



INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION
Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número

055

Páginas

012

Fecha de aprobación

18 JUL 2014

Dirección

DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DEMERSALES

Programa / Gabinete

Pesquerías de Peces Demersales, Australes y Subantárticos

Actividad

AUST 15. Análisis de la dinámica del esfuerzo pesquero y obtención de índices de abundancia (CPUE).

ÍNDICE DE ABUNDANCIA DE MERLUZA DE COLA (*Macrurus magellanicus*) OBTENIDO A PARTIR DE BUQUES DE LA FLOTA COMERCIAL ARGENTINA CON OBSERVADOR CIENTÍFICO A BORDO. PERÍODO 2003-2013

Se estimó la Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en toneladas por hora de arrastre (t/h) de la flota argentina dirigida a la merluza de cola, a partir de datos obtenidos por los observadores a bordo de buques comerciales.

El modelo lineal general (MLG) planteado incluyó variables espacio-temporales y la potencia de las embarcaciones que integran la pesquería, como así también las interacciones que entre ellas existieron:

$$\ln(\text{CPUE}_{ijk}) = \mu + \text{AÑO}_i + \text{BIMESTRE}_j + \text{ÁREA}_k + \text{POTENCIA}_l + (\text{AÑO} \cdot \text{BIMESTRE})_{ij} + (\text{AÑO} \cdot \text{ÁREA})_{ik} + (\text{AÑO} \cdot \text{POTENCIA})_{il} + (\text{BIMESTRE} \cdot \text{ÁREA})_{jk} + (\text{BIMESTRE} \cdot \text{POTENCIA})_{jl} + (\text{ÁREA} \cdot \text{POTENCIA})_{kl} + \epsilon_{ijk}$$

Se observó una tendencia declinante en las estimaciones de los valores medios anuales de la CPUE. Existieron algunas latitudes en las que los rendimientos decrecieron más notablemente mientras que en otras se mantuvieron constantes y elevados. A su vez, los menores rendimientos estuvieron asociados a los buques con menor potencia de máquina. El aumento relacionado a los meses de verano y otoño se invierte en invierno y primavera, probablemente como producto de movimientos que podrían relacionarse con el comportamiento reproductivo de la merluza de cola.

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

Institución

Cargo

SOLICITADO POR

PREPARADO POR

APROBADO POR

Firma:

Nombre: GIUSSI, ANALIA ROSA

Firma:

Nombre: DI MARCO, EMILIANO
Nombre: JORGE

Firma:

Nombre: ZAVATTERI, ANABELA

Jefe de Programa / Gabinete

Director de área

Dr. OTTO C. WÖHLE
DIRECTOR
Director Nacional de Investigación
Dirección Nacional de Investigación
INIDEP

Director del INIDEP



ÍNDICE DE ABUNDANCIA DE MERLUZA DE COLA (*Macrurus magellanicus*) OBTENIDO A PARTIR DE BUQUES DE LA FLOTA COMERCIAL ARGENTINA CON OBSERVADOR CIENTÍFICO A BORDO. PERÍODO 2003-2013

Giussi, Analía R., Di Marco, Emiliano J. y Zavatteri, Anabela

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

INTRODUCCIÓN

La obtención de índices de abundancia a partir de datos de la flota comercial utilizados para calibrar los modelos de evaluación de los recursos pesqueros, es de suma importancia en la medida en que representen una buena aproximación de la tendencia de la abundancia de los mismos. Es fundamental considerar, en la construcción de dicho índice, distintos factores que permitan explicar su variabilidad, tales como las áreas y épocas de pesca y la estructura de la flota que opera sobre el recurso.

En el caso de la merluza de cola (*Macrurus magellanicus*) los índices elaborados hasta el momento han proporcionado información principalmente de la estructura y funcionamiento de la pesquería (Wöhler & Hansen, 2003), y su utilización para la calibración de los modelos de evaluación no ha proporcionado los resultados esperados hasta el momento. No obstante, y debido a la interrupción de la serie de campañas que se realizan anualmente durante la temporada estival, a partir de la cual se estiman los índices de ajuste, se ha decidido realizar un nuevo análisis de las capturas por unidad de esfuerzo de la flota arrastrera que opera al sur de los 49°S abarcando un período de 10 años, en el cual deberían observarse las variaciones que pudieran haber ocurrido en la pesquería.

El período considerado incluye algunos años en los cuales las capturas nominales fueron elevadas (140 mil t) y otros cuyos valores han alcanzado en promedio las 80 mil t. Esta variabilidad registrada en las capturas nominales podría deberse a diversas causas relacionadas con la distribución del recurso o a distintos factores referentes a la actividad de la flota comercial, tales como variaciones en el esfuerzo, modalidad de captura y eficiencia en las operaciones de pesca. El análisis de la captura por unidad de esfuerzo y su estandarización permitiría obtener una visión de las interacciones entre las flotas que operan sobre el recurso y su dinámica.

En el presente trabajo se realiza la estandarización y posterior análisis de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) anual del efectivo de merluza de cola en el Atlántico Sudoccidental, con datos obtenidos por los observadores a bordo de los buques comerciales, esperando sea factible de ser utilizado en el modelo de evaluación actualmente empleado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos básicos empleados para la elaboración del índice de abundancia fueron obtenidos a partir de los datos colectados por los Observadores Científicos en el programa del INIDEP a bordo de los buques comerciales de la flota argentina que poseen asignación de cuota de captura (CITC). Dichos datos consisten en el registro de las capturas de merluza de cola en toneladas, la localización geográfica considerada por grado de latitud y longitud, la fecha y el tiempo de duración de cada operación de pesca en horas. Se consideraron los registros obtenidos al norte de los 57°S de latitud, puesto que allí se han obtenido capturas de la especie en todos los años y en la mayoría de los meses del período analizado.

