

Crecimiento de la merluza europea: ¿lento o rápido?

C. Piñeiro y M. Sainza

Instituto Español de Oceanografía

Centro Oceanográfico de Vigo

Apdo. 1552, 36280 Vigo, España;

e-mail: carmen.pineiro@vi.ieo.es

Introducción

La investigación aplicada a los recursos pesqueros tiene la misión de aportar nuevos conocimientos sobre la biología y la dinámica de las poblaciones explotadas, de forma que nos aproximemos lo máximo posible al estado real en el que se encuentran estos recursos. Para ello es imprescindible conocer el ciclo vital y distintos parámetros biológicos que caracterizan a cada población explotada o stock. Así aspectos biológicos relacionados con la reproducción, el crecimiento y la estructura poblacional constituyen la información básica para poder evaluar y diagnosticar correctamente el estado en el que se encuentran los recursos. Sin embargo a pesar del enorme esfuerzo orientado a obtener parámetros fiables, existen aspectos biológicos de ciertas especies que presentan notables incertidumbres. Debido a esto es frecuente que haya que asumir valores de ciertos parámetros que no están debidamente contrastados. La merluza europea (*Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758), es un claro ejemplo de especie que presenta serias dificultades en la estimación de la edad y por ello es objeto de continuos estudios.

La merluza europea es una de las especies demersales más apreciadas y por ello muy explotada por las flotas pesqueras de Europa occidental. Su distribución geográfica es amplia en aguas del Atlántico Nordeste, desde Noruega hasta Mauritania, especialmente abundante entre Gran Bretaña y el sur de España, presente también en el Mediterráneo y el mar Negro (Fig. 1). Suele encontrarse entre 50 y 370 m de profundidad, aunque su rango de distribución batimétrica va desde los 30 a los 1000 m (Casey y Pereiro, 1995; Cohen *et al.*, 1990).

En cuanto a su estrategia reproductiva es un reproductor parcial con fecundidad

indeterminada (Murua *et al.*, 1996) y presenta un periodo de puesta que se extiende a lo largo de todo el año. En el Noroeste peninsular, el periodo de puesta se concentra entre enero y julio, con un pico entre enero y marzo (Piñeiro y Sainza, 2003; Domínguez-Petit, 2007). La talla a la que alcanzan la madurez sexual varía en función del sexo y de la latitud. Así los machos maduran sexualmente antes que las hembras. En el Golfo de Vizcaya, las tallas medias de primera madurez son 39 cm y 47 cm TL para machos y hembras (Murua *et al.*, 1996; Lucio *et al.*, 2000; ICES, 2007), mientras que en el Cantábrico y Galicia son 33 cm y 45 cm TL respectivamente (Pérez y Pereiro 1985; Piñeiro y Sainza, 2003; Domínguez-Petit, 2007).

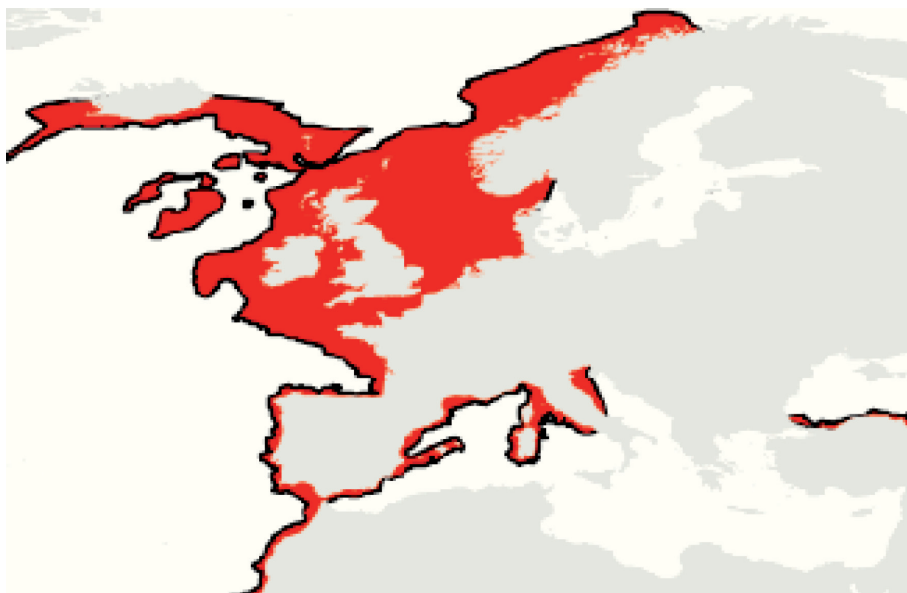


Figura 1.- Área de distribución de la merluza europea. (http://www.fao.org/fishery/collection/fish_dist_map/en)

Es una especie ecológicamente clave en la cadena trófica donde ocupa un nivel alto entre los predadores de la comunidad demersal (Velasco y Olaso, 1998). Su alimento principal es la bacaladilla (*M. poutassou*), aunque también se alimenta de especies como sardina (*S. pilchardus*), jurel (*T. trachurus*) y otros peces pelágicos (Pitcher y Alheit, 1995; Velasco, 2007).

La evaluación del estado de los recursos de merluza europea se realiza anualmente en el seno del ICES (International Council for the Exploration of the Sea) por el Grupo de Trabajo de Evaluación de Merluza, Gallo y Rape (WGHMM). Por motivos prácticos para la gestión, el ICES asume desde 1978, la existencia de dos stocks de merluza independientes, Norte y Sur, separados por el cañón submarino de Cap Bretón (Cassey y Pereiro 1995; ICES, 1979). Esta evaluación anual se basaba en modelos de dinámica de poblaciones estructurados por edad que han demostrado su utilidad para establecer diagnósticos sobre el estado de los recursos. Sin embargo, existen limitaciones e incertidumbres debidas principalmente al

modelo de crecimiento de la especie. Así por ejemplo, no se ha sabido hasta hace muy poco si la merluza es una especie de crecimiento lento o rápido y esto ha sido motivo de discusión y debate en el ámbito de la biología pesquera durante siete décadas.

