

Criterios de Interpretación de la Edad en los Otolitos del Lirio o Bacaladilla del Atlántico Nordeste (*Micromesistius poutassou*)



Begoña Villamor, Rosendo Otero, Ana Antolinez e Isabel Riveiro

Proyecto BIOPEL, Junio 2016



Formato recomendado con fines de citación:

Villamor, B., Otero, R., Antolinez, A., Riveiro, I. 2016. Criterios de Interpretación de la Edad en los Otolitos del Lirio o Bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) del Atlántico Nordeste. Documento Interno del IEO, Proyecto BIOPEL. Repositorio del IEO.

Contenido

1. Introducción.....	5
2. Breves notas biológicas	5
3. Revisión de trabajos sobre determinación de la edad (ICES WKBLUE 2013)	6
4. Protocolo	6
5. Directrices generales para la determinación de la edad. Manual de Edad del Lirio (ICES WKBLUE 2013)	9
6. Información de apoyo adicional en la lectura de edad del Lirio (ICES WKBLUE 2013)	15
7. Referencias	18

1. Introducción

La determinación de la edad de los organismos marinos requiere un continuo proceso de mantenimiento de la consistencia del criterio de interpretación de cada lector de edad y de los lectores de edad de los diversos laboratorios entre sí (Panfili et al., 2002). El objetivo final de todo el trabajo de interpretación de la edad es establecer métodos que sean exactos, precisos y prácticos, de modo que puedan usarse rutinariamente en la interpretación de la edad de numerosas muestras necesarias para la evaluación de las especies marinas explotadas (Panfili et al., 2002).

Este manual tiene como objetivo describir los métodos para la determinación de la edad anual del lirio o bacaladilla (*Micromesistius poutassou*, Risso 1810). Las técnicas para la determinación de la edad en estructuras calcificadas de especies pelágicas y bentónicas (disección, preparación y métodos) en el área del ICES (aguas atlánticas europeas) se han descrito recientemente en un manual publicado tanto en inglés como en castellano (Villamor et al., 2015; 2016). Este nuevo manual que presentamos aquí se centra sólo, pero en mayor profundidad, en los criterios utilizados y estandarizados a nivel europeo para la interpretación de los anillos de crecimiento anual en los otolitos (lectura de otolitos) del lirio del Atlántico Nordeste. Este manual tiene como finalidad servir de referencia para los lectores de edad del lirio en los laboratorios del IEO y pretende también ser una guía para el entrenamiento de los nuevos lectores en la determinación de la edad en los otolitos del lirio, para suplementar y complementar el entrenamiento que reciben del lector experto asignado para entrenarlos. También pretende ser una guía dinámica, que pueda cambiar a medida que sean introducidos nuevos criterios de interpretación tras ser evaluados y adoptados a nivel europeo. Este manual se basa en los últimos intercambios, talleres y publicaciones sobre la determinación de la edad del lirio (ICES, 2005; 2013). También se hace referencia a la biología de la especie ya que es fundamental tener conocimiento de ella para poder interpretar los otolitos con mayor precisión.

2. Breves notas biológicas

El lirio o bacaladilla es un pez epipelágico. Se encuentran a grandes profundidades a 300-400 m de profundidad por el día, pero por la noche se levantan a 100 m.

El lirio es un pez de vida corta, por lo general solo llega hasta 4-5 años de edad, aunque puede alcanzar los 10 años de edad.

El dimorfismo sexual está presente en el lirio, las hembras crecen más rápido que los machos, por lo tanto los machos son más jóvenes, en general, en una longitud similar. Por lo tanto el conocimiento del sexo de los peces es importante para la determinación de la edad. Existen también diferencias morfométricas entre los sexos.

En términos de desove, el desove es gradual en la época de puesta, desovando del Sur hacia el Norte. El desove comienza en la parte sur de la zona en febrero y termina en abril, en la parte

norte. Por tanto, la formación del anillo de primer invierno se puede producir a partir de octubre a enero.

3. Revisión de trabajos sobre determinación de la edad (ICES WKBLUE 2013)

La interpretación de los otolitos del lirio es generalmente difícil. Incluso en los anillos de los otolitos bien marcados, hay decisiones subjetivas, que son altamente dependientes de la experiencia de cada lector.

Esto se puede observar en la serie de intercambios y talleres. Durante los talleres el acuerdo entre lectores aumenta, pero esto no se mantiene en el tiempo. Cuando un intercambio se lleva a cabo más tarde, los resultados son de nuevo pobres. Esto es porque las decisiones subjetivas de cada lector vuelven a su propia tendencia, y también a la incorporación de nuevos lectores. Por tanto, es importante llevar a cabo intercambios y talleres con regularidad. El establecimiento de una "Colección de Referencia" es igualmente importante para ello.

Algunos estudios han investigado la determinación de la zona interior del otolito del lirio, como un anillo anual o como un anillo de Bailey (Bailey, 1970). Gjosaeter et al. (1979) contó y midió anillos diarios con el fin de establecer una conexión entre el crecimiento de los otolitos y el crecimiento de los peces. En base a estudios sobre otras especies de peces de zonas templadas, asumieron que las zonas de crecimiento primarias en otolitos se forman todos los días, y llegaron a la conclusión de que la bacaladilla puede alcanzar un tamaño de 20-25 cm en el primer año de vida. Al contar los anillos diarios se encontraron con que los otolitos con una zona hialina tenían un promedio de 227 anillos de crecimiento (osciló entre 120 y 357). Ellos sin embargo no describieron el tamaño de los otolitos para estas tallas. Llegaron a la conclusión, sin embargo, de que el tiempo de eclosión se extendía sobre gran parte del año.

4. Protocolo

Para mayor información ver los apartados 4 y 5 de este documento.

Observación: otolitos enteros sumergidos en agua dulce bajo una lupa binocular.

Iluminación: Luz reflejada (usando iluminadores de fibra óptica).

