INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número	Páginas	Fecha de aprobación
025	051	02 JUN 2016

Dirección: DIRECCIÓN DE PESQUERIAS DEMERSALES

Programa / Gabinete: Pesquerías de Merluza y Fauna acompañante

Actividad: Analizar la influencia de las variables ambientales sobre la distribución de merluza y en particular del reclutamiento

DISTRIBUCIÓN DE RECLUTAS Y ADULTOS DE MERLUZA , *Merluccius hubbsi*, DEL EFECTIVO NORTE (35-41°S) DURANTE LA PRIMAVERA Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS. PERÍODO 2001-2012.

Con el objeto de establecer la influencia del ambiente físico en la población de merluza, se vinculó la temperatura, la salinidad, la profundidad y la longitud geográfica con la abundancia de reclutas, juveniles y adultos. Se discutió también la influencia de la biomasa reproductiva sobre los niveles de reclutamiento y sobre la sobrevivencia (recluta por desovante). Se utilizaron siete campañas de investigación realizadas durante la primavera, entre los años 2001 y 2012. Se asignó a cada lance de pesca un valor de temperatura y salinidad de fondo utilizando herramientas geoestadísticas y se relacionó la abundancia de merluza y el ambiente a través del Modelo Aditivo Generalizado. Las variables ambientales, en especial la temperatura de fondo, influyeron sobre la distribución espacial de los individuos en los tres grupos de talla considerados y particularmente los reclutas (edad 1) mostraron una mayor respuesta a dichas variables. La probabilidad de presencia de reclutas disminuyó al aumentar la longitud geográfica y la abundancia fue máxima en un rango de temperatura de fondo entre 7° y 10° C. En el caso de los adultos la densidad se incrementó con el descenso de la temperatura de fondo.

La biomasa reproductiva ejerceria influencia sobre el reclutamiento y al decrecer genera un aumento de la sobrevivencia.

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

SOLICITADO POR — Institución: INIDEP — Cargo: DNI

PREPARADO POR

Firma:
Nombre: LOUGE, ELENA BEATRIZ

Firma:
Nombre: MOLINARI, GRACIELA

Firma:
Nombre: SCARLATO, NORBERTO ALFONSO

Firma:
Nombre: HERNANDEZ, DANIEL RAUL

APROBADO POR

Jefe de Programa / Gabinete

Lic. PATRICIA A. MARTINEZ
A/C Dirección
Pesquerías Demersales

Dr. OTTO C. WÖHLER
DIRECTOR
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO PESQUERO
INIDEP
Director Nacional de Investigación

Director del INIDEP

Título del trabajo o título abreviado

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

DISTRIBUCIÓN DE RECLUTAS Y ADULTOS DE MERLUZA *(Merluccius hubbsi)* DEL EFECTIVO NORTE (35º- 41ºS) DURANTE LA PRIMAVERA EN VINCULACIÓN A LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS PERÍODO 2001-2012.

Louge, E., Molinari, G., Scarlato, N. y Hernández, D.R

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo N°1, Escollera Norte, B7602HSA, Mar del Plata, Argentina

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

INTRODUCCIÓN

La merluza del efectivo norte se distribuye desde los 34º hasta los 41º S. Su población en la actualidad se encontraría en un estado de sobrepesca de reclutamiento, donde la alta tasa de mortalidad por pesca ejercida sobre el stock provocó una disminución del 85 % de la biomasa reproductiva que no permite su recuperación, Irusta y D'Atri (2013), Irusta (2014); en esta situación la pesquería quedó muy ligada a la abundancia de reclutas, por lo cual existe un gran interés en conocer el comportamiento de los mismos, como su distribución y las causales de las variaciones en su abundancia. Estudios anteriores sobre la distribución de merluza indicaron predominancia de juveniles al norte de 37º S (Renzi y Santos 2004; Renzi *et al*., 2005 b; Pájaro *et al.,* 2007; Louge *et al*., 2010, 2011, Louge *et al.*, 2014). En esa misma región, durante el otoño, los reclutas y demás grupos etarios se concentran mayormente a profundidades superiores a los 100 m, en tanto que en la primavera se amplía la distribución hacia la costa mostrando un comportamiento diferencial (Louge *et al.,* 2014).

Además de las variaciones geográficas en el reclutamiento también se observaron variaciones interanuales en su abundancia que estarían vinculadas en parte a los cambios en la biomasa reproductiva. Así, durante los años 2001 y 2004 los valores de abundancia de reclutas fueron los máximos y durante los años 2005 y 2006 se registraron los menores de la serie temporal considerada (Irusta y D`atri, 2013).

En el presente estudio se analizaron por un lado las variables oceanográficas con los valores de densidades de individuos discriminando reclutas, juveniles y adultos y por el otro, la influencia de la biomasa parental sobre los índices interanuales de reclutas y su sobrevivencia.

Así, se utilizó una metodología que asigna a cada lance de pesca un valor de temperatura y salinidad de fondo; este procedimiento, que consta con un anexo al presente informe, permitiría establecer relaciones más precisas entre los parámetros oceanográficos y la abundancia de merluza.

La relación del modelo stock-recluta y del cálculo de sobrevivencia en función de la biomasa reproductiva, permitiría discutir sobre el grado de influencia parental sobre el reclutamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 7 campañas de investigación a bordo de los buques E. Holmberg y Capitán Oca Balda durante la primavera en los meses de septiembre a noviembre entre los años 2001 y 2012 (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1. Campañas realizadas en el efectivo norte entre 34º y 41º S.

Año	Campañas	Período	Lances
2001	H-08	octubre	84
2003	H-08 H-09	septiembre	81
2004	H- 05 H-06	septiembre	83
2006	H-04 H-05	set.-oct.	71
2008	H-02	octubre	91
2011	H-05	oct.-nov.	98
2012	H-06	noviembre	107

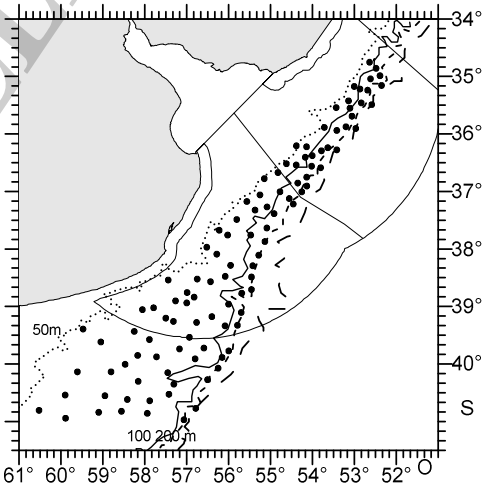


Figura 1. Distribución de lances de la campaña H 06-2012.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Los ejemplares se agruparon por rangos de tallas que se corresponden con las edades estimadas mediante la curva de crecimiento del modelo de Von Bertalanffy (Renzi *et al*., 2009) de acuerdo a los siguientes parámetros:

$L\infty = 103,16$

$K = 0,15$

$T_0 = -0,29$

Así los individuos menores de 18 cm LT se asignaron a la edad 0 y los individuos entre 18 y 30 cm a la edad 1; el resto se agrupó entre 31 y 40 cm y mayores de 40 cm.

Se calculó el número de individuos por milla náutica cuadrada según la expresión:

$$N_i = nc_i\ (PC/PM)/A$$

siendo:

N_i : abundancia de individuos de la clase de talla $_i$ (N°. mn $^{-2}$)

nc_i : número de individuos en la muestra, de la clase de talla $_i$.

PC : peso de la captura (kg)

PM : peso de la muestra (kg)

A : área barrida (mn^2)

La sobrevivencia (S) de la merluza del efectivo norte se calculó como (Myers, 2001)):

$$S= LN(R/Br)$$

siendo:

LN = logaritmo natural

R = reclutamiento en miles

Br = biomasa reproductiva en toneladas

A la posición inicial de cada lance se le asignaron los valores de temperatura y salinidad del fondo.

Análisis geoestadístico de los datos oceanográficos

Para optimizar tiempos durante las campañas de investigación, no se realizó el muestreo de CTD en todas las posiciones correspondientes a los lances de pesca.

Algunos datos termohalinos del fondo en la posición de los lances de pesca no fueron de medición directa sino que fueron estimados. Los datos utilizados para el cálculo corresponden a las mediciones de temperatura y salinidad en el fondo obtenidas durante la campaña con perfiladores CTD y calibrados y almacenados con controles de calidad en la Base Regional de

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Datos Oceanográficos del INIDEP (BaRDO). Como dato de fondo se consideró el correspondiente a la máxima profundidad de muestreo, teniendo en cuenta que fuera representativo de la capa de fondo comparándolo con la profundidad del lugar.

