



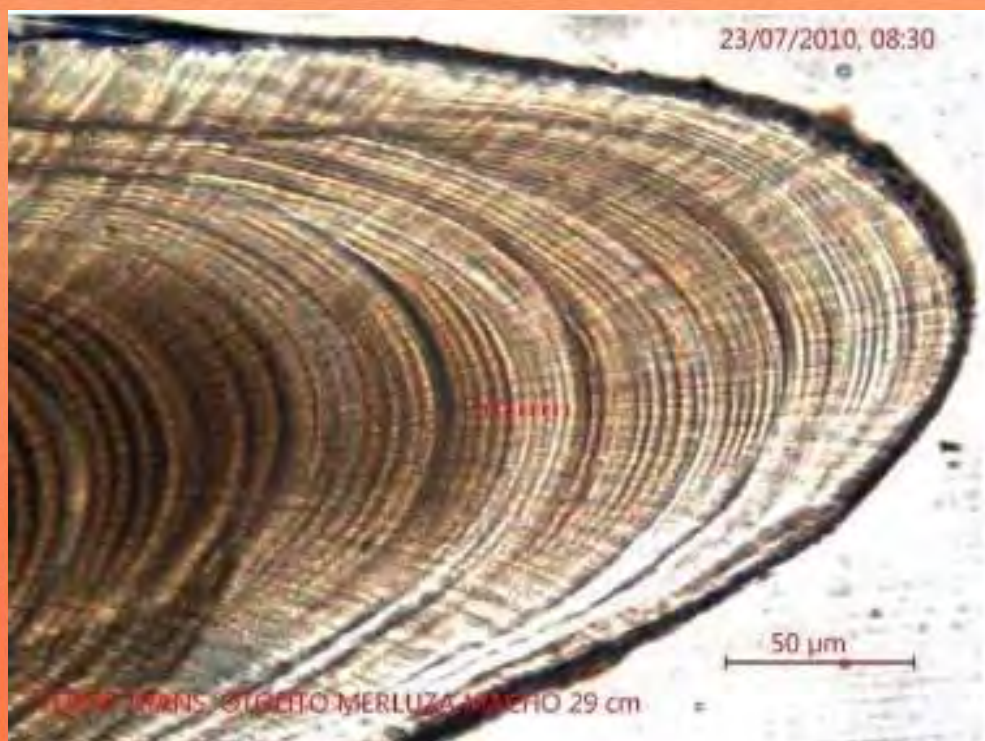
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

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



RELACIÓN ENTRE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA MERLUZA PERUANA (*MERLUCCIUS GAYI PERUANUS* GINSBURG) Y LA EXTENSIÓN SUR DE LA CORRIENTE DE CROMWELL

RELATIONSHIP BETWEEN THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PERUVIAN HAKE (*MERLUCCIUS GAYI PERUANUS* GINSBURG) AND SOUTHERN EXTENSION OF THE CROMWELL CURRENT

Nathaly Vargas¹, Jaime Mendo²

RESUMEN

VARGAS N, MENDO J. 2010. *Relación entre la distribución espacial de la merluza peruana (Merluccius gayi peruanus Ginsburg) y la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell. Inf Inst Mar Perú 37(3-4): 85-94.* Estudios previos sugieren que: i) el hábitat de la merluza peruana está en función a la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), y ii) la merluza está espacialmente segregada por tamaños: los adultos localizados en el norte y los más jóvenes al sur del área de distribución. Tomando como referencia ambas premisas, en el presente trabajo se comprueba la hipótesis que la variación en intensidad de la ESCC determina los desplazamientos latitudinales de la merluza segregada espacialmente y, como consecuencia, también establece cambios en la disponibilidad de los diferentes grupos de edad a la pesquería, en el área tradicional de pesca frente a Paita. Para esto se determinó un área fija de observación (5°S) y se explicó la variación en las tallas de merluza en función a la intensidad de ocurrencia de la ESCC en el Perú. Como indicador de la estructura por tamaños de merluza se utilizó la longitud media (LM), y para la intensidad de la ESCC se propuso el ESCCi, un indicador sencillo y continuo en el tiempo, desarrollado utilizando las imágenes obtenidas a partir del sensoramiento remoto. La significativa correlación entre ambos demostró que en términos mensuales, la ESCC efectivamente determina los movimientos latitudinales de la merluza segregada espacialmente y la disponibilidad de los diferentes grupos de edad a la flota en el área tradicional de pesca.

PALABRAS CLAVE: merluza peruana, *Merluccius gayi peruanus*, distribución espacial, Extensión Sur de la Corriente de Cromwell.

ABSTRACT

VARGAS N, MENDO J. 2010. *Relationship between the spatial distribution of Peruvian hake (Merluccius gayi peruanus Ginsburg) and Southern Extension of the Cromwell Current. Inf Inst Mar Perú 37 (3-4): 85-94.* Previous researches suggest that: i) the habitat of Peruvian hake is determined by the Southern Extension of the Cromwell Current (SECC), and ii) hake is spatially segregated by sizes, with adults to the north and juveniles to the south of the range. Based on those assumptions, the present work hypothesizes that variation of SECC intensity determines latitudinal movements of the hake spatially segregated, and as a consequence, it also determines changes in the availability of different age groups to the fishery in the traditional fishing area off Paita. For this, inside a set area (5°S), variations on hake size were related to variation in SECC intensity. As indicator of size structure, the mean length (ML) was used, whereas of SECC intensity the ESCCi is proposed, an index easily and continuous over time, estimated from the remote sensing. Significant correlation between them showed that, in monthly terms, the SECC effectively determines latitudinal movements of hake spatially segregated and the availability of different age groups to the fleet, inside the traditional fishing ground.

KEYWORDS: Peruvian hake, *Merluccius gayi peruanus*, spatial distribution, Southern Extension of the Cromwell Current.

INTRODUCCIÓN

El Gran Ecosistema de la Corriente de Humboldt (GECH) es considerado como el más productivo del mundo (BAKUN 1996, CURY et al. 1998). En su extensión, que corresponde al 0,8% de todos los océanos, se obtiene el 15% de la captura global de peces en base a la información disponible en el sistema FISHSTAT PLUS (2005). El GECH se extiende frente a casi toda la costa oeste de Sudamérica, desde el norte del Perú (~4°- 5°S) hasta el centro de Chile (~40°S) (TARAZONA et al. 2003). Como ca-

racterísticas oceanográficas, presenta un sistema de corrientes superficiales y subsuperficiales que pertenecen a la circulación del Pacífico sur. Cerca del Ecuador, está bordeado por la Corriente Ecuatorial Subsuperficial (WOLFF et al. 2003) conocida como Corriente de Cromwell (CC) (CROMWELL et al. 1954). Antes de alcanzar la costa sudamericana la CC se bifurca en dos ramales: norte y sur. El ramal sur, conocido en el Perú como Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), presenta una importante variabilidad estacional e interanual en

su velocidad, profundidad y alcance latitudinal, hasta 7°S (julio 1996) y al sur de los 12°S (Mayo 1997) (DIETRICH et al. 1975, HUYER et al. 1991, WOLFF et al. 2003). Considerada como la principal contribuyente a los afloramientos costeros en la zona norte del Perú (4° - 6°S) (ZUTA y GUILLÉN 1970), la ESCC permite la existencia de un rico subsistema demersal debido a su alto contenido de oxígeno (SAMAMÉ et al. 1978, MORÓN et al. 2001) con especies demersales de importancia económica, entre las cuales la más importante es la merluza peruana.