Los mencionados registros se categorizaron de acuerdo con distintos criterios a modo de poder interpretar más acabadamente los resultados.

En un primer procesamiento se atribuyó cada lance de pesca a la latitud correspondiente de modo que quedarán categorizados de manera latitudinal, cuyo factor se denominó **ÁREA**. Además se consideró a la información proveniente de las flotas que tuvieron participación en todo

el período analizado cuyos buques fueron categorizados en dos estratos en relación a la potencia de máquina de los mismos: <4000 hp y >4000 hp, factor denominado **POTENCIA**. Por último, se agruparon en categorías de **BIMESTRE** de forma de poder analizar las interacciones correspondientes con el momento del año en que se obtuvieron las capturas.

Los mencionados factores y sus posibles interacciones de primer orden se incluyeron dentro de un Modelo Lineal General (MLG) con la información disponible para el período considerado. La estimación de los parámetros del MLG se realizó mediante parametrización sigma-restrictiva.

Las medias geométricas anuales de los logaritmos naturales de la CPUE, así como los límites de sus respectivos intervalos de confianza estimados por el modelo mediante el método de mínimos cuadrados, se expresaron en términos de la variable original ($CPUE_i$) aplicando directamente la transformación antilogarítmica (Hernández, 2004):

$$\overline{CPUE}_i = \exp(\overline{\ln CPUE}_i) \text{ para } i = 2003, \dots, 2013$$

y de forma análoga para el resto de los factores e interacciones planteadas.

Para asegurar una correcta utilización del MLG, se realizó un diagnóstico del mismo, evaluando el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homoscedasticidad de los residuos a partir del análisis de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la exploración de la distribución de los residuos estudentizados del modelo aplicado, se observó una aproximación aceptable a la distribución normal (Figura 1 a y b). La mayoría de los errores se encontraron normalmente distribuidos, excepto en el extremo de valores negativos, donde algunos de los puntos se alejaron de la recta normal esperada (Figura 1 b).

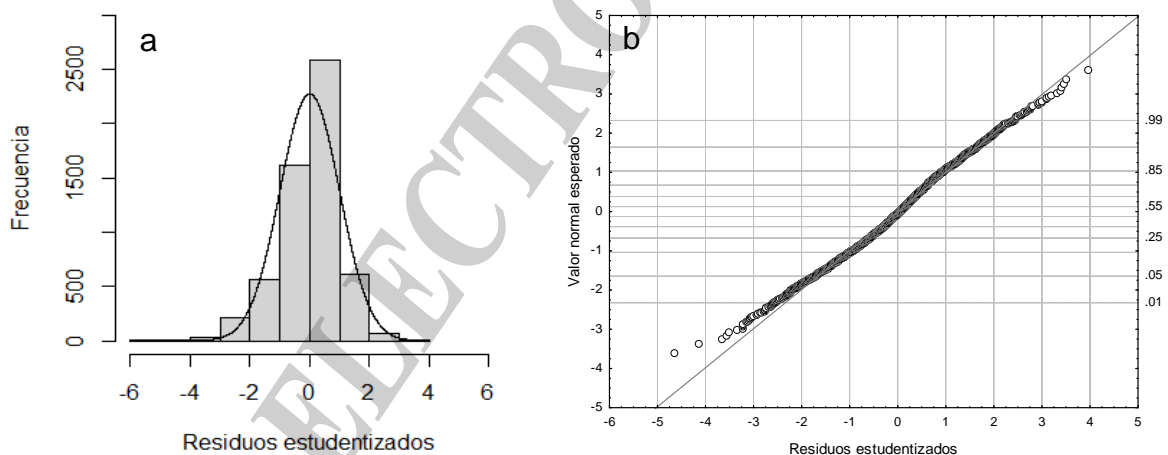


Figura 1. Distribución de frecuencias (a) y probabilidad normal (b) de los residuos estudentizados derivados del MLG ajustado (período 2003-2013).

Asimismo, el comportamiento anual de los residuos estudentizados evidenció una aceptable normalidad (Figura 2). El alejamiento de algunos valores respecto de la recta normal siguió un patrón similar en todos los años analizados.

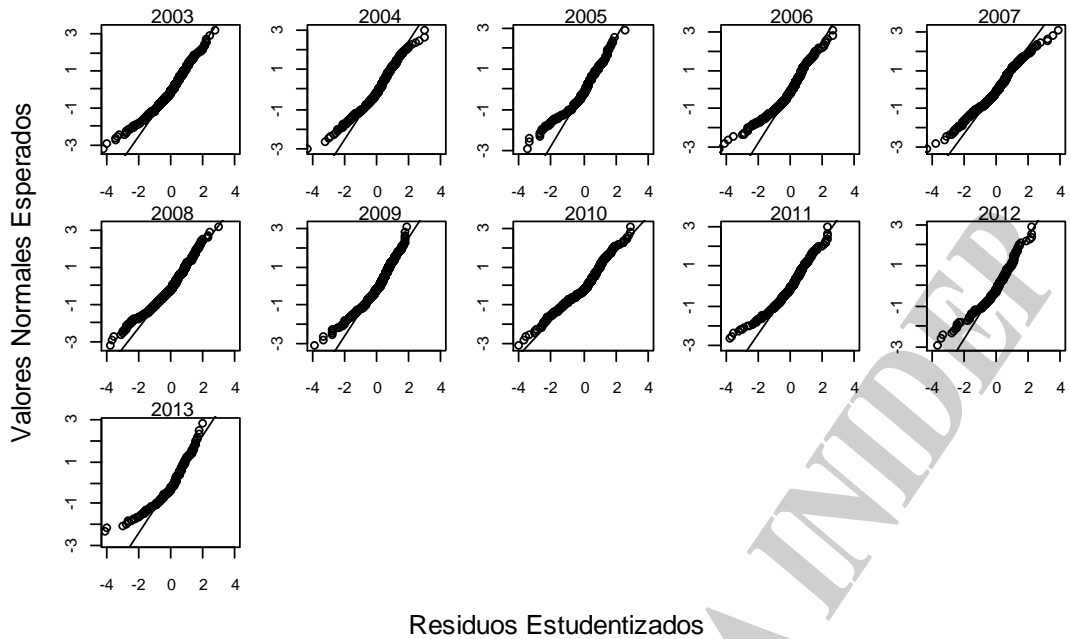


Figura 2. Probabilidad normal anual de los residuos estudentizados derivados del MLG (período 2003-2013).

Los valores esperados respecto de los residuos estudentizados evidenciaron una tendencia no significativa de los errores permitirían sustentar el supuesto de homoscedasticidad en las observaciones (Figura 3).

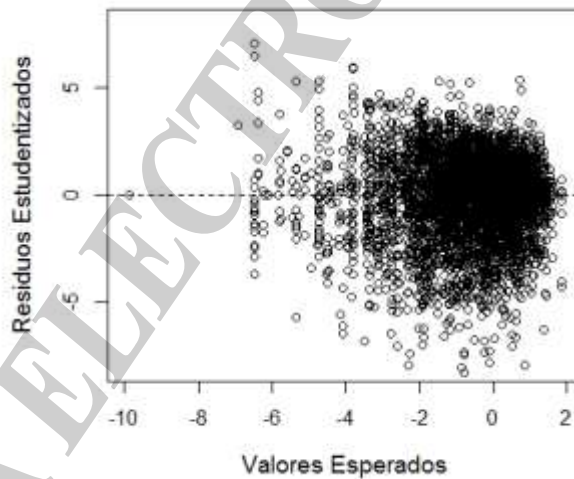


Figura 3. Distribución de los residuos estudentizados respecto de los valores estimados por el MLG (período 2003-2013).

Análisis de varianza y definición del MLG

Con los registros resultantes y con el fin de estimar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) anual de merluza de cola, se realizó el análisis de varianza correspondiente al MLG. Todas las interacciones de primer orden resultaron significativas (Tabla 1). El modelo quedó definido de la siguiente forma:



$$\ln(\text{CPUE}_{ijkl}) = \mu + \text{AÑO}_i + \text{BIMESTRE}_j + \text{ÁREA}_k + \text{POTENCIA}_l + (\text{AÑO} * \text{BIMESTRE})_{ij} \\ + (\text{AÑO} * \text{ÁREA})_{ik} + (\text{AÑO} * \text{POTENCIA})_{il} + (\text{BIMESTRE} * \text{ÁREA})_{jk} \\ + (\text{BIMESTRE} * \text{POTENCIA})_{jl} + (\text{ÁREA} * \text{POTENCIA})_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

para $i = 2003, \dots, 2013$; para $j = 1, \dots, 6$; para $k = < 49^\circ S, 49^\circ S, \dots, 54^\circ S, 55 \cdot 56^\circ S$;

para $l = \leq 4000 \text{ HP}$ y $> 4000 \text{ HP}$

siendo:

CPUE_{ijkl} : captura por unidad de esfuerzo, expresada en toneladas por hora de arrastre (t/h), correspondiente al año i , al bimestre j , al área k y a la potencia de los buques l .

μ : intercepto del modelo.

AÑO_i : efecto correspondiente al nivel i del factor año correspondiente (11 niveles).

BIMESTRE_j : efecto correspondiente al nivel j del factor bimestre (6 niveles).

ÁREA_k : efecto correspondiente al nivel k del factor área (8 niveles).

POTENCIA_l : efecto correspondiente al nivel l del factor potencia de buque (2 niveles)

ε_{ijkl} : término de error aleatorio del modelo.

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza del MLG (período 2003-2013). SS: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: valor observado del estadístico de Fischer; p: valor de probabilidad observado.

	SS	gl	CM	F	p
INTERCEPTO	1070,09	1	1070,088	313,0015	0,000000
AÑO	273,16	10	27,316	7,9901	0,000000
BIMESTRE	392,66	5	78,532	22,9707	0,000000
ÁREA	1068,46	7	152,637	44,6464	0,000000
POTENCIA	128,44	1	128,435	37,5674	0,000000
AÑO * BIMESTRE	581,13	50	11,623	3,3996	0,000000
AÑO * ÁREA	1315,33	70	18,790	5,4962	0,000000
AÑO * POTENCIA	79,93	10	7,993	2,3380	0,009536
BIMESTRE * ÁREA	1013,27	35	28,950	8,4680	0,000000
BIMESTRE * POTENCIA	117,90	5	23,581	6,8973	0,000002
ÁREA * POTENCIA	121,12	7	17,303	5,0612	0,000010
ε	18796,53	5498	3,419		

El coeficiente de correlación ajustado para el MLG (período 2003-2013) explicó un 35,87% de la variación total observada (Tabla 2) y representa un ajuste aceptable para el tipo de modelo utilizado.



Tabla 2. Prueba de suma de cuadrados *versus* suma de cuadrados residuales para el MLG (período 2003-2013).

R múltiple	0,598
R² múltiple	0,3587
R² ajustado	0,3353
SS (modelo)	10511,54
gl (modelo)	200
CM (modelo)	52,5577
SS (residual)	18796,53
gl (residual)	5498
CM (residual)	3,4188
F	15,3732
p	0,00

Evolución anual de la CPUE estandarizada

Durante el período analizado y considerando los buques que poseen cuota de captura de merluza de cola, el índice estimado evidenció una tendencia levemente decreciente (Tabla 3, Figura 4), más marcada en años más recientes. Hasta el año 2011, si bien dicho índice presentó algo de variabilidad interanual, fue relativamente estable.

Tabla 3. Valores medios anuales de la CPUE (t/h) observada y valores medios anuales e intervalos de confianza de la CPUE (t/h) estandarizada por el MLG (período 2003-2013).

Año	CPUE media estandarizada	Lím. Inf. IC -95%	Lím. Sup. IC +95%	N
2003	0,392	0,057	0,850	852
2004	0,308	0,106	0,779	368
2005	0,333	0,109	0,829	317
2006	0,372	0,107	0,894	545
2007	0,224	0,052	0,515	550
2008	0,338	0,061	0,750	787
2009	0,340	0,066	0,761	658
2010	0,183	0,037	0,413	649
2011	0,298	0,083	0,711	434
2012	0,041	0,022	0,127	308
2013	0,121	0,067	0,394	231

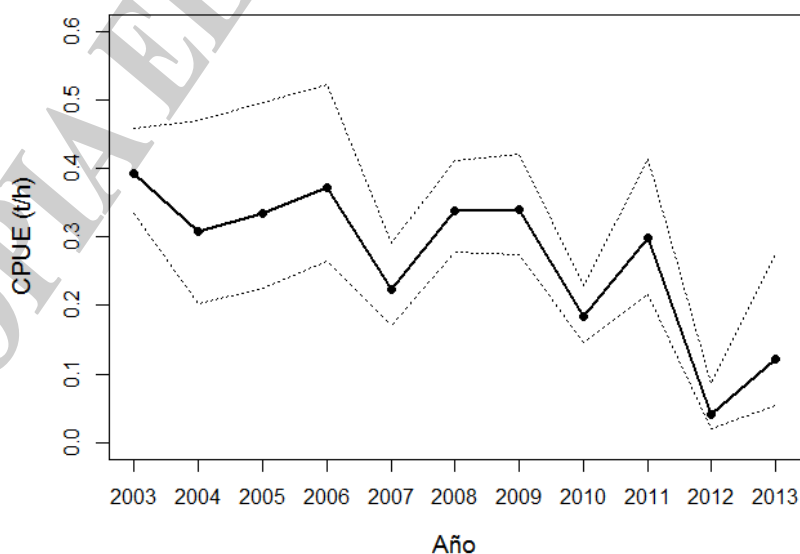


Figura 4. Tendencia anual de la CPUE (t/h) estandarizada por el MLG (período 2003-2013).



La evolución anual de la CPUE (t/h) estandarizada y la tendencia de los valores anuales de densidad media (t/mn²) estimados a partir de las campañas de investigación en los años en los que ambos índices pudieron estimarse (Díaz de Astarloa, 2005; Scarlato, 2004, 2006, 2007, 2009; Gorini, 2012), resultaron notoriamente similares (Figura 5). Las campañas de investigación se realizan durante a la temporada estival mientras que el índice de abundancia, generado con datos de la flota comercial que cuenta con observadores a bordo, cuya presencia podría considerarse representativa de las capturas anuales (Marí & Giussi, 2014).

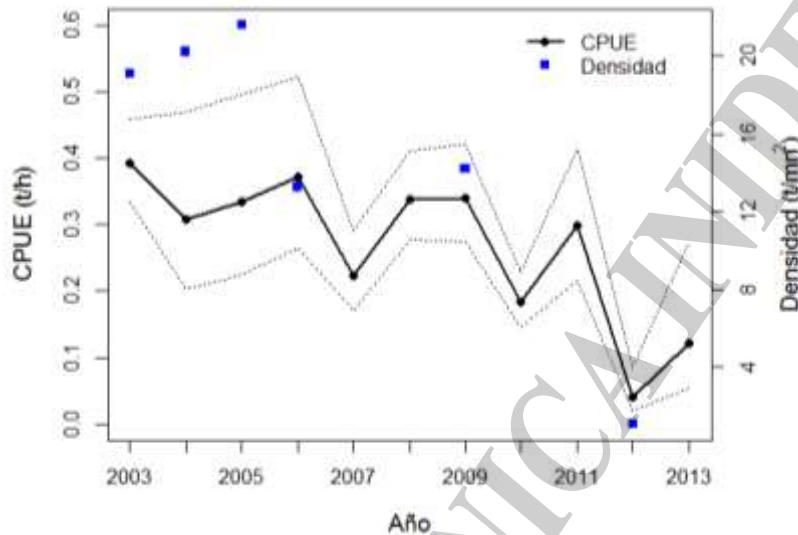


Figura 5. Tendencia anual de la CPUE (t/h) estandarizada por el MLG y valores densidad (t/mn²) estimados a partir de las campañas de investigación considerando el mismo período (2003-2013).

Análisis espacio-temporal

En el análisis temporal de la CPUE (Figura 6) estandarizada por el MLG, en este caso bimestral, se observó que hasta junio se obtienen los mejores rendimientos y entre julio y octubre, es decir durante los meses de invierno y comienzo de la primavera, los más bajos. Esta disminución podría estar asociada al comportamiento reproductivo de la merluza de cola tal como sucede en aguas chilenas donde se concentra para reproducirse durante el mes de agosto (Paya, 2014).

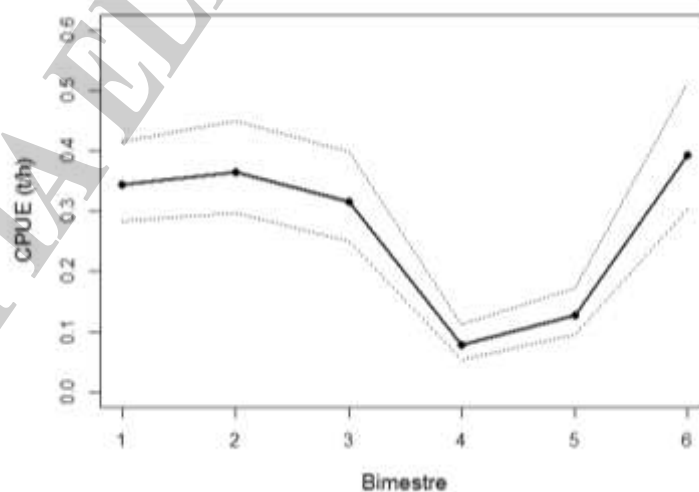


Figura 6. Valores medios bimestrales estimados de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola como resultado del MLG aplicado (período 2003-2013).



Esta tendencia también fue detectada al analizar cada bimestre en todos los años considerados. Los menores rendimientos se detectaron en los bimestres 4 y 5 (julio a octubre). El año 2012 fue totalmente atípico, puesto que los rendimientos de todos los bimestres fueron notoriamente similares y los más bajos de la serie considerada en la primera mitad del año (Figura 7).

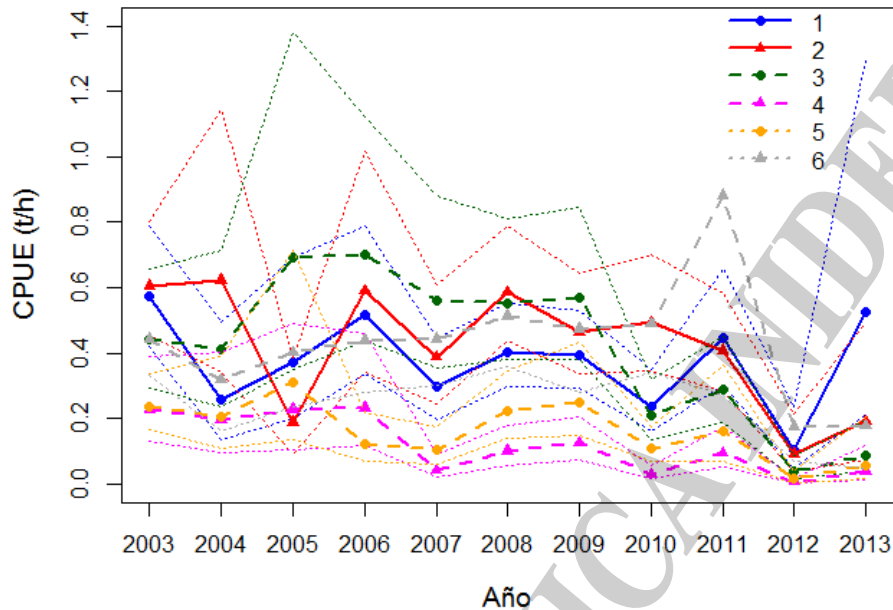


Figura 7. Valores medios anuales estimados de la CPUE estandarizada (t/h) por cada bimestre (período 2003-2013).

Al analizar la tendencia de la CPUE en relación con la latitud, se observó que la misma fue similar en el período comprendido entre los años 2003 y 2010 para todos los grados de latitud analizados. A partir de este último año, el área localizada al sur de los 52°S registró un aumento en la tendencia del índice. Asimismo, la latitud 52°S fue la que presentó los mayores valores de CPUE en todo el período analizado (Figura 8).

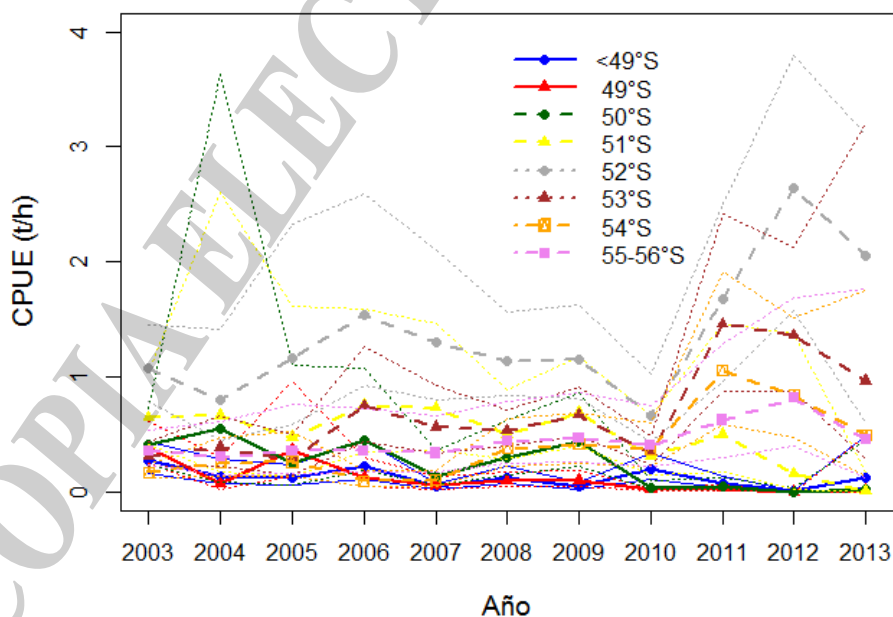


Figura 8. Valores medios anuales estimados de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola por grado de latitud a partir del MLG aplicado (período 2003-2013).



Latitudinalmente durante el cada año, también se observa una disminución, principalmente en las menores, es decir los cardúmenes localizados en la zona norte (<50°S). Los rendimientos correspondientes a la latitud 52°S se han mantenido superiores al resto, en todos los años (Figura 9).

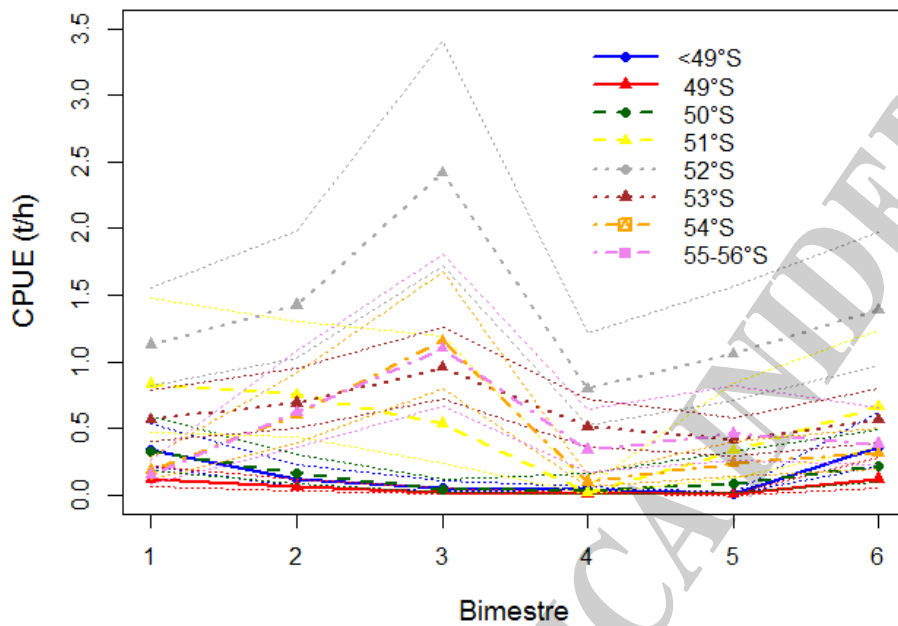


Figura 9. Valores medios estimados de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola por bimestre y por categoría de área a partir del MLG aplicado (período 2003-2013).

El análisis de la CPUE respecto de la potencia de los buques por año evidencia que, durante todo el período, los buques de mayor potencia de máquina obtuvieron mayores rendimientos, a excepción del año 2012, cuando ambas categorías alcanzaron rendimientos similares. No obstante se manifestó, durante la mayor parte del período, una disminución de la CPUE en los buques de mayor portencia de máquina. La tendencia relativamente estable que registraron los barcos de menor potencia en todo el período, que difiere de la otra categoría podría atribuirse a varios factores no relacionados directamente con el tamaño del efectivo, sino con el retiro de unidades o inoperatividad temporal (Figura 10).

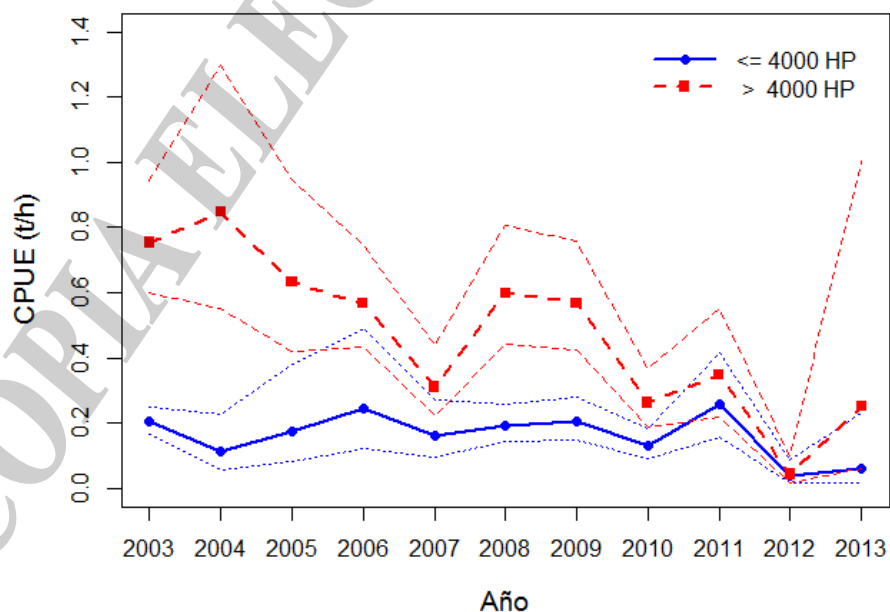


Figura 10. Valores medios anuales estimados de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola por categoría de potencia de máquina a partir del MLG aplicado (período 2003-2013).



Al relacionar el índice con la potencia de los buques por bimestre se observó que los buques de mayor potencia de HP obtuvieron los mayores valores de CPUE, aproximándose a los buques de menor potencia en los meses de noviembre y diciembre. Los buques de mayor potencia obtuvieron los más altos rendimientos en los meses de febrero y abril, mientras que el resto lo hizo en el último bimestre (Figura 11).

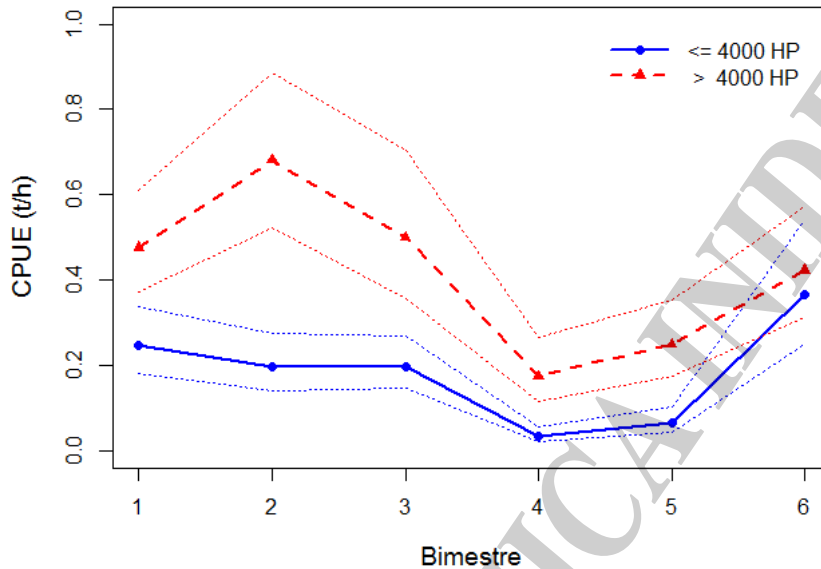


Figura 11. Valores medios bimestrales estimados de la CPUE estandarizada (t/h) en relación a la potencia de los buques (período 2003-2013).

Al analizar la potencia de los buques respecto de las latitudes se observó que, aquellos de mayor tamaño han obtenido mayores rendimientos que las embarcaciones de menor porte en todas las latitudes consideradas (Figura 12). Al igual que lo observado en función del año, la latitud 52°S fue la que presentó los mayores rendimientos para ambos tipos de potencia de máquina.

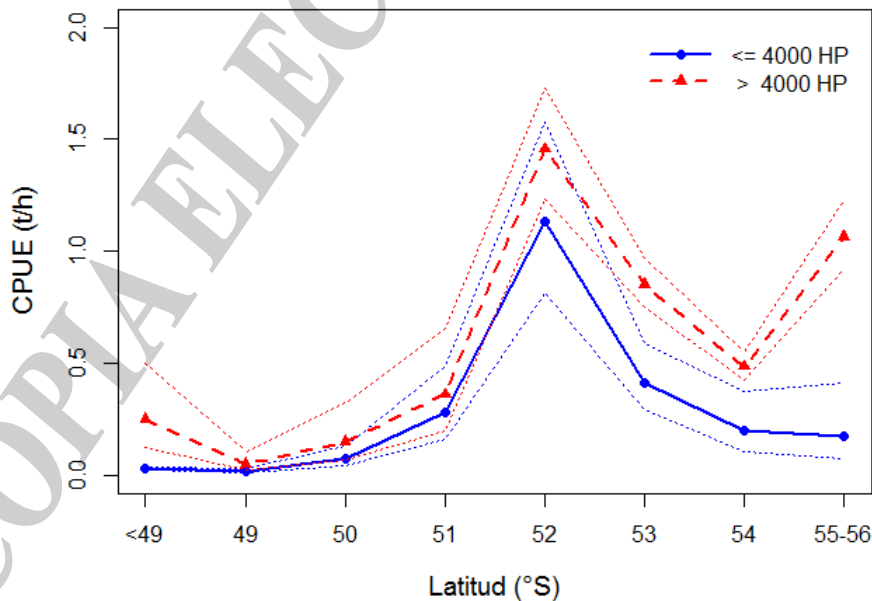


Figura 12. Valores medios estimados de la CPUE estandarizada (t/h) de merluza de cola por grado de latitud y categoría de potencia de máquina a partir del MLG aplicado (período 2003-2013).



El número de horas que ha destinado cada categoría de buques, ha sido similar en el período analizado, principalmente observado en aquellos de mayor potencia. La captura, en cambio, ha variado de manera más notoria entre los buques de menor potencia (Figura 13). No obstante ello, el índice evidencia una disminución más marcada en el año 2012 que no se manifiesta en la captura. Esto podría estar relacionado con un cambio en el área de distribución del recurso, cambios en el instrumental de los buques, mayor conocimiento y especificidad en la realización de los lances de pesca o a que la captura disminuyó en mayor medida en relación a la disminución del esfuerzo. En ambas categorías y en los últimos dos años se ha contado sólo con datos de tres buques.

Categorizar el tamaño de los buques que operan sobre el efectivo, permitió interpretar su relación con el área y la época del año, y así aportar un indicador de la abundancia en el cual se puede ver la incidencia de la potencia de los buques y a su vez independizarlo del efecto que ésta provocaría.

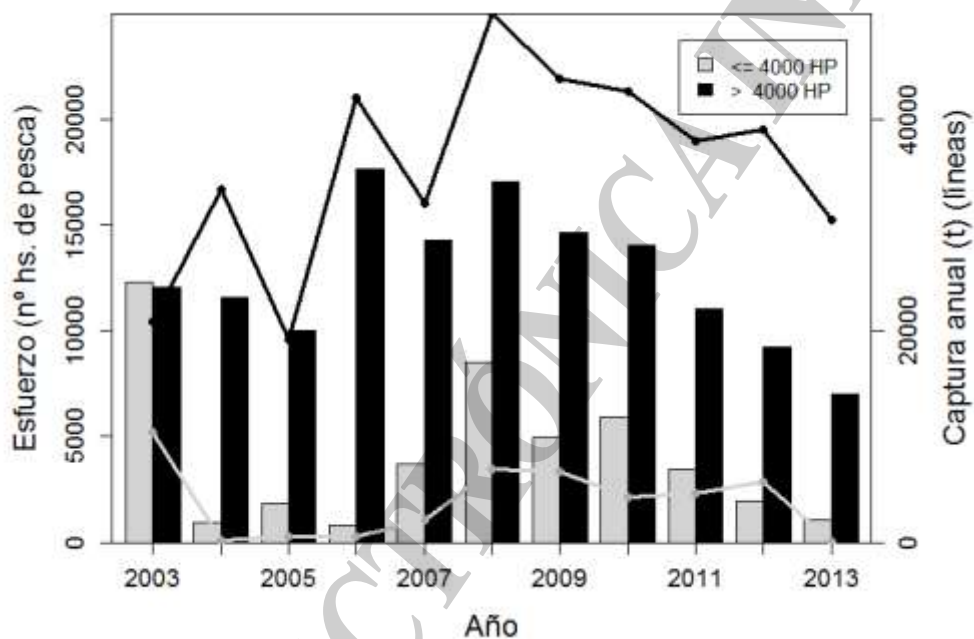


Figura 13. Esfuerzo en horas de pesca y capturas anuales por categoría de potencia de máquina (período 2003-2013).

CONSIDERACIONES FINALES

El índice de abundancia estimado a partir de datos obtenidos por observadores a bordo de los buques comerciales con asignación de Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC), presentó un coeficiente de correlación ajustado que explicó aproximadamente el 36% de la variación total de los datos observados.

La tendencia general del índice resultó ser decreciente, con una leve recuperación en el año 2013. En general, y considerando el mismo período, fue similar a la tendencia observada en el índice de abundancia proveniente de las campañas de evaluación del recurso. En este sentido, y teniendo en cuenta el relativamente elevado porcentaje de varianza explicada, podría considerarse al índice obtenido como representativo de la abundancia de la fracción de la población de merluza de cola sometida a explotación pesquera en el Mar Argentino.



BIBLIOGRAFÍA

- DÍAZ DE ASTARLOA. 2005. Informe de campaña EH-03/05. Campaña de evaluación estival de especies de peces demersales australes EH03/05. Proyecto Evaluación de Peces Australes, INIDEP.
- HERNÁNDEZ, D. R. 2004. Estimación de índices de abundancia relativa, estimación del poder de pesca y estandarización del esfuerzo a partir de modelos multiplicativos. Revisión y ampliación de notas de 2002. Notas de divulgación, Biblioteca INIDEP, Mar del Plata, 56 pp.
- MARI, N. & GIUSSI, A. 2003. Síntesis de la información derivada de las campañas de evaluación de peces demersales australes, desarrolladas en el Mar Argentino entre los 45°S y 54°S por los buques del INIDEP durante el período 1992-2001. Inf. Téc. INIDEP N° 12/03, 16 pp.
- SCARLATO, N. 2004. Informe de campaña EH-03/04. Campaña de evaluación estival de especies de peces demersales australes EH03/04. Proyecto Evaluación de Peces Australes, INIDEP.
- SCARLATO, N. 2006. Campaña de evaluación estival de especies de peces demersales australes EH03/06. Inf. Camp. INIDEP N° 28/2006, 26 pp.
- SCARLATO, N. 2007. Campaña de evaluación estival de especies de peces demersales australes EH03/07. Inf. Camp. INIDEP N° 18/2007, 24 pp.
- SCARLATO, N. 2009. Campaña de evaluación estival de especies de peces demersales australes EH03/09. Inf. Camp. INIDEP N° 29/2009, 22 pp.
- STATSOFT, INC. 1999. STATISTICA for Windows (v.5.5). Satsoft, Inc., Tulsa, Oklahoma.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP