

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

ESTADO DE LA PESQUERÍA DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD (*Dissostichus eleginoides* SMITT 1898), CON PROYECCIÓN DE CAPTURA AL 2021



Diciembre, 2020



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

ESTADO DE LA PESQUERIA DEL BACALAO DE PROFUNDIDAD (*Dissostichus eleginoides* Smitt 1898), CON PROYECCIÓN DE CAPTURA AL 2021

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 (Cheng *et al.*, 2003; Cheng, 1998). Estas características le proporcionan flotabilidad neutra (lo que implica ahorro energético en el desplazamiento) y, la