1 IMARPE, Instituto del Mar del Perú, P.O. Box 22, Callao, Perú. Correspondencia: tel. +625 0800; e-mail: nvargas@imarpe.gob.pe

2 UNALM, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

La merluza peruana es una especie demersal de vida larga ($k=0,135$, $L_{\infty}=93,2$ cm, edad máxima =14 años) (FERNÁNDEZ 1987) cuyo hábitat está estrechamente relacionado con la intensidad con que la ESCC se manifiesta (SAMAMÉ et al. 1985, ESPINO y WOSNITZA-MENDO 1988, ESPINO et al. 1995, WOSNITZA-MENDO et al. 2004, GUEVARA-CARRASCO, 2004). En el Perú esta especie generalmente se encuentra distribuida entre el extremo norte del dominio marítimo y los 10°S, entre las 20 y 200 bz de profundidad y asociada a aguas con temperatura entre 15 y 20 °C; y de oxígeno disuelto entre 0,25 y 1,50 mL/L (ESPINO y WOSNITZA-MENDO 1988).

A pesar del monitoreo y evaluación permanente, la merluza muestra una alta dinámica espacial, pues presenta cambios estacionales e interanuales en la disponibilidad de los diferentes grupos de edad a la pesquería, que no han podido ser explicados únicamente por razones de explotación (WOSNITZA-MENDO et al. 2004). Lograr mayor entendimiento de este proceso, referido a la disponibilidad de diferentes grupos de edad a su pesquería, en función a la intensidad de la ESCC en el Perú, constituye un objetivo de importancia en el contexto, tanto de las investigaciones biológicas, como de las oceanográficas y ecológicas. Actualmente la ESCC es monitoreada de dos a cinco veces al año, y la información oceanográfica se registra durante la ejecución de los Cruceros de Evaluación que realiza el IMARPE. Es por ello que se planteó la necesidad de contar con un indicador sistemático de la variabilidad de la ESCC, a fin de poder interpretar los cambios en la disponibilidad y abundancia de la especie que se observan en los datos de la pesquería. Si bien la relación entre la ESCC y la merluza ha sido propuesta y parcialmente documentada (DEL SOLAR 1968, SAMAMÉ et al. 1983, ESPINO et al. 1985), no se ha podido contar con datos continuos en el tiempo, que permitan asociar la dinámica espacial de la merluza, con un indicador ambiental de la ESCC, que es una corriente subsuperficial, y su dinámica no se puede observar a partir del monitoreo de las variables superficiales, como la temperatura que se registra regularmente.

Entender la variación de la disponibilidad de los diferentes grupos

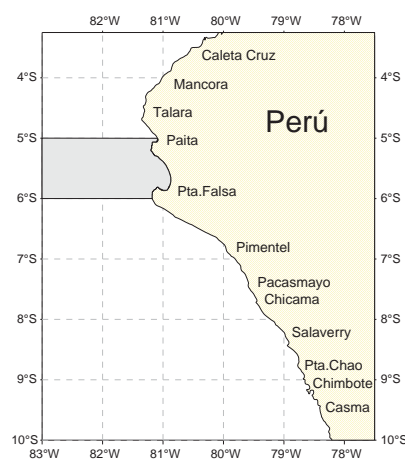


Figura 1.- Área de estudio

de edad de merluza, permitirá reconocer escenarios de manejo donde el esfuerzo pesquero, tanto en ubicación como intensidad, pueda ser regulado ante la eventualidad de un año o temporada pesquera con una alta probabilidad de incidencia de ejemplares, sean juveniles o adultos.

En general, en el presente trabajo se desarrolla un indicador simple de la ESCC que permite realizar el seguimiento continuo y establecer su relación con la distribución espacial de la merluza en la plataforma continental del Perú. El planteamiento expresa que la intensidad estacional e interanual, con que la ESCC se presenta en el mar peruano, define el alcance latitudinal de la distribución de la merluza, ampliando su distribución en sentido sur, o disminuyendo en sentido norte ante una mayor o menor intensidad, respectivamente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio.- Con la finalidad de contar con una zona fija de observación, donde se pueda visualizar las variaciones espaciales y temporales de la merluza, se utilizó la información biológico-pesquera colectada en las operaciones de pesca realizadas entre los 5° y 6°S. Esta zona corresponde a Paíta, que es la principal área de pesca y el más importante puerto de desembarque en la historia de la pesquería de la merluza (Fig. 1).

Variación de la estructura por tamaños de merluza.- Se estableció la longitud media (LM) como el indicador de la estructura por tamaños de merluza para el periodo

1995 - 2006. La variación mensual de la LM de la población se estimó a partir de la información colectada durante los cruceros de investigación pero sólo de la zona comprendida entre el 5° y 6°S y en tres estratos de profundidad; I = 20 a 50 bz; II = 51 a 100 bz; y III = 101 a 200 bz. La LM de las capturas, se estimó de la pesca realizada por la flota arrastrera industrial en la misma latitud.

Indicadores de la ESCC en el Perú.- El sensoramiento remoto es una fuente de información libre, obtenible en tiempo real y capaz de asegurar la continuidad en el tiempo del proceso de colección de datos. El Proyecto Tropical Atmosphere Ocean (TAO/TRITON), a cargo de agencias de investigación marina de Estados Unidos, Japón y Francia, cuenta con una serie de 70 boyas fijas, las mismas que están distribuidas en toda la extensión del océano Pacífico tropical (el arreglo TAO/TRITON). Estas han permitido monitorear diferentes variables meteorológicas y oceanográficas (superficiales y subsuperficiales) de esta zona del Pacífico.

De este arreglo se eligieron las imágenes de la estructura vertical de la temperatura del mar de la línea de siete boyas a lo largo del meridiano 95°W, entre 9°N y 9°S, que es la más cercana a la costa del Perú. En una escala de tiempo mensual (enero 1995 a diciembre 2006), se calculó la profundidad de las isothermas en el Pacífico ecuatorial este, lo que representaría una propagación norte - sur o sur - norte de las ondas ecuatoriales asociadas a la profundidad de las isothermas.

De esta imagen, y de acuerdo a la diferente distribución que presenta la merluza peruana, relacionada estrechamente al área contenida entre las isothermas de 14 y 16 °C, además de la premisa establecida de que la profundidad de la isoterma de 15 °C es un referente de la intensidad con que la ESCC se presenta en aguas peruanas (ZUTA Y GUILLÉN 1970, ZUTA et al. 1983, MORÓN et al. 2001, FLORES et al. 2009), y la asunción de que la intensidad de la CC en el 95°W va a ser de similar magnitud a la intensidad de la ESCC en el Perú, una vez desviada hacia el sur, se propone el indicador de la intensidad de la ESCC en Perú (ESCCi), como el área o espacio formado entre las isothermas de 14 y 16 °C. Sin embar-

