellas no hubiese una diferencia de más del 10% para poderlas tomar como válidas (Imagen 11).

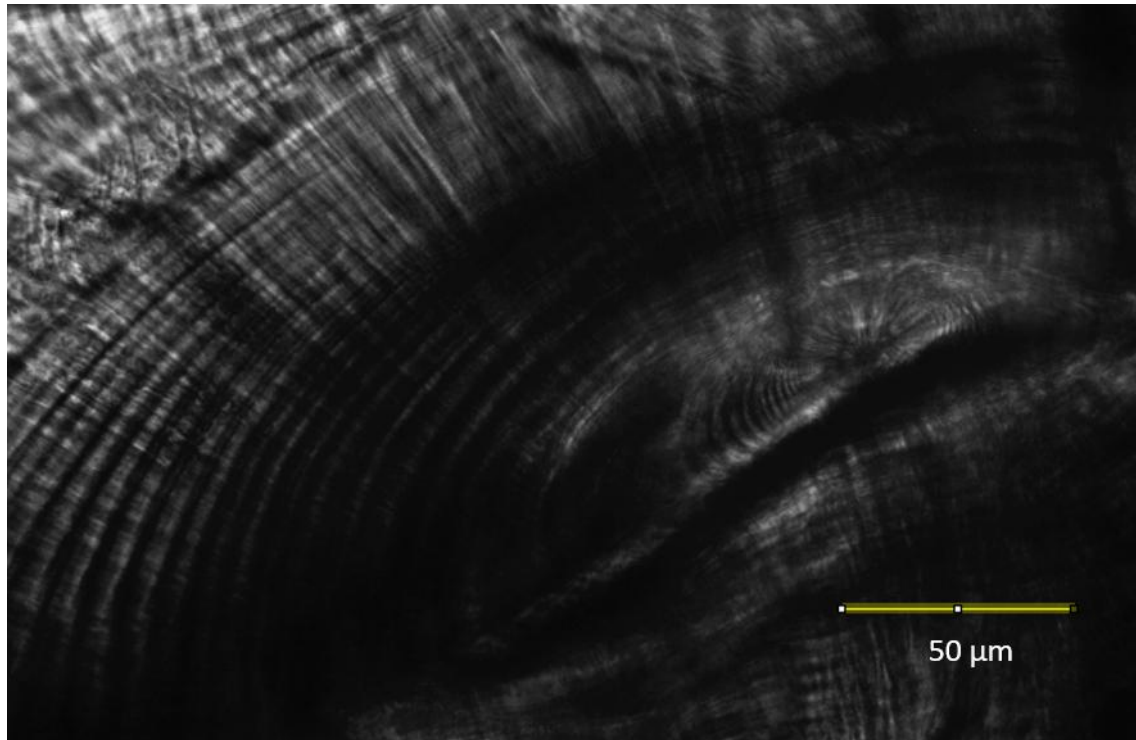


Imagen 9: Core del otolito, con anillos de crecimiento diario.

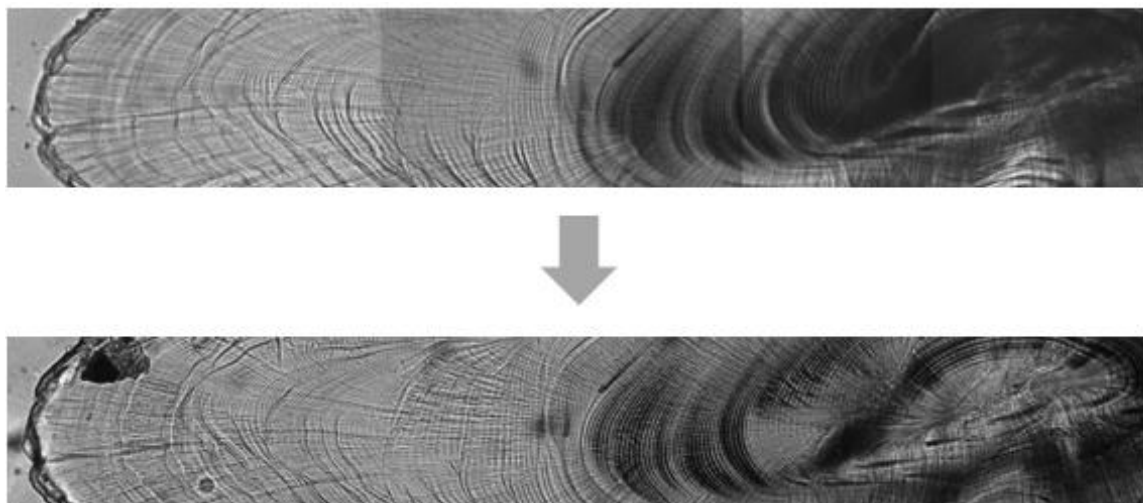


Imagen 10: Podemos observar un mismo otolito antes y después de haber sido expuesto al ácido clorhídrico (1N) y como su zona central antes opaca ahora deja ver el núcleo.

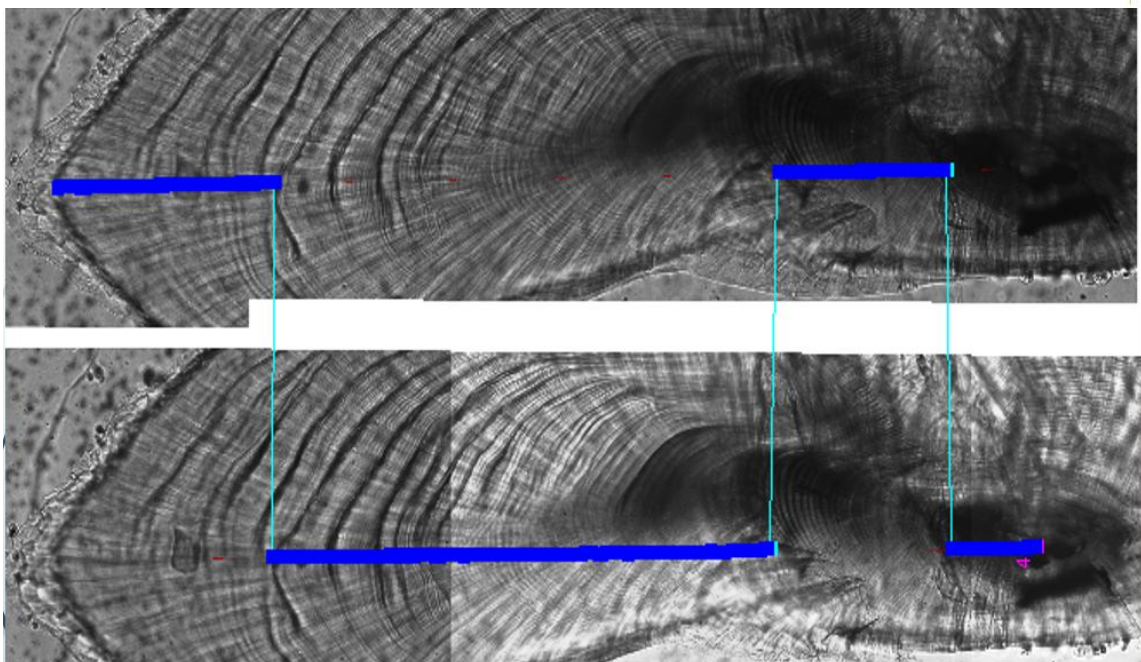


Imagen 11: Dos focos de una misma muestra de otolito para poder leerlos con el programa ImageJ. Cada anillo diario está marcado con un punto azul.

Una vez realizadas todas las lecturas de los anillos diarios hemos podido concluir que los individuos nacen en un periodo comprendido entre finales de marzo y julio. Como se dijo anteriormente toda la población llega al periodo de reproducción a la vez dentro de un marco de 4 meses.

Se tomarán las medidas de las fotografías iniciales (antes del procesado) y con ayuda del programa imageJ se medirán todos los individuos en el radio de lectura, el radio ventral. Para poder extrapolar el primer anillo y así corroborarlo. Obteniendo así de una forma clara cuál es la medida esperada para el primer anillo y poder extrapolar ese resultado al resto de individuos a la hora de determinar su edad.

LECTURA DE ANILLOS ANUALES

Se han tomado fotografías de los otolitos de todos los individuos, siempre que ha sido posible se ha fotografiado los otolitos izquierdos con el surco acústico hacia abajo. Las fotografías se han realizado con ayuda de una lupa sumergidos en una disolución de glicerina-metanol (1:1)

A la hora de la lectura de los anillos anuales se nos ha presentado como principal problema la identificación de los anillos anuales frente a las zonas que son anillos que conforman el anillo anual, pero no determinan el año. Como se explicó anteriormente esto se debe a los hábitos de la especie. Puesto que trata de mantenerse en temperaturas más o menos constantes y tiene una migración a aguas más profundas en primavera y otra a aguas más someras en otoño. Estos factores hacen que sea más difícil marcar cual es el anillo anual.

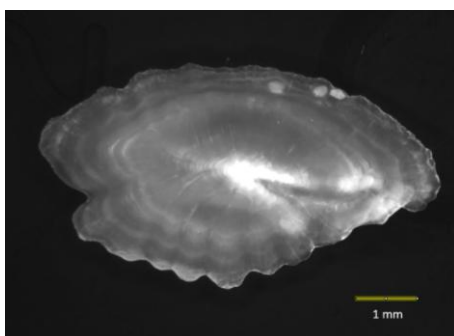


Imagen 12: Imagen de lupa binocular de otolito sagita izquierdo.

Una vez determinado el anillo de primer año con la ayuda de lectura diaria se leerán 2 veces el resto de anillos anuales de todos los otolitos fotografiados para poder validar la lectura, pudiendo aceptar menos de un 10% de diferencia entre lecturas.

Las lecturas finales han determinado que la especie vive un máximo de 5 años, ya que se han encontrado unos pocos individuos con la marca del quinto año, en la época que corresponde que han de morir.

Resultados

Lecturas anillos diarios

Para la lectura de anillos diarios se tomaron 22 individuos capturados en el mes de abril, por ser la moda indicada por le IGS. Todos los individuos tenían una longitud total de 12 ± 1 cm. Puesto que esta talla es la estipulada por el estudio poblacional como la correspondiente a un año.

Los resultados nos indican que si tomamos como modelo el eje ventral podremos hallar en anillo que corresponde al primer año de edad a unos $1,18 \pm 0,08$ mm del core.

Estas medidas tomadas en el mes de abril nos indica que los individuos observados poseen una edad de $10,06 \pm 1,93$ meses de edad. Lo que quiere decir que la puesta fue desde finales de febrero hasta principios de julio del año anterior. Lo que se corresponde con los datos obtenidos anteriormente.

Lecturas anillos anuales

Estos datos se corresponden al estudio de las gráficas obtenidas del total de la población donde se han graficado el porcentaje de frecuencia de aparición para cada una de las tallas (Figura 13). Ahí se puede ver un poco a 10 cm de la primera coorte de individuos clasificados como 0+ puesto que son individuos que aún no han cumplido un año, seguidos por las coortes de las hembras correspondientes al primer segundo y tercer año. Por último, la coorte del cuarto año que se ve junto al pico de los pocos individuos que alcanzan su 5º año.

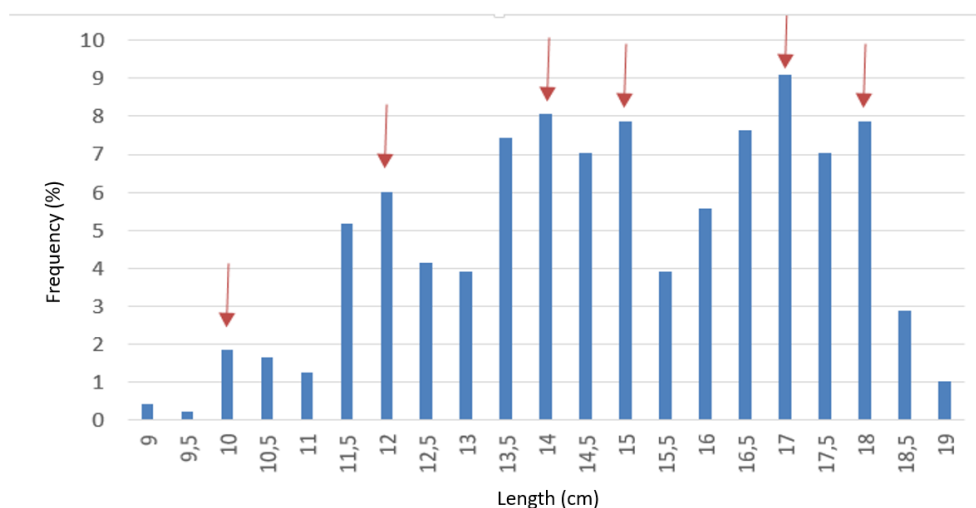


Imagen 13: Graficado el porcentaje de frecuencia de aparición para cada una de las tallas representando con flechas las diferentes coortes.

Con los datos de edad hemos calculado ciertos parámetros para conocer mejor la población, Nuestro objetivo principal era conocer la tasa de crecimiento, para poder relacionar la longitud de los individuos

con su edad. Para ello hemos empleado la ecuación de Von Bertalanffy
$$l_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Pero para poder calcular los parámetros de la ecuación se requiere conocer la tasa de crecimiento infinito que se ha calculado a partir del método de Ford-Wardford. Para ello se establecieron tallas agrupadas y se calculó la frecuencia de aparición de estas. Una vez conocíamos este dato se determinó el porcentaje

de cada una de ellas y se representó gráficamente frente a la talla, así obtuvimos la gráfica que hemos visto anteriormente.

Con dicha gráfica se obtuvieron los picos de las poblaciones y con su moda se representó la talla de cada edad frente a la talla de cada edad más uno.

Una vez determinada la edad de los individuos de muestreo se correlacionó con la talla de cada ejemplar (medida en rangos de 0,1 cm) y con ayuda de la aplicación online de Catalán et al., 2018 se calculan los datos de crecimiento de la población utilizando modelos bayesianos.

Hay que tener en cuenta que *S.smaris* tiene un crecimiento exponencial el primer año de vida, que se reduce de forma significativa a partir de que alcanzan la madurez sexual. Por lo que se han tenido que calcular los parámetros por separado para ambas fases de vida (inmaduro vs. maduro) (Tabla 1). Esta variación luego se aplicará al modelo de Von Bertalanffy para la determinación de la edad asociada a la longitud de los individuos.

	Inmaduros			Maduros		
	Mean	97.5 %	50 %	Mean	97.5 %	50 %
L_{∞}	128	129	129	218	221	218
t_0	-1.97	-1.91	-1.98	-1.96	-1.88	-1.97
K	0.987	1	0.991	0.237	0.252	0.236
sd	8.92	10.9	8.8	9.8	10.5	9.81

Tabla 1. Parámetros de vida calculados para la población de la isla de Ibiza separando el crecimiento exponencial de los individuos inmaduros frente a un crecimiento más lento de los que ya han alcanzado la madurez sexual.

Basándonos en el modelo de Von Bertalanffy con la variación que hemos indicado los resultados obtenidos para las diferentes edades son:

Edad (años)	Media (mm)	97.5 % (mm)	50 % (mm)
0	118.61	120.80	119.67
1	120.77	127.71	120.72
2	143.35	150.83	143.23
3	161.17	168.80	161.01
4	175.23	182.76	175.05
5	186.32	193.62	186.14

$$y_{ij} = L_{\infty} * (1 - \exp(-k_0 * (t_j - t_{0i}))) + \epsilon_{ij} \text{ for } t_j < t_1$$

$$y_{ij} = L_{\infty} * (1 - \exp(-k_0 * (t_{1i} - t_{0i}) - k_1 * (t_j - t_{1i}))) + \epsilon_{ij} \text{ for } t_j > t_1$$

Tabla 2. Relación de la longitud (mm) con la edad de los individuos basado en los datos poblacionales obtenidos en la Tabla 1. Basados en la ecuación de Von Bertalanffy para individuos inmaduros y la ecuación modificada de Von Bertalanffy para individuos maduros (Catalán et al., 2018).

Conclusiones

La identificación del primer anillo de crecimiento ha sido fundamental para poder conocer las edades reales ante las que nos encontrábamos. Hay que tener en cuenta que en esta especie el desarrollo en los primeros meses es mucho más rápido, alcanzando en sus 5 primeros meses la mitad del tamaño que alcanzará. Pasando desde huevos demersales (25) entre los meses de mayo y junio, como ha demostrado los IGS y el estudio poblacional. Pasando por poblaciones juveniles en la costa en el mes de agosto, hasta que se unen con la población adulta y se suman a los hábitos poblacionales donde se encuentran en zonas costeras durante los meses fríos y posteriormente migran a aguas profundas en los meses estivales.

Todos estos cambios tan bruscos en sus primeros estadios vitales llevar a la formación de falsos anillos que pueden llevar a error en la medida del primer anillo anual. Pero una vez establecida la medida, de $(1.18 \pm 0.08 \text{ mm})$ en el radio ventral, se ha podido realizar una medida más eficiente de los anillos anuales. Clasificando los 492 individuos estudiados en 6 clases desde 0+ en la que se englobarían los individuos que aún no ha completado su primer año de crecimiento, es decir entre 0 y 1 año. Hasta individuos clasificados como 5 o 5+ Es decir individuos que ya se encuentran en su quinto año.

Con los cálculos poblacionales efectuados podemos suponer que la población podría alcanzar una talla de 22.1 centímetros en condiciones ideales y completando este quinto año del que hemos hablado en el párrafo anterior. Pero la verdad es que en toda la toma de muestras que se ha efectuado en los últimos 4 años en su seguimiento en torno a la isla de Ibiza el ejemplar de mayor tamaño capturado ha sido de 21.1 cm.

Agradecimientos

Agradecemos al Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB) por su colaboración en este estudio, en particular por la formación y transmisión de la metodología empleada en la interpretación y lectura de los otolitos.

Bibliografía

1. Aguayo, H. M. (1976). Edad y crecimiento de la anchoveta (*Engraulis ringens*) del norte de Chile (Arica-Iquique). Investigaciones Pesqueras 23, 1-25. -30--
2. Begg, G. A., & Brown, R. W. (2000). Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. Transactions of the American Fisheries Society, 129(4), 935-945. -37--
3. Bellido, J. M., Pierce, G. J., Romero, J. L., and Millan, M. (2000). Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) in the Gulf of Cádiz (SW, Spain). Fisheries Research 48, 107-115. -28--
4. Castonguay, M., Simard, P., & Gagnon, P. (1991). Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48(2), 296-302. -38--
5. Catalán, I. A., Pérez-Mayol, S., Álvarez, I., Ruiz, J., Palmer, M., Baldó, F., ... & Morales-Nin, B. (2014). Daily otolith growth and ontogenetic geochemical signatures of age-0 anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Gulf of Cádiz (SW Spain). Mediterranean Marine Science, 15(4), 781-789. -35--
6. Cubillos, L. A., Arcos, D. F., Bucarey, D. A., and Canales, M. T. (2001). Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano, Chile (37°S, 73°W): a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? Aquatic Resources 14, 115-124. -29--
7. Danevig, E.H. 1956 - Chemical composition of the zones in cod otoliths J. Cons. pour Ing. Explor. Mer, 21:156-159. -7--

8. Dulčić, J., Pallaoro, A., Cetinić, P., Kraljević, M., Soldo, A., & Jardas, I. (2003). Age, growth and mortality of picarel, *Spicara smaris* L.(Pisces: Centracanthidae), from the eastern Adriatic (Croatian coast). *Journal of applied ichthyology*, 19(1), 10-14. –3--
9. Hoedt, F. E. (1992). Age and growth of a large tropical anchovy, *Thryssa hamiltoni* (Gray): a comparison of ageing techniques. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43, 953–971. –34--
10. Irie, T. 1957 - On the forming season of annual rings (opaque and translucent zones) in the otoliths of several marine teleosts. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.*, 1-311–317. –16--
11. Matta, F. (1958). La pesca a strascico nell'Arcipelago Toscano. *Boll. Pesca. Pisc. Idrobiol*, 1-2. –6--
12. Melo, Y. C. (1984). Ages studies on anchovy *Engraulis capensis* Gichrist off south west Africa. *South African Journal of Marine Science* 2, 19–31. –23--
13. M'Intosh, W.C. & Prince, E.E. 1890 - On the development and life histories of the teleostean food and other fishes. *Trans. R. Soc. Edinb*, 35: 665–944. –15--
14. Morales-Nin, B., and Pertierra, J. P. (1990). Growth rates of the anchovy *Engraulis encrasicolus* and the sardine *Sardina pilchardus* in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Biology* 107, 349–356. –33--
15. Palomares, M. L., Muck, P., Mendo, J., Chuman, E., Gomez, O., and Pauly, D. (1987). Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. In 'The Peruvian Anchoveta and its Upwelling Ecosystem: Three Decades of Change'. (Eds D. Pauly and I. Tsukayama.) *ICLARM Studies and Reviews*. 15, pp. 117–141. (Instituto del Mar del Peru (IMARPE): Callao, Peru; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH: Eschborn, Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management: Manila, Philippines.). –27--
16. Panella, G., 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173, 1124-1127. –36--
17. Panfili, J., Troadec, H., de Pontual, H., and Wright, P. J. (Eds) (2002). 'Manual of Fish Sclerochronology.' (IFREMER and IRD: Brest, France.) –26--
18. Papaconstantinou C., Caragitsou, E., Vasilopoulou, V., Mytilineou, Ch. and Petrakis, G., 1985. Study of dynamics of marine demersal fishery stocks with commercial importance, in Patraicos and Corinthiakos Gulfs and the Ionian Sea. *Prelim. Rep., NCMR, Athens*, 198.5 (unpubl.), pp. 99-101. –19--
19. Passelaigue, F. (1974). Etude comparée de la croissance de quelques poissons téléostéens du golfe de Marseille (Doctoral dissertation). –9--
20. Pollard, D. A., & Plchot, P. (1971). The systematic status of the Mediterranean centracanthid fishes of the genus *Spicara*, and in particular *S. chryselis* (Valenciennes), as indicated by electrophoretic studies of their eye-lens protein. *Journal of Fish Biology*, 3(1), 59-72. –44--
21. Saborido-Rey, F. (2008). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. –8--
22. Salekbova, L. P. (1979). Centracanthidae fishes of the genus *Spicara* from the Mediterranean and Black Sea. *Russian with English abstract*, Haykova-Dumca (Editor), Kiev, 395-421. –18--
23. Thomas, R. M. (1983). Back-calculation of time of hyaline ring formation in the otoliths of the pilchard off South West Africa. *South African Journal of Marine Science* 1, 3–18. –31--
24. Thomas, R. M. (1985). Growth rate of the pilchard off south west Africa, 1971–1983. *Investigational report 128*, Sea Fisheries Research Institute, South Africa. –32--
25. Tortonese, E. (1975). Osteichthyes. (Pesci ossei) Vol. II. Ed. Calderini, Bologna, 621 pp. –42--
26. Tsangrides, A. and Philippoussis, N., 1988. Length-based approach to the estimation of growth and mortality parameters of *S. smaris* CL.), in the Saronikos Gulf, Greece; application of the Beverton and Holt relative Y.P.Rec. Model. *Conference for the Greek*. –20--
27. Tsangridis, A., & Filippousis, N. (1991). Use of length-frequency data in the estimation of growth parameters of three Mediterranean fish species: bogue (*Boops boops* L.), picarel (*Spicara smaris* L.) and horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.). *Fisheries Research*, 12(4), 283-297. –21--
28. Tsangridis, A., & Filippousis, N. (1992). Growth pattern of picarel, *Spicara smaris* (L.)(centracanthidae), a protogynous species. –22--

29. Uriarte, A., Rico, I., Villamor, B., Duhamel, E., Dueñas, C., Aldanondo, N., & Cotano, U. (2016). Validation of age determination using otoliths of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Bay of Biscay. *Marine and Freshwater Research*, 67(7), 951-966. --17--
30. Vidalis, K., & Tsimenidis, N. (1996). Age determination and growth of picarel (*Spicara smaris*) from the Cretan continental shelf (Greece). *Fisheries research*, 28(4), 395-421. --10--
31. Villegas-Hernández, H., Lloret, J., Muñoz, M., Poot-López, G. R., Guillén-Hernández, S., & González-Salas, C. (2018). Age-specific environmental differences on the otolith shape of the bastard grunt (*Pomadasys incisus*) in the north-western Mediterranean. *Environmental Biology of Fishes*, 101(5), 775-789. --39--
32. Waldron, M. E. (1994). Validation of annuli of South African anchovy *Engraulis capensis*, using daily otoliths increments. *ICES Journal of Marine Science* 51, 233-234. --24--
33. Waldron, M. E., and Kerstan, M. (2001). Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths. *ICES Journal of Marine Science* 58, 806-813. --25--
34. Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Nielsen, J., & Tortonese, E. (1986). *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*, volume 3. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. --43--
35. [www.fao.org \(http://www.fao.org/docrep/field/003/AC567S/AC567S03.htm\)](http://www.fao.org/docrep/field/003/AC567S/AC567S03.htm) --4--
36. www.fishbase.org --11--
37. www.ictieterm.es/nombre_cientifico.php?nc=331 --12--
38. www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP%20I%20Y%20II.PDF --13--
39. Zei, M. (1941). Studies on the morphology and taxonomy of the Adriatic species of Maenidae. --40--
40. Zei, M. (1949). Typical sex reversal in teleosts. *Proc. Zool. Soc.*, 119: 917-920. --41--
41. Zei, M., 1951. Monografia on the Adriatic species of Maenidae. *Acad. Sci. Art. Slobenica*, 127 pp. --5--
42. Zlatanov, S., & Sagredos, A. N. (1993). The fatty acids composition of some important Mediterranean fish species. *Lipid/Fett*, 95(2), 66-69. --14--