Estudio del crecimiento

El estudio del crecimiento consiste en encontrar un modelo matemático que relacione el tamaño del pez (talla) con la edad. El modelo de crecimiento, desarrollado por Von Bertalanffy en 1934, se ha convertido en una de las piedras angulares de la biología pesquera ya que ha demostrado ser ajustable al crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces (Fig. 2). La curva de Von Bertalanffy queda definida por tres parámetros (L_{∞} , k y t_0):

- $L_t = L_{\infty} * (1 - e^{-k(t-t_0)})$
- L_t = la talla a la edad t .
- L_{∞} = la talla asintótica cuyo $t =$ infinito.
- k = Coeficiente instantáneo de crecimiento (específico). Un parámetro que define el grado de curvatura y por tanto la rapidez con que una especie alcanza su L_{∞} .
- t_0 = punto donde la curva corta el eje de abscisas.

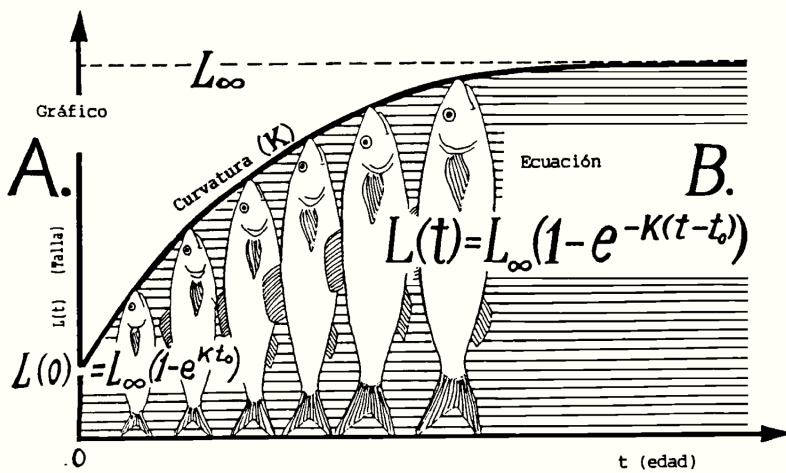


Figura 2.- Gráfica que muestra el modelo de crecimiento y la ecuación de Von Bertalanffy empleada habitualmente para calcular los parámetros de crecimiento. (Figura de Sparre y Venema, 1997).

En un organismo, el crecimiento al igual que la madurez y la mortalidad son procesos que están relacionados con el transcurso del tiempo, por eso es esencial conocer la edad. El crecimiento de esta especie ha sido, desde el comienzo de su estudio, motivo de continuas discrepancias. Así Hickling en 1933 obtuvo por primera vez parámetros de crecimiento a partir

de otolitos enteros y según sus resultados concluyó que esta especie era de crecimiento lento. Sin embargo Belloc (1935) utilizando un método de pesca convencional, llevó a cabo el primer experimento de marcado en el Sur de Irlanda y gracias a una recaptura de un ejemplar que después de 255 días en el mar había crecido 11,7 cm, concluyó que la merluza era una especie de crecimiento rápido. El escaso éxito de la experiencia de marcado y recaptura y la baja supervivencia de los ejemplares en la captura, motivó el abandono de esta técnica, de manera que Hickling fue el que marcó la pauta a seguir sobre el modelo de crecimiento en las siguientes décadas. A partir de entonces, la mayoría de los estudios realizados sobre crecimiento de esta especie se basaron en la observación de los otolitos y en el seguimiento de la progresión modal de las tallas en las capturas comerciales y campañas oceanográficas, etc.

La edad generalmente se obtiene mediante el recuento de los anillos de crecimiento que se forman en piezas calcificadas del individuo como son los otolitos (sagitta). Estas estructuras calcificadas están situadas en la cabeza de los peces óseos, concretamente en el oído interno cuya función esta relacionada con el sentido del equilibrio y oído (Fig. 3). Crecen a lo largo de toda la vida del pez por deposición de capas concéntricas de carbonato calcico y proteínas de diferente grosor, formando una serie de anillos de crecimiento en función de factores endógenos y exógenos. Estos anillos de crecimiento que se forman con variable periodicidad (anual, estacional e incluso diaria), tienen distinta densidad óptica y se ven como una secuencia alterna de bandas opacas y traslúcidas que corresponden a diferentes tasas de crecimiento. La relación de la edad de los ejemplares estudiados con su correspondiente talla se aplica a las capturas comerciales y por medio de una serie de cálculos matemáticos se obtiene la composición por edades de las capturas o, mejor dicho, la estructura demográfica de la población explotada.



Figura 3.- Cabeza de la merluza abierta mediante corte oblicuo, mostrando en su interior los otolitos (sagitta) y su posición en el cráneo.

A lo largo de los años se han empleado distintas técnicas para estudiar y analizar el crecimiento y la edad de la merluza y existe una extensa bibliografía sobre los trabajos realizados tanto en el Atlántico Nordeste (Bagenal, 1954; Meriel-Bussy, 1966; Guichet *et al.*, 1974; Robles *et al.*, 1975; Iglesias y Dery, 1981; Goñi, 1983; Goñi y Piñeiro, 1988; Piñeiro y Hunt, 1989; Guichet, 1988; Guichet y Labastie, 1992; Piñeiro, 1994; Piñeiro y Pereiro, 1993; Lucio *et al.*, 2000; Godinho *et al.*, 2001; Piñeiro y Saínza, 2003; Piñeiro *et al.*, 2009), como en el Mediterráneo (Aldebert y Recasens, 1995; Morales-Nin y Aldebert, 1997; Garcia-Rodriguez y Esteban, 2002). Los resultados obtenidos muestran una gran disparidad en las estimaciones del crecimiento (Fig. 4) que puede ser debida a la diversidad biológica y geográfica, a dificultades metodológicas, o bien a una combinación de ambos factores. Todos estos estudios han coincidido en que la interpretación de los anillos anuales es compleja debido a factores tales como: i) discriminación de los anillos falsos de los anuales, ii) identificación del primer anillo anual y iii) la clasificación del borde del otolito.

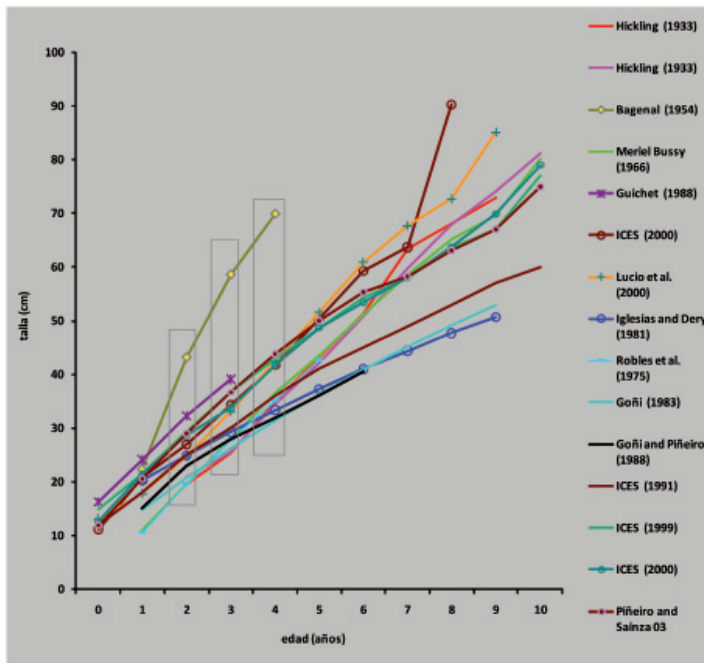


Figura 4.- Representación gráfica de las tallas medias por clase de edad obtenidas por diferentes autores en distintas áreas geográficas del Atlántico y Mediterráneo, a lo largo de los años.

Para abordar estos problemas, primeramente los investigadores han destinado un gran esfuerzo a desarrollar un método de estimación de la edad basado en el análisis de la macroestructura del otolito, analizando el patrón de formación de anillos de crecimiento a escala anual (Fig. 5) en relación con la biología de la especie (época de puesta, estacionalidad del crecimiento, progresión modal de las tallas) a lo largo de todo el año (Piñeiro y Saínza,

2003). Se ha estandarizado a nivel internacional mediante talleres de calibración de edades (Piñeiro *et al.*, 2000; Piñeiro, 2000), para permitir comparaciones y alcanzar la precisión requerida (Piñeiro *et al.*, 2009). Como resultado, las tasas de crecimiento de la especie indican un crecimiento lento.

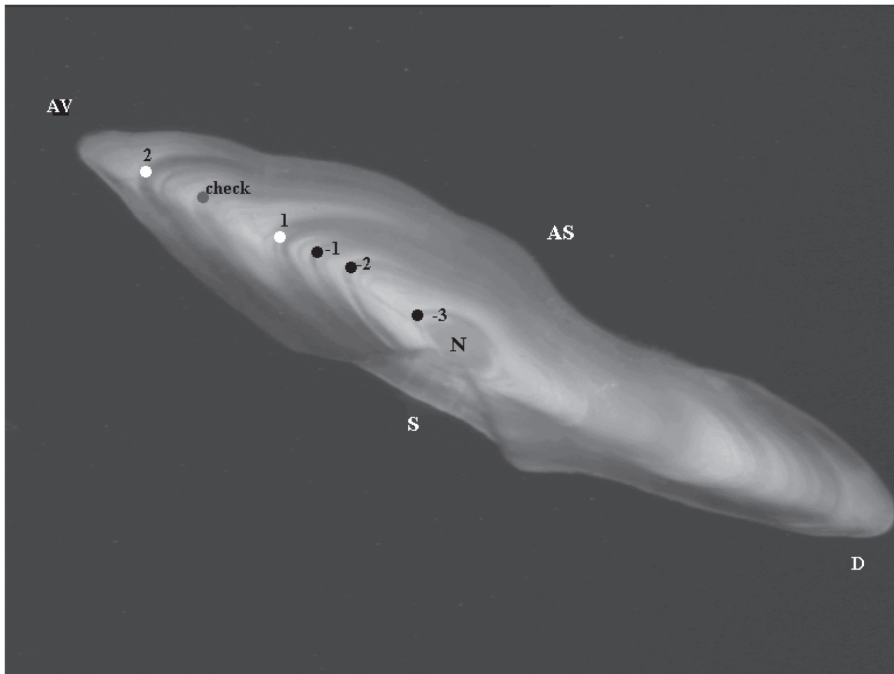


Figura 5.- Sección transversal de otolito (20X, luz reflejada) de un ejemplar capturado en octubre con 30 cm de talla (TL) mostrando la interpretación de anillos de crecimiento a escala anual según el método tradicional. Interpretación del patrón de crecimiento: -1, -2, -3, falsos anillos antes del primero anual; 1 y 2, primer y segundo anillo anual; Check, anillo falso. Detalles de la orientación del otolito: AV, Vértice ventral; D, Vértice dorsal; N, núcleo del otolito; S, Surco acústico; AS, antiturco.

En segundo lugar se ha analizado la microestructura del otolito de juveniles de merluza durante el primer año de vida como herramienta para mejorar, a escala diaria, el conocimiento del significado biológico de los anillos (Fig. 6) y por tanto ayudar a identificar el primer anillo anual. Los resultados del crecimiento diario en el Atlántico peninsular aportan una tasa media de crecimiento de 0,63 mm/día, pudiendo alcanzar como media los 25 cm de talla al final del primer año (Piñeiro *et al.*, 2008), lo que apoya un crecimiento más rápido del tradicionalmente considerado. La localización del primer anillo anual es muy difícil debido a que la estrategia reproductiva de esta especie, en combinación con la liberación de huevos en fases sucesivas a lo largo del amplio periodo de puesta, hace que aparezcan reclutas de

tamaños diferentes. Estos reclutas pertenecen al mismo año del calendario lo que contribuye a una gran variabilidad en el patrón de crecimiento del otolito durante el primer año de vida, lo que hace imposible la caracterización de un anillo de crecimiento estándar para el primer año.

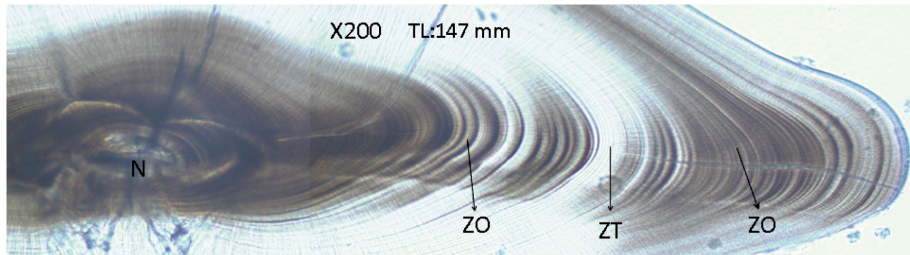


Figura 6.-Sección transversal de un otolito de un individuo de 147 mm de talla (TL), capturado en marzo (200X, luz transmitida) mostrando los anillos traslucidos y opacos de la microestructura a lo largo del eje dorso ventral. N, núcleo del otolito; ZO, zona de crecimiento opaca y ZT, zona de crecimiento translucida.

Los resultados basados en el análisis de la macro y microestructura del crecimiento del otolito indican por lo tanto, dos visiones contrapuestas del crecimiento además de que el otolito es una estructura muy compleja de difícil interpretación. pero los problemas que presenta la estimación de la edad afectan no solo a su baja precisión sino también a su veracidad (Piñeiro *et al.*, 2009). Es decir, hasta la fecha es imposible determinar el error entre la edad estimada y la real del individuo de manera que no existe un método validado que demuestre el significado temporal de los anillos de crecimiento en el otolito. La eliminación de este error pasa solo por estudios de validación que demuestren cuan fiables son las estimaciones de edad de que disponemos. Uno de los métodos más rigurosos para validar las tasas de crecimiento requiere de experimentos de marcado y recaptura de individuos en su medio natural.

Campaña de marcado

Este método es ampliamente utilizado en estudios biológicos y ambientales para estimar parámetros poblacionales de animales en su hábitat natural, tales como tasas de crecimiento, mortalidad y/o migración, abundancia y estructura poblacional. La base de estos experimentos es el registro de determinadas medidas del individuo tales como la talla en dos momentos conocidos, la primera captura y la recaptura. Los resultados son incrementos de longitud en un periodo de tiempo conocido. Su ventaja es la alta fiabilidad de los datos a nivel individual y, su principal inconveniente, el coste y la gran cantidad de recapturas que son necesarias para poder estimar parámetros a nivel poblacional. El porcentaje de recapturas en este tipo de estudios suele ser muy bajo por lo que han de marcarse miles de individuos

para conseguir unos resultados aceptables.

La merluza europea es una especie que presenta serias dificultades para realizar este tipo de experiencias, principalmente debido a su amplia distribución batimétrica en toda la plataforma y el talud superior (frecuente entre 50 y 500 m), lo que causa una gran mortalidad por descompresión en la captura superados los 100 m de profundidad. Las experiencias realizadas posteriormente al experimento de Belloc, (1935) tuvieron escaso éxito (Robles *et al.*, 1975; Lucio *et al.*, 2000) y solo ha sido posible la viabilidad del marcado de merluza mediante adaptaciones especiales del sistema de captura. Este método específico desarrollado en Francia por IFREMER (De Pontual *et al.*, 2003) ha permitido capturar, marcar y soltar ejemplares vivos de merluza. Su éxito ha originado el mercado (externo e interno) de la especie en diferentes zonas del Atlántico y del Mediterráneo que ha permitido realizar un estudio independiente de la edad, dirigido a estimar las tasas reales de crecimiento individual de merluzas vivas en su medio natural.

Para marcar merluza viva con éxito, existen una serie de factores importantes a tener en cuenta que se pueden resumir en: conseguir que el individuo sufra el menor daño posible y que pase el menor tiempo fuera del agua. Por lo tanto, la forma de pescarlo es muy importante y la manipulación en todo el procedimiento de marcado, desde que llega a bordo hasta que vuelve vivo al agua, se convierte en una carrera de obstáculos en la que se van superando etapas de forma sucesiva.

Las campañas realizadas por el IEO en aguas de Galicia fueron a bordo del barco oceanográfico Francisco de Paula Navarro, de 30 m de eslora y 8 m de manga. El método empleado para pescar merluza es con un arte de arrastre GOC-73 al que se le sustituye el copo tradicional por un copo piscina. Este copo piscina es una estructura semirígida en forma de saco, rodeado por tres anillos de goma, con un fondo de plástico que permite retener un metro cúbico de agua para mantener los peces vivos y evita que las merluzas sean aplastadas por la captura al virar el arte (Fig. 7). Las pescas se realizan a la menor profundidad posible tratando siempre de evitar que los peces sufran fuertes cambios de presión, ya que éstos pueden afectar a su organismo produciendo daños con frecuencia irreparables (cavidad abdominal hinchada y evaginación del estómago, etc.). Así que con la ayuda a bordo de los patrones de pesca de litoral se realizaron pescas que, únicamente en la fase exploratoria y/o de forma excepcional, superaron los 100 m. Éstas fueron siempre de corta duración (<15 minutos) con el fin de reducir al máximo el tiempo en la red para obtener el mayor número de supervivientes.

Para el mantenimiento de los peces vivos a bordo se usaron 3 tanques de fondo oscuro, uno de 500 litros de capacidad y los otros dos de 1000 litros, todos con tapa para reducir el ruido y la claridad. Los tanques cuentan con aporte continuo de agua de mar y control de temperatura.



Figura 7.- Copo piscina en la cubierta del barco una vez llegado a bordo después del arrastre.

Una vez el copo llega a bordo, se procede al traslado de las merluzas al primer tanque, utilizando la abertura lateral que da acceso al interior del saco y un salabardo. Seguidamente, a aquellos individuos que por efecto de la descompresión están hinchados se les extrae el aire acumulado en la cavidad abdominal, mediante un pinchazo con una aguja hipodérmica en la zona próxima al ano y apretando suavemente para eliminar el aire sin dañar los órganos vitales (Fig. 8). Pasado un tiempo prudencial (5-20 minutos) se trasladan al segundo tanque.

Posteriormente, los supervivientes que se encuentren en mejores condiciones son

medidos (TL) al mm y marcados individualmente (externa e internamente). Las marcas externas han de ser visibles para aquellos que recapturan un ejemplar. Por el contrario, las marcas internas no son visibles a simple vista pero dejan una señal en ciertas partes calcificadas del organismo (otolito), que se analizan para el estudio del crecimiento.



Figura 8.- Punción en la cavidad abdominal realizada a los ejemplares recién capturados para extraer el aire y aumentar la supervivencia de los mismos.

La marca externa del tipo “T-bar” consiste en un filamento plástico de color amarillo (FLOY TAG & MGF., INC.), que mide unos 7 cm de largo y lleva inscrito el código que identifica al pez y una dirección y teléfono de contacto (Fig. 9). Se aplica en el lomo, a la altura de la primera aleta dorsal y varía de tamaño en función de la talla del pez. El marcado interno consiste en una inyección intramuscular de una solución de terramicina (OTC) y la dosis suministrada depende del tamaño (50 mg/kg pez) (Fig. 10). El producto que se utiliza para el marcado interno (OTC) tiene la propiedad de dejar una señal en el otolito que es visible bajo luz ultravioleta. Esta disolución se incorpora al otolito en las horas siguientes a su inyección, siendo posible localizar la marca para determinar la periodicidad con la que se forman los anillos de crecimiento en el otolito (entre el período de marcado y de recaptura). Esta técnica constituye una herramienta imprescindible para una correcta determinación de la edad. Una vez marcados externa e internamente se dejan en un tercer tanque en total oscuridad, para facilitar que se recuperen del estrés. Finalmente, los supervivientes son devueltos al mar de forma escalonada, en zonas donde no faena la flota comercial para evitar la recaptura inmediata.



Figura 9.- Ejemplares marcados interna y externamente con la marca amarilla tipo T-bar en el lomo.



Figura 10.- Marcado interno de los ejemplares mediante la inyección intramuscular (OTC).

Para evitar que las aves marinas se coman los individuos marcados se ha diseñado una jaula cilíndrica de red (Fig. 11). Los ejemplares marcados se introducen en la jaula y se bajan suavemente hasta una profundidad aproximada de 20 m. donde se liberan las merluzas marcadas.



Figura 11.- Jaula diseñada para ayudar a soltar en profundidad (20 m) a las merluzas marcadas vivas.

Para asegurar el éxito un programa de marcado es esencial el retorno de la información y de los ejemplares marcados. Para ello, se ha llevado a cabo una extensa campaña publicitaria por todo el litoral para informar a todos los profesionales de la pesca (pescadores, personal de lonjas, mayoristas, etc.) con el fin de obtener su colaboración, ya que el éxito del marcado depende en gran medida de ellos. La TV colaboró en repetidas ocasiones para

divulgar la importancia del proyecto y transmitir que la entrega de las merluzas re-capturadas con una marca será recompensada con 50 euros por cada ejemplar entero y con su marca correspondiente. Información adicional como las coordenadas y la profundidad del lugar donde se pescó, o el arte utilizado, es esencial para conocer aspectos fundamentales de su biología y rutas migratorias en función de la época del año.

Una vez las merluzas recapturadas están en el laboratorio, se miden, pesan, sexan y se les extrae los otolitos para saber, no solo cuanto ha crecido cada ejemplar entre la fecha de marcado y la de recaptura, sino también para estudiar la edad mediante un protocolo específico para el análisis de otolitos marcados (Fig. 12). Posteriormente se congela el ejemplar para otro tipo de análisis.

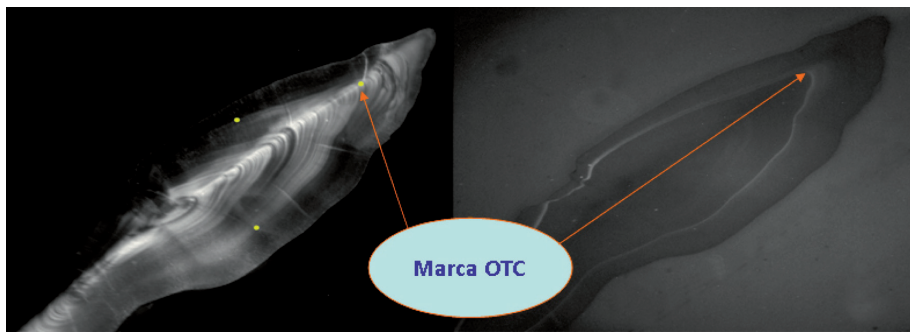


Figura 12.- Otolito marcado (sección transversal), mostrando los anillos de crecimiento (izda) con luz reflejada y la marca de OTC, solo visible con luz ultravioleta (dcha). Se puede observar el incremento de tamaño alcanzado en 347 días.

Resultados y conclusiones

Hasta la fecha, de todos los individuos devueltos al mar en Galicia se han recapturado 24 merluzas marcadas (Fig. 13). El tiempo que estos ejemplares han pasado en libertad oscila entre 1 y 15 meses, y la distancia máxima recorrida por uno de ellos ha sido de 15 millas náuticas, aunque ésta no corresponde al individuo que más tiempo estuvo en libertad. Aunque el nivel de recapturas es bajo (3 %), está dentro de los valores esperados en este tipo de experimentos, ya que los individuos se mezclan con la población en un área extensa y la probabilidad de que sean capturados de nuevo, reconocidos y devueltos al laboratorio es baja.

Los resultados obtenidos indican que la tasa de crecimiento de la merluza puede ser el doble de la tradicionalmente considerada aunque con una gran variabilidad individual (De Pontual *et al.* 2003, Piñeiro *et al.*, 2007). Sin embargo el programa de marcado de merluza no esta exento de dificultades y existen todavía problemas por resolver como son, la alta mortalidad de los juveniles de tallas inferiores a 25 cm (Piñeiro *et al.*, 2007) y el bajo

porcentaje de recuperación de individuos marcados cuyo factor fundamental es la colaboración del sector pesquero. En España, hasta la fecha, las recapturas son escasas en comparación con los resultados obtenidos en Francia (6%) (De Pontual *et al.*, 2006; Mellon-Duval *et al.*, 2010). Experiencias recientes de marcado en el Mediterráneo han probado además que la subestimación del crecimiento no es una cuestión regional (Mellon-Duval *et al.*, 2010).

Todo este trabajo dirigido al marcado y recaptura ha proporcionado nuevos datos de gran relevancia sobre el crecimiento de esta especie y la estimación de la edad que han sido durante décadas muy controvertidos. Así, se ha podido demostrar que el crecimiento de la merluza está subestimado (por un factor 2) debido a la sobre-estimación de la edad (de Pontual *et al.*, 2006) y que el método estándar utilizado internacionalmente para estimar la edad no es válido (Piñeiro y Sainza, 2003; Piñeiro *et al.*, 2009; ICES, 2010a).

Pese a todo el esfuerzo realizado a nivel internacional, las tasas de recaptura son todavía insuficientes (3-6%), siendo imposible disponer actualmente de un método preciso y veraz que reemplace al anterior. Por ello el uso de las edades se ha convertido en un problema y ha llevado al Grupo de Trabajo del ICES del 2010 a utilizar modelos basados en tallas para poder evaluar los stocks de merluza (ICES, 2010b).

Al igual que esta especie existen otras con problemas semejantes en la determinación de la edad como es el caso del jurel (*T. trachurus*). La existencia de ciertos fenómenos de tipo natural puede potencialmente utilizarse como validación del método para estimar edades cuando afecta a gran escala a la población (Campana, 2001). Así por ejemplo, después de años de investigación y de ser considerada una especie de crecimiento rápido, fue posible conocer con certeza el modelo de crecimiento del jurel. En el año 1982 se produjo un reclutamiento muy fuerte de esta especie en el Atlántico nordeste. La fuerza de este reclutamiento originó una clase anual que dominó las capturas durante muchos años, permitiendo así seguir la clase anual de 1982 a lo largo del tiempo y confirmar que el jurel no era una especie de crecimiento rápido como se consideraba inicialmente, sino de crecimiento lento pudiendo alcanzar una edad de 40 años (Abaunza *et al.*, 2003). Sin embargo este tipo de acontecimientos a nivel poblacional rara vez ocurren, por lo que no se pueden utilizar habitualmente.

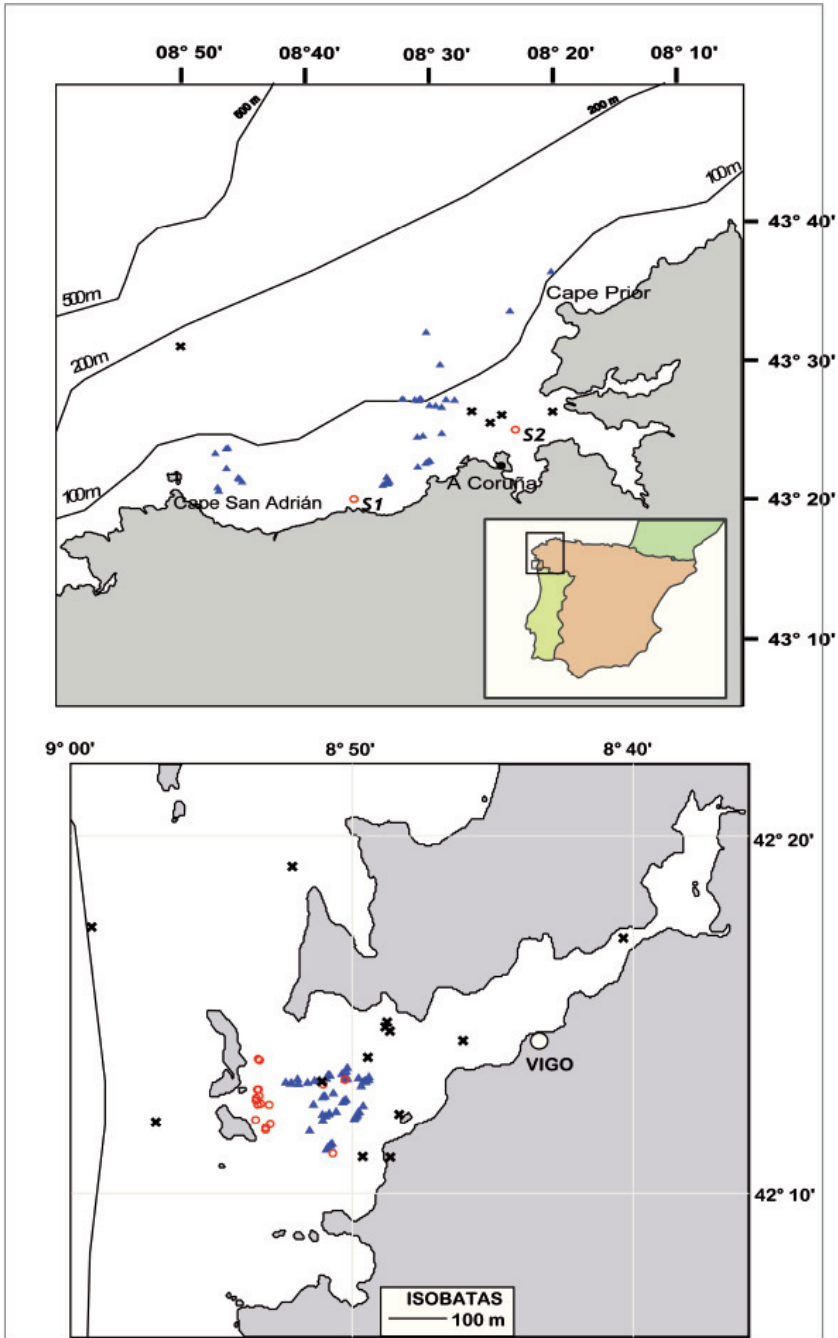


Figura 13.- Mapa de las zonas de marcado realizadas en Galicia: aguas de Coruña (arriba) y ría Vigo (abajo). Los puntos azules indican las posiciones de las pescas realizadas y los rojos, las posiciones de los individuos recapturados.

Como conclusión, el programa de marcado y recaptura ha permitido mejorar los conocimientos sobre el crecimiento de esta especie y la estimación de la edad de manera que ahora sabemos, de forma incuestionable, que la merluza es una especie de crecimiento rápido. Sin embargo, mientras no se disponga de un mayor número de recapturas en las que se incluyan también ejemplares más grandes y viejos, la incógnita sobre el significado biológico de los anillos de crecimiento en el otolito sigue abierta y los biólogos tendrán que trabajar con limitaciones en el conocimiento de la biología de la especie, lo que de forma indirecta repercute en el sector pesquero que es al fin y al cabo uno de los principales beneficiarios de este tipo de experimentos. Por eso es esencial continuar con este tipo de campañas a gran escala, temporal y espacial, para seguir avanzando en los estudios de crecimiento y estructura poblacional de la especie en diferentes áreas. Asimismo es también necesario llevar a cabo estudios para entender mejor las señales que aparecen en las estructuras calcáreas en relación a los factores que gobiernan la formación de anillos: fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de alimento, crecimiento, actividad reproductiva y sus efectos (condiciones controladas, cautividad).

Finalmente decir que la merluza es uno más del numeroso grupo de especies de interés comercial a las que se podría aplicar también esta metodología para determinar con mayor fiabilidad la edad y conocer otros aspectos importantes de su biología.

Agradecimientos

Damos especialmente las gracias a L. Rodríguez-Fernández, A. Leal, A. Gómez, F. Saco, C. González, I. Bruno por su trabajo realizado en todo este estudio. También queremos dar las gracias por la valiosa colaboración de aquellos patrones de pesca y marineros que entregaron desinteresadamente al IEO merluzas marcadas (M. Neira, A. Pazos, M. Martínez, L. Alonso, L. Suená, P. Pombo y D. Blanco de los puertos de Mera, Lorbé, Caión, Mugardos, Laxe, Malpica y A Coruña). Gracias a los patrones de pesca de las campañas de marcado del IEO: J. Grandal, B. Barreiro; J. B. Fontaina; J. M. Pereira; C. Muñoz. Y a todos los patrones mayores de las cofradías de los puertos de Galicia y Golfo de Cádiz que han facilitado información de gran utilidad para la realización de este programa de marcado. Por último, numerosos colegas han participado en distintos aspectos relacionados con este proyecto de validación de la edad de merluza, bien en las campañas y en las recuperaciones de ejemplares marcados, o bien en los talleres de edad, a todos ellos gracias por que de una forma u otra han hecho posible la consecución de los objetivos de este proyecto.

Participantes en las campañas investigación de marcado: L. Silva, L. Rodríguez-Fernández, J. Rey, F. Saco, A. Leal, A. Gómez, I. Sobrino, M. Marin, B. Peleteiro, J. Montenegro, H. Araujo, J. Castro, C. Burgos, J.J. Acosta, J. Canoura, J. C. Fernández, J.

C. Pazos, J. Hernández, E. Masuti, G. Pomar, P. Lucio, S. Cerviño, E. Barriga, F. A. Ganoza, J. López y C. Piñeiro.

Bibliografía

- Abaunza P., Gordo L., Karlou-Riga C., Murta A., Eltink A.T.G.W., García Santamaría M.T., Zimmermann C., Hammer C., Lucio P., Iversen S.A., Molloy J., Gallo E., 2003. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13: 27-61.
- Aldebert Y. and Recasens L. 1995. Estimation de la croissance de merlu dans le Golfe de Lion par l'analyse des fréquences de tailles. CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes, *Dynamique des Populations Marines*, 10: 49 – 50.
- Bagenal T.B. 1954. Growth rate of the hake (*Merluccius merluccius* L.) in the Clyde and other Scottish areas. *Journal of the Marine Biology Association of the UK*, 33: 69 – 95.
- Belloc G. 1935. Étude Monographique du Merlu *Merluccius merluccius* L., troisième partie. *Revue des travaux de l'Office des Pêches Maritimes*, 8: 145-202.
- Campana S. E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, 59: 197-242.
- Casey J. and Pereiro F.J. 1995. European hake (*M. merluccius*) in the North-East Atlantic. In Hake: Fisheries, Ecology and Markets. Ed. by J. Alheit and T. J. Pitcher. Chapman and Hall, London. 508 pp. *Fish and Fisheries Series* 15, pp. 125 – 147.
- Cohen D.M. Inada T., Iwamoto T., and Scialabba, N. (1990). FAO Species catalogue. vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated Catalogue of Cods, Hakes, Grenadiers and other Gadiform fishes Known to Date. FAO Fish. *Synopsis* 125, 10–442
- de Pontual H., Bertignac M., Battaglia A., Bavouzet G., Moguedet P. and Groison, A.L. 2003. A pilot tagging experiment on European hake (*Merluccius merluccius*): methodology and preliminary results. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1318-1327.
- de Pontual H., Groison A.L., Piñeiro C., Bertignac M. 2006. Evidence of underestimation of European hake growth in the Bay of Biscay, and its relationship with bias in the agreed method of age estimation. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1674-1681.
- Domínguez-Petit R. 2007. Study of reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician Shelf. PhD thesis. University of Vigo. 253 pp.
- García-Rodríguez M. and Esteban, A. 2002. How fast does hake grow? A study on the Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L.) comparing whole otoliths readings

- and length frequency distributions data. *Scientia Marina*, 66: 145 – 156.
- Godinho M.L., Afonso M.H. and Morgado, C. 2001. Age and growth of hake *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 from the Northeast Atlantic (ICES Division IXa). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 17: 255 – 262.
- Goñi R. 1983. Growth studies of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from the northwest African shelf. *ICES Document CM 1983/G:10*. 3 pp.
- Goñi R. and Piñeiro C. 1988. Study of the growth pattern of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from the southern stock: ICES Divisions VIIIc and IXa. *ICES Document CM 1988/G:18*. 13 pp.
- Guichet R., Quero J.C. and Labastie J. 1974. Composition du stock du merlu au nord et a l'ouest de l'Irlande (deuxième note). *ICES Document CM 1974/G:8*. 5 pp.
- Guichet R. 1988. Étude de la croissance du merlu Européen (*Merluccius merluccius* L.) au cours de ses premières années. *ICES Document CM 1988/G:53*. 27 pp.
- Guichet R. and Labastie J. 1992. Détermination de l'âge du merlu (*Merluccius merluccius* L.) Problèmes d'interprétation des otolites. In: Tissus durs et âge individuel des vertébrés.- Colloque national, Bondy, France, 4-6 mars 1991. (Baglinière, Castanet, Conanc et Meunier eds.). *Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA*.
- Hickling C.F. 1933. The natural history of the hake. Part 3. Seasonal changes in the condition of hake. *UK Fishery Investigations Series II*, 12(1). 120 pp.
- ICES, 1979. Report of the Working Group on Assessment of the Hake Stocks. 28– 31 May 1979, Charlottenlund. *ICES Document CM 1979/G:27*. 65 pp.
- ICES, 2007.- Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk, and Megrim (WGHMM), 8 – 17 May 2007, Vigo, Spain. *ICES Document CM 2007/ACFM:21*. 700 pp.
- ICES, 2010a.- Report of the Workshop on Age estimation of European hake (WKAEH), 9-13 November 2009, Vigo, Spain. *ICES CM 2009/ACOM:42*. 68 pp.
- ICES, 2010b. Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim (WGHMM), 5 - 11 May 2010, Bilbao, Spain. *ICES CM 2010/ACOM:11*. 571 pp.
- Iglesias S. and Dery, L. 1981. Age and growth studies of hake (*Merluccius merluccius*, L.) from ICES Divisions VIIIc and IXa. *ICES Document CM 1981/G:38*. 6 pp.
- Lucio P., Santurtun M. and Quincoces I. 2000. Tagging experiments on hake, anglerfish and other species in the Bay of Biscay, *ICES CM 2000/Z*: 09.
- Mellon-Duval C., de Pontual H., Metral L. and Quemener L. 2010. Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. *ICES Journal of Marine Science*, 67: 62–70.
- Meriel-Bussy M. 1966. La croissance du merlu dans le golfe de Gascogne. *ICES Document*

CM, 1966/G:17. 5 pp.

- Morales-Nin B. and Aldebert Y. 1997. Growth of juvenile *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on otolith microstructure and length frequency analysis. *Fisheries Research*, 30:77–85.
- Murúa H., Motos L. and Marrale, D. 1996. Reproductive modality and batch fecundity of the European hake, *Merluccius merluccius*. *ICES Document CM 1996/G: 40*. 28 pp.
- Piñeiro C. and Hunt J.J. 1989. Comparative study on growth of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from southern stock using whole and sectioned otoliths, and length frequency distributions. *ICES Document CM 1989/G:37*. 16 pp
- Piñeiro C.G. and Pereiro, J.A. 1993. Study of the growth pattern of juvenile European hake (*Merluccius merluccius* L.) using the whole otoliths and length frequency from commercial catches and groundfish surveys. *ICES Document CM 1993/G:12*. 14 pp.
- Piñeiro C. 1994. Estado actual del estudio del crecimiento de la merluza europea del Atlántico Norte. Estado actual de los conocimientos de las poblaciones de merluza que habitan la plataforma continental atlántica y mediterránea de la Unión Europea con especial atención a la Península Ibérica. Ed. por A. González-Garcés y F.J. Pereiro. Publicación privada, pp217
- Piñeiro C. 2000. Report on workshop on hake otolith age reading, June 1997, Vigo. *European Fish Ageing Network, EFAN Report*, 6/2000.
- Piñeiro C., Afonso M.H., Arego S., Bellail R., Labastie J., Loureiro I., Lucio P. et al., 2000. Report of 2nd international workshop on hake otolith age reading, February 1999, Vigo, Spain. *European Fish Ageing Network, EFAN Report*, 7/2000.
- Piñeiro C., Saínza M. 2003. Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758) from Iberian Atlantic waters. *ICES Journal of Marine Science* 60: 1086-1101.
- Piñeiro C., Rey J., de Pontual H. and Goñi, R. 2007. Tag and recapture of European hake (*Merluccius merluccius* L.) off the Northwest Iberian Peninsula: First results support fast growth hypothesis. *Fisheries Research* 88: 150-154.
- Piñeiro C., Rey J., de Pontual H. and García, A. 2008. Growth of Northwest Iberian juvenile hake estimated by combining saggital and transversal otolith microstructure analyses. *Fisheries Research*, 93: 173 – 178.
- Piñeiro C.G., Morgado C., Saínza M., McCurdy W.J. (Eds.) 2009. Hake age estimation: state of the art and progress towards a solution. *ICES Cooperative Research Report* No. 296. 42 pp.
- Pitcher T.J. and Alheit J. 1995. What makes a hake? A review of the critical biological features that substaint global hake fisheries. En: J. Alheit y T.J. Pitcher, eds. Hake: Fisheries, ecology and markets. Londres, Chapman y Hall. *Fish and Fisheries Series*, 15: 89-124.

- Robles R., Pereiro J.A., Fernández A.M., García J.M., Lens, S. 1975. Estudios de cartografía, selectividad y marcado de merluza europea, *Merluccius merluccius* L., frente al litoral gallego. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 190:1-39.
- Sparre P. y Venema S.C. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual FAO. *Documento Técnico de Pesca*, nº 306. I Rev. 2: 420pp.
- Velasco F. and Olaso I. 1998. European hake (*Merluccius merluccius* L. 1758) feeding in the Cantabrian Sea: seasonal, bathymetric and length variations. *Fisheries Research*, 38: 33– 44.
- Velasco F. 2007. Alimentación de la merluza europea (*Merluccius merluccius* L.) en el mar Cantábrico. PhD thesis, Complutense University of Madrid. 257 pp.