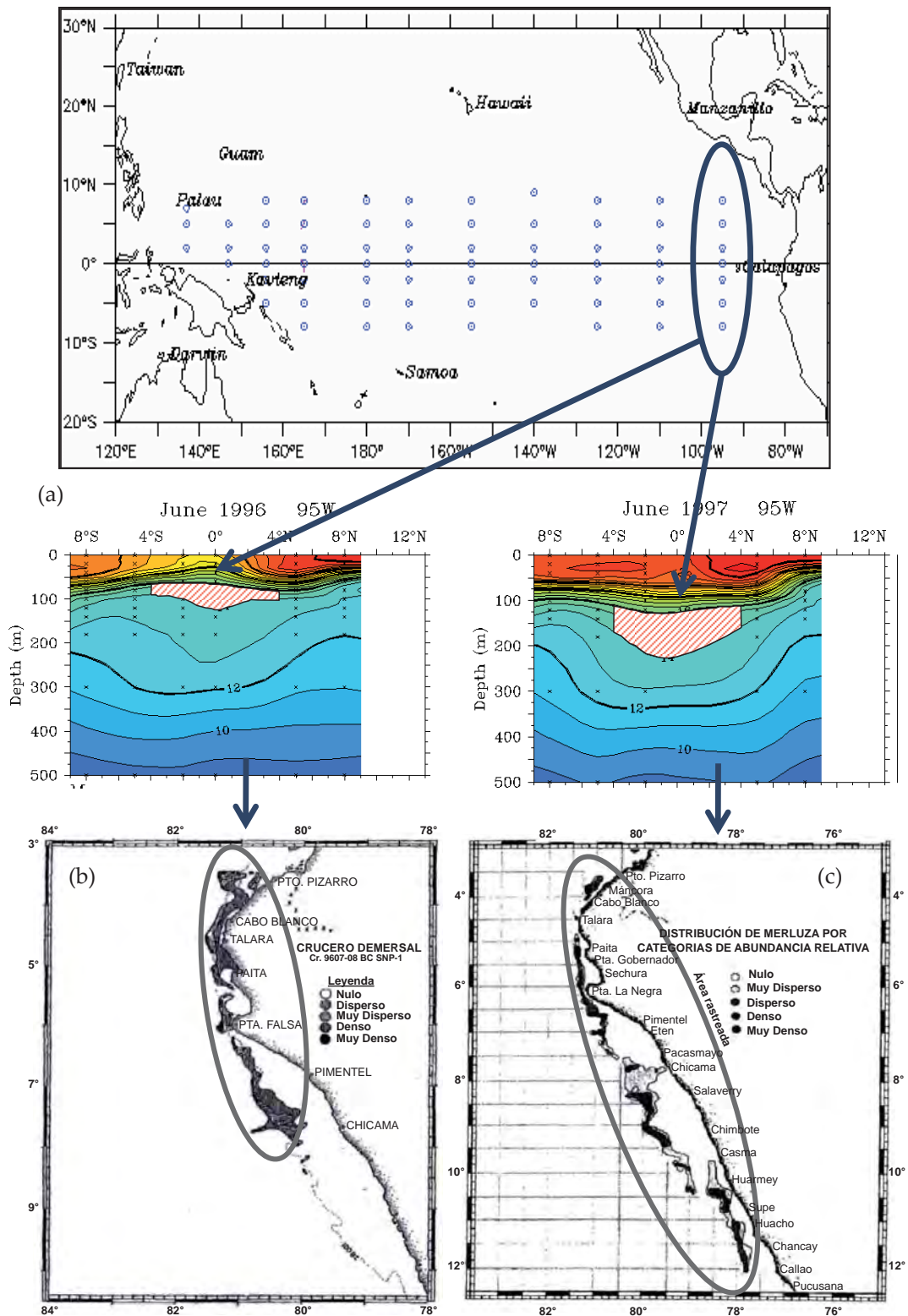


Figura 2.- (a) Mapa de ubicación de las boyas oceanográficas. (b) Imagen generada del alineamiento de boyas en los 95° W y la distribución de la merluza en junio 1996. (c) Imagen generada del alineamiento de boyas en los 95° W y la distribución de la merluza en junio 1997. En los cuadros centrales, las rayas rojas inclinadas marcan el área que se usa para el cálculo del ESCCi.

go, como esta imagen aún nos dio un escenario mucho más grande (9°N - 9°S) que el que corresponde al de la ESCC (4°N - 4°S), se limitó el uso de la imagen entera al

segmento contenido entre 0° y 4°S (Fig. 2).

A fin de proponer un método indirecto para calcular la intensidad de

la ESCC en el Perú, en la imagen obtenida se estimó el área contenida entre las isotermas de 14 y 16 °C y entre 0 y 4°S en unidades cuadradas empíricas y utilizando un

mes como unidad de tiempo. Cada imagen fue trabajada en el programa de información geográfica MapInfo Professional 7.5. Con los valores de área estimados por mes, entre enero de 1995 y diciembre del 2006, se implementó una serie de tiempo estandarizada. Cada valor fue estandarizado utilizando el filtro de LANZOS. La ecuación (Ecuación 1) utilizada para la estandarización fue:

$$ESCC_i = \frac{\Delta prof_{14-16} - \Delta prof_{14-16} \dots}{d.s. \Delta prof_{14-16}} \dots (1)$$

Donde:
 $\Delta prof_{14-16}$ = Diferencia de la profundidad de la isoterma de 14 – 16°C

$\overline{\Delta prof_{14-16}}$ = Promedio de la $\Delta prof_{14-16}$

$d.s. \Delta prof_{14-16}$ = Desviación estándar de la $\Delta prof_{14-16}$

$ESCC_i$ = Indicador de la intensidad de la ESCC

El ESCCi fue validado al correlacionarlo estadísticamente (Test paramétrico de Pearson) con dos indicadores independientes de la intensidad de ESCC.

El primer indicador fue la serie de profundización de la isoterma de 15 °C propuesto por FLORES et al. (2009), pero circunscrito a los años 1995 - 2006.

El segundo indicador fue definido como el área comprendida entre pares de isotermas, desde los 14 a 16 °C (e.g. 14–15 °C y 15-16 °C), obtenidos de los perfiles verticales de la estructura térmica perpendiculares a la línea de la costa y, como consecuencia, capaces de darnos una idea de la intensidad con que la ESCC extiende su ramal sur y se dirige en paralelo a la línea de la costa en sentido norte – sur. Para este propósito se utilizó información proveniente de 17 perfiles oceanográficos perpendiculares a la línea de la costa, desde los 0 a 80 mn de distancia en promedio, efectuados frente al puerto Paita (5°S) durante 1995 al 2006.

Una vez validado el ESCCi, se comprobó la normalidad de su distribución mediante una prueba no paramétrica de comparación, de una función de distribución observada versus una función de distribución normal teórica (Prueba de Kolmogorov – Smirnov). Del mismo modo se analizó su estacionalidad.

Relación entre la intensidad de la ESCC y la distribución por tamaños de merluza.- Si asumimos que la intensificación o debilitamiento de la ESCC produce el desplazamiento en sentido norte – sur o viceversa, de la merluza peruana segregada espacialmente por tamaños, se observará, como consecuencia, un cambio en la estructura por tallas de los ejemplares capturados en la zona establecida como estación fija de muestreo (entre el 5° y 6°S). Deberá esperarse, por lo tanto, un incremento en la longitud, o en los grupos de edad, ante un aumento de la intensidad de la ESCC, y una disminución de las tallas ante una reducción de dicho factor.

La relación ambiente – recurso se comprobó al correlacionar numéricamente (Test paramétrico de Pearson) la LM de la merluza con el correspondiente valor ESCCi. La serie de tiempo analizada fue a una escala mensual desde enero 1995 hasta diciembre 2006. La LM fue estimada a partir de los cruceros y de la pesquería, cuyo punto fijo de observación fue el área entre 5° y 6°S. De manera complementaria, se analizó si la correspondencia entre la LM y la ESCCi, solamente se cumplía a escala global o si podían identificarse diferentes escenarios (si estaban o no estadísticamente relacionados), de acuerdo a la dominancia de ciertos grupos de edad en la pesquería.

Relación entre la CPUE de cada grupo de edad y el ESCCi.- Se estimó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de cada grupo de edad existente en la estructura por tamaños de la pesquería de la merluza, como indicador de su abundancia relativa. Los grupos de edad, incluyendo el número de individuos en cada grupo, fueron identificados y cuantificados mediante el uso de una clave talla – edad, a razón de una por año.

Se utilizó la CPUE mensual expresada en tonelada/viaje en el periodo 1995 al 2006; y para cada grupo de edad se calculó la CPUE como Ecuación 2:

$$CPUE_{a,i} = \frac{\sum C_{a,i}}{\sum f_i} \dots (2)$$

Donde:
 $CPUE_{a,i}$ = CPUE de la edad a en el mes i ,
 $C_{a,i}$ = Captura (individuos) de la edad a en el mes i ,
 f_i = Esfuerzo pesquero (número de viajes) en el mes.

Tabla 1. Correlación entre el ESCCi y el área comprendida entre pares de isotermas desde 14° a 15 °C y 15° a 16 °C

	ESCCi	PERFIL
ESCCi		
Corr. Pearson	1	780**
Sig.(2-tailed)		001
N	15	15
LM		
Corr. Pearson	780**	1
Sig.(2-tailed)		001
N	15	15

**Correlación significativa a nivel 0,01

Los resultados y sus análisis se limitaron a las edades que sustentaron la pesquería durante el periodo de estudio. De este modo, se establecieron las series mensuales de CPUE (toneladas/viaje) por grupo de edad 2, 3, y 4. Finalmente, se correlacionó el ESCCi con la CPUE de cada uno de los grupos de edad mencionados.