Aumentos: 6 / 6.4x aumentos contra un fondo negro, donde 12 EPU (unidades oculares) son iguales a 2 mm. Los aumentos y la intensidad de la luz se pueden ajustar por cada lector. Los aumentos se incrementan con el tamaño de los otolitos.

Eje de lectura: los otolitos de la bacaladilla se interpretan contando los anillos translúcidos (hialinos) en la zona del *rostrum* y utilizando todo el patrón de crecimiento del otolito como guía. Se recomienda leer desde el centro hasta el borde puntiagudo, y leer en la cara dorsal. Por lo general, el patrón más claro se ve cuando la parte convexa (lado del surco) de los

otolitos esté orientada hacia abajo. Sin embargo, es útil manejar los otolitos en varias direcciones, para asegurar la edad estimada. Con otolitos difíciles, se recomienda la observación en ambos lados de los otolitos (cóncavas y convexas) para obtener una mejor estimación de la edad.

Criterios para la estimación de la edad: los criterios de estimación de la edad de la bacaladilla se recomendaron en los últimos talleres del ICES (2005 y 2013).

- La **fecha del cumpleaños** se considera el **1 de enero**.
- Se asume que esta especie forma cada año una zona hialina y una zona opaca. La formación de las dos zonas tiene lugar durante un año.
- La **identificación correcta del primer anillo anual** se puede inducir mediante la medición de la longitud del anillo interior, evitando de este modo la inclusión de la zona de Bailey (Bailey, 1970) como el primer anillo (Figura 1). Un anillo "falso" conocido como la "zona de Bailey" puede aparecer dentro del primer anillo de invierno, la confusión puede eliminarse teniendo en cuenta que si un anillo es de menos de 48 EPU probablemente es la zona de Bailey. Por lo general, un anillo en el rango de tamaño de 50 a 56 EPU (**correspondiente a 8.33 a 9.33 mm**) puede ser considerado **el primer anillo anual** (ICES 2005).
- **Anillos falsos**: Al contar los verdaderos anillos anuales, es importante tener en cuenta toda la estructura del otolito y seguir la secuencia de crecimiento anual. Los incrementos anuales de la zona de crecimiento serán más frecuentes y disminuirán a medida que los peces son más viejos. Cuando las zonas de pequeño crecimiento están seguidas por otras más grandes, éstos deben ser considerados como falsos anillos (Figura 2).
- Un caso particular de los falsos anillos son los **Anillos Dobles**: En muchos casos pueden ser fácilmente identificados porque se juntan cuando se intenta seguir alrededor de todo el otolito. Es importante seguir los anillos, en la medida de lo posible en todas las zonas de los otolitos (Figura 3). Haciendo zoom se evita la posibilidad de contar anillos dobles.
- La **interpretación del borde del otolito** se determina teniendo en cuenta el momento de la captura de los peces. El criterio del cumpleaños el 1 de enero debe ser utilizado para determinar cuándo un anillo hialino en el borde debe ser contado. A los otolitos con borde translúcido de la primera mitad del año, se les asigna la edad contando todos los anillos translúcidos, incluyendo el borde. En el segundo semestre, se ignora el borde translúcido si está presente. (Figura 4)
- Cuando se utiliza la **escala de medición** de la unidad ocular se pueden aplicar las siguientes referencias de las medidas de los anillos anuales como directrices generales:

Edad	Talla ejemplar (cm)	media e.p.u (de cada anillo anual)
1	18-23	50+
2	23-26	60+
3	25-28	70+
4	27-30	(76)
5	29-33	(79)

Para las edades mayores (4 +) las distancias entre los anillos puede variar con el sexo. La media e.p.u. para cada anillo de crecimiento anual (edad) debe ser considerada como una guía aproximada (ver tabla anterior). Las distancias entre los anillos se miden al borde exterior de la zona translúcida (Figura 1). Si la zona translúcida no se termina en el borde, marcar el borde del otolito. Como medida adicional tomar la longitud total del otolito.

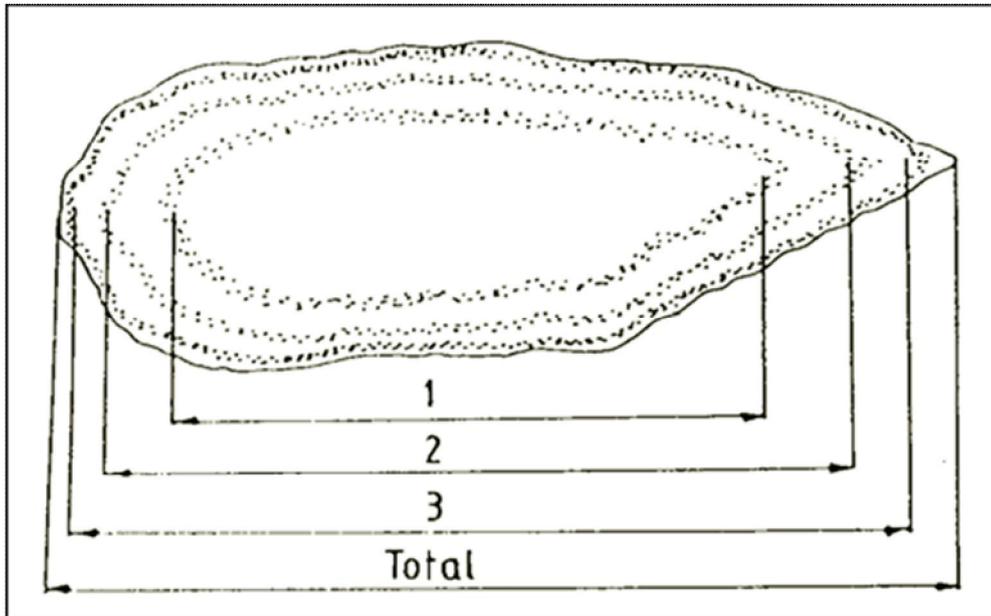


Figura 1. Toma de las medidas de los anillos anuales en los otolitos de lirio (figura tomada de ICES, 2005)

