



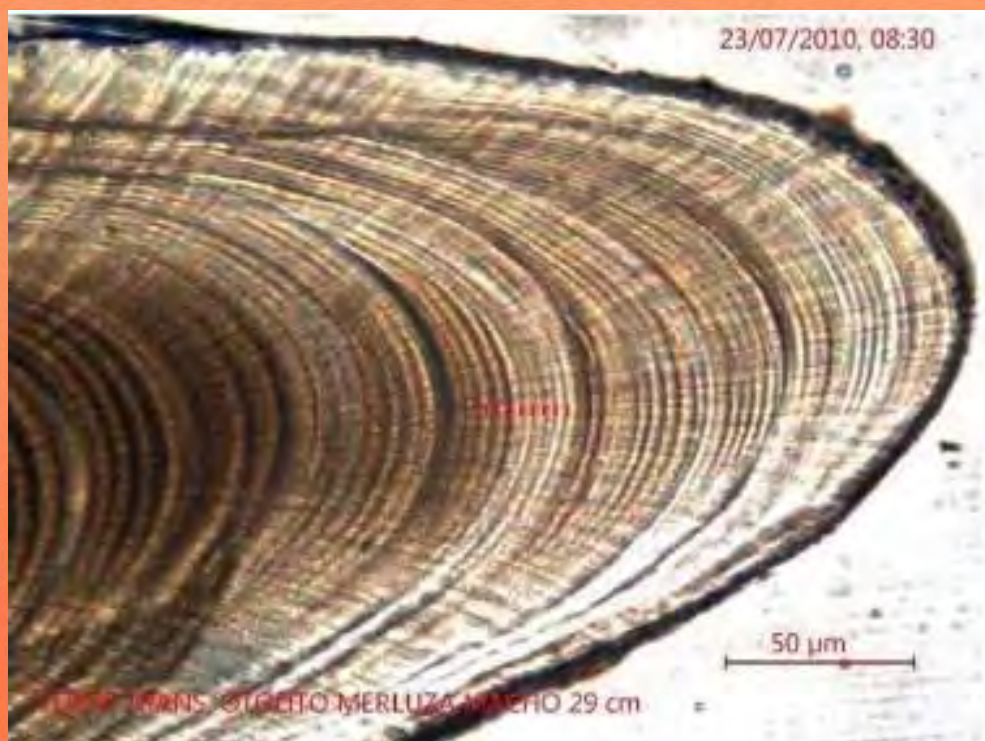
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378 - 7702

Volumen 37 Números 3-4

- Edad y crecimiento de algunos peces según los otolitos
- La ESCC y la distribución espacial de la merluza peruana
- Investigaciones biológico pesqueras en Tumbes, 1996-2005
 - Algunos invertebrados del ecosistema de los manglares
 - Nota sobre neonatos de la tortuga pico de loro



PERIODICIDAD DE FORMACIÓN DE ANILLOS DE CRECIMIENTO EN OTOLITOS DE LA MERLUZA PERUANA *MERLUCCIUS GAYI PERUANUS* GINSBURG

PERIODICITY OF GROWTH RING FORMATION IN OTOLITHS OF PERUVIAN HAKE *MERLUCCIUS GAYI PERUANUS* GYNSBURG

Carlos Goicochea¹ Claudia Wosnitza-Mendo² Jorge Mostacero¹ Patricia Moquillaza¹

¹ Laboratorio de Edad y Crecimiento; ² Dirección Científica. IMARPE Casilla 22, Callao

RESUMEN

GOICOCHEA C, WOSNITZA-MENDO C, MOSTACERO J, MOQUILLAZA P. 2010. Periodicidad de formación de anillos de crecimiento en otolitos de la merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg. *Inf Inst Mar Perú* 37(3-4): 79-83- Se estudia el periodo de formación de macroestructuras en los otolitos de la merluza peruana, utilizando secciones transversales de los otolitos. La muestra estuvo compuesta de 8 otolitos de merluzas (5 hembras y 3 machos) procedentes del crucero demersal realizado en otoño austral 2008, y de 13 otolitos (7 hembras y 6 machos) del crucero de verano austral 1987. Se discute la evidencia de la formación bianual de los anillos de crecimiento de la merluza y su periodicidad aparentemente endógena.

PALABRAS CLAVE: merluza peruana, microincrementos, otolitos

ABSTRACT

GOICOCHEA C, WOSNITZA-MENDO C, MOSTACERO J, MOQUILLAZA P. 2010. Periodicity of growth ring formation in otoliths of Peruvian hake *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg. *Inf Inst Mar Perú* 37(3-4): 79-83-- The periodical formation of macrostructures in otoliths of Peruvian hake, using transversal sections, is studied. The sample was composed of 8 hake otoliths (5 female and 3 male) from a demersal scientific cruise executed in austral autumn of 2008, and 13 otoliths (7 female and 6 male) from a cruise of austral summer of 1987. The evidence of a biannual formation of growth rings in Peruvian hake and its apparently endogenous periodicity are discussed.

KEYWORDS: Peruvian hake, microincrements, otoliths

INTRODUCCIÓN

La merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*) tiene una amplia distribución, abarca desde los 0°30'S (Ecuador) hasta los 13°56'S (Perú) con mayor densidad entre Paita y Huarmey (CHIRICHIGNO y VÉLEZ 1998).

Esta especie es considerada como uno de los principales recursos de importancia comercial, por su abundancia y aceptación para el consumo humano. Es capturada por embarcaciones de arrastre de fondo costeras, con base en el puerto de Paita (FERNÁNDEZ 1987, WOSNITZA-MENDO et al. 2007). Desde el inicio de la fuerte pesquería de arrastre de fondo en 1973, la merluza peruana ha sufrido reducción en la biomasa, además de cambios en la distribución y en la estructura poblacional (WOSNITZA-MENDO et al. 2009).

Desde los años 1960 se iniciaron estudios de sus aspectos biológicos; uno de ellos es la determinación de la edad y crecimiento, la cual está basada en la periodicidad de la formación de los anillos de crecimiento de los otolitos (sagita), pues, de ella parten las estimaciones de la edad que sirven para la obtención de parámetros

de crecimiento y otros insumos importantes para su dinámica poblacional. Las claves edad/crecimiento son una entrada esencial en los modelos de evaluación de los stocks y se usan habitualmente en el manejo pesquero. Interpretaciones erróneas de anillos de crecimiento, obviamente, impactan en la distribución de las edades de las capturas y sus respectivos índices de abundancia en los modelos estructurados por edad.

MISU y HAMASAKI (1971), DIOS (1985) y FERNÁNDEZ (1987) realizaron los primeros estudios sobre el tema en la merluza peruana, interpretando la formación de los anillos de crecimiento en estas estructuras como anuales. Incongruencias en las tasas de crecimiento entre los grupos de edades de la merluza peruana y evidencias de subestimaciones del crecimiento en la merluza europea (*Merluccius merluccius*) a inicios de los años 2000 (PIÑEIRO y SAÍNZ 2003, DE PONTUAL et al. 2006) llevaron a una revisión de los anillos de crecimiento de los otolitos a través del análisis de sus microestructuras.

El descubrimiento de PANNELLA (1971 y 1974) y posteriores trabajos de otros autores (ver: CAMPANA

y NEILSON 1985), de que muchos teleósteos depositan los incrementos de crecimiento de los otolitos en una periodicidad de 24 horas, ofrecen un método para evaluar la determinación de edad y crecimiento con una mayor exactitud y precisión.

La formación diaria de las microestructuras en los otolitos de peces está regulado por un ritmo endógeno circadiano. Este ritmo circadiano de depósito de carbonato de calcio está casi sin duda bajo un control endocrinológico (SIMKISS 1974). Una manipulación experimental de factores exógenos (foto-periodicidad y alimentación) mostró que estos solos no explicaron la formación diaria de las microestructuras (TANAKA et al. 1981). Un cambio en las fases de luz y oscuridad (18 horas luz, 6 horas oscuridad; y 6 horas luz, 18 horas oscuridad), o un cambio en la hora de alimentación no afectó el tiempo de la formación de las zonas hialinas y claras.

Un incremento diario se encuentra en todos los ecosistemas y ha sido validado para un sinnúmero de especies entre ellas varias especies de merluzas (SÁNCHEZ 1999, BROWN et al. 2004; BELCARI et al. 2006). Asimismo, otros autores asumieron la

formación diaria de los incrementos en otolitos de larvas y juveniles (CAMPANA y NEILSON 1985, SPON-AUGLE 2009, PANFILI et al. 2009).

MATERIAL Y MÉTODOS

Los otolitos están compuestos principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3) precipitado en una matriz de proteínas (PANFILI et al. 2009). Cada incremento de crecimiento es una estructura bipartida, usualmente formado durante 24 horas: consisten de zonas discontinuas (zonas D) que aparecen oscuras vistos con luz transmitida y que contienen más componentes orgánicos (proteínas); las zonas claras o translúcidas (zonas L) aparecen claras bajo luz transmitida y contienen más carbonato de calcio. La zona L aparece más ancha mientras que la zona D es más estrecha (CAMPANA y NEILSON 1985, GREEN et al. 2009).

Nuestra muestra para el estudio de microincrementos estuvo compuesta de 8 otolitos de merluzas (5 hembras y 3 machos) procedente del crucero demersal realizado en otoño del año 2008 (Tabla 1) y de 13 otolitos (7 hembras y 6 machos) del crucero de verano del 1987 (Tabla 2). Para estandarizar el lado de otolito a utilizar se escogieron los otolitos izquierdos (DE PONTUAL et al. 2006).

Para la visualización de los microincrementos en el microscopio, se procedió de la siguiente forma: primero se colocaron los otolitos en moldes de PVC y se les agregó resina acrílica para formar bloques, luego se utilizó una cortadora de disco para obtener secciones transversales de la zona central de los otolitos. La terminología para las secciones de los otolitos está basada en el glosario corregido por PANFILI et al. (2002). Posteriormente, dichas secciones fueron fijadas en láminas portaobjetos, y desgastadas con papel abrasivo de diferente número de grano, hasta visualizar con el estereoscopio el núcleo del otolito; el pulido se hizo con alúmina de $0,3 \mu\text{m}$ y un paño abrasivo. Utilizando una plancha térmica, se separaron y voltearon las secciones para fijarlas en otra lámina portaobjeto. A continuación se repitió el proceso de desgaste hasta un grosor apropiado para la observación de los microincrementos. Fue necesario un monitoreo constante del puli-

do a través de un microscopio. El conteo de los microincrementos fue realizado a 400X por la parte del radio ventral. La identificación de los incrementos estuvo basada en las recomendaciones de CAMPANA (1992) (Fig. 1). Los incrementos fueron asumidos como diarios basados en la validación hecha por ARNERI y MORALES-NIN (2000); MORALES-NIN et al. (2005) en *Merluccius merluccius* por pertenecer la merluza peruana al mismo género.

Para la identificación de las macroestructuras (anillos demersales, semestrales y anuales) caracterizados por bandas opacas y hialinas se utilizó un estereoscopio con aumento de 40X.

RESULTADOS

Los otolitos revisados del año 2008 pertenecieron a individuos entre 19 y 32 cm. Su fecha de muerte fue en junio del 2008 y en la Tabla 1 se puede apreciar la historia de la formación de los microincrementos diarios. También la formación de los macroincrementos se observan y son identificados como anillo demersal y anillos semestrales y anuales. La edad que alcanzaron estos individuos fluctúa entre 247 y 691 días. Su fecha de nacimiento pudo ser determinada restando los días contados en base a los microincrementos del día de la colección de la muestra. Las fechas de nacimiento varían considerablemente. Mientras que el anillo demersal se forma en diferentes edades (entre 197 y 290 días), los anillos semestrales y anuales se forman en promedio a los 183 y 366 días respectivamente.