RESULTADOS

Variación de la estructura por tamaños de merluza.- La variación mensual de la LM en la merluza capturada entre los 5° –6°S, evidenciaron tres diferentes escenarios. El primero, de enero 1995 a junio 1998, con LM de 32,6 a 37,7 cm. El segundo, de junio 1998 a mayo 2004, caracterizado por una fuerte caída de las LM, de 33,6 a 22,1 cm, con los valores mínimos, de 30,6 a 21,6 cm. El tercero, de mayo 2004 a diciembre 2005, caracterizado por una recuperación de las LM de 24,2 y 32,7 cm, aunque con tendencia a disminuir. De enero a diciembre 2006 las LM volvieron a disminuir hasta alrededor de 26,5 cm (Fig. 3).

Indicadores de la ESCC en el Perú.- Los resultados obtenidos al contrastar gráficamente el indicador propuesto de la Extensión sur de la Corriente de Cromwell (ESCCi) y la serie de la profundización de la isoterma de 15 °C en la costa norte del Perú, presentado por FLORES et al. (2009), sugieren una estrecha relación entre los más altos valores del indicador y la mayor profundización de la isoterma de 15 °C, es decir, a una mayor intensidad de la ESCC en la costa norte del Perú. Por otro lado, los valores más bajos del indicador, correspondieron a periodos de una menor profundización de la isoterma de 15 °C, señalando una menor intensidad de la ESCC (Fig. 4).

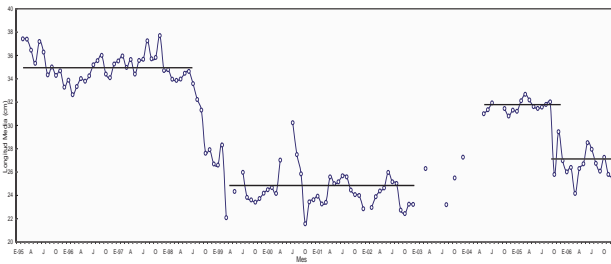


Figura 3.- Promedio mensual de la LM (cm) de la merluza, obtenido a partir de información pesquera 5° – 6°S. Enero 1995 – Diciembre 2006

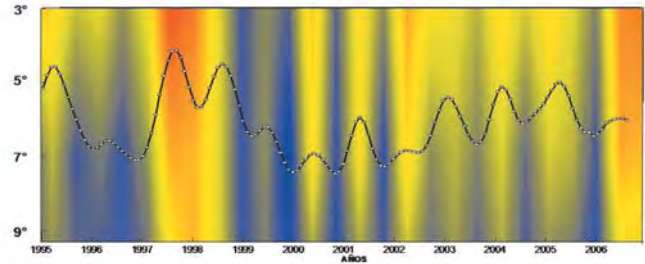


Figura 4.- ESCCi y la profundización de la isoterma de 15 °C en relación a la latitud. Enero 1995 – Diciembre 2006 (Tomado de FLORES et al. 2009).

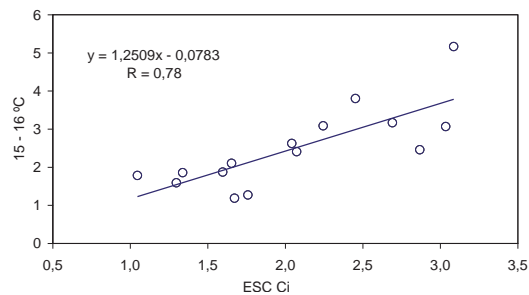
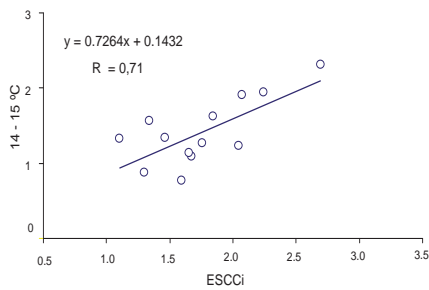


Figura 5.- Relación entre el ESCCi (Sensoramiento Remoto) y el área comprendida entre pares de isotermas desde 14 a 15 °C y 15 a 16 °C (perfiles oceanográficos de Paita). Enero 1995 - Diciembre 2006

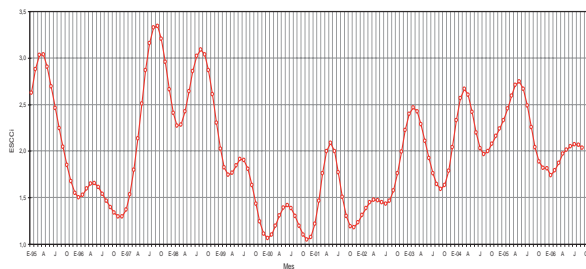


Figura 6.- Serie de tiempo mensual del ESCCi. Enero 1995 – diciembre 2006

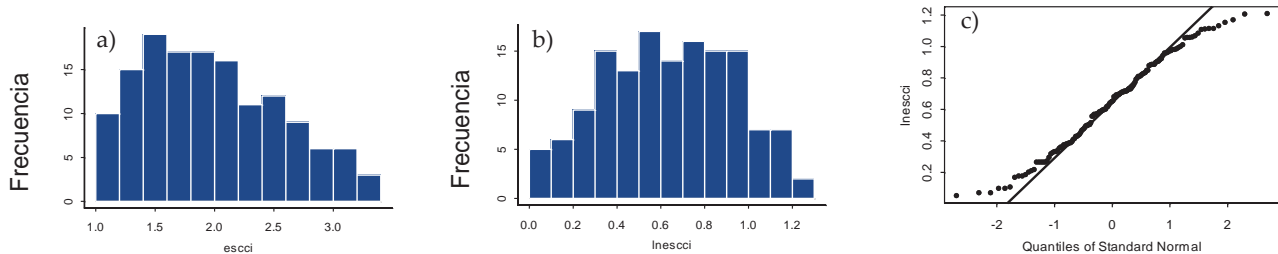


Figura 7.- Normalización del ESCCi. Enero 1995 - diciembre 2006. (a) Distribución de los valores del ESCCi; (b) Distribución del Ln de los valores del ESCCi; (c) Gráfico Q-Q sobre normalidad de la distribución del ESCCi.

Desde el punto de vista físico, se observó una correlación significativa ($r = 0,780$; $p < 0,01$) entre los valores del indicador de la ESCC y el área comprendida entre pares de isotermas desde 14 a 15 °C y 15 a 16 °C obtenidos a partir de los perfiles oceanográficos perpendiculares a la costa, realizados en Paita durante el mismo periodo (enero 1995 – diciembre 2006). Se determinó así, tanto gráfica como estadísticamente, que el indicador propuesto

(ESCCi) representó los cambios en la intensidad de ocurrencia de la ESCC en el Perú (Fig. 5, Tabla 1).

La evolución mensual del ESCCi, presenta variaciones asociadas a la incidencia de eventos ambientales como El Niño (1997–98), periodo en el cual el ESCCi presenta sus valores más altos; y eventos muy fríos (1999 – 2000) con un debilitamiento y consecuente disminución del ESCCi (Fig. 6).

De acuerdo a la prueba no paramétrica de comparación de una función de distribución observada versus una función de distribución teórica fijada (Kolmogorov – Smirnov), los 141 datos estimados del ESCCi presentaron una distribución normal ($p > 0,25$), con una media en $0,64 \pm 0,30$ unidades (Fig. 7). El ciclo anual mostró que la intensidad más alta de ocurrencia de la ESCC se presentó durante abril a julio, es decir, du-

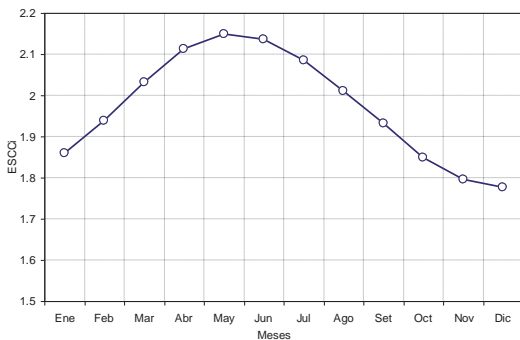


Figura 8.- Ciclo anual del ESCCi. Enero 1995 – Diciembre 2006

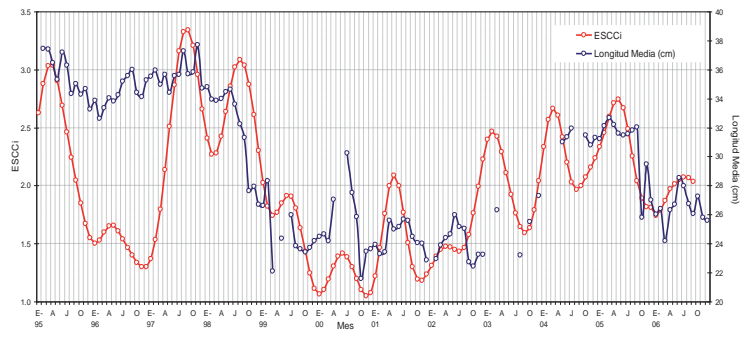


Figura 9.- Promedio mensual de la LM de la merluza entre 5° – 6° S y el ESCCi. Enero 1995 – diciembre 2006

Tabla 2.- Correlación entre el ESCCi y la LM de merluza entre 05 – 06°S. Enero 1995 – Diciembre 2006

	ESCCi	LM
ESCCi		
Corr. Pearson	1	561**
Sig.(2-tailed)		000
N	141	121
LM		
Corr. Pearson	561**	1
Sig.(2-tailed)	000	
N	121	141

Tabla 3.- Correlación por escenarios entre el ESCCi y LM de la merluza entre 5°-6°S. Enero 1995 a diciembre 2006

A) ENERO 1995 A MAYO 1998

	ESCCi	LM
ESCCi		
Corr. Pearson	1	.563**
Sig.(2-tailed)		.000
N	41	40
LM		
Corr. Pearson	.563**	1
Sig.(2-tailed)	.000	
N	40	41

B) JUNIO 1998 – ABRIL 2004 Y ENERO – DICIEMBRE 2006

	ESCCi	LM
ESCCi		
Corr. Pearson	1	.689**
Sig.(2-tailed)		.000
N	80	63
LM		
Corr. Pearson	.689**	1
Sig.(2-tailed)	.000	
N	63	66

C) MAYO 2004 A DICIEMBRE 2005

	ESCCi	LM
ESCCi		
Corr. Pearson	1	.640**
Sig.(2-tailed)		.004
N	20	18
LM		
Corr. Pearson	.640**	1
Sig.(2-tailed)	.004	
N	18	66

**Correlación significativa a nivel 0,01

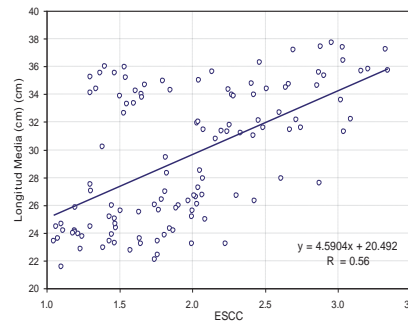


Figura 10.- Relación entre la LM mensual de la merluza entre 5° – 6° S y el ESCCi. Enero 1995 – Diciembre 2006

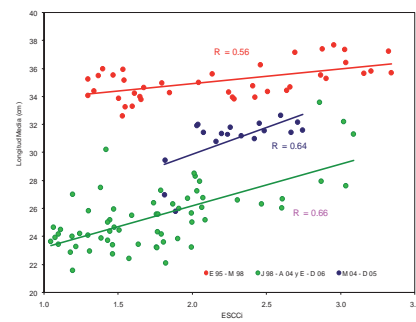


Figura 11.- Relación entre la LM mensual de la merluza entre 5° – 6° S y el ESCCi (por escenarios). Ene. 1995 – Dic. 2006

rante los meses del otoño austral e inicios del invierno (Fig. 8).

Relación entre la intensidad de la ESCC y la distribución por tamaños de merluza.- Al superponer la serie de tiempo mensual de la LM con la del indicador de la intensidad de la ESCC se observó, a excepción de los años 1995 – 1996, una correspondencia entre ellas, con altos valores de ambos entre 1995 y 1999, bajos entre 2000 y 2002 e intermedios entre 2003 y 2006 (Fig. 9). Estadísticamente la correlación entre ambos fue significativa (n=121, r=0,543, p<0,01) (Fig. 10 y Tabla 2).

A pesar de esto, el nivel de dispersión fue alto. Fue posible identificar tres agrupamientos de puntos que correspondieron a periodos de tiempo mensuales consecutivos. El primero, sobre la línea de la correlación, entre enero 1995 a mayo 1998. El segundo, bajo la línea de correlación entre junio 1998 a abril 2004 y de enero a diciembre 2006. El tercero, asociado a la línea de correlación entre junio 1998 y abril 2004. Independientemente, la correlación entre cada uno de estos grupos de valores mensuales de LM y ESCCi fue también significativa: primer escenario (rojo en la Fig. 11): n=40, r=0,563, p<0,01; se-

gundo escenario (verde en la Fig. 11): n=63, r =0,689, p<0,01; tercer escenario (azul en la Fig. 11): n=18, r =0,640, p<0,01) (Tabla 3).

Relación entre la CPUE de cada grupo de edad y el ESCCi.- Las CPUE por edades para el periodo 1995 - 2006 mostraron tres diferentes escenarios caracterizados por la predominancia de determinados grupos de edad. El primero, entre enero 1995 a octubre 1998 con dominancia de edad 3 (verde en la Fig. 12) y una alternancia de las edades con minoritaria presencia de 2 (rojo en la Fig. 12) y 4 (azul en la Fig. 12). El segundo, entre noviembre 1998 a abril 2004 y de enero a diciembre 2006, con dominancia de edades 2 y minoritaria presencia de edades 3 y 4. El tercero entre mayo 2004 a diciembre 2005 sin clara dominancia de algún grupo de edad, pero con un ordenamiento 3, 2, 4 de mayor a menor (Fig. 12).

Al confrontar el ESCCi versus la CPUE por edades, pero desagregados por los escenarios de tiempo identificados anteriormente, se observó diferentes respuestas de cada grupo de edad ante cambios en la variable ambiental. La edad 2 respondió negativamente al ESCCi

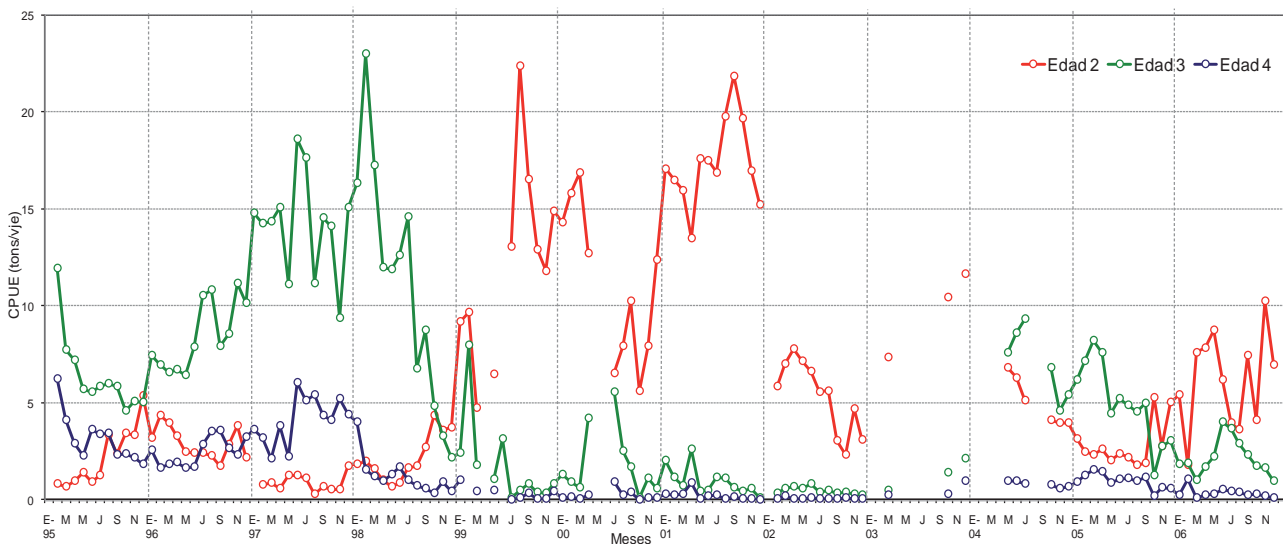


Figura 12.- CPUE (t/viaje) de la merluza por grupo de edad. Enero 1995 - diciembre 2006

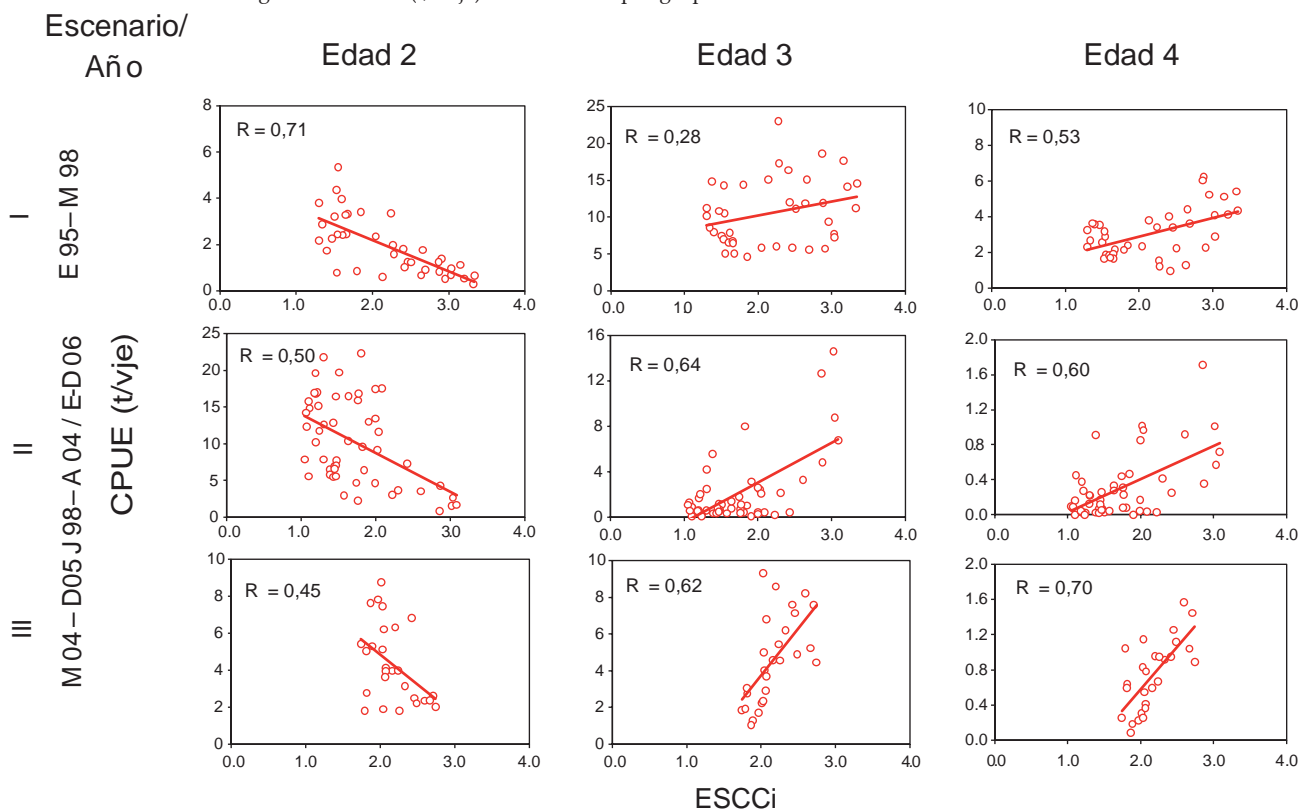


Figura 13.- Relación entre la CPUE (t/vje) de la merluza por grupo de edad y el ESCCi (por escenario). Enero 1995 - Diciembre 2006.

en cualquier periodo de tiempo; y las edades 3 y 4 respondieron positivamente también a cualquier periodo de tiempo (Figs. 13 y 14).

Finalmente la correlación entre la LM de la merluza a partir de cruces y ESCCi a diferentes estratos de profundidad: <50 bz, 50 - 100 bz y >100 bz, fue positiva y significativa para los tres estratos de profundidad (Fig. 15).

DISCUSIÓN

La información obtenida por el IMARPE permite tener un panorama de la intensidad de la ESCC en el Perú de dos a cinco veces al año. Para efectos de monitoreo, evaluación y manejo, esta fuente de información y la escala temporal de observación resulta muchas veces costosa y discontinua.

En el presente trabajo se propone al ESCCi como un indicador de la intensidad de la ESCC en el Perú. Este es un indicador en tiempo real, continuo, de fácil estimación y de bajo costo.

Para la construcción de este indicador se justifica el uso de la distribución vertical de las isotermas como fuente de información porque, además que la densidad de

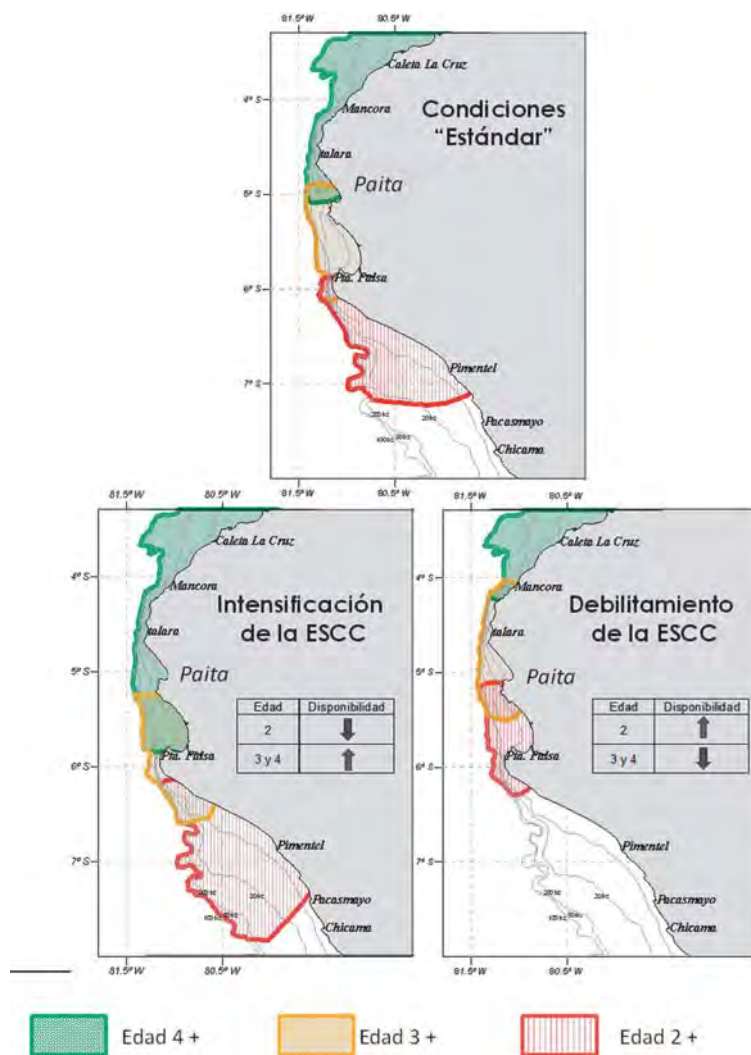


Figura 14.- Relación entre la distribución espacial de la merluza por grupo de edad y el incremento o disminución de la intensidad de la ESCC.

la capa superior del Pacífico ecuatorial está determinada principalmente por la temperatura (ICOCHEA y ROJAS 2001), la CC es una corriente subsuperficial relativamente homotérmica (ZUTA y GUILLÉN 1970) que transporta un gran volumen de agua. Esta corriente es fácilmente identificable en una sección longitudinal que atraviese la línea ecuatorial (ICOCHEA y ROJAS 2001). Como respaldo se puede mencionar que varios autores han afirmado que la profundización de la isoterma de ~15 °C es un buen referente de la intensidad de ocurrencia de la ESCC en la costa norte del Perú (ZUTA y GUILLÉN 1970, ZUTA et al. 1983, MORÓN et al. 2001 y FLORES et al. 2009).

A pesar de que la imagen generada por el arreglo de boyas a los 95°W correspondió al de un escenario cerca de 14 grados longitudinales al oeste de la costa norte del Perú,

existió una significativa correlación entre ésta y la profundización de la isoterma de 15 °C en dicha zona (1990 – 2001), incluso en mayor medida que la correspondiente a zonas un poco más cercanas (PURCA et al. 2006). Esto validó el uso de la información de estas boyas para la construcción del índice, ya que se demostró una sincronía de las ocurrencias entre ambas posiciones, además de tratarse de la información disponible más cercana al escenario peruano y a la vez la más completa y regular.

El ESCCi fue estimado como el área comprendida entre las isothermas de 14 y 16 °C al sur del Ecuador (entre 0 y 4°S), para referirnos expresamente a la intensidad de ocurrencia de la ESCC en la zona norte del Perú. Si bien es cierto que los límites norte y sur de la CC han sido sugeridos entre el 2°N y 2°S (KNAUSS 1960, DIETRICH et al. 1975,

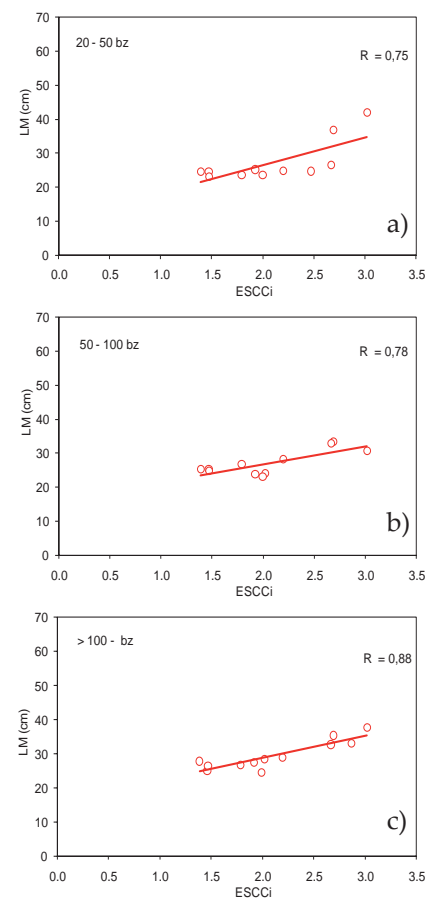


Figura 15.- Relación entre la LM de la merluza a partir de cruces y el ESCCi. Enero 1995 - Diciembre 2006
Diferentes estratos:
a (20-50 bz, R=0,75),
b (50-100 bz, R=0,78)
c (>100 bz, R=0,88).

ICOCHEA y ROJAS 2001) se observó la misma tendencia en los resultados al usar como límites del ESCCi entre 0-2°S y 0-4°S.

Si tenemos en cuenta la distancia entre el arreglo de boyas en el 95°W y la costa norte del Perú (~14° longitudinales o 1500 km), así como la velocidad de desplazamiento de la CC en dirección oeste – este (~90 cm/s en el 110°W para los años 1995 - 2005), no es difícil suponer que existe un desfase de tiempo en días entre las ocurrencias en ambas posiciones. Sin embargo, éste queda enmascarado si utilizamos una escala de observación mensual.

La normalidad de la distribución de todos los valores de ESCCi estimados permite asumir que la ocurrencia de la ESCC, en la costa norte del Perú, es un evento que gira alrededor de un valor pro-

medio (normalidad) y en el que los valores extremos podrían estar dados por la ocurrencia de eventos anómalos como El Niño o La Niña. Del mismo modo, su variación estacional, sobre el mayor contraste en otoño y primavera, corresponde con lo previamente descrito (ESPINO et al. 1985; ESPINO y WOSNITZA-MENDO 1988; WOSNITZA-MENDO et al. 2004). Por todo lo descrito, el ESCCi como indicador de la ESCC en la zona norte del Perú es factible de ser usado para propósitos de monitoreo, evaluación y manejo.

La disponibilidad de áreas óptimas para la merluza, está determinada por el alcance latitudinal y en profundidad de la ESCC; es decir, por su intensidad de ocurrencia (SAMAMÉ et al. 1983, ESPINO y WOSNITZA-MENDO 1985, ESPINO et al. 1995, WOLFF et al. 2003, WOSNITZA-MENDO et al. 2004). La merluza está distribuida dentro de la ESCC y presenta dos gradientes de tamaño, uno en sentido norte - sur y otro en relación a la profundidad (DEL SOLAR 1968, WOSNITZA-MENDO et al. 2004). Si tenemos en cuenta que este gradiente se mantiene, y lo que cambia es la disponibilidad de hábitat en sentido norte sur, se podría esperar un cambio en la disponibilidad de los diferentes grupos de tamaño en un punto o área fija de observación, en función a la intensidad de la ESCC; y esto fue demostrado con la estrecha relación entre el ESCCi y la LM de la merluza registrada en la pesquería y en los cruceros de evaluación.

La merluza, cuyo hábitat corresponde a la zona norte del mar peruano, parece reaccionar de manera inmediata a los cambios en la intensidad de la ESCC registrados a los 95°W. En la mayoría de los meses (pares de observaciones), la diferencia en espacio (~14° longitudinales), y de tiempo entre ambas posiciones, quedó enmascarada en la escala de observación mensual. Sin embargo, existieron meses en los que se evidenció un desfase entre la variable explicada (LM) y la explicativa (ESCCi). Pueden mencionarse dos posibles interpretaciones. La primera, que frente a la costa norte de Perú existe una zona de alta inestabilidad oceanográfica, conformada por una serie de masas de agua que influirían en el normal desarrollo de la ESCC. La segunda, que la marcada segregación espacial

por tamaños de la merluza puede observarse incluso dentro de un grado latitudinal (e.g. formación de agregaciones densas, cada una de las cuales podría contener una estructura de tamaños diferente), por lo tanto la elección de la zona de pesca dentro del área de observación establecida (e.g. la mitad superior o inferior del 5°- 6°S) puede haber influido sobre el valor de LM estimado para un determinado mes.

Si bien las tendencias entre la variable ambiental y biológica fueron similares a lo largo de todo el periodo de estudio, entre 1995 - 1997 se observó una importante diferencia. Esto pudo estar influenciado por la magnitud de la escala del eje vertical de los valores de la LM, ya que, si al primer año de observación se hubiera incluido valores de LM anteriores a 1992, que en promedio habían sido 10 cm superiores (WOSNITZA-MENDO et al. 2004), se hubiera reducido la diferencia en las dimensiones de la LM, haciéndose comparables con las magnitudes del indicador.

En términos generales, la intensidad de ocurrencia de la ESCC (medida a través del ESCCi) explicó el 56% del cambio en la disponibilidad de los diferentes grupos de tamaño (LM) de merluza a la flota arrastrera en la principal zona de pesca. La alta dispersión se debió, en parte, a los motivos ya mencionados (desfase de tiempo entre ambas series y la magnitud de la escala). La otra parte de la explicación corresponde a la existencia de escenarios diferenciados de correlación significativa entre el ESCCi y un determinado rango de LM, cada uno de los cuales correspondió a una sucesión consecutiva en el tiempo de pares de datos.

