

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS DEMERSALES Y LITORALES
ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES DE PECES DEMERSALES, BENTÓNICOS Y LITORALES

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA PESQUERÍA DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD (*Dissostichus eleginoides* Smitt 1898), CON PROYECCIÓN DE CAPTURA AL 2019



Diciembre, 2018

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA PESQUERIA DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD (*Dissostichus eleginoides* Smitt 1898), CON PROYECCIÓN DE CAPTURA AL 2019

1. INTRODUCCIÓN

El bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, conocido también como merluza negra o bacalao austral en diversos países, pertenece a la familia de los nototénidos cuyos miembros han desarrollado diversas adaptaciones que les permiten sobrevivir a temperaturas cercanas a 0°C. Entre sus principales adaptaciones presentan una baja viscosidad sanguínea, carecen de vejiga natatoria, baja densidad ósea, alto contenido de grasa y tejido gelatinoso bajo la piel. Estas características le proporcionan flotabilidad neutra (lo que implica ahorro energético en el desplazamiento) y, la adaptación para soportar amplios rangos de profundidad (euribática).

La pesquería sobre este recurso es realizada por diversos países como Chile y Argentina, debido a su gran área de distribución y en donde existe una gran industria. En el Perú, la pesquería es realizada por siete (07) embarcaciones, con capacidades de bodega que no superan los 32,56 m³, las que operan a lo largo del litoral exportando ~ 100% del producto en forma de congelado - refrigerado.

Durante el año 2018 la pesquería del bacalao fue regulada por la R. M. N° 642-2017-PRODUCE (31/12/2017), que estableció la cuota máxima de captura permisible en 155 t, la misma que se cumplió a inicios de noviembre, mes en que fue suspendida la actividad pesquera (R. M. N° 487-2018-PRODUCE).

En el presente informe se dan a conocer los resultados de los aspectos biológicos y pesqueros más resaltantes obtenidos durante el 2018, además del cuadro de decisión para la determinación de la cuota de captura del recurso para el año 2019.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos

Para la caracterización de la pesquería y estimación de los indicadores poblacionales del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* fueron utilizados dos fuentes de información. La primera fuente estuvo constituida por los registros de desembarques realizados por el personal de PRODUCE, que actualmente están disponibles en el portal de la Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), donde se detalla la información concerniente al desembarque total en peso, las fechas de zarpe y arribo, zonas de pesca, entre otros. La segunda fuente de información fueron los muestreos realizados en las plantas pesqueras efectuados por los observadores de IMARPE durante el 2018.

Para un mejor análisis y entendimiento, la información fue estratificada en tres zonas. La zona norte abarcó desde Puerto Pizarro (03°24'S) hasta Chimbote (09°00'S), la zona centro desde Salaverry hasta Marcona (15°00'S) y, por último, la zona sur entre Marcona e Ilo (18°20'S). Asimismo, a través de los parámetros de crecimiento propuestos por Arana (2008) (Linf: 200 cm, K: 0,07, t₀: 0,3 años), se consideró la elaboración de un índice de reclutamiento, definido como el número de ejemplares pertenecientes a los grupos de edad 8 y 9 (ejemplares entre 80 y 100 cm de LT). Este índice puede ser interpretado como una medida de ingreso de ejemplares a la zona de pesca (Perú) producto de los procesos de inmigración, teniendo en consideración que hasta el momento no se ha detectado actividad de desove de este recurso en aguas nacionales. Además, se consideró un índice de longevidad definido como el número de ejemplares correspondiente a los grupos de edad 29 y 30+ (grupo plus).

Información adicional proveniente de los muestreos realizados en la planta de procesamiento fue utilizada para caracterizar la estructura por tallas del recurso en los desembarques realizados por la flota palangrera.

Por otro lado, indicadores ambientales fueron obtenidos de la base de datos de la NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>).

Evaluación poblacional

Para caracterizar la dinámica poblacional del bacalao de profundidad, en base a la información disponible, se optó por el uso del modelo de biomasa dinámica (conocido como modelo de producción excedentaria). El citado modelo requiere sólo la información de la captura y el esfuerzo de pesca, por lo cual es considerado como la primera herramienta a ser utilizada en estos contextos (Hilborn y Walters, 1992).

El modelo fue construido bajo el enfoque de un Modelo de Espacio de Estados (State Space Model - SSM), el mismo que es considerado como una de las herramientas más sofisticadas para el modelamiento y pronóstico de modelos dinámicos, debido a que permite considerar la medida del error de proceso (error propio del modelo) y el error de observación (Meyer y Millar, 1999).

Invariablemente un Modelo de Espacio de Estados se encuentra compuesto por dos ecuaciones principales:

- a) **La ecuación de observación.** Que viene a ser la ecuación de vínculo entre lo que queremos estimar (biomasa), y lo observado (captura por unidad de esfuerzo - CPUE).

$$CPUE_t = q'_t * B_t * e^\tau$$

$$q'_t = q * e^{\alpha * Niño_{(1+2)}_t}$$

Donde $CPUE_t$ es el vector de datos observados, B_t es el vector de interés (Biomasa), generalmente desconocido, q'_t vincula el vector de observaciones (CPUE) con el vector de Estado (Biomasa), y es afectado por la variación del índice Niño 1+2.



Captura por Unidad de Esfuerzo - CPUE

Para la implementación de la ecuación de observación se consideró la metodología propuesta por Gulland (1971), donde se asume que existe estacionalidad en la ejecución de las operaciones de pesca, es decir que las actividades de pesca se encuentran distribuidas inequitativamente entre los meses. Dicho método considera lo siguiente:

Sea N_t , el tamaño poblacional para el año t , donde:

$$N_t = \frac{1}{q} * \sum A_i * \frac{C_i}{f_i} \dots (1)$$

En el cual A_i es el mes "i" analizado; C_i es la captura obtenida durante el mes i , f_i es el esfuerzo de pesca y, q es el coeficiente de capturabilidad (asumido constante).

Además, la densidad media poblacional mensual (D) se expresa:

$$D = \frac{N}{A} = \frac{1}{q} * \frac{1}{A} * \sum_{i=1}^n A_i * \frac{C_i}{f_i} \dots (2)$$



$$A = \sum A_i \dots (3)$$

De la relación $\tilde{f}_t = \frac{C_t}{q * D}$ tenemos:

$$\tilde{f}_t = \frac{C_t * q * A}{q * \sum A_i * \frac{C_i}{f_i}} = \frac{A * C_t}{\sum A_i * \frac{C_i}{f_i}}$$

Donde C_t es la sumatoria de las capturas obtenidas durante el año t y \tilde{f} es el esfuerzo efectivo.

Una vez estimado el esfuerzo efectivo, el valor de la CPUE fue dado a través de:

$$CPUE_{ef_t} = \frac{\sum C_i}{\tilde{f}_t}$$

- b) **La ecuación de estado.** Esta ecuación representa cómo se comporta la biomasa, la misma que es representada por la ecuación dinámica de Schaefer (1954), que posee la siguiente estructura:

$$B_t = B_{t-1} + r * B_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_{t-1} + \sigma_t$$

Donde B_t es la biomasa en el tiempo t , r es la tasa de crecimiento poblacional, K es la capacidad de carga del ambiente, C_t es la captura en el tiempo t , σ_t representa el error de proceso.

Se asume que la estructura de error del modelo es del tipo *log-normal*. Además, se re-parametrizó el modelo a través de la expresión $P_t = B_t/K$, que permitió expresar la biomasa como una proporción de la capacidad de carga (K), según lo aplicado en Millar y Meyer (2000), con el objetivo de acelerar el re-muestreo durante las simulaciones. En este sentido, la expresión re-parametrizada sería la siguiente:

$$P_t | P_{t+1}, K, r, \sigma^2 = \left(P_{t-1} + r P_{t-1} \left(1 - P_{t-1}\right) - \frac{C_{t-1}}{K} \right) e^{u_t}$$

$$I_t | P_t, q, r, \tau^2 = q * K * P_t * e^{v_t}$$

Donde u_t y v_t representan el error de proceso y de observación, respectivamente.

El ajuste del modelo descrito anteriormente fue realizado a través del software JAGS (Just Another Gibbs Sampler), herramienta diseñada para el análisis bayesiano utilizando el método de Monte Carlo basado en cadenas de Markov (MCMC) (Plummer, 2003).

En la estimación de la distribución *posteriori* de los parámetros del modelo, se realizaron tres (03) series de 1 000 000 de simulaciones cada una. En cada serie, se eliminaron las primeras 900 000 simulaciones, por ser consideradas dentro del proceso de "burning" (calentamiento). Para probar la convergencia y la ausencia de autocorrelación, se utilizó el paquete *coda* del software R.



R. GUEVARA



C. YAMASHIRO



V. BLASKOVIĆ

Análisis de Riesgo

Debido a la presencia de fuentes de error que no son considerados por el modelo, se efectuó un análisis de riesgo, el mismo que implica proyectar a futuro las diferentes opciones de manejo (en este caso niveles de captura), considerando las medidas de dispersión estimadas para cada uno de los parámetros del modelo.

Las proyecciones fueron hechas a un año, bajo diferentes escenarios de explotación, considerando como riesgo la probabilidad de que la biomasa del año siguiente sea menor que la biomasa actual, es decir:

$$\Pr(B_{2020} < B_{2019})$$

Se realizaron 1000 simulaciones utilizando la versión dinámica del modelo de Schaefer (Ecuación 1) donde la captura fue reemplazada por los diferentes niveles de captura, entre los cuales se consideraron los puntos biológicos de referencia como el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), La mortalidad por pesca al $F_{0.1}$ y la mortalidad por pesca a los $2/3$ del Máximo Rendimiento Sostenible ($2/3F_{MRS}$).

3. RESULTADOS

3.1 ZONAS DE PESCA

La flota palangrera dedicada a la extracción del bacalao de profundidad operó a lo largo del dominio marítimo peruano desde Punta La Negra ($06^{\circ}00'S$) hasta Morro Sama ($18^{\circ}00'S$), variando la distancia a la costa entre 110 mn en la zona centro y las 10 mn en el sur (Figura 1).

Durante el periodo comprendido entre el inicio del año calendario hasta el cierre de la pesquería (noviembre 2018, mediante R. M. 487-2018-PRODUCE), la actividad extractiva se realizó a lo largo de todo el litoral, con mayor intensidad en las zonas centro y sur durante el primer semestre; y ampliando su radio de acción más hacia el norte ($06^{\circ}00'S$) durante el segundo semestre (Figura 1).

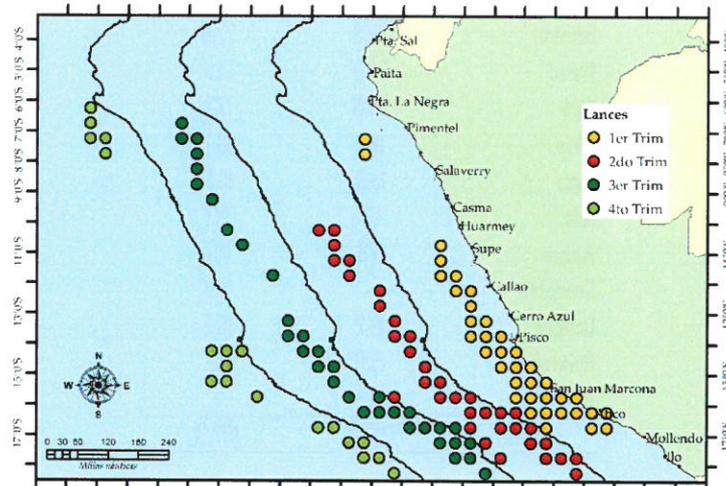


Figura 1. Zonas de pesca de la flota palangrera dirigida al bacalao de profundidad *Dissastichus eleginoides*, 2018



3.2 CAPTURA

Durante el 2018, la captura de bacalao de profundidad fue de 157,3 t (cifras no oficiales). Las mayores capturas se dieron en las zonas sur y centro del litoral con 53% (83,6 t) y 36% (56,8 t), respectivamente (Figura 2).

A escala mensual, la mayor captura fue obtenida durante el primer semestre, con un promedio de 16,9 t/mes. Sin embargo, desde inicios del año se observó una tendencia negativa de los niveles de desembarque, con un valor menor durante el mes de noviembre, asociado al cumplimiento de la cuota de pesca. Cabe mencionar que en el presente año (2018) no se llevó a cabo una Pesca Exploratoria como en los años anteriores (Tabla I).

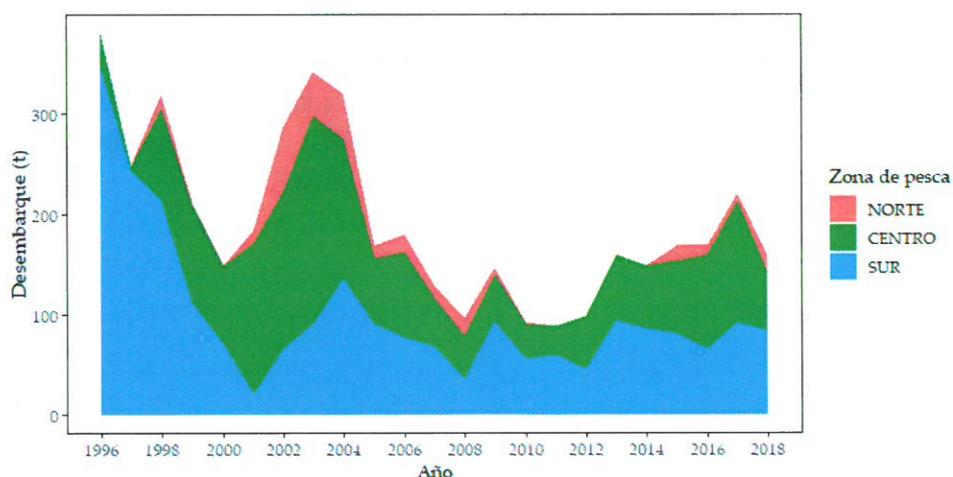


Figura 2. Desembarque (t) acumulado del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* por zonas de pesca, 1996 - 2018

Tabla I. Desembarque mensual (t) del bacalao de profundidad, 2017-2018

Mes	Captura (t)	
	2017	2018
Enero	32.9	19.0
Febrero	26.3	22.0
Marzo	24.0	18.6
Abril	24.8	17.2
Mayo	18.7	13.7
Junio	18.3	10.9
Julio	17.1	15.1
Agosto	9.3	7.9
Setiembre	--	14.3
Octubre	19.2	15.2
Noviembre	15.8	3.2
Diciembre	13.3	--
Total	219.9	157.3



3.3 ESFUERZO

El esfuerzo traducido en número de días empleados en la actividad extractiva fue menor en relación a lo registrado en el 2017, con un total de 872 días, de los cuales el 91% fue empleado en las zonas centro y sur con un promedio de 400 días en cada zona (Figura 3).

A escala mensual, los mayores esfuerzos fueron realizados durante octubre y julio. Sin embargo, de forma similar a lo observado en las capturas, el esfuerzo promedio fue mayor (86 días/mes) durante el primer semestre. Asimismo, en comparación a lo registrado durante el 2017 se observaron diferencias respecto de la magnitud de esfuerzo empleado, salvo el mes de octubre, donde fue aplicado un esfuerzo muy similar, obteniéndose niveles de captura promedio, denotando un rendimiento más bajo del esperado durante ese mes.

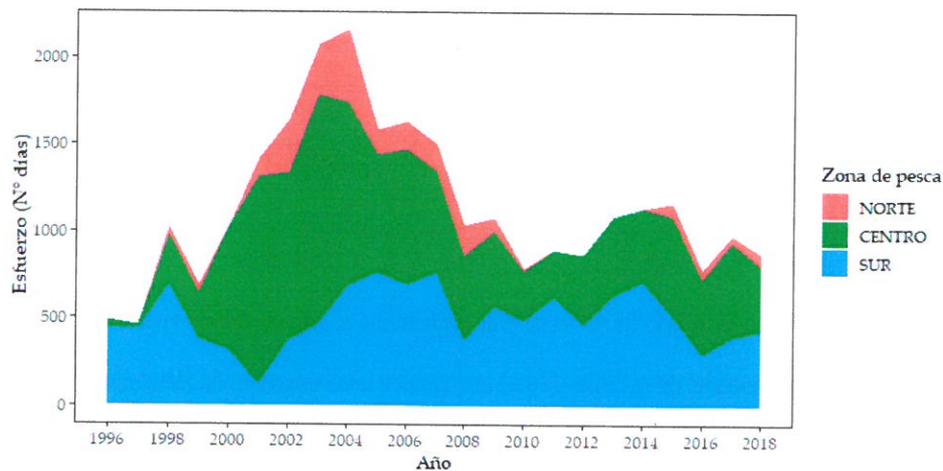


Figura 3. Esfuerzo de pesca acumulados (# días) ejercido por la flota pesquera dirigida al bacalao de profundidad *Dissastichus eleginoides*, 1996 - 2018

Tabla 2. Esfuerzo de pesca (# días) mensual de la flota palangrera del bacalao de profundidad, 2017 - 2018

Mes	N° días	
	2017	2018
Enero	106	87
Febrero	95	82
Marzo	94	96
Abril	108	86
Mayo	92	86
Junio	93	84
Julio	93	102
Agosto	68	39
Setiembre	-	88
Octubre	103	107
Noviembre	85	15
Diciembre	43	-
Total	980.0	872.0



3.4 CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO - CPUE

En el análisis de la CPUE por zonas se observaron tendencias similares desde el 2005 en las zonas centro y sur. Asimismo, durante la temporada de pesca 2018 las zonas centro y sur presentaron similar comportamiento, estimándose valores menores a los estimados durante el 2017; contrario a lo observado, en la zona norte, en que las estimaciones de CPUE mantuvieron niveles similares a los estimados para el año precedente (Figura 4). La CPUE anual por zona fue estimada en 0,23 t/día, 0,14 t/día y 0,20 t/día para las zonas norte, centro y sur, respectivamente.

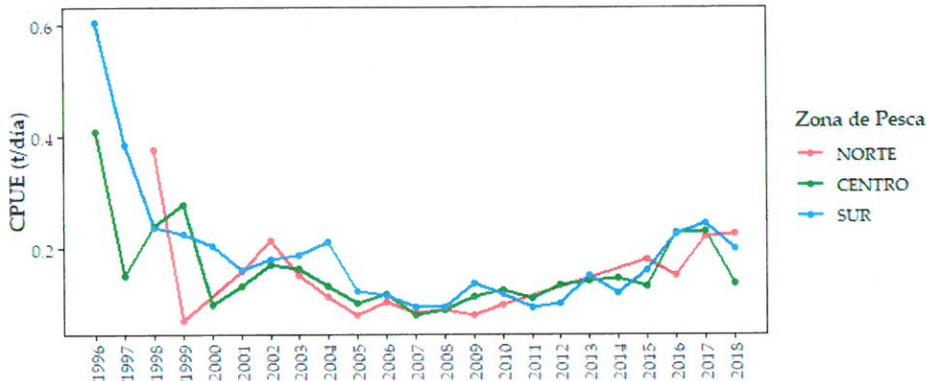


Figura 4. Variación anual de la CPUE del bacalao de profundidad *D. eleginoides*, por zonas, 1996 – 2018

Por otro lado, en el análisis general de la CPUE (t/día) se muestra una reducción de alrededor del 27% respecto al 2018 (Figura 5a). En cuanto a la CPUE (N/día), se observa una tendencia ascendente a partir del 2007, con una reducción del número de ejemplares capturados por unidad de esfuerzo durante el 2018 (Figura 5b). Este evento se encuentra asociado a procesos de migración, desfavorecidos por el bajo ingreso de ejemplares pertenecientes a los grupos de edad 8 y 9 durante del 2018 (Figura 6).

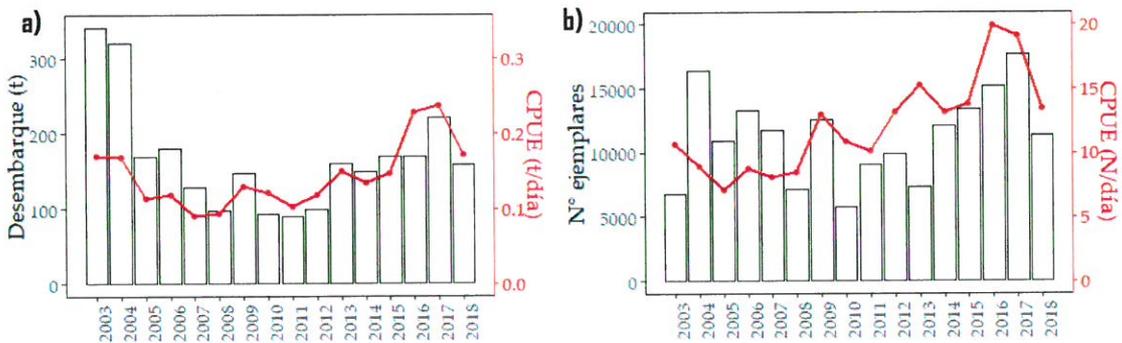


Figura 5. Variación anual del desembarque y captura por unidad de esfuerzo – CPUE del bacalao de profundidad *D. eleginoides*, a) en peso, b) en número. Periodo 2003 – 2018

3.5 ÍNDICES DE RECLUTAMIENTO Y LONGEVIDAD

La reciente actualización de los índices de reclutamiento y longevidad muestran que desde el año 2014 se ha observado una serie de pulsos que indican el incremento de ejemplares entre 8 y 9 años en las capturas de bacalao en aguas nacionales (asociado a procesos de migración), el mismo que se vio intensificado por el evento El Niño 2015 – 2016, que conllevó al incremento de la disponibilidad del recurso y a un mayor valor de la CPUE. A partir del segundo semestre del 2017 se observó la reducción de ambos índices (reclutamiento y longevidad)



alcanzando valores similares a los registrados durante el periodo 2010 - 2012 el término de la presente temporada de pesca (Figura 6).

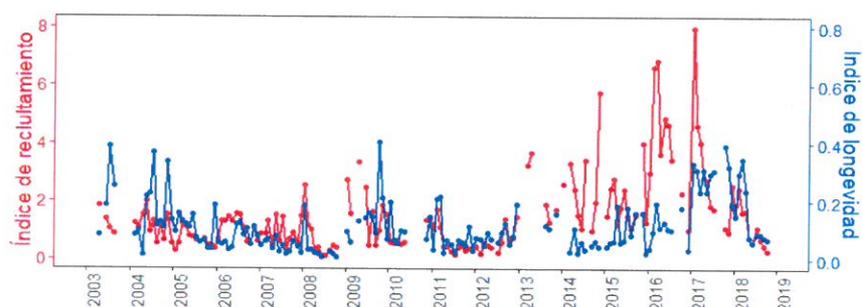


Figura 6. Índices de reclutamiento (grupos de edad 8 y 9 años) y longevidad (grupos de edad 29 y 30+) del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 2003 - 2018

3.6 ESTRUCTURA POR TALLAS

La estructura por tallas del recurso en las capturas durante el 2018 estuvo comprendida entre 61 y 172 cm de LT, con un grupo modal en 100 cm de LT.

La estructura por tallas del 2018 en comparación a la observada durante el 2017 evidenció un incremento del valor promedio, y un menor rango de tallas (Figura 7), observándose mayor proporción de ejemplares entre 115 y 130 cm de LT, el cual estaría relacionado a la reducción del ingreso de ejemplares menores (reclutas) a la zona de pesca. Asimismo, el aumento en la talla media estimada podría estar relacionada también al proceso de crecimiento individual.

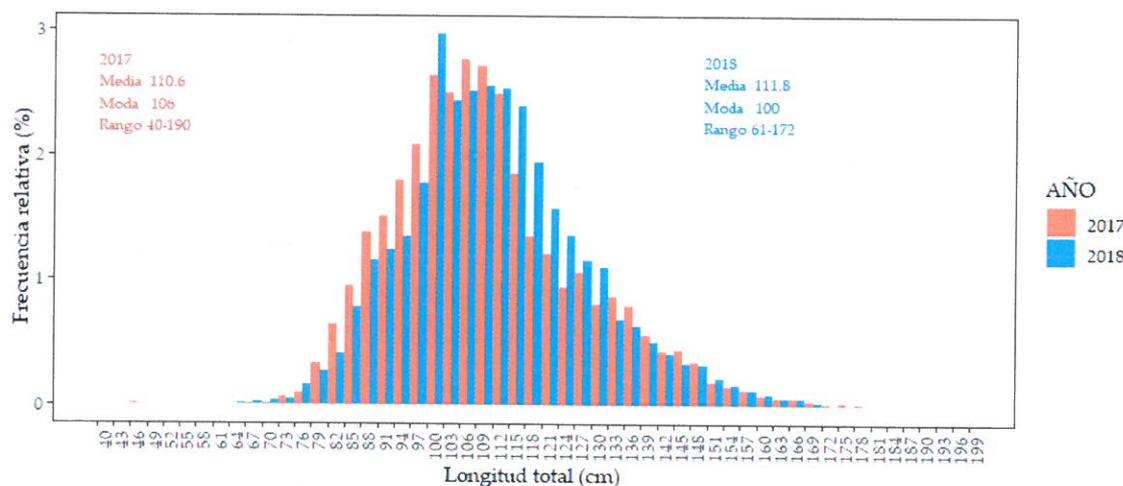


Figura 7. Estructura por tallas de la captura de bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* ponderados a la CPUE, 2017-2018

Especialmente, la estructura de tallas durante el 2018 mostró un comportamiento muy similar entre las zonas centro y sur (como ya se ha observado en evaluaciones anteriores), a diferencia de la zona norte (Figura 8). Los valores promedio variaron según latitud, estimándose el mayor valor en la zona norte (122,4 cm), seguido de la zona centro (114,6 cm), y sur (111,7 cm). Esta variación respondería a la estratificación por tallas, propia de esta

especie, lo cual ha sido observado en otras oportunidades, donde los ejemplares menores se encuentran ubicados más al sur, y a medida que van creciendo, se desplazan hacia el norte.

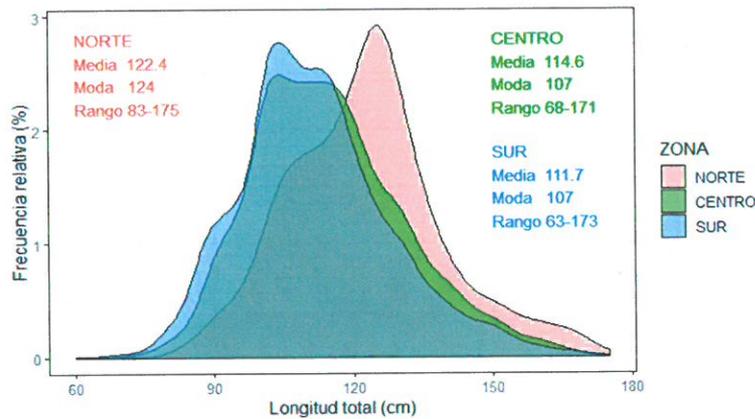


Figura 8. Estructura por tallas del bacalao de profundidad *D. eleginoides* por zonas, 2018

3.7 EVALUACIÓN POBLACIONAL

Varios estudios han utilizado las anomalías de la región Niño 1+2 (0-10°S, 90-80°W), como referencia para monitorear la ocurrencia de eventos cálidos y fríos frente a la costa del Perú (ENFEN, 2012). Si bien estos índices son calculados en base a la temperatura superficial del mar (TSM), los cambios de este parámetro a nivel multidecadal reflejan fluctuaciones que han sido relacionadas a cambios de la circulación en el Océano Pacífico, a nivel subsuperficial (≤ 1800 m de profundidad) (Chávez *et al.*, 2003; Roemmich *et al.*, 2005).

En este sentido, al analizar la relación entre el índice 1+2 y la CPUE del bacalao (con un periodo de desfase de 1 año, es decir, Niño 1+2 de 1997 \leftrightarrow CPUE de 1998), se encontró una correlación lineal entre ambas variables (R^2 : 0,88), para su inclusión en el modelo de evaluación (Figura 9a). Además, los resultados del método de remuestreo Jackknife (Figura 9b) indicaron que el valor de R^2 se encontró en el rango de 0,45 a 0,65, con una mayor incidencia en 0,55, por lo que se refuerza la relación lineal entre la temperatura ambiental y la CPUE.

Esta relación estaría indicando que las condiciones ambientales más frías el año previo tendrían un efecto negativo en la disponibilidad del recurso a la flota palangrera en el año siguiente, como se observó en el presente año.

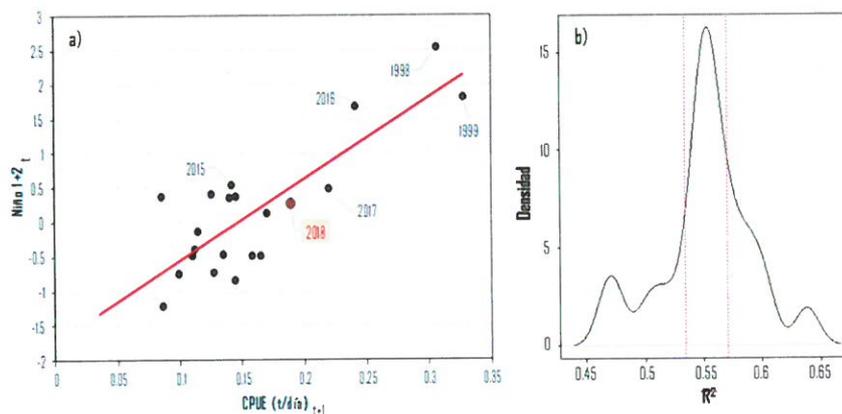


Figura 9. Relación entre la captura por unidad de esfuerzo del bacalao de profundidad y el índice Niño 1+2. a) 1998-2018 y, b) los resultados del jackknife para el periodo indicado



En relación a la hipótesis de la influencia de un factor ambiental (El Niño 1+2) sobre la disponibilidad del bacalao de profundidad en aguas peruanas, se realizó el ajuste de la serie de CPUE observada considerando dicho factor ambiental. El ajuste puede ser observado en la figura 10, donde se muestra que el modelo representa la variabilidad de CPUE observada. Asimismo, se muestra que la CPUE estimada presenta tendencia positiva desde los años 2011 - 2012, hasta los años 2017 - 2018 observándose, en este último, cierta estabilización. Por otro lado, los valores de CPUE fueron altos durante el año 2016 como ya se explicó anteriormente, fue debido al efecto de El Niño 2015 - 2016 que generó un incremento en la disponibilidad del recurso, asociado al proceso migratorio, principalmente de ejemplares entre 80 y 100 cm de LT (entre 8 y 10 años).

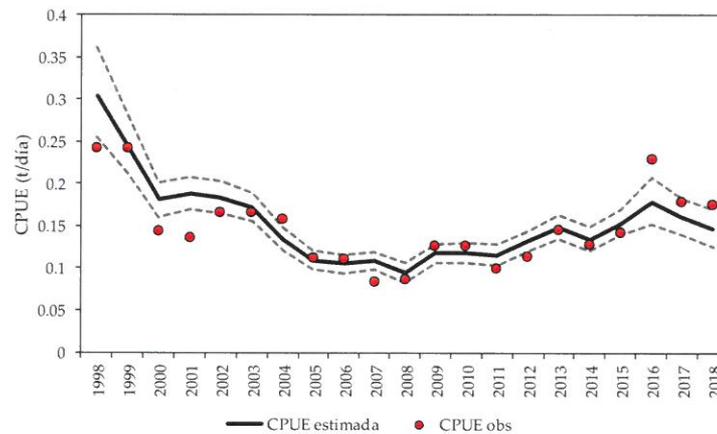


Figura 10. Ajuste del modelo de evaluación con variable ambiental a la serie de CPUE (t/día) del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 1998 - 2018



El proceso de ajuste del modelo con variable ambiental no presentó diferencias significativas en los parámetros estimados (Tabla 3), observándose un leve incremento en los valores promedio, pero manteniéndose dentro de los límites de credibilidad estimados en anteriores evaluaciones (IMARPE, 2018). En este sentido, la capacidad de carga (K) fue estimada en 2156.2 t, la tasa de crecimiento poblacional (r) en 0.34 año^{-1} y el coeficiente de capturabilidad en 1.52×10^{-4} .

Tabla 3. Valores medios, desviación estándar e intervalos de credibilidad de los parámetros del modelo de evaluación para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*

Parámetros	Media	S.D	Intervalo de credibilidad	
			0.025	0.975
K	2156.2	138.7	1900.4	2435.1
r	0.34	0.03	0.28	0.40
q	1.52E-04	1.22E-05	1.29E-04	1.77E-04
Deviance	-210.3	4.5	-216.9	-199.7



Los niveles de biomasa media correspondiente a la presente evaluación muestran la misma tendencia a la obtenida en evaluaciones anteriores, con un leve incremento de la biomasa media durante el periodo 2016 - 2017, debido al efecto generado por El Niño 2015-2016. Asimismo, se observa que para inicios del 2018 el nivel de biomasa se redujo, debido al nivel de captura registrado en el 2017 que bordeó las 220 t (cuota establecida para el 2017: 160 t); mientras que durante el 2018 se desembarcó un total de 157 t (cuota establecida para el 2018: 155

t), situación que se ve reflejada en los resultados de la modelación de la biomasa, donde se observa la estabilización de la biomasa media a finales del 2018 (o inicio del 2019) (Figura II). Esto indica que la cuota establecida para el 2018 fue muy prudente y ha contribuido a la sostenibilidad de esta pesquería.

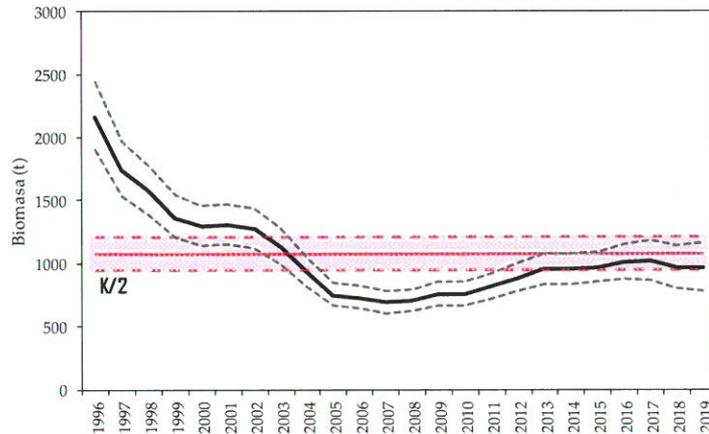


Figura II. Variación de la biomasa estimada para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* [Líneas punteadas de color negro representan los límites de credibilidad de las estimaciones de biomasa; $K/2$ (Biomasa al Máximo Rendimiento Sostenible y la incertidumbre asociada están representadas por el área en color rosado)]

Los puntos biológicos de referencia estimados como el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), el esfuerzo de pesca al nivel del MRS y el nivel de biomasa para el MRS que se muestran en la Tabla 4, deben ser consideradas como puntos de referencia límite (Mace, 2001). Bajo esta situación, adicionalmente se estimaron puntos de referencia alternativos y de menor riesgo como el $F_{0.1}$ y el rendimiento a este nivel de pesca $Y_{0.1}$ que se encuentran plasmados en la Tabla 4.

Tabla 4. Media, desviación estándar y límites de credibilidad de los puntos de referencia derivados del modelo de evaluación poblacional para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*

Parámetros	Media	S.D	Intervalo de credibilidad	
			0.025	0.975
MRS	181.6	8.1	165.5	197.2
E_{MRS}	1117.84	75.00	975.46	1269.70
F_{MRS}	0.17	0.02	0.14	0.20
$F_{0.1}$	0.15	0.01	0.13	0.18
$Y_{0.1}$	179.8	8.0	163.9	195.3
$2/3F_{MRS}$	0.11	0.01	0.10	0.13
$Y_{2/3F_{MRS}}$	161.4	7.2	147.1	175.3

Asimismo, se ha considerado el nivel de captura de $2/3 F_{MRS}$ (dos tercios de la mortalidad por pesca a nivel de MRS) (Caddy y Mahon, 1995), que se basa en el criterio de reducir significativamente el esfuerzo de pesca sin afectar significativamente el MRS.



3.8 CRITERIOS PARA LA ORDENACIÓN

3.8.1 CONTROL DE CAPTURAS

En la Figura 12 se muestran las proyecciones de biomasa a 10 años bajo diferentes niveles de explotación con niveles de captura que permitirían una explotación sostenible del recurso, que se encuentren por debajo del nivel del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS). Además, se presentan los puntos biológicos de referencia alternativos más conservadores que el MRS, como el rendimiento al $F_{0.1}$, y el rendimiento al $2/3$ del F_{MRS} .

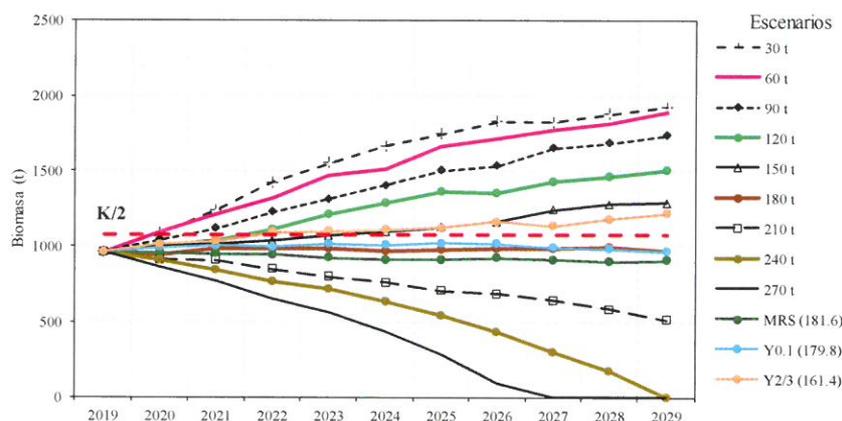


Figura 12. Variación de la biomasa media del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* bajo diferentes escenarios de explotación



Se presenta la curva de rendimiento por esfuerzo de pesca del bacalao de profundidad en el mar peruano asumiendo las condiciones de equilibrio (modelo tipo Schaefer) en base a los parámetros estimados a través del modelo de evaluación (Figura 13). En ella, la mejor estrategia de manejo se ubica al lado izquierdo de la parábola, sin embargo, llama la atención que los puntos del esfuerzo-rendimiento de los años 2016, 2017 y 2018 se encuentran al lado izquierdo, cuando se observa que a nivel de biomasa media el escenario observado durante el 2017 fue negativo, denotando que en esta situación dichos puntos se deberían de encontrar al lado derecho de la parábola.

Considerando que este modelo ajusta razonablemente bien los puntos observados hasta el 2015 y que la CPUE varía en torno a 0.14 t/día (valor promedio estimado para el periodo 2012 – 2015), el esfuerzo teórico realizado durante los últimos tres años (2016-2018) supera en promedio los 1200 días de pesca por año, representando aproximadamente 40% más al registrado. Esta diferencia, aunado a factores ambientales, estaría asociada tanto a procesos migratorios, como a cambios relacionados al esfuerzo de pesca tales como el número de anzuelos, número de lances por viaje, duración del lance, entre otras. Por ello, deberán tomarse medidas que permitan un adecuado control del esfuerzo efectivo desplegado.

En este escenario, los puntos asociados a los años en discusión se encontrarían al lado derecho de la parábola, salvo el 2018 donde el nivel de esfuerzo asociado al nivel de captura registrado bordearía el nivel del Esfuerzo del MRS.



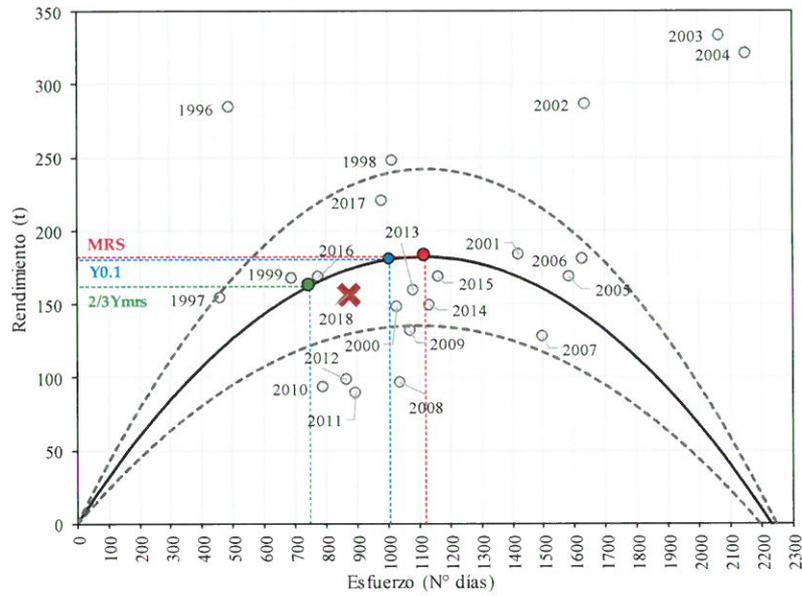


Figura 13. Curva de rendimiento (t) para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* estimados a partir de los parámetros del modelo de evaluación utilizado. Los niveles seguros de rendimiento se ubican al lado izquierdo de la curva

3.8.1.1 Análisis de riesgo

Considerando el escenario actual, donde la biomasa inicial promedio estimada para el 2018 se encuentra ligeramente por debajo del $K/2$ (B_{MRS}), se realizó un análisis de riesgo a corto plazo (Tabla 5, Figura 14) donde se expresa la probabilidad promedio de que la biomasa se encuentre por debajo del nivel de biomasa predecesora, considerándose en general que el asumir un riesgo por debajo del 50% es lo más recomendado (Haddon, 2011).

Tabla 5. Análisis de riesgo a diferentes niveles de captura y la probabilidad de que la biomasa se encuentre por debajo de la biomasa inicial estimada para el 2019 (B_{2019})

Nivel de Captura (t)	1 año	
	$Pr(B_{2020} < B_{2019})$	
0.0	0%	Rango de sostenibilidad
120.0	0%	
140.0	2%	
150.0	6%	
160.0	14%	
2/3 F_{MRS} (161.4)	18%	
170.0	29%	
172.0	34%	
174.0	38%	
176.0	42%	
178.0	47%	
179.2	50%	
F_{M1} (179.8)	51%	
MRS (181.6)	56%	
185.0	63%	
190.0	73%	
195.0	82%	
200.0	88%	
210.0	95%	
220.0	98%	



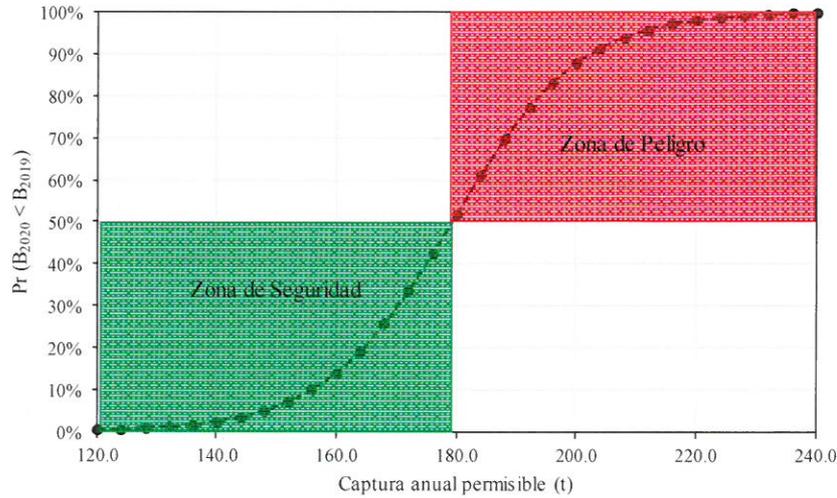


Figura 14. Análisis de riesgo para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*. El riesgo es definido como la probabilidad de reducir la biomasa por debajo de la biomasa predecesora

4. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente evaluación muestran que la CPUE mantiene en promedio, la tendencia positiva observada desde el año 2011, asimismo, la inclusión del supuesto de la relación entre el factor ambiental (índice Niño 1+2) y la variación de la CPUE en el modelo de evaluación permitió representar adecuadamente la variabilidad de esta última, que aunado al cumplimiento de la cuota prudente establecida durante el régimen de pesca 2018, conllevaron a la estabilización de los niveles de biomasa.

Cabe resaltar que se espera la ocurrencia de El Niño, de ser el caso, se podría observar un incremento en los rendimientos, similares a los observados durante el año 2016 y primer trimestre del 2017, el cual estaría relacionado con el ingreso de juveniles, traduciéndose en un incremento de CPUE. Sin embargo, los resultados del modelo indican que estas variaciones no estarían asociadas solamente a cambios ambientales, sino a cambios relacionados al esfuerzo de pesca (número de anzuelos, número de lances por viaje, duración del lance, entre otras).

Aunque la biomasa promedio estimada se encuentra aún por debajo del valor promedio de $K/2$ (biomasa necesaria para alcanzar el máximo rendimiento sostenible - B_{MRS}), la incertidumbre de las estimaciones indica que esta se encuentra dentro del rango de variabilidad del nivel de referencia ($K/2$). Sin embargo, al observarse que la disponibilidad del recurso es susceptible a cambios ambientales, es necesario continuar con estrategias que permitan y garanticen el incremento de la biomasa por encima del nivel de referencia, con miras a una explotación sostenible.

Debido al bajo conocimiento de la dinámica espacial de este recurso, se hace necesario reforzar la toma de información sobre los aspectos biológicos y ecológicos del mismo, a fin de disponer de información veraz y oportuna que permita reducir las incertidumbres asociadas al proceso de evaluación, para lo cual se requiere una activa participación y colaboración de los usuarios directos de este recurso pesquero.



R. GUEVARA



C. YAMASHIRO



V. BLASKOVIĆ

5. RECOMENDACIONES

- Considerar un nivel de riesgo menor al 50% en la implementación y aplicación de medidas de manejo
- Establecer los mecanismos necesarios para que cuando el IMARPE lo requiera, se permita el embarque de un observador a bordo de la flota palangrera dedicada a la actividad extractiva de este recurso.
- Continuar con el uso de las bitácoras de pesca por parte de los armadores.
- Que las embarcaciones que cuenten con algún sistema de seguimiento satelital faciliten dicha información, al IMARPE.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arana, P. 2008. Pesquería del bacalao de profundidad: un caso especial entre las especies de aguas profundas. In: Curso sobre pesca en aguas profundas, Lambayeque, Perú. http://www.imarpe.gob.pe/paita/curso/Pesqueria_del_bacalao_de_profundidad.pdf
- Caddy, J. F; Mahon, R. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish Tech Pap. Roma: FAO. 83pp.
- Chavez, F; Ryan, J; Lluch-Cota, S; Niquen, M. 2003. From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. Science Vol 299: 217-221.
- ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica. Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño. Abril, 2012. 3 p.
- Gulland, J. A. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces, FAO Man. Fish. Sci. FAO. 164 p.
- Haddon, M. 2011. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries, Second Edition. USA: Chapman & Hall/CRC.
- Hilborn, R.; Walters, C. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics, and uncertainty. Chapman and Hall, 570 pp.
- IMARPE, 2018. Estado de la pesquería del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* con proyección de captura al 2017. Informe interno. Inst. Mar Perú. 13pp.
- Mace, P. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. Fish Fish. 2: 2-32.
- Meyer, R.; Millar, R.B. 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. Can J Fish Aquat Sci. 56: 1078-1087.
- Millar, R.B.; Meyer, R. 2000. Non-linear state space modelling of fisheries biomass dynamics by using Metropolis-Hastings within-Gibbs sampling. J Roy Stat Soc Ser C (Appl Stat). 49: 327-342.
- Plummer, M. 2003. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Roemmich, D; Gilson, J; Davis, R; Sutton, P; Wijffels, S.; Riser, S. 2005. Decadal spinup of the South Pacific Subtropical Gyre. Journal of Physical Oceanography 37: 162-173.
- Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bull Math Biol. 53: 253-279.
- Takahashi, K.; Mosquera, K.; Reupo, J. 2014. El índice costero El Niño (ICEN): historia y actualización. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño". IGP. Febrero del 2014. Vol 1: 8-9.

Callao, diciembre de 2018