También en la información del conteo de los microincrementos de las secciones de otolitos de merluza colectados durante el verano del 1987 (Tabla 2), se observa la formación de los anillos semestrales y anuales en una periodicidad constante. Los individuos murieron en enero del 1987 y tienen entre 300 y 838 días cumplidos con una longitud alcanzada entre 20 y 39 cm. Los otolitos de la merluza peruana permitieron contar hasta un máximo de 838 incrementos diarios, o sea alrededor de dos años y 3 meses. Los anillos se forman a los 183, 369,5, 556 y 738 días.

En las dos muestras, tanto de 1987 como de 2008, se observa que las merluzas nacieron en diferentes

meses, puesto que la merluza es un desovador parcial y puede desovar durante todo el año (CANAL 1988, BUITRÓN y PEREA 2003). La formación del anillo demersal, por no ser periódico, parece estar relacionado a un evento que ocurre a cierto tamaño, cuando la merluza adopta un comportamiento de migraciones hacia el fondo. Los anillos, formados cada uno por una zona oscura, que contiene más material orgánico, y una zona clara, con una mayor deposición de carbonato de calcio, se observa, sin embargo, cada 6 y 12 meses, independientemente de la estación del año o eventos fisiológicos visibles a primera vista.

DISCUSIÓN

Los principios básicos para el uso de partes duras como los otolitos de peces para la determinación de la edad son dos (WILLIAMS y BEDFORD 1974):

- Un patrón reconocible en el otolito, si se le mira, sea directamente con luz normal o después de haberlos preparado por algún método como quemado o teñido;
- Una escala regular de tiempo puede ser asignada a los patrones visibles; esta escala de tiempo no necesariamente debe ser anual.

En especies de aguas frías y templadas se forma usualmente un anillo anual (WILLIAMS y BEDFORD 1974); en zonas de aguas tropicales no se diferencia muchas veces anillos anuales claros (PANNELLA 1974, CAMPANA y NEILSON 1985); una tercera opción es la formación de dos anillos anuales que se presentan sobre todo en diferentes especies de merluzas. La periodicidad de bandas de crecimiento, una vez que su periodicidad ha sido establecida con el uso de los incrementos diarios, puede ser usada para la determinación de la edad (PANNELLA 1971, PANNELLA 1974). El mismo autor encontró en otolitos de especies tanto templadas (entre ellas *Merluccius bilinearis* del Atlántico noroeste) como tropicales las mismas periodicidades bimensuales y mensuales y los relacionó a la influencia lunar. Los incrementos de crecimiento diarios en otolitos de los teleósteos son un fenómeno generalizado presentes en especies de agua dulce y marina, y distribuidas de las regiones pola-

res hasta los trópicos (CAMPANA y NEILSON 1985).

Los microincrementos de las secciones de los otolitos de la merluza peruana evidencian la formación bianual de los anillos de macroincremento, produciendo en un ritmo semestral zonas opacas y translúcidas, que difieren en su tasa de materia orgánica/mineral.

Esto contradice las asunciones originales de MISU y HAMASAKI (1971) y DIOSSES (1985) quienes realizaron estudios de edad en esta especie, e interpretaron la formación de los anillos de macroincremento como anual. Asimismo, la formación de los anillos de crecimiento bianuales en otolitos de merluza encontrados en este estudio también fue observado en merluza del cabo (*Merluccius capensis*) de Namibia corroborados hasta el cuarto anillo de crecimiento (JARRE, com. pers.). Por otro lado, GARCÍA-RODRÍGUEZ y ESTEBAN (2002) realizaron estudios de la evolución del borde de los otolitos en la merluza del mediterráneo (*Merluccius merluccius*), encontrando también la formación de dos anillos de crecimiento al año. Estudios de marcación de la merluza mediterránea también invalidaron los criterios de interpretación de la formación de un solo anillo adoptado anteriormente (PIÑEIRO y SAÍNZA 2003, DE PONTUAL et al. 2006).