Es importante mencionar que el tercer escenario correspondiente al periodo entre mayo 2004 - diciembre 2005, presentó el denominado "efecto palanca", es decir la existencia de dos puntos localizados fuera de la nube principal propiciaron la tendencia positiva en la regresión lineal. Estos puntos al ser eliminados hicieron que la correlación deje de ser significativa ($p > 0,05$). Este efecto y la línea horizontal que se forma en la nube de puntos, probablemente sean ocasionados por la no dominancia de algún grupo de edad en particular.

Finalmente, debemos tener en cuenta que sólo se está observando y explicando parte de un sistema, en el que la ESCC parece ser la razón principal de los movimientos latitudinales de merluza. A pesar de que la estadística suele explicar sólo una pequeña porción de los procesos biológicos, un 56% de explicación generalmente se considera como un resultado aceptable.

La respuesta de los diferentes grupos de edad con el ESCCi fue diferenciada (Fig. 14), así tenemos que:

- 1) La relación inversa entre el grupo de edad 2 y el ESCCi es atribuible a que por tratarse del grupo de edad más pequeño, al que le corresponde la parte sur del área de distribución (sur de los 6°S), ante un repliegue de la extensión del hábitat determinado por una menor intensidad de ESCC, éstos se volverían más disponibles a la flota en el área de observación (5° - 6°S), por un desplazamiento del sistema en sentido sur - norte.
- 2) Por el contrario, la relación directa de los grupos de edad 3 y 4 con el ESCCi es atribuible a que por tratarse de edades mayores, a las que les corresponde la parte norte del área de distribución, ante un repliegue de la extensión del hábitat determinado por una menor intensidad de la ESCC, éstos se volverían menos disponibles al área de observación (5° - 6°S) por el mismo efecto de desplazamiento del sistema en sentido sur - norte replegándose hacia el norte de los 5°S.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a las doctoras CLAUDIA WOSNITZA-MENDO y SARA PURCA por el tiempo invertido y los conocimientos compartidos en la conducción del presente trabajo. Al Lic. ROBERTO FLORES por su aporte en el campo de la oceanografía. A la Unidad de Investigación en Peces Demersales, Bentónicos y Litorales en la persona de la Blga. FLOR FERNÁNDEZ por las facilidades y permanente ayuda brindada. Al Blgo. RENATO GUEVARA-CARRASCO, por haber promovido el trabajo de tesis de maestría de la autora, en base al cual se ha realizado esta publicación.

REFERENCIAS

- BAKUN A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California Sea Grant. San Diego, California, USA. In cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. 323 pp.
- CROMWELL T, MONTGOMERY R, STROUP E. 1954. Equatorial Undercurrent in Pacific Ocean revealed by new methods. *Science* 119: 648-649.
- CURY P, ROY C, FAURE V. 1998. Environmental constraints and pelagic fisheries in upwelling areas: The Peruvian puzzle. *South African Journal of Marine Science* 19: 159-167.
- DEL SOLAR E. 1968. La merluza *Merluccius gayi peruanus* (Guichenot) como indicador de la riqueza biótica de la plataforma continental del norte del Perú. Sociedad Nacional de Pesquería. Lima, Perú. 32 pp.
- DIETRICH G, KALLE K, KRAUSS W, SIEDLER G. 1975. Allgemeine meereskunde eine einfuehrung in die ozeanographie. Gebrueder Borntraeger. Berlin, Stuttgart. 593p.
- ESPINO M, MALDONADO M, BENITES C. 1985. Situación de la población de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) durante El Niño. In: Arntz W, Landa A, Tarazona J (eds.). "El Niño" Su Impacto en la Fauna Marina. Bol. Inst. Mar Perú - Callao. Vol. Extraord: 159-162p.
- ESPINO M, WOSNITZA-MENDO C. 1988. Efecto de la concentración en la mortalidad natural y su aplicación en el análisis de cohortes. In: Wyatt, T. and Gómez, M. eds. Long Term Changes in Marine Fish Populations. Int. Symp. Long Term Changes Fish Pop. Conference proceedings: 235-252.
- ESPINO M, CASTILLO R, FERNÁNDEZ F. 1995. Biology and fisheries of Peruvian hake (*M. gayi peruanus*). Hake: Biology, fisheries and markets. In Alheit, J. and Pitcher, T. eds.. Chapman and Hall. London, England. 339-364p.
- FERNÁNDEZ F. 1987. Edad y Crecimiento de la Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*). Bol. Inst. Mar Perú 11(62):193-220.
- FISHSTAT PLUS. 2005. <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat>
- FLORES R, TENORIO J, DOMÍNGUEZ N. 2009. Variaciones de la Extensión sur de la Corriente Cromwell frente al Perú entre los 3 y 14°S. Bol Inst Mar Perú, 24(1-2):39-52.
- GUEVARA-CARRASCO R. 2004. Sobrepesca de la Merluza Peruana: Lecciones mal entendidas. Bol. Inst. Mar Perú, 21(1-2): 27-32.
- HUYER A, KNOLL M, PALUSZKIEWICZ T, SMITH R. 1991. The Peru Undercurrent: a study in variability. *Deep-Sea Research* 38. Suppl. 1: 247-271.
- ICOCHEA L, ROJAS E. 2001. La Corriente Cromwell y sus variaciones en los 0°N, 110°W. In: FORUM-La Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*). Biología y Pesquería. Instituto del Mar del Perú. 120 pp.
- KNAUSS J. 1960. Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Research* 6: 265-286p.
- MORÓN O, VÁSQUEZ L, TELLO E. 2001. Variabilidad de La Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) en el Mar del Perú. In: FORUM-La Merluza Peruana (*Merluccius gayi peruanus*). Biología y Pesquería. Instituto del Mar del Perú. 120 pp.
- PURCA S, DEWITTE S, RENAULT L, PIZARRO L. 2006. Decadal variability off the South American coast: the connection with the modulation of the intraseasonal equatorial Kelvin wave. International Conference The Humboldt Current System: climate, ocean dynamics, ecosystem processes, and fisheries. Conference proceedings. 34 pp.
- SAMAMÉ M, FLORES L, VÍLCHEZ R, CASTILLO J. 1978. Estructura, distribución y abundancia de peces demersales. *Crucero Tareq II*, 7605. Inf. Inst. Mar del Perú 47: 112-121.
- SAMAMÉ M, ESPINO M, CASTILLO J, MENDIETA A, DAMM U. 1983. Evaluación de la población de merluza y otras especies demersales en el área de Puerto Pizarro-Chimbote. Cr. BIC Humboldt 8103-04. Bol. Inst. Mar Perú 7(5): 109-192.
- SAMAMÉ M, CASTILLO J, MENDIETA A. 1985. Situación de las Pesquería Demersales y los cambios durante "El Niño". In: ARNTZ, W., LANDA, A. and TARAZONA, J. eds.. "El Niño" Su Impacto en la Fauna Marina. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. Extraord: 153-158.
- TARAZONA J, GUTIÉRREZ D, PAREDES C, INDACOCHEA A. 2003. Overview and challenges of marine biodiversity research in Peru. *International Journal of Biodiversity* 67(2): 206-231.
- WOLFF M, WOSNITZA-MENDO C, MENDO J. 2003. The Humboldt Current Large Marine Ecosystems. In: Large Marine Ecosystems of the World - Trends in Exploitation, Protection, and Research. HEMPEL G, SHERMAN K (Eds). Elsevier: 279-309.
- WOSNITZA-MENDO C, GUEVARA-CARRASCO R, BALLÓN M. 2004. Causas posibles de la drástica disminución de la longitud media de la merluza peruana en 1992. Bol. Inst. Mar Perú 21 (1-2): 1-26.
- ZUTA S, GUILLÉN, O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Bol. Inst. Mar. Perú - Callao 2(5): 157-324.
- ZUTA S, TSUKAYAMA I, VILLANUEVA R. 1983. El ambiente marino y las fluctuaciones de las principales poblaciones pelágicas en la costa peruana. Roma, Italia. FAO Fisheries Report N° 291 Vol. 2.