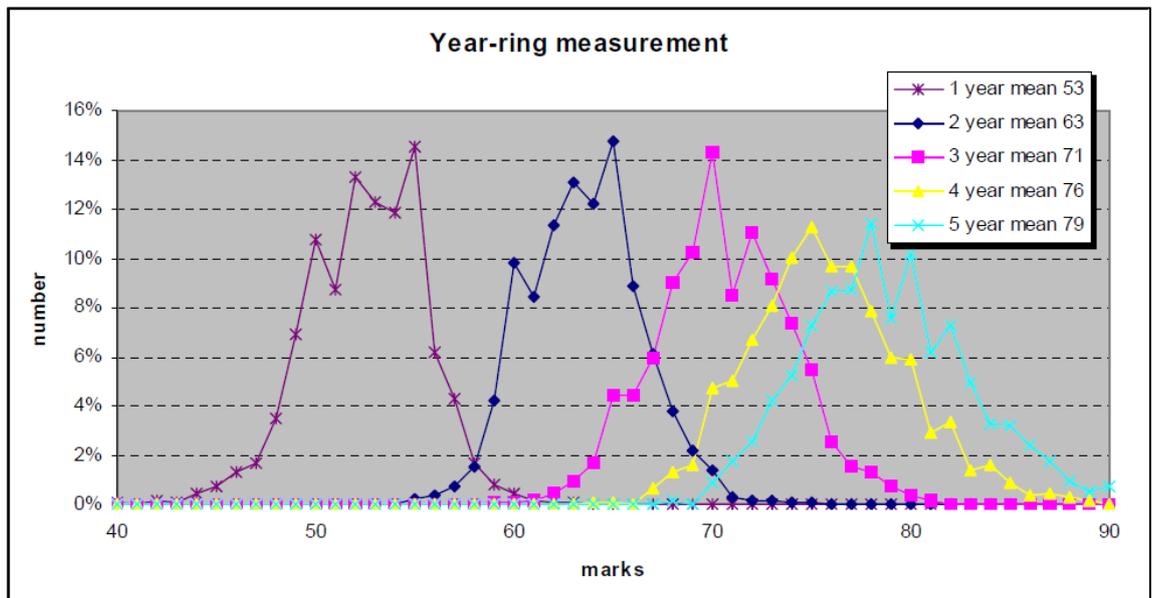


Figura 2: Medidas de los anillos de crecimiento anuales (1 a 5 años) en los otolitos de lirio. La longitud media para cada anillo anual se detalla en la leyenda de la figura. (Figura tomada de ICES, 2005)

Si el primer anillo es menor que 48 e.p.u probablemente es una zona de Bailey. A medida que el otolito crece la zona de Bailey es menos visible. Incluso el primer anillo puede desaparecer en otolitos grandes, así es muy útil la guía de la medición del tamaño probable del primer anillo. Durante los 3 primeros años los anillos de crecimiento de invierno aparecen distantes y cuando el pez es más viejo la distancia entre los anillos es más estrecha (Figura 2).

5. Directrices generales para la determinación de la edad. Manual de Edad del Lirio (ICES WKBLUE 2013)

- Los **otolitos enteros** se deben sumergir en agua 24 horas antes de la lectura. No se necesita ninguna otra manipulación. Es, sin embargo, importante leer los otolitos, poco después del muestreo, ya que los otolitos están más claros.
- Los **otolitos enteros** deben ser leídos **sumergidos en agua** sobre una **superficie de color negro, con luz reflejada**. El otolito no debe quedar sumergido en agua durante más de 48 horas cada vez, ya que podría afectar a la estructura de anillo debido a la composición de agua dulce.
- La **identificación correcta** del primer anillo anual se puede ayudar mediante la medición del tamaño del anillo interior (primer anillo). De ese modo será posible evitar la inclusión de la zona de Bailey (Bailey, 1970) como el primer anillo anual (Figura 3). Por lo general, un anillo en el rango de tamaño de 50 a 56 EPU (**correspondiente a 8.33 a 9.33 mm**) puede ser considerado **el primer anillo anual** (ICES 2005). El anillo llamado de zona de Bailey fue primero identificado por Roger Bailey (Bailey, RS 1970), en lirios pequeños, capturados con redes de arrastre de malla fina en junio de 1967.

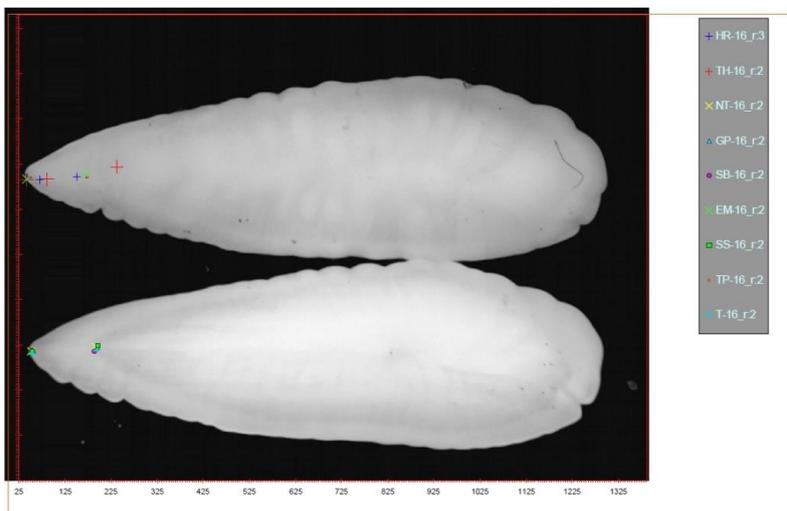


Figura 3. Ejemplo de "zona de Bailey" donde la posición del primer anillo varía entre los lectores (ICES, 2005).

Bailey encontró dos grupos modales de tamaño, uno de ellos alrededor de 8.9 cm y el otro 13 a 15 cm sin los anillos de crecimiento de invierno claramente definidos en los otolitos. Sin embargo, consideró que era poco probable alcanzar una longitud de 13-15 cm a finales de junio en estas áreas, por lo que propone que, mientras que el grupo de menor tamaño puede haber sido generado ese año, los más grandes eran más propensos a ser de 1 año de edad. También encontró que la mayoría de los otolitos del segundo grupo modal (13-15 cm) mostraban un anillo muy confuso cuando se ve en la sección transversal y esto podía ser un check (anillo falso) de crecimiento del primer invierno débilmente desarrollado. Esa zona se llamó a partir de entonces la zona de Bailey. Jakupsstovu (1979) sugirió que esta zona puede estar asociada con un cambio de hábitat o profundidad; en este caso, sería equivalente a la "Zona Bowers" que se encuentra en otolitos del merlán (Gambell y Messtorff, 1964). Esta primera zona se forma cuando los peces son de 4-10 cm de longitud. Bailey (1982) llega a la conclusión de que es difícil explicar cómo el grupo de edad más joven de bacaladilla podría haber permanecido totalmente inadvertido durante su primer invierno y la primavera, sobre todo si se tiene en cuenta su abundancia. Por lo tanto, la interpretación de Jakupsstovu parece más creíble, y por coherencia es probable que sea mejor seguir la interpretación de Jakupsstovu (1979) en el que la edad está dada por el número de anillos de invierno en el otolito.

- Los **Anillos falsos** son un problema común en los otolitos de la bacaladilla. Al contar los verdaderos anillos anuales es importante tener en cuenta toda la estructura del otolito y seguir la secuencia de crecimiento anual. Los incrementos anuales de la zona de crecimiento serán más frecuentes y disminuirán a medida que los peces son más viejos. Cuando zonas de pequeño crecimiento son seguidas por otras más grandes, éstos deben ser considerados como falsos anillos. Sin embargo, a veces el grosor del anillo varía dentro de los otolitos, y un anillo de invierno puede aparecer muy delgado pero encontrarse en una buena secuencia, y podría ser un corto período de invierno y no un anillo falso (Figura 4).



Figura 4: Progresión en la estructura de crecimiento. Se debe esperar que la anchura de los incrementos sea progresivamente menor a medida que el otolito crece. La variación puede esperarse debido a la variación en la alimentación, el desove etc.

- Un caso particular de los falsos anillos son los **anillos divididos (anillos dobles)**. En muchos casos pueden ser fácilmente identificados porque se juntan cuando se intenta seguir alrededor de todo el otolito. Es importante seguir los anillos, en la medida de lo posible en todas las zonas de los otolitos (Figura 5). Haciendo zoom se evita la posibilidad de contar anillos dobles.