Aunque la distribución espacial de las observaciones es heterogénea, variando anualmente entre las campañas, el 87,45% de ellas están ubicadas entre las isobatas de 50 y 200m y el 82,14 % entre las latitudes 34° S y 40° S. Por otra parte, el muestreo en la región no fue constante a lo largo de los años y en la escala mensual la frecuencia de muestreo varió notablemente.

Las distribuciones de temperatura y salinidad en el fondo se calcularon de acuerdo al método geoestadístico de interpolación y las herramientas utilizadas por Molinari *et al.* (2010). A partir de las observaciones de CTD de distribución espacial no uniforme se estimó la distribución continua de la temperatura y de la salinidad de fondo en el área de la campaña, y a continuación se calculó el valor de las propiedades en la posición de los lances en los que no se realizó CTD. Como técnica de estimación se utilizó la técnica de interpolación lineal de Kriging. Estas distribuciones horizontales se calcularon con el programa Surfer (Versión 8.06.39).

Para analizar el comportamiento de la distribución de la temperatura, se ajustó el variograma experimental al modelo de semivariograma teórico apropiado, eligiendo aquel que mejor se ajustara al variograma experimental (Fischer & Getis 2009). En cada caso, se tuvo en cuenta la anisotropía conocida de la distribución de la temperatura y la salinidad y se procuró contar con la mínima cantidad de observaciones para cada intervalo de distancia definido según la distancia media de los vecinos más cercanos en los variogramas experimentales. El ajuste se consideró hasta la máxima distancia en la que la propiedad se comportó isotrópicamente. Se estableció una grilla regular de 0,5° y los parámetros del sistema de búsqueda se determinaron teniendo en cuenta las distancias entre vecinos más cercanos y los radios de búsqueda, evitando generar áreas sin cubrir y minimizando la superposición de datos. Se optimizó el cálculo realizando, además, en cada una de las observaciones y con el sistema de búsqueda elegido, una estimación por validación cruzada para verificar cuantitativamente el grado de ajuste identificando aquellos datos que no están representados por los de su entorno.

Para asignar el valor de temperatura y salinidad (Z_{est}) correspondiente a los lances sin CTD, se proyectaron las posiciones de los lances sobre la superficie grillada, y se cálculo la estimación como $Z_{est} = - Z_{GRD,}$ donde Z_{GRD} es el valor de la superficie que genera la grilla de interpolación en la posición del lance. Para medir el ajuste de la estimación y representar la distribución de los residuos. se generaron mapas con la distribución de residuos, grillando los residuos resultantes con el método de distancia inversa .Además, para cada campaña y parámetro se caracterizó numéricamente la veracidad de la estimación con los percentiles 25 y 75 de los residuos y con el intervalo de confianza de los mismos, estableciendo una amplitud de acierto del 95%. (Tablas 2 y 3). Los estadísticos de los residuos se calcularon agrupando los

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

lances al norte y al sur de los 36°, para separar los influenciados por las aguas del Río de la Plata y las de origen subtropical de los ubicados en dominio de aguas de plataforma de origen subantártico.

Tabla 2. Percentiles 25 y 75 de los residuos entre la distribución de temperatura de fondo estimada y las observaciones.

CAMPAÑAS	RESIDUOS DE TEMPERATURA					
	Norte 36° S			Sur 36° S		
	P25	P75	Intervalo de confianza 95%	P25	P75	Intervalo de confianza 95%
EH072000	0,128	0,602	0,634	-0,331	0,299	0,149
EH082001	-	-	0,026	-0,126	0,175	0,003
OB892003	-0,189	0,088	0,004	-0,022	0,065	0,001
OB562004	-	-	0,005	-0,045	0,127	0,000
OB452006	-0,199	0,220	0,010	-0,021	0,039	0,000
EH022008	-	-	0,007	-0,066	0,088	0,570
EH052011	-0,672	0,647	0,518	-0,220	0,251	0,102
EH062012	-0,360	0,710	0,520	-0,350	0,280	0,150

Tabla 3. Percentiles 25 y 75 de los residuos entre la distribución de salinidad de fondo estimada y las observaciones.

CAMPAÑAS	RESIDUOS DE SALINIDAD					
	Norte 36°S			Sur 36°S		
	P25	P75	Intervalo de confianza 95%	P25	P75	Intervalo de confianza 95%
EH072000	-	-	-	-	-	-
EH082001	-	-	0,012	-0,030	0,042	0,001
OB892003	-0,055	-0,003	0,001	-0,015	0,004	0,000
OB562004	-	-	0,000	-0,011	0,006	0,002
OB452006	-0,888	0,174	0,013	-0,066	0,042	0,001
EH022008	-	-	0,003	-0,013	0,006	0,001
EH052011	-0.146	0.191	0.408	-0.047	0.045	0.022
EH062012	-0,446	0,565	0,245	-0,074	0,049	0,041

En el Anexo se incluyen los variogramas para cada uno de los años considerados, los mapas con la distribución de la temperatura y la salinidad en el fondo y los de sus

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

correspondientes residuos. También se detallan los valores estimados de temperatura y salinidad de fondo en la posición de los lances.

Análisis estadístico

Se analizó la abundancia relativa (número de individuos/mn^2) de merluza de tres clases de tamaño: 18-30cmLT (reclutas), 31-40cm LT y >40cm LT y su relación con las covariables: profundidad en metros (*prof*), longitud geográfica (*long*), latitud (*lat*), temperatura de fondo en ºC (*tf*) y salinidad de fondo (*sf*).

Se efectuó un análisis exploratorio preliminar para detectar colinealidad, para eliminar posibles redundancias y visualizar valores anómalos fuera de escala y proceder a su extraerlos de la matriz de datos. Para ello se realizaron análisis gráficos a partir de *scatter matrix plots* y se calcularon además los Factores de Inflación de la Varianza (*VIF)* (Zuur *et al*., 2009) para cuantificar el grado de colinealidad de las variables ambientales ó covariables. Para determinar las variables ambientales con baja colinealidad que serían incorporadas en el análisis posterior (*GAM)*, se utilizó un procedimiento paso a paso, eliminando en cada paso la variable con mayor *VIF* superior al valor de corte=*3*, repitiendo el procedimiento hasta obtener todos los valores de los *VIF* inferiores al valor de corte. El valor de corte 3 se utilizó considerando que en los *scatter plots* la relación entre la variable respuesta y las covariables fue débil (Zuur *et al*., 2010).

Para el análisis de los datos de abundancia relativa de merluza, para las clases de tamaño 18-30 cm y 31-40 cm se consideró el siguiente enfoque:

(M_1) Ajustar un Modelo Aditivo Generalizado (Hastie y Tibshirani, 1990), denominado *GAM* en inglés, considerando sólo los valores de abundancia positivos, transformados con el método Box-Cox a los efectos de normalizar la variable respuesta (*family = normal, link=identidad*).

(M_2) Ajustar un *GAM* a los datos de presencia/ausencia (*family = binomial, link=log*).

En el caso del análisis de la abundancia relativa de merluza correspondiente a la clase de tamaño >40 cm, se optó por el siguiente análisis:

(M_3) Ajustar un Modelo Aditivo Generalizado considerando todos los valores de abundancia (incluyendo los ceros) sumándole 1 y transformados mediante Box-Cox a los efectos de normalizar la variable respuesta (*family = normal, link=identidad*).

Genéricamente, los modelos considerados en (M_1), (M_2) y (M_3) se pueden expresar en la forma:

$$\phi(E(y)) = \mu + \sum_k s_k(x_k) \qquad (1)$$

Siendo:

E : operador “Esperanza Matemática”.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

ϕ : la función de enlace (*link function*).

y : la transformación de Box-Cox de la abundancia relativa en el caso (M_1), la variable que toma los valores 0 o 1 al considerar sólo la presencia/ausencia en el caso (M_2) o la transformación de Box-Cox de la abundancia relativa +1 en el caso (M_3).

El término derecho de la relación (1) incluye el intercepto μ y las funciones de suavizado s_k unidimensionales (funciones que describen la tendencia mostrada por la variable respuesta ante cambios en cada covariable considerada), correspondientes a cada variable ambiental x_k. Se incluyó además el factor categórico *AÑO*, para incorporar los posibles cambios de abundancia a lo largo de los años. El grado de suavizado es determinado por los grados de libertad asociados a cada función. Cuanto mayor son los grados de libertad menor es el suavizado y más flexible es la función, mostrando por lo tanto una mayor ondulación. En la implementación numérica considerada, las funciones de suavizado fueron modeladas en términos de *thin plate regression splines* y los grados de libertad fueron calculados considerando el criterio de Validación Cruzada Generalizada, *GCV* (Wood, 2006).