Un método cuantitativo basado en la evaluación de similitudes de otolitos en términos de patrones estructurales por un análisis estadístico llegó a la conclusión que estos patrones no son aleatorios y pueden ser usados a nivel poblacional (COURBIN et al. 2007). Los resultados de COURBIN et al. (2007) también concordaban con la hipótesis de que la merluza europea es de crecimiento rápido. La sobreestimación de la edad de la merluza peruana por consiguiente significa una subestimación de la tasa de crecimiento. Los nuevos resultados explican mucho mejor la enorme resiliencia de la especie que era difícil de explicar suponiendo una especie de vida larga y tasa de crecimiento baja. Cabe mejor a la hipótesis de BAKUN y WEEKS (2008) sobre la necesidad de las especies, viviendo en un sistema con las perturbaciones interanuales como es el sistema de afloramiento de Humboldt, de tener un ciclo de vida más corto

y una respuesta poblacional más rápida.

La periodicidad de formación de los anillos semestrales parece estar dirigida por un reloj interno. Son independientes de la estación del año (temperatura). También JOHNSON y BELK (2004) en un experimento en una fuente del desierto de Utah con constante temperatura de agua durante el ciclo anual, mostraron que sin embargo se forman los anillos anuales. Tampoco los procesos fisiológicos como el desove pueden explicar los anillos semestrales en la merluza peruana, porque ocurren incluso a los 180 días de nacidos cuando la especie todavía no alcanza su madurez y de todas formas estos procesos no se dan exactamente a 6 meses de intervalo. JOHNSON y BELK (2004) proponen como una posibilidad de formación de anillos (anuales en su caso) que éstos son una consecuencia de procesos circanuales que estarían bajo un control fisiológico endógeno. Esta idea se apoya en el hecho de la formación de los anillos diarios que, aunque pueden ser modificados por factores exógenos, principalmente ocurren como un proceso circadiano (CAMPANA y NEILSON 1985).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a FLOR FERNÁNDEZ, PEPE ESPINOZA y ÁNGEL PEREA por su apoyo en la discusión del problema.

REFERENCIAS

- ARNERI E, MORALES-NIN B. 2000. Aspects of the early life history of European hake from central Adriatic. *J. Fish. Biol.* 56: 1368-1380.
- BAKUN A, WEEKS SJ. 2008. The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography* 79: 290-299.
- BELCARI P, LIGAS A, VIVA C. 2006. Age determination and growth of juveniles of the European hake, *Merluccius merluccius* (L., 1758), in the northern Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean). *Fisheries Research* 78: 211-217.
- BROWN D, LEONARDUZZI E, MACHINANDIARENA L. 2004. Age, growth and mortality of hake larvae (*Merluccius hubbsi*) in the north Patagonian shelf. *Scientia Marina*, 68(2): 273-283.
- BUITRÓN B, PEREA A. 2003. Reproduction studies of Peruvian anchovy and hake – the 1997-1998 – El Niño effect. *En: OS KJESBY, DR. HUNTER, P-R. WITTHAM* (eds.) Report of the Working Group on modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold-water fish and squids. *Fisken og havet*. 12: 29-33.
- CAMPANA SE, NEILSON JD. 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can J Fish Aquat Sci* 42: 1014-1032.
- CAMPANA SE. 1992. Measurement and interpretation of the microstructure of otoliths. *En: DK Stevenson y SE Campana* (eds.) *Otolith microstructure examination and analysis* Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci., 117: 59-71.
- CANAL R. 1988. Reproducción de la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) frente a Paita, Perú, entre 1971 y 1988. *En: H. SALZWEDEL, A. LANDA* (eds.) *Recursos y Dinámica del ecosistema de afloramiento peruano*, pp. 231-298. *Bol Inst Mar Perú*, Volumen Extraordinario. 328pp.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para la identificación de los peces marinos del Perú. *Publicación especial Inst. Mar Perú*. 502pp.
- COURBIN N, FABLET R, MELLON C, DE PONTUAL H. 2007. Are hake otolith macrostructures randomly deposited? Insights from an unsupervised statistical and quantitative approach applied to Mediterranean hake otoliths. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1191-1201.
- DE PONTUAL H, GROISON A, 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 J. Mar. Sci.* 63: 1674-1681.
- DIOSSES T. 1985. Edad y crecimiento de la Merluza *Merluccius gayi peruanus* (G). 1985. *Anales I Congreso Nacional de Biología Pesquera*. Alvaro E. Tresierra Aguilar Editor: 65-69 p.
- FERNÁNDEZ F. 1987. Edad y crecimiento de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*). *Bol Inst Mar Perú*. 11 (6): 191-220.
- GARCÍA-RODRÍGUEZ M, 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.
- GREEN BS, MAPSTONE BD, CARLOS G, BEGG GA. 2009. Tropical otoliths-where to next? *En: B.S Green et al.* (eds). *Tropical fish otoliths: Information for assessment, management and ecology*. *Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries* 11: 296-301.
- JOHNSON JB, BELK MC. 2004. Temperate Utah chub form valid otolith annuli in the absence of fluctuating water temperature. *Journal of Fish Biology*. 65: 293-298.
- MISU H, HAMASAKI S. 1971. Age and growth of Peruvian hake, *Merluccius*

- cius gayi* (G.). Bull Seikai Reg Fish Res Lab. 41: 93-106.
- MORALES-NIN B, BJELLAND R, MOKSNESS E. 2005. Otolith microstructure of a hatchery reared European hake (*Merluccius merluccius*). Fisheries Research. 74: 300-305.
- PANFILI J, MEUNIER F, MOSEGAARD H, TROADEC H, WRIGHT P, GEFFEN A. 2002. Glossary. En: PANFILI, J., DE PONTUAL H, TROADEC H, WRIGHT PJ. (eds.). Manual of fish sclerochronology. Ifremer-IRD Co-edition, Brest, France: 464 pp.
- PANFILI J, TOMÁS J, MORALES-NIN B. 2009. Otolith microstructure in tropical fish. En: B.S Green et al. (eds). Tropical fish otoliths: Information for assessment, management and ecology. Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries 11: 212-248.
- PANNELLA G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. Science (Wsh., DC). 173: 1124-1127.
- PANNELLA G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes, p. 28-39. En: TB BAGENAL (ed.) Ageing of fishes. Unwin Bros. Ltd. London. 234pp.
- PIÑEIRO C, SAÍNZ 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: 1086-1102.
- SÁNCHEZ R. 1999. Edad y crecimiento en larvas y juveniles de peces. Su determinación a partir del análisis de la microestructura de sus otolitos. Avances en Métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. Seminario final UNIDEP - JICA sobre Evaluación y monitoreo de recursos pesqueros 1994 - 1999. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar de Plata, Argentina. 249 pp.
- SIMKISS K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. p. 1-12. En: TB BAGENAL (ed.) Ageing of fishes. Unwin Bros. Ltd. London. 234pp.
- SPONAUGLE S. 2009. Daily otolith increments in the early stages of tropical fish. En: B.S Green et al. (eds). Tropical fish otoliths: Information for assessment, management and ecology. Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries 11: 93-132.
- TANAKA K, MUGIYA Y, YAMADA J. 1981. Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile *Tilapia nilotica*. Fish Bull 79: 459-466.
- WILLIAMS T, BEDFORD BC. 1974. The use of otoliths for age determination. p. 114-123. En: TB Bagenal (ed.) Ageing of fishes. Unwin Bros. Ltd. London. 234pp.
- WOSNITZA-MENDO C, MENDO J, GUEVARA-CARRASCO R. 2007. Políticas de gestión para la reducción de la capacidad excesiva de esfuerzo pesquero en Perú: el caso de la pesquería de la merluza, p. 343-372. En: Agüero M. (ed). Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. FAO. Documento Técnico de Pesca 461. Roma. 407pp.
- WOSNITZA-MENDO C, BALLÓN M, BENITES C, GUEVARA-CARRASCO R. 2009. Cambios en el área de distribución de la merluza peruana: efecto de la pesquería y El Niño. Bol Inst Mar Perú 24 (1-2): 35-44.