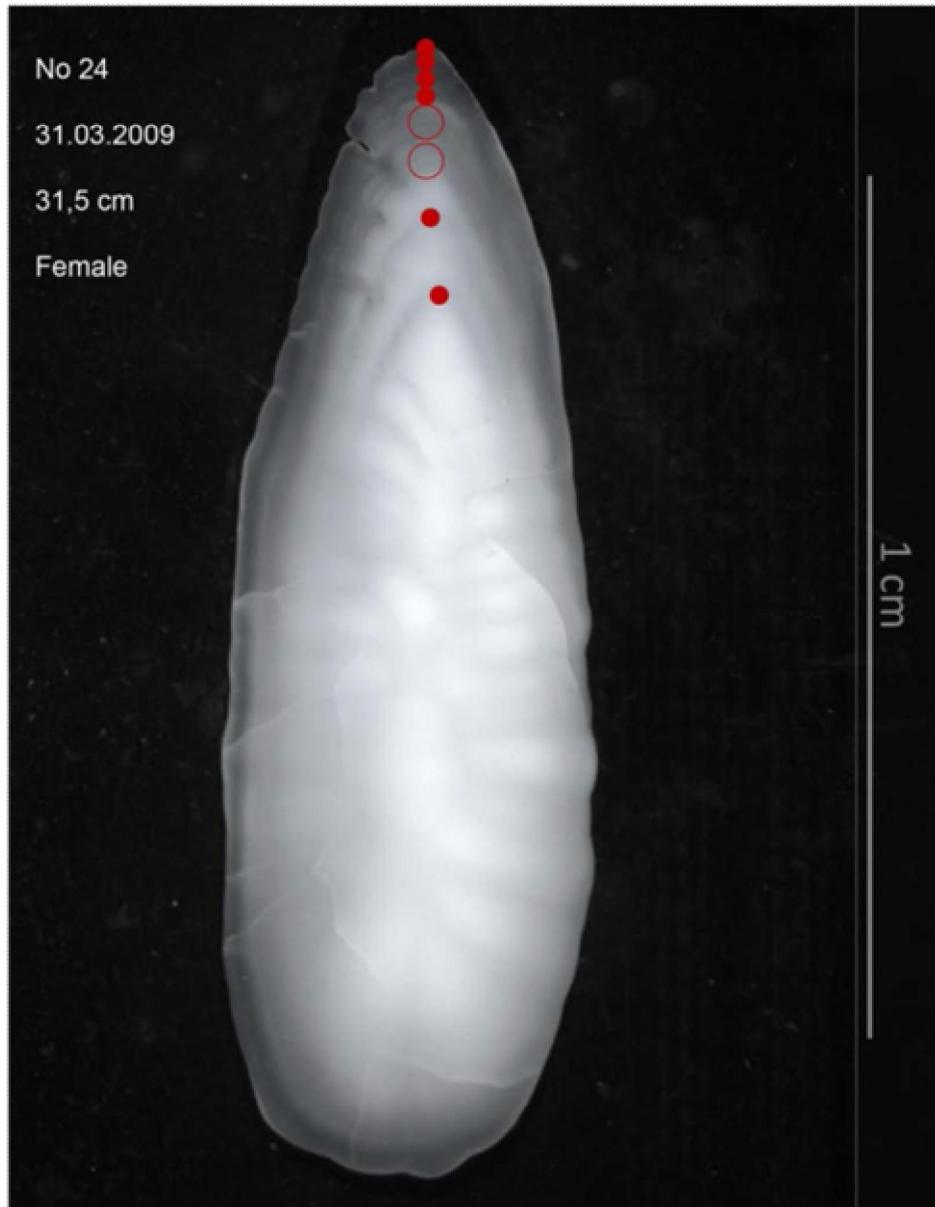


Figura 5: Anillos dobles: Los círculos vacíos indican donde hay anillos dobles. Cada círculo vacío se debe contar como un solo año.

- La **interpretación del borde del otolito** se determina teniendo en cuenta el momento de la captura de los peces. El **criterio del cumpleaños el 1 de enero** debe ser utilizado para determinar cuándo un anillo hialino en el borde debe ser contado. El crecimiento de peces inmaduros varía de la de los adultos, ya que se pueden alimentar durante un período mucho más largo, por lo que la zona opaca se puede empezar a formar mucho antes (Figura 6). La determinación de la edad de un pez con un borde opaco, dependerá de la madurez. A **los otolitos con borde translúcido de la primera mitad del año, se les asigna la edad contando todos los anillos translúcidos, incluyendo el borde. En el segundo semestre, se ignora el borde translúcido si está presente.** Este "borde translúcido" es la aparición del anillo de

invierno. Esta aparición también variará con el tiempo y por ubicación geográfica. Este esquema (Figura 4) se debe aclarar y validar en el futuro.

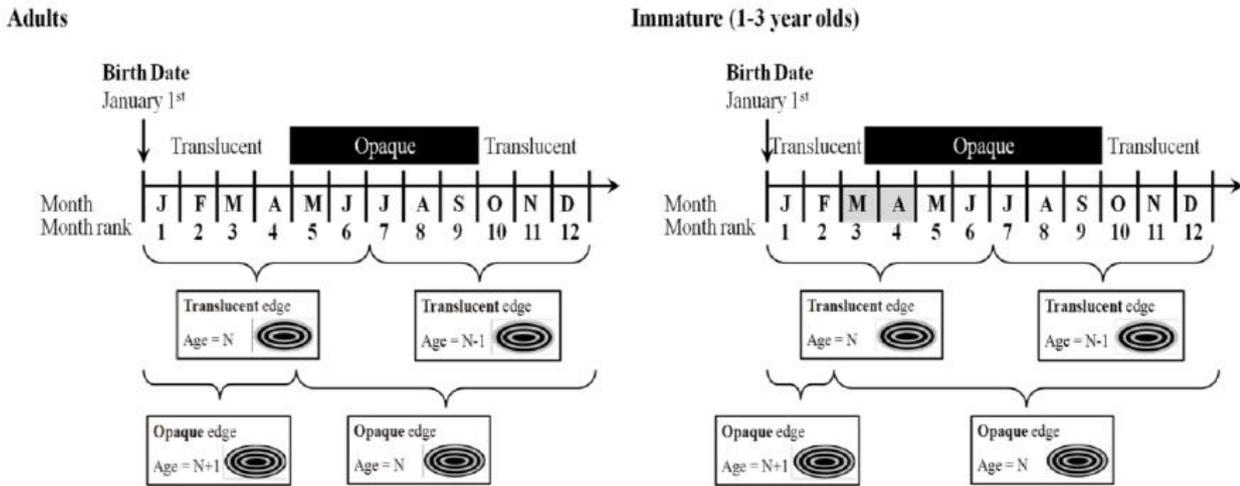


Figura 6: Interpretación del borde: La alimentación de la bacaladilla se inicia en momentos diferentes dependiendo de la edad y madurez. Los adultos por lo general comienzan a alimentarse en mayo, mientras que los individuos inmaduros pueden comenzar a comer mucho antes, y la formación del anillo opaco pueden comenzar ya en marzo (WD WGWIDE2013).

- Hay que estar al tanto de qué lado de los otolitos se lee mejor: se recomienda **leer desde el centro hasta el borde puntiagudo, y leer en la cara dorsal** (al revés de como está colocado en el oído interno de los peces (Härkönen, 1986). A menudo, los anillos sólo se pueden seguir desde el centro y hacia un lado de los otolitos, mientras que se fusionan muy cerca del borde puntiagudo en el otro lado (Figura 7).

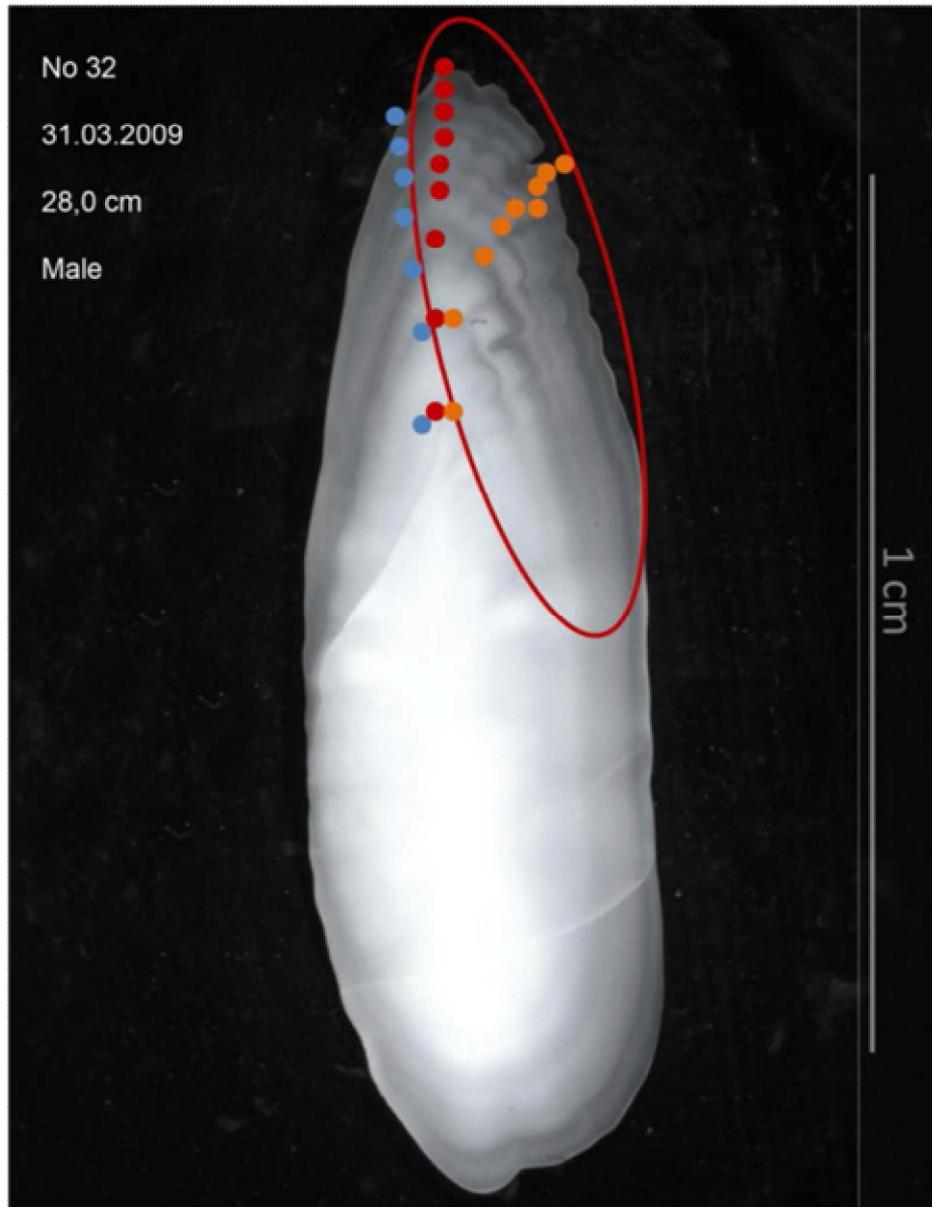


Figura 7: ¿En qué parte del otolito se debe leer?: Es importante ser consciente de la zona en donde se lee. Los puntos rojos indican la dirección correcta de leer. Sin embargo, es importante tener en cuenta que también puede ser posible seguir los anillos a lo largo de un lado. Se pueden seguir claramente las líneas en el lado con el transepto naranja, pero al leer a lo largo del transepto azul la edad va de 9 a 7 años de edad. Consideramos que el círculo rojo esta dentro de la zona que debería ser posible seguir los incrementos de las zonas anuales.

- Las lecturas de edad de la bacaladilla deben evitar otolitos clasificados como ilegibles o muy difíciles de interpretar (0-25% de confiabilidad) de acuerdo con la escala de 3 puntos de la calidad de lectura de edad que WKNARC (ICES 2011) recomendó para ser utilizado por todos los lectores que proporcionan datos de edad para la evaluación de stocks.
- Se deben utilizar **Colecciones de Referencia** como una herramienta valiosa para mantener la exactitud de los lectores a través del tiempo.

- El **dimorfismo sexual** está presente en la bacaladilla, las hembras crecen más rápido que los machos, por lo tanto son más jóvenes, en general, en condiciones similares a los peces machos (ICES 2005). Por lo tanto **el conocimiento del sexo de los peces puede ser utilizado como factor adicional cuando se asigne la edad**. Esto se puede observar en los patrones de los anillos en los **otolitos de los peces machos que tienden a tener incrementos más pequeños** debido a un crecimiento más lento y se ve especialmente en los peces mayores de 3 años de edad.
- El **aumento de las imágenes** debe ser siempre el mismo ($\times 0.64$), y es necesario incluir una barra de medición en todas las imágenes de los otolitos de la bacaladilla. Esto es muy importante con el fin de determinar correctamente la zona interior vs. Zona de Bailey.

6. Información de apoyo adicional en la lectura de edad del Lirio (ICES WKBLUE 2013)

- Los peces maduros comienzan a crecer más tarde en el año que los inmaduros por razones de utilización del recurso de energía para el ciclo de maduración gonadal, en contra de los peces jóvenes que utilizan toda su energía para el crecimiento somático. Una nueva investigación ha demostrado que la bacaladilla puede madurar ya alrededor de la edad 1 (Heino, 2013). Así, cuando sea posible, **la época de madurez se puede utilizar como un indicador adicional para la asignación de la edad** de los peces capturados durante la temporada de desove. **En nuestras aguas (Mar Cantábrico y Galicia) la época de puesta es entre febrero y abril, con el pico de puesta en marzo.**
- El crecimiento comienza cuando los peces comienzan a alimentarse después del invierno/ período de puesta y terminan la alimentación después de la acumulación de suficientes reservas de alimentos. En el último trimestre el crecimiento ha terminado debido a la fuente de energía suficiente para el próximo período de desove, y el siguiente anillo de invierno ha comenzado a formarse. Por lo tanto **la plenitud del estómago se puede utilizar como indicador adicional para la lectura.**
- La bacaladilla tiene una **amplia distribución y un ciclo de vida complicado** en aguas del Atlántico. Se refleja en todas las fases del crecimiento de los peces, y consecuencia en el otolito. La distribución espacial se refleja en las capturas, como se muestra en el mapa que el WGWISE incluye cada año (Figura 8). El mapa también muestra las concentraciones de desove al oeste de las Islas Británicas (Porcupine y Rockall Bank). Es decir, durante el invierno, cuando no se alimentan, y en lugar de ello gastan la energía en el desove, y en las migraciones de prepuesta y post-puesta (Figura 9), casi no hay calcificación en los otolitos, por lo que está marcando un anillo translúcido.

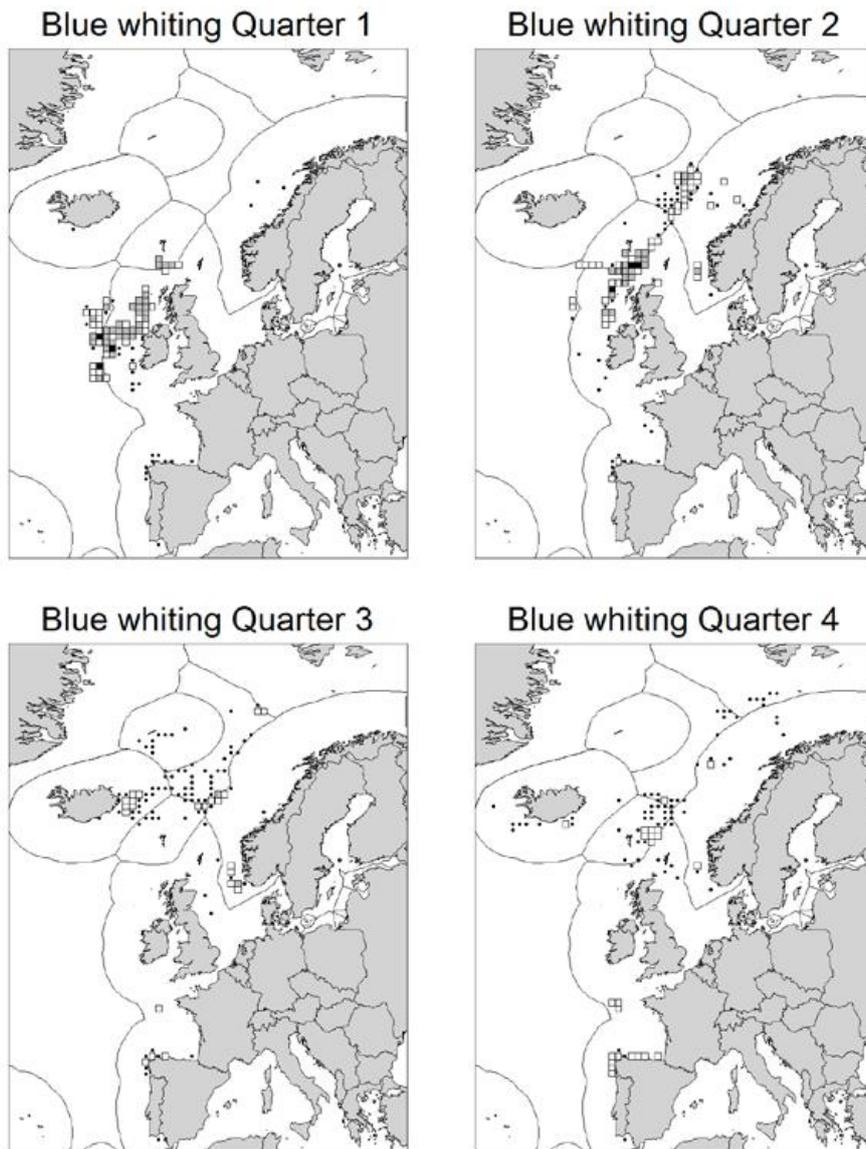


Figura 8. Capturas totales (t) de la Bacaladilla en 2012 por trimestre y rectángulo ICES. Clasificación de los símbolos: pequeños puntos 10 a 100 t, cuadrados blancos 100-1000 t, cuadrados grises 1000-10 000 t, y cuadrados negros > 10 000 t. Las capturas por debajo de 10 t no se muestran en el mapa. Las capturas en el mapa constituyen el 98% de las capturas totales (ICES 2013b)

Después de eso, los huevos y las larvas derivan principalmente hacia el norte, pero también en parte hacia el sur, reclutando a las zonas de cría del norte (principalmente Mar de Noruega) y el sur (principalmente en el Golfo de Vizcaya). Al mismo tiempo, la bacaladilla adulta migra hacia las zonas de alimentación (las mismas áreas de las zonas de cría). Se propagan por todo el Mar de Noruega, y parte de la distribución de la población es tan dispersa que no pueden ser detectados por el pescador o las campañas de investigación. Esto se muestra en los mapas 3 y 4 de la Figura 8. En el área de alimentación, los peces crecen y los otolitos están marcando un gran anillo opaco.

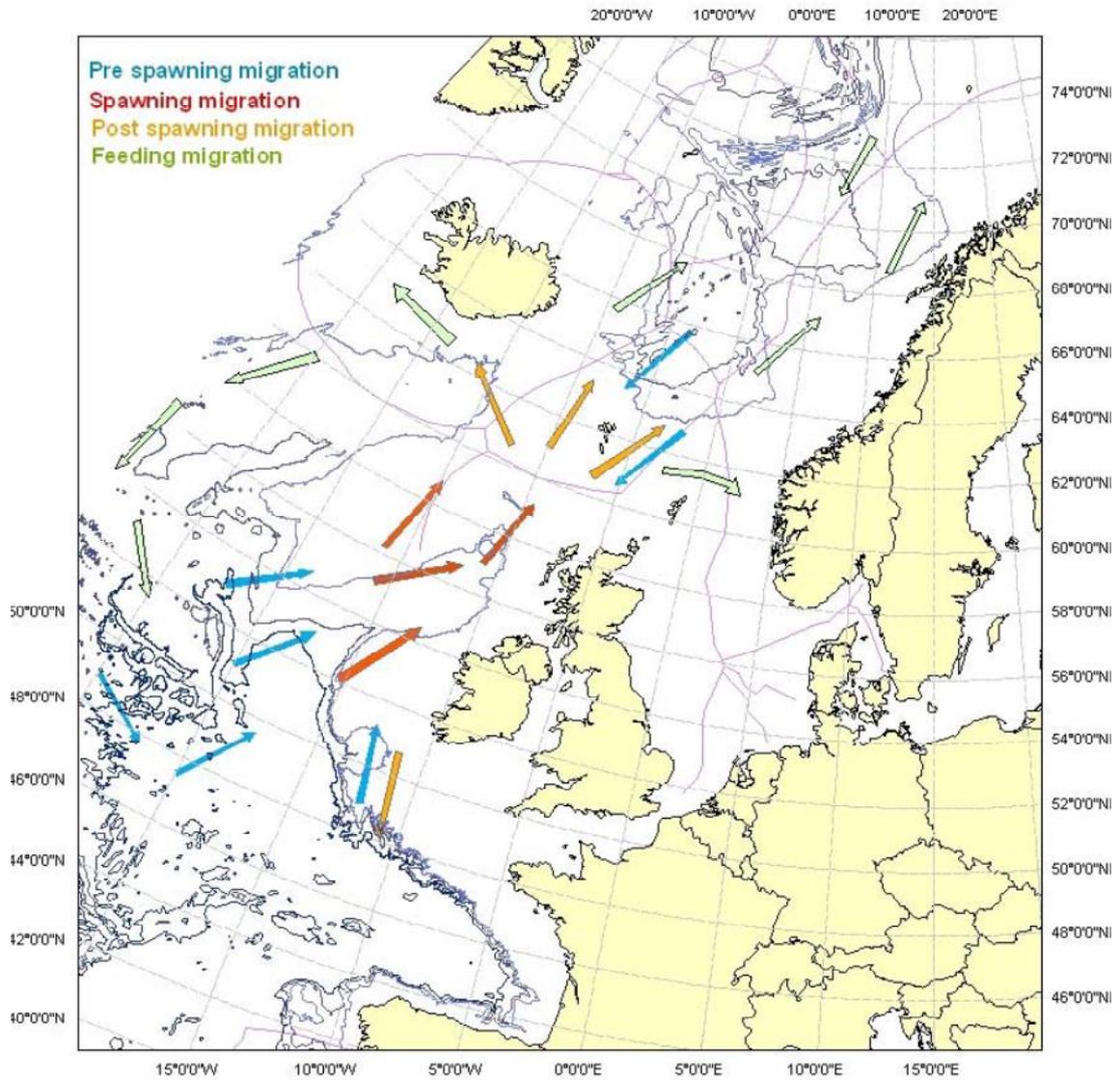


Figura 9. Rutas migratorias de la bacaladilla en el Atlántico Norte (ICES, 2005)

- Otro factor que afecta al crecimiento de los otolitos es la **fuerza del reclutamiento**. El stock de bacaladilla alterna períodos de alto reclutamiento con otros de bajo reclutamiento. Esto afecta el crecimiento de los otolitos y cualquier otra característica denso-dependiente.

7. Referencias

- Bailey, R.S. 1970. A re-interpretation of age determination in blue whiting *Micromesistius poutassou*, ICES CM 1970/F:3l. 5.
- Bailey, R. 1982. The population biology of blue whiting in the North Atlantic. *Advances in Marine Biology*, 19: 257-355
- Gambell, R. and Messtorff, J. (1964). Age determination in the whiting. *Journal du Conseil International pour l' Exploration de [a. 111er 28, 393-404.*
- Gjøsæter J. , Beek, I. M. and Monstad, T. (1979). Primary growth rings in blue whiting otoliths. ICES CM 1979/H:32, 12 pp. Gambell y Messtorff, 1964
- Härkönen, T. 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. p. 106-107.
- Heino. 2013. Revising the maturity ogive for blue whiting. Working document to WGwide ICES CM 2013/ACOM:
- ICES 2005. Report of the Blue Whiting Otolith Ageing Workshop. ICES C.M. 2005/ACFM, Hirtshals, Denmark 13-16 June 2005.
- ICES 2011. Report of the Workshop of National Age Readings Coordinators (WKNARC), 5-9 September 2011, Boulogne-sur-Mer, France. ICES CM 2011/ACOM:45. 175 pp.
- ICES, 2013. Report of the Workshop on the Age Reading of Blue Whiting (WKBLUE). ICES CM 2013/ACOM:53. Bergen, Norway, 10-14 June 2013.
- ICES.2013a.Report of the Working Group on Widely Distributed Stocks (WGwide),27 August to 2 September 2013,Copenhague, Denmark.ICES CM 2013/ACOM
- ICES 2013c. Report of the Workshop on Age Validation Studies of Gadoids (WKAWSG), 6-10 May 2013, IMEDEA, Mallorca. ICES CM 2013/ACOM:50. 33pp.
- Jakupsstovu, S.H. (1979). On the formation of the first winter zone in blue whiting otoliths. ICES CM 1979/H: 7, 5 pp
- Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H. and Wright, P.J. 2002. Manual of Fish Sclerochronology. IFREMER-IRD co-edition, Brest. 464 pp.
- Villamor, B., Landa, J., Antolínez, A., Barrado, J., Dueñas, C., Hernández, C., Meijide, M., Navarro, M.R., Riveiro, I. 2015. Age determination procedures for pelagic and benthic species from ICES area in Spanish Institute of Oceanography (IEO). IEO internal Document. Repositorio IEO <http://hdl.handle.net/10508/9095>
- Villamor, B., Landa, J., Antolinez, A., Barrado, J., Dueñas, C., Hernandez, C., Meijide, M., Navarro, M.R., Riveiro, I. 2016. Manual de Determinación de la edad de especies pelágicas y bentónicas del área del ICES. Documento Interno del IEO. Repositorio IEO