Para seleccionar el modelo se consideró un procedimiento *forward stepwise*, evaluando modelos alternativos en términos del Criterio de Información de Akaike (AIC*)* (Burnham y Anderson, 2002). Inicialmente se calculó la devianza explicada, es decir una medida de la variabilidad de la abundancia explicada por el modelo, por cada covariable por separado más lo explicado por el factor año. Como modelos alternativos se consideraron los modelos obtenidos incluyendo cada covariable por vez, incorporándolas en los sucesivos modelos comenzando con la de mayor devianza explicada, luego la siguiente con mayor devianza explicada y así sucesivamente hasta la última.

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa de distribución libre R (http://www.R-project.org/). En particular los *GAM* se implementaron considerando la función *gam* de la librería *mgcv* del R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los tres grupos de tallas analizados, el de los reclutas (18-30 cm) es el que mostró mayor porcentaje de ausencia de individuos (% de ceros) entre esas tallas, en todos los años (Tabla 4).

Tabla 4. Tamaños muestrales (n) y porcentajes de cero por año y totales para cada clase de tamaño.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Años	2001	2003	2004	2006	2008	2011	2012	total
n	84	81	83	71	91	98	107	615
% de ceros 18-30cm	7,14	27,16	12,05	18,31	32,97	15,31	8,41	17,07
% de ceros 31-40cm	3,57	9,88	6,02	7,04	15,38	11,2	6,54	8,62
% de ceros > 40cm	1,19	0,00	1,20	2,82	14,29	7,14	7,48	5,20

En la Tabla 5 se muestran los valores VIF para las covariables consideradas en el análisis, correspondientes al procedimiento paso a paso de cálculo de los valores VIF. Dado que la latitud y la longitud geográfica poseen coeficientes VIF superiores al umbral establecido (corte=3), se procedió a extraer la latitud, en consecuencia en el segundo paso se obtuvieron valores de VIF por debajo del umbral.

Tabla 5: Valores VIF en el proceso paso a paso para las covariables bajo análisis. La variable latitud fue eliminada.

	prof	*long*	*lat*	*tf*	*sf*
VIF primer paso	2,68	**11,91**	**13,29**	3,11	1,53
VIF segundo paso	2,66	1,50	-----	1,91	1,49

En la Tabla 6 se muestran los modelos seleccionados a partir del Criterio de Información de Akaike (AIC), en las dos últimas columnas figuran los pesos w de Akaike (probabilidad de cada modelo dados los datos) *(*Bunham *et al.,* 2011*) y* la devianza porcentual explicada por el modelo seleccionado.

Como se observa en la Tabla 6 en el caso del modelado de la abundancia relativa y de la presencia/ausencia correspondiente a la clase de talla 18-30 cm, la devianza explicada es moderada y mayor que en el caso del modelado de la abundancia relativa y de la presencia/ausencia para las otras dos clases de tamaño analizadas (31-40 cm y >40 cm). Esto podría estar indicando que las variables ambientales tienen mayor influencia en la presencia y distribución espacial de las abundancias relativas para los individuos de la clase de talla 18-30 cm (reclutas), que para las otras dos clases de tamaño consideradas.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Tabla 6. Modelos seleccionados por el Criterio de Información de Akaike, pesos w de Akaike para cada modelo y devianza porcentual explicada por el modelo seleccionado (DE %).

Tallas	Caso de análisis	Modelo seleccionado	*Pesos w de Akaike*	DE (%)
18-30cm	M_1 abundancia relativa (>0)	$AÑO + s(long) + s(tf) + s(sprof) + s(sf)$	w=0,86	53,70
	M_2 presencia/ausencia	$AÑO + s(tf) + s(prof) + s(long)$	w=0,98	52,90
31-40cm	M_1 abundancia relativa (>0)	$AÑO + s(tf) + s(prof) + s(sf) + s(long)$	w=0,99	34,40
	M_2 presencia/ausencia	$AÑO + s(tf) + s(long) + s(prof) + s(sf)$	w=0,87	30,80
>40cm	M_3 abundancia relativa (≥ 0)	$AÑO + s(long) + s(tf) + s(prof) + s(sf)$	w=0,98	35,30

A los efectos de determinar aquellas variables que, de las seleccionadas por el criterio AIC, tengan casi con seguridad un efecto estadísticamente significativo sobre la abundancia relativa o la presencia/ausencia, se calcularon estadísticos F para los modelos de abundancia relativa y estadísticos chi-cuadrado (χ^2) para los modelos de presencia/ausencia y en forma precautoria y asumiendo una actitud conservadora se consideraron como estadísticamente significativas diferencias con probabilidades asociadas P<0,02 (Zuur *et al*., 2009).

En las Tablas 7, 8 y 9 se presentan los estadísticos F y χ^2 y los correspondientes valores de probabilidad P, para las tres clases de talla consideradas.

Para el rango de tallas entre 18-30 cm las variables analizadas fueron significativas menos la salinidad (Tabla 7).

Tabla 7: Estadísticos F y chi-cuadrado para evaluar la significancia estadística de las variables ambientales en su efecto sobre la presencia/ausencia y la abundancia relativa de merluza, para la clase de talla 18-30cm. Los suavizadores se consideran significativos si P<0,02.

18-30 cm	Presencia/ausencia		Abundancia relativa	
Variable	χ^2	P	F	P
AÑO	31,28	**2,25E-05**	13,03	**1,12E-13**
s(*tf*)	32,16	**3,73E-06**	7,95	**1,42E-08**
s(*prof*)	27,40	**0,000538**	3,55	**0,000675**
s(*long*)	25,50	**9,73E-05**	21,63	**<2E-16**
s(*sf*)	-----	-----	1,80	0,079538 ns

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

ns: no significativo

Entre 31-40 cm la temperatura de fondo fue significativa tanto en presencia/ausencia como en la abundancia relativa (Tabla 8). En este último caso, además, aportaron las variables año y longitud geográfica.

Tabla 8. Estadísticos F y chi-cuadrado para evaluar la significancia estadística de las variables ambientales en su efecto sobre la presencia/ausencia y la abundancia relativa para la clase de talla 31-40 cm. Los suavizadores se consideran significativos si P<0,02.

31-40cm	Presencia/ausencia		Abundancia relativa	
Variable	χ^2	P	F	P
AÑO	9,44	0,150303 ns	7,73	**5,62E-08**
s(*tf*)	18,28	**0,000765**	3,24	**0,001031**
s(*long*)	12,70	0,041607 ns	5,84	**3,81E-06**
s(*prof*)	0,21	0,648632 ns	3,19	0,002723 ns
s(*sf*)	10,12	0,018478ns	3,48	0,009021 ns

ns: no significativo

Para los adultos (>40 cm) la salinidad es la única variable no significativa (Tabla 9).

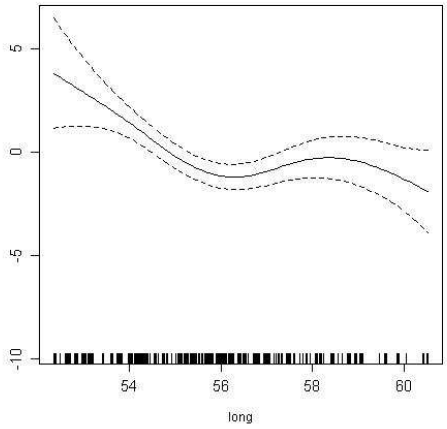
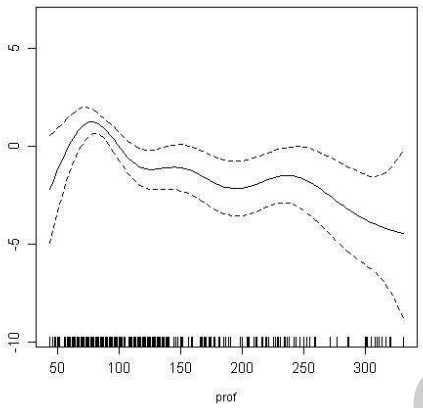
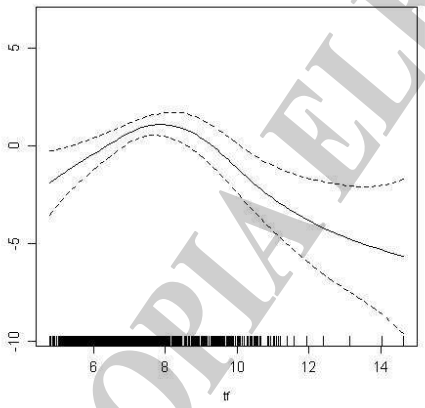
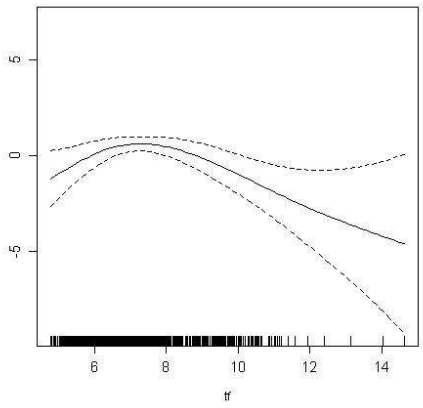
Tabla 9. Estadísticos F para evaluar la significancia estadística de las variables ambientales en su efecto sobre la abundancia relativa (incluyendo valores ceros) para la clase de talla >40cm. Los suavizadores se consideran significativos si P<0,02.

>40 cm	Abundancia relativa	
Variable	F	P
AÑO	13,85	**9,78E-15**
s(*long*)	10,08	**2,16E-13**
s(*tf*)	5,70	**8,00E-07**
s(*prof*)	5,00	**4,28E-06**
s(*sf*)	2,87	0,026813 ns

ns: no significativo

En las Figuras 2 y 3 se muestran los suavizadores para cada una de las variables ambientales consideradas en el análisis, estadísticamente significativas según las tablas 7 y 8, para presencia/ausencia y abundancia relativa, para las clases de talla 18-30 cm y 31-40 cm. En la Figura 6 se muestran los suavizadores para la abundancia relativa incluyendo los valores cero, para la clase de talla >40 cm. En estos gráficos las diferentes densidades de las líneas de escala en el eje de las abscisas indican una mayor densidad de datos. La interpretación de estos gráficos, por lo tanto, se concentra en los intervalos dentro del eje de las abscisas en donde hay una mayor cantidad de información muestral.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

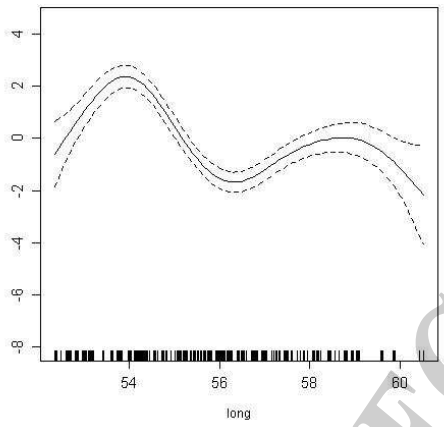
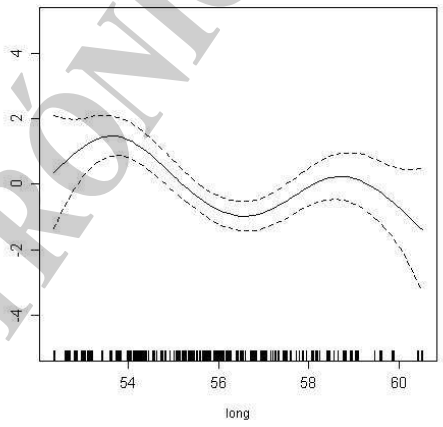
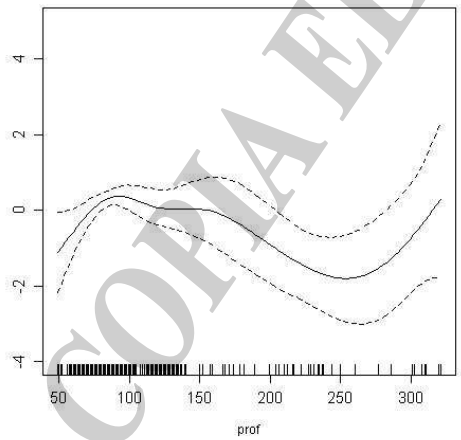
Presencia/ausencia	
18-30cm	31-40cm
	No significativa
	No significativa
	

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

Figura 2: Suavizadores y bandas de confianza del 95%, correspondientes a la relación entre la presencia/ausencia y las variables ambientales estadísticamente significativas, para las clases de

talla 18-30 cm y 31-40 cm. Las diferentes densidades de las líneas de escala en el eje de las abscisas indican una mayor densidad de datos.

La probabilidad de presencia de merluza aumentó con algunas fluctuaciones, al disminuir la longitud geográfica. Los reclutas manifiestan un máximo relativo de abundancia a una longitud de 54º O luego un descenso en 56º O y nuevamente otro máximo relativo de menor intensidad aproximadamente en 59º O (Figura 2 y 3). Hubo una máxima probabilidad de presencia y abundancia a la profundidad de 80 m (Figura 2 y 3). Y en el caso de la temperatura se observó máxima probabilidad de presencia entre 7º y 9ºC y valores mayores de abundancia entre 8º y 10ºC. La distribución de reclutas descripta, se ve en la Figura 4, con una concentración mayor en el sector norte (menor longitud geográfica y una concentración menor hacia el sur (mayor longitud).

<table>
<tr><td colspan="2">Abundancia relativa</td></tr>
<tr><td>18-30cm</td><td>31-40cm</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>no significativa</td></tr>
</table>

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

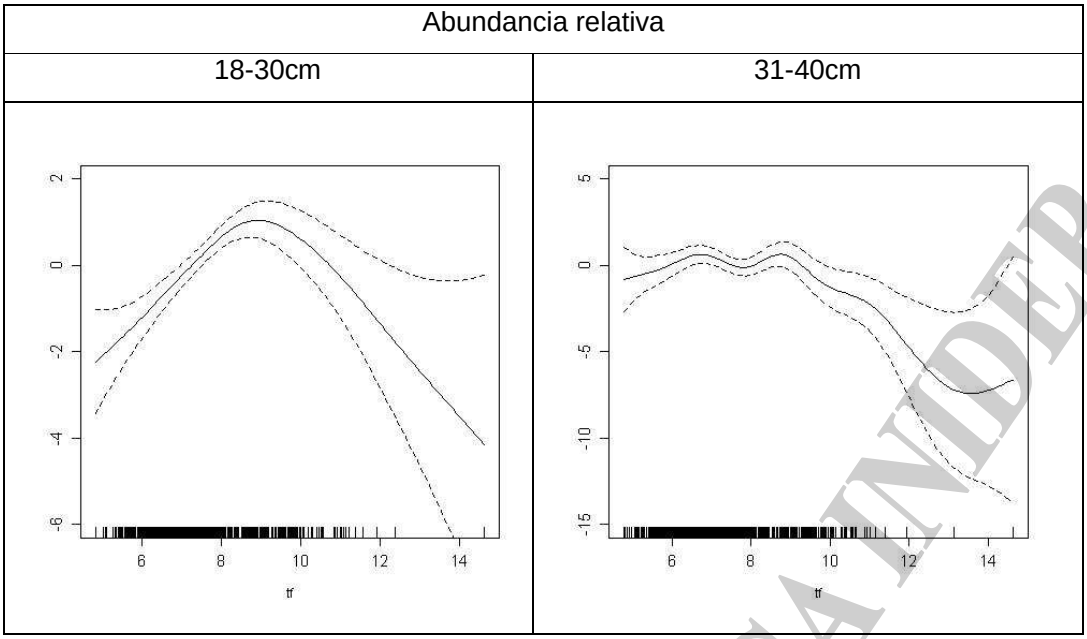


Figura 3: Suavizadores y bandas de confianza del 95%, correspondientes a la relación entre la abundancia relativa y las variables ambientales estadísticamente significativas, para las clases de talla 18-30 cm y 31-40 cm. Las diferentes densidades de las líneas de escala en el eje de las abscisas indican una mayor densidad de datos.

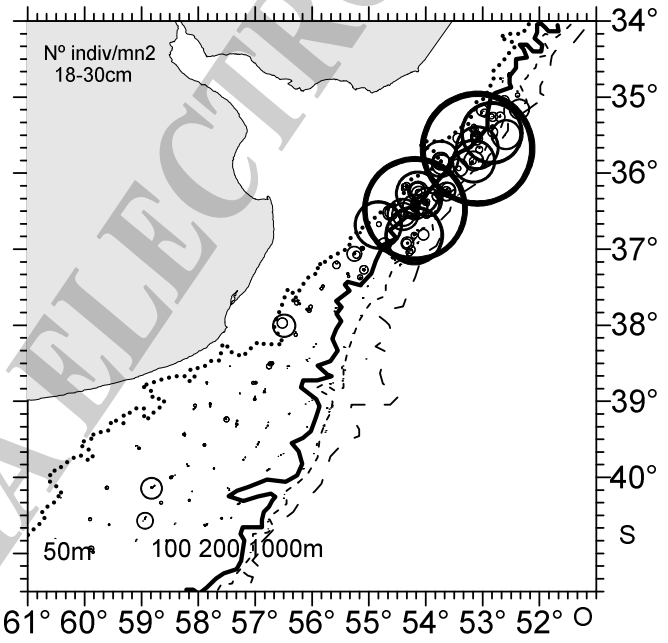


Figura 4. Distribución de reclutas (18-30cm) pertenecientes a los años 2001-2012. Círculos proporcionales a la abundancia.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

En el grupo de tallas siguiente (31-40 cm) donde encontramos juveniles y adultos, solo la temperatura de fondo fue significativa para la presencia /ausencia (Figura 2). La probabilidad de presencia de merluza decreció ante el aumento de la temperatura. En la abundancia relativa son significativas las variables longitud geográfica y temperatura (Figura 3). Al igual que en los reclutas, existieron dos máximos relativos de abundancia a distintas longitudes ,el del norte es más marcado (Figura 5); la temperatura generó diferencias respecto de los reclutas ya que al incrementarse dicha variable, la abundancia se mantuvo más estable, con disminución a temperaturas mayores a 9ºC (Figura 3).

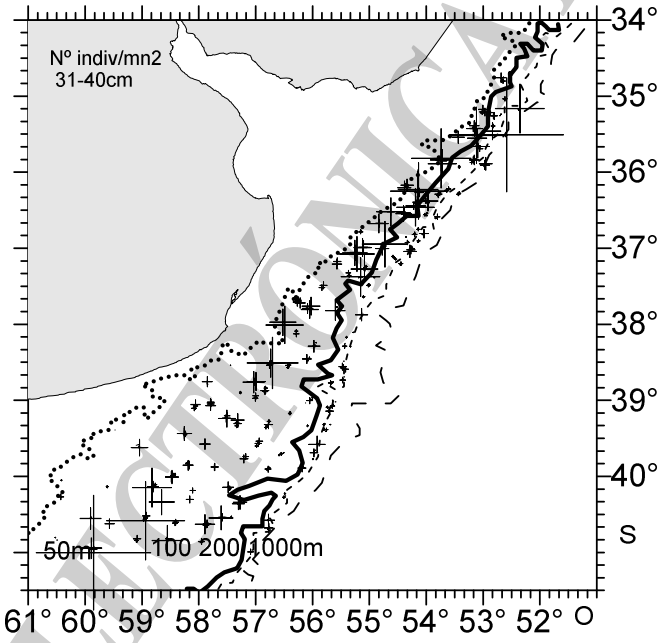


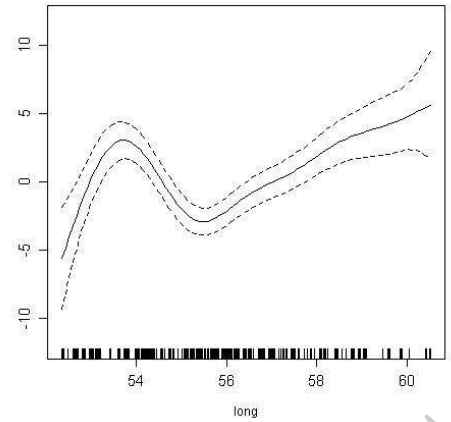
Figura 5. Distribución de merluza entre 31-40 cm pertenecientes a los años 2001-2012. Cruces proporcionales a la abundancia.

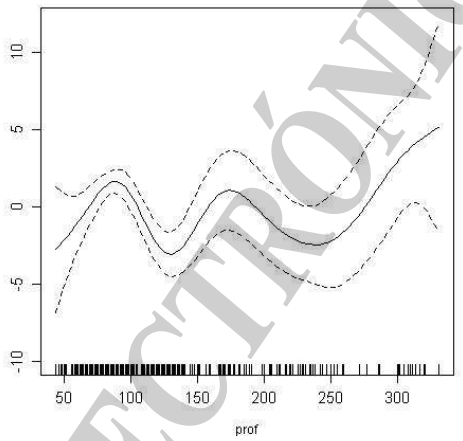
La abundancia de adultos (>40 cm) presentó un comportamiento similar con la longitud geográfica, un máximo relativo moderado a los 54º y un mínimo relativo a los 56º O, pero a diferencia de las clases de talla menores luego se incrementa a medida que lo hace la longitud. (Figura 6). Se observó una notoria variabilidad en la abundancia a lo largo del gradiente de profundidades. Con respecto a la temperatura se destacó que las máximas abundancias se dan aproximadamente en el rango entre 6º y 10º C, siendo el límite inferior más bajo que para los otros grupos y además se ve una relación decreciente muy clara de la abundancia a medida que se incrementa la temperatura.

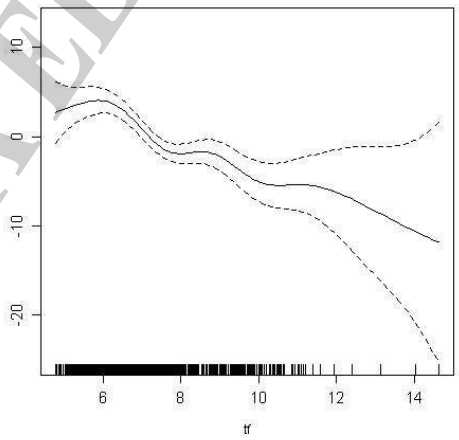
COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

>40 cm

Abundancia relativa







COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

.Figura 6: Suavizadores y bandas de confianza del 95%, correspondientes a la relación entre la abundancia relativa incluyendo los valores ceros y las variables ambientales estadísticamente significativas, para la clase de talla >40cm.

Las diferentes densidades de las líneas de escala en el eje de las abscisas indican una mayor densidad de datos. El pico de menor abundancia a baja longitud geográfica, es decir hacia el norte, corresponde a la profundidad cercana a 200 m y otra concentración de mayor magnitud a mayor longitud, a una profundidad menor (Figura 7).

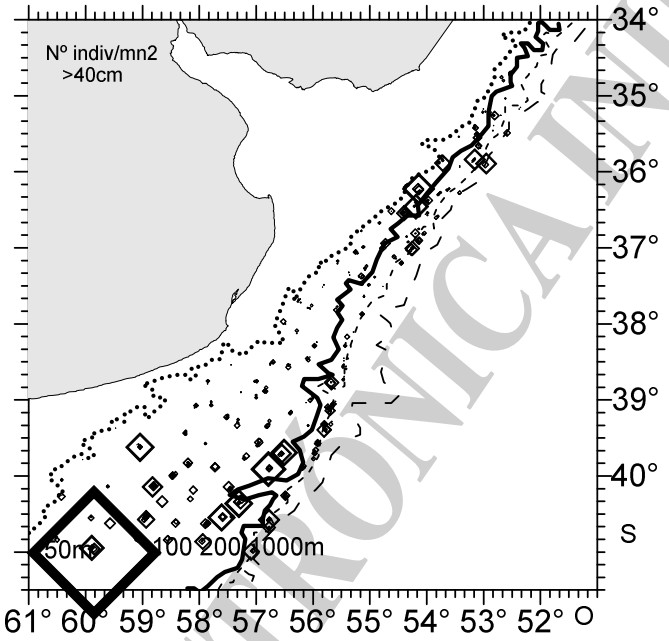


Figura 7. Distribución de merluza > 40 cm pertenecientes a los años 2001-2012. Rombos proporcionales a la abundancia.

Los gráficos de diagnóstico *Scaled Pearson residual* vs. valores teóricos y *Probability-Probability normal plots*, que consideran la transformación de Box-Cox de la abundancia relativa como variable respuesta, no mostraron patrones que indicaran un comportamiento inadecuado de los modelos.

Es interesante señalar que el grupo de tallas perteneciente a los reclutas (18-30 cm) sería el que presenta mayor influencia a los cambios de las variables ambientales analizadas.

Las mayores abundancias de los reclutas fueron halladas en el sector norte (longitudes menores de 56º O aproximadamente, que por la distribución de la especie, correspondería a la latitudes menores a 38º S), con una clara preferencia, por rangos de temperatura entre 7º y 10º C. Presentaron una distribución típica de primavera, es decir, con presencia en áreas someras a partir de los 50 m además de las de mayor profundidad. También se señaló que disminuye la

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

abundancia a medida que aumenta la longitud. Por otro lado, la salinidad no ejerció influencia en la distribución de individuos.

En especies intensamente explotadas o bajo sobrepesca, la pesquería queda muy ligada a la abundancia de reclutas. Numerosos estudios apuntan a comprender los procesos que regulan el reclutamiento. Así, la abundancia de reclutas de merluza del efectivo norte está relacionada con la biomasa reproductiva de la población a través del modelo de Ricker, que surge de la evaluación anual de la especie (Figura 8).

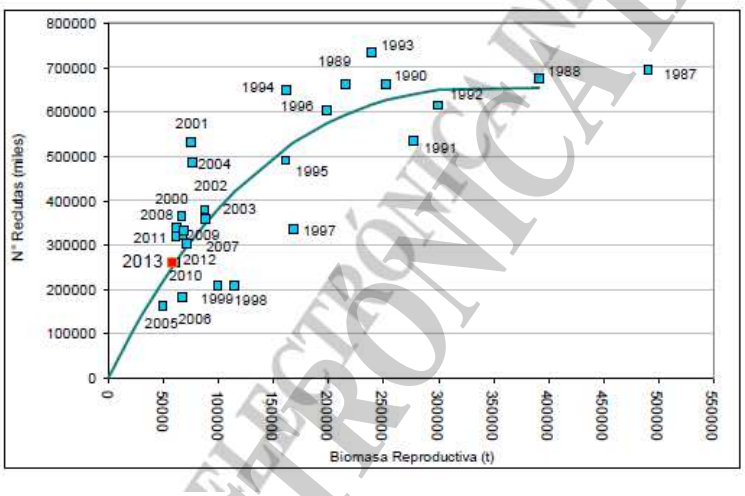


Figura 8. Relación stock-recluta tomado de Irusta (2014). Número de reclutas (individuos de edad 1) correspondiente a los años señalados (T) en función de la Biomasa reproductiva (Br) correspondiente al año de nacimiento (T-1). (t)= toneladas. Período 1987-2013.

La biomasa reproductiva a fines de los años ochenta comenzó a descender, años tras año, con poca variación en el reclutamiento, sin embargo a partir de la década del 2000 cuando los niveles de Br descendieron por debajo del Punto Biológico de Referencia Objetivo indicado por Irusta y D'Atri (2013) en 150.000 t no sólo disminuyó el reclutamiento sino que también aumentó su variablilidad (Figura 8). La ampliación del gráfico de la Figura 8 en los últimos años permite ver con más claridad las variaciones del reclutamiento y la posible influencia de la abundancia parental (Figura 9). Así, vemos que el primer tramo de la curva de Ricker se parece a una relación lineal, donde a pesar de la gran variación de reclutas la Br seguiría marcando una tendencia.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

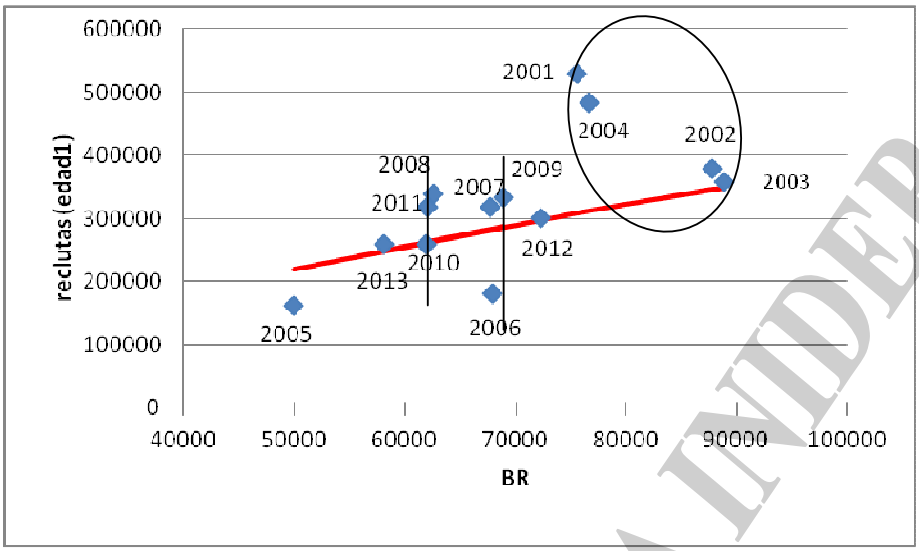


Figura 9. Número de reclutas (individuos de edad 1) correspondiente a los años señalados (T) en función de la Biomasa reproductiva (Br) correspondiente al año de nacimiento (T-1) según el modelo de Ricker. Valores tomados de Irusta (2014).

La Br del año 2003 con valores de alrededor de 76.000 t (señalada como 2004 en el gráfico de la Figura 9) debido al aumento de la mortalidad por pesca (Renzi *et al.,* 2005 a) padece una brusca caída al año siguiente, adoptando el valor más bajo de la serie (alrededor de 50.000 t), luego la disminución de la misma posibilitó la recuperación de la Br en el 2005 (señalada como 2006 alcanzando las 68.000 t) y si bien volvió a incrementarse el esfuerzo en ese año (Irusta *et al.,* 2008), la Br del año siguiente (señalada como 2007) no disminuyó debido, en parte, al buen reclutamiento de dos años atrás es decir, del año 2004.

Una mirada más global permite apreciar, en este conjunto restringido de años, dos etapas sucesivas en el tiempo: los primeros años entre el 2001 y el 2004 con valores de Br por encima de las 76.000 toneladas señaladas por un óvalo, se corresponden con valores de reclutamiento superiores a 360.000 toneladas (Figura 9); en una segunda etapa, en los años siguientes y hasta la actualidad, la Br desciende por debajo de los 76.000 toneladas y el reclutamiento acompaña este descenso sin poder recuperarse, reflejando así la posible influencia de la abundancia parental; las líneas verticales resaltan la variación del reclutamiento para valores similares de biomasa reproductiva.

Esta variación tan marcada en el reclutamiento es coincidente con lo hallado por Myers, (2001) quien utilizó en su análisis alrededor de 700 poblaciones de peces y concluyó que la variabilidad en el reclutamiento se incrementó a bajos niveles de densidad poblacional para especies con alta fecundidad y en regiones con poca estabilidad oceanográfica.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

También Beggs *et al* (2014) observaron un aumento de la sensibilidad del reclutamiento del bacalao *Gadus morhua* a los cambios climáticos cuando disminuye la biomasa reproductiva.

¿Cómo eran las condiciones oceanográficas durante la década de los años 2000 hasta la actualidad en el área de distribución de la merluza del efectivo norte?. Según Louge *et al* (2014) respecto de la media climática, los años 2004 y 2005 fueron cálidos y los años 2003 y 2007 fríos y no se halló una clara relación entre las diferencias en la densidad de reclutas con los cambios de temperatura de fondo mencionados. Tampoco se hallaron diferencias con la salinidad durante este período.

Sin embargo, en otras especies tales como el arenque del Mar del Norte, *Clupea harengus,* Corten (2013) halló una depresión en el reclutamiento a partir del año 2000 que coincide con una disminución de la temperatura y posiblemente un aumento del canibalismo; Bogstad *et al* (2013) también señalaron una relación positiva entre el reclutamiento y la temperatura para la misma especie en el Mar de Barents,.

En cambio en el bacalao *G.morhua* del Mar del Norte el aumento de temperatura de superficie coincidió con una disminución del reclutamiento y con un descenso en la biomasa de zooplancton (fuente de alimento para la especie), (Nicolas *et al*, 2014). También se ha asociado la variabilidad del reclutamiento con la descarga de arroyos y no con la biomasa parental en el caso de la trucha marrón de España *Salmo trutta* (Lobón Cerviá, 2014).

Otra de las variables consideradas en la variación del reclutamiento es el estudio de la diversidad en la estructura de edad en la biomasa desovante de una población de peces. Así, Cardinale y Arrhenius (2000) señalan que las hembras de *G.morhua* de mayor edad no sólo desovan más huevos sino que las larvas son de mayor tamaño y su tasa de sobrevivencia es más elevada. También la mayor calidad de huevos en los desoves de las hembras de elevada talla produce un “efecto maternal” que incide favorablemente en el reclutamiento de determinadas poblaciones (Calduch-Verdiell *et al*., 2014). En ese sentido, Macchi *et al.* (2006, 2012) hallaron en la merluza (*M.hubbsi*) del efectivo sur no solo un aumento de la fecundidad en las hembras de mayor tamaño sino una mejor calidad de huevos. Otra de las variables consideradas en la variación del reclutamiento es el estudio de los sedimentos donde se asientan los prerreclutas (Lough, 2010).

Cuando una población está limitada en la disponibilidad de recursos dicha limitación podría afectar el crecimiento y la sobrevivencia. De esta manera, si se observa una disminución en la relación recluta-desovante a medida que se incrementa la biomasa reproductiva, estamos en presencia de procesos compensatorios (Hilborn y Walters, 1992). Así, la sobrevivencia (S) de la merluza del efectivo norte en función de la Br señala que a medida que disminuye la Br, aumenta variabilidad y aparecen valores más altos de sobrevivencia S, para lo cual el R podría ser constante (o aumentar, quizás en el caso de un ingreso de otro efectivo) (Figura 10).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

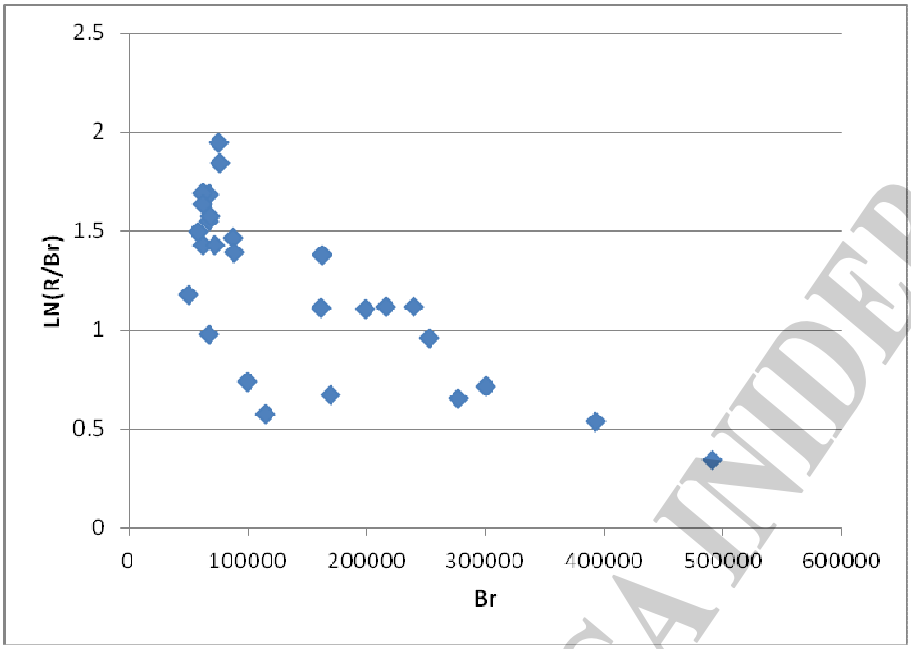


Figura 10. Sobrevivencia (LN(R/Br)) en función de la biomasa reproductiva de la merluza del efectivo norte. Datos de R y Br tomados de Irusta (2014).

Esta situación respondería a mecanismos compensatorios donde al aumentar la Br la S disminuye, o bien, al disminuir la Br la S se mantiene o aumenta mediante procesos que tendrían relación con la disminución de la competencia. ¿Qué procesos compensatorios estarían involucrados, disminución de la competencia por el alimento, disminución del canibalismo, entre otros?

Minto *et al*., (2008) también señalaron para 147 poblaciones de peces que la variabilidad interanual de sobrevivencia (recluta por desovante) se incrementó con la disminución de la densidad parental. Como así también, en 39 stock de peces planos del Mar del Norte, Archambault *et al* (2014) describieron que la varianza de la sobrevivencia decrece con el aumento de la biomasa reproductiva, lo cual implica una fuerte evidencia de una denso-dependencia durante el proceso de reclutamiento, sobre todo en la fase de asentamiento en el fondo donde se compite por el espacio, o por el alimento. Es decir, la influencia de la densidad parental se resalta en el comienzo de la etapa demersal. Por otro lado, los mismos autores señalan que las condiciones ambientales influyen en las primeros momentos del ciclo de vida de los peces, así, en la fase pelágica la tasa de mortalidad es muy fluctuante y está sujeta a factores denso-independientes como la temperatura, que modifica el crecimiento y la supervivencia de huevos y larvas en su deriva. Los cambios en las condiciones ambientales pueden favorecer la nutrición de las hembras desovantes e indirectamente mejorar la abundancia del reclutamiento. Así, en el eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*) se halló una relación positiva y significativa de la sobrevivencia y el factor de condición de las hembras en primavera, a causa de el bloom

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

fitoplanctónico de otoño, que actuaría como un índice predictivo de la fuerza del reclutamiento (Leaf y Friedland, 2014).

Al mostrar con mayor detalle los últimos años de la Figura 10, la Sobrevivencia en función de la Br se mantiene variable dentro de un rango constante (valores constantes encerrados en un óvalo) es decir, al disminuir la Br disminuye el R y la S se mantiene más o menos constante (Figura 11).

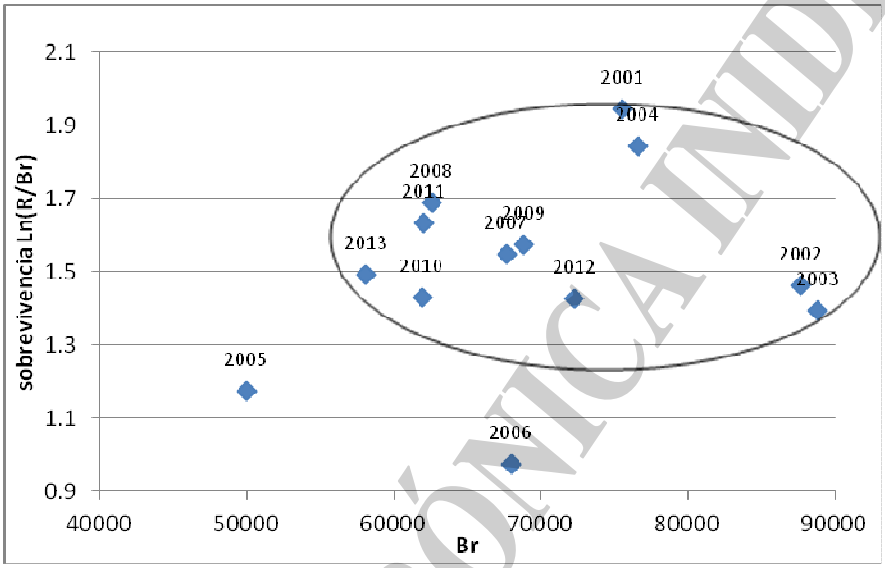


Figura 11. Sobrevivencia en función de la biomasa reproductiva de la merluza del efectivo norte, entre los años 2000 y 2013. Datos de R y Br tomados de Irusta (2014).

En otras especies, como en el bacalao del Atlántico (*G.morhua*) ante la disminución de la biomasa reproductiva, aparecen signos de disminución de la sobrevivencia. Este descenso en Br y S se denomina depensación o *efecto Allee* (Keith y Hutchings, 2012), y sería causada entre otros factores, por la dificultad de encontrar el compañero, por la baja densidad de la población, que generaría una disminución en la fertilización y en consecuencia una caída del reclutamiento (Hilborn y Walters, 1992).

Para la merluza del efectivo norte se halló una marcada influencia de la Br en los niveles de reclutamiento, en donde a bajos niveles de Br se observó menor abundancia y alta variabilidad de R y un aumento de la sobrevivencia. Cuando los niveles de población son bajos, la sobrevivencia, refleja la resiliencia de la especie a la explotación y a los cambios ambientales (Archambault *et al.,* 2014).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

CONCLUSIONES

1) Las variables ambientales temperatura, profundidad y longitud geográfica influyeron sobre la distribución espacial de merluza.

2) En las tres clases de talla, la temperatura de fondo influyó en la distribución y en la abundancia, a diferencia de la variable salinidad de fondo.

3) La distribución espacial de la merluza de la clase de talla 18-30 cm (reclutas) parece tener una mayor dependencia con las variables ambientales incluidas en el GAM que las otras dos clases de tamaño (31-40 cm y >40 cm), lo cual se manifiesta en valores mayores de devianza explicada para esta clase de tamaño.

4) Los suavizadores de las clases de talla 18-30 cm y 31-40 cm son similares para la variable tf en el análisis de presencia/ausencia. En el caso de la abundancia relativa, ocurre lo mismo para la longitud geográfica.

5) Para la clase de talla 18-30 cm la probabilidad de presencia de merluza disminuyó al aumentar la longitud geográfica. Por otro lado, los suavizadores muestran valores de profundidad y temperatura de fondo con máxima probabilidad de presencia y abundancia alrededor de los 80 m. Y en el caso de la temperatura se observó máxima probabilidad de presencia entre 7º y 9ºC y valores mayores de abundancia entre 8º y 10ºC.

6) Para la clase de talla 31-40 cm la probabilidad de presencia de merluza y la abundancia decreció ante el aumento de la temperatura y además con respecto a la abundancia ésta disminuyó , con fluctuaciones, cuando incrementó la longitud geográfica.

7) La abundancia relativa de merluza de la clase de talla >40 cm disminuyó en la medida que aumentó la temperatura de fondo.

8) La biomasa reproductiva, aún con valores inferiores a la Br de referencia, seguiría ejerciendo influencia sobre los índices de reclutamiento.

9) A medida que la Br de merluza disminuye desde la década de los ochenta hasta la actualidad, aumenta la sobrevivencia debido en parte a mecanismos compensatorios. A partir del año 2000 los valores de sobrevivencia oscilan dentro de un rango más o menos constante.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

BIBLIOGRAFIA

ARCHAMBAULT, B, LE PAPE O., BOUSQUET N., & RIVOT E.. 2014. Density-dependence can be revealed by modelling the variance in the stock–recruitment process: an application to flatfish. ICES Journal of Marine Science, 71(8), 2127–2140.

BaRDO: Base Regional de Datos Oceanográficos. Gabinete de Oceanografía Física, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación. Paseo Victoria Ocampo Nº1, Mar del Plata, Bs. As. Argentina

BEGGS,S.,,M. CARDINALE,R J. GOWEN & V. BARTOLINO. 2014. Linking cod (*Gadus morhua*) and climate: investigating variability in Irish Sea cod recruitment. Fish. Oceanogr. 23(1), 54–64.

BOGSTAD B., DINGSØR G..A INGVALDSEN, R. & H. GJØSÆTER. 2013 Changes in the relationship between sea temperature and recruitment of cod, haddock and herring in the Barents Sea. Marine Biology Research, Vol. 9 (9), 895-907.

BURNHAM, K.P. & ANDERSON, D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference. A Practical Information-Theoretic Approach. Second Edition. Springer Verlag. New York. 488 pp.

CARDINALE, M., & ARRHENIUS, F. 2000. The relationship between stock and recruitment: are the assumptions valid? Mar. Ecol. Prog. Ser. 196: 305–309.

CORTEN, A. 2013. Food for Thought.Recruitment depressions in North Sea herring. ICES Journal of Marine Science, 70(1) 1–15.

FISCHER, M. M. & GETIS, A. 2009. Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools Methods and Applications. Springer Berlin Heidelberg.

HASTIE, T. & TIBSHIRANI, R. 1990. Generalized additive models. Chapman and Hall. London. 335 pp.

HILBORN, R. & WALTERS, C. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Ed. Chapman and Hall, New York. 570pp

IRUSTA, G. 2014. Evaluación del estado del efectivo norte de 41° S de la merluza (*Merluccius hubbsi*) y estimación de la captura biológicamente aceptable para el año 2015. Inf. Téc. Ofic. Nº 29, 30pp.

IRUSTA, G., D'ATRI, L. & RENZI, M. 2008. Evaluación del estado del efectivo norte de 41º S de la merluza (*Merluccius hubbsi*) y estimación de la captura biológicamente aceptable para el año 2008. Informe Técnico oficial Nº 32, 34pp.

IRUSTA, G. & D'ATRI, L. 2013. Evaluación del estado del efectivo norte de 41° S de la merluza (*Merluccius hubbsi*) y estimación de la captura biológicamente aceptable para el año 2014. Inf. Téc. Ofic. Nº 26, 29pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

KEITH, D. &. HUTCHINGS, J. 2012. Population dynamics of marine fishes at low abundance. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 1150-1163.

LEAF, R. &. FRIEDLAND, D. 2014. Autumn bloom phenology and magnitude influence haddock recruitment on Georges Bank. ICES Journal of Marine Science, 71(8), 2017–2025.

LOBÓN CERVIÁ, J.. 2014. Recruitment and survival rate variability in fish populations:density-dependent regulation or further evidence of environmental determinants? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 71: 290–300.

LOUGE, E., MOLINARI, G. & CASTRUCCI, R**.** 2010. Distribución de la merluza (*Merluccius hubbsi*) del efectivo norte (34º-41º S) con relación a la temperatura y la salinidad. Agosto-Octubre 2000-2008. Inf.Invest INIDEP, Nº91, 16pp**.**

LOUGE, E., MOLINARI, G. & CASTRUCCI, R. 2011. Distribución de la merluza (*Merluccius hubbsi*) Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya en relación con parámetros oceanográficos. Diciembre 1995-2000. Frente Mar. 22, 177 – 190.

LOUGE, E., MOLINARI, G. & CASTRUCCI, R. 2014. Distribución del efectivo norte (34º-41ºS) de merluza (*Merluccius hubbsi* Marini, 1933) en relación con parámetros ambientales durante fines del invierno (2000-2008). Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero Nº 24- 59-74.

LOUGE, E., MOLINARI, G. & HERNÁNDEZ, D. 2014. Diferencias en la distribución de merluza (*Merluccius hubbsi* marini, 1933) en la zona común de pesca argentino-uruguaya entre otoño y primavera. Período 1998-2012. Inf.Invest INIDEP, Nº19, 22pp**.**

LOUGH, R.. 2010. Juvenile cod (*Gadus morhua*) mortality and the importance of bottom sediment type to recruitment on Georges Bank. Fish. Oceanogr. 19:2, 159–181

LUSSEAU, S., GALLEGO, A., RASMUSSEN, J.,. HATFIELD, E. & HEATH, M.. 2014. North Sea herring (*Clupea harengus* L.) recruitment failure may be indicative of poor feeding success. ICES Journal of Marine Science, 71(8), 2026–2041.

MACCHI, G., ESTRADA, M., BRACHETTA, H. & RENZI, M. 2012. Estructura y producción potencial de huevos del efectivo desovante de merluza (*Merluccius hubbsi*) al sur de 41ºS durante enero de 2012. Informe Investigación Nº39 12pp.

MACCHI, G., PAJARO, M. , MILITELLI, M. RADOVANI, N. & RIVAS, L. 2006. Influence of size, age and maternal condition on the oocyte dry weight of Argentine hake (*Merluccius hubbsi).* Fisheries Research, 80:345-349.

MINTO, C. MYERS, R. & BLANCHARD, W. 2008. Survival variability and population density in fish populations. Nature, Vol 452.

MOLINARI, G.; GUERRERO, A. & BALDONI, A. 2010 Interpolación geoestadística en el cálculo de campos medios de parámetros oceanográficos, Inf. Invest. INIDEP N° 75/2010, 37 pp.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

MYERS, R. . 2001 Stock and recruitment: generalizations about maximum reproductive rate, density dependence, and variability using meta-analytic approaches**.** ICES Journal of Marine Science, 58: 937–951

NICOLAS, D., ROCHETTE S., LLOPE, M. & LICANDRO, P. .2014. Spatio-Temporal Variability of the North Sea Cod Recruitment in Relation to Temperature and Zooplankton. PLoS ONE 9(2): 1-13.

PÁJARO, M., MACCHI, G. & IBÁÑEZ, P. 2007. Análisis de la condición reproductiva del efectivo norte de merluza (*Merluccius hubbsi*) en invierno de 2006. Inf. Tec. INIDEP N°4, 12pp.

RENZI, M., IRUSTA, G. & CORDO, G. 2005 a. Evaluación del estado del efectivo norte de 41º S de la merluza (*Merluccius hubbsi*) y estimación de la captura biológicamente aceptable correspondiente al año 2005. Informe Técnico interno INIDEP, Nº 48, 27pp.

RENZI, M. & SANTOS, B. 2004. Estructura por edad de la población de merluza capturada durante la campaña realizada a la Zona Común de Pesca en abril de 2003 (OB - 02/03). Inf. Téc. INIDEP N° 3, 12 pp.

RENZI, M., SANTOS, B. & SIMONAZZI, M.. 2005 b. Estructura por edad y sexo de la población de merluza (*Merluccius hubbsi*) en el área norte de 41ºS. Período 1993-1999. Frente Mar. (20) Sec. A: 41-49 pp.

WOOD, S.N. 2006. Generalized Additive Models. An Introduction with R. Chapman &Hall. 391 pp.

ZUUR, A.F., IENO, E.N., WALKER, N.J., SAVELIEV, A.A. & SMITH, G.M. 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. Springer. Statistics for Biology and Health. 574 pp.

ZUUR, A.F., IENO, E.N. & ELPHICK, C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common satatistical problems. Methods Ecology and Evolution 1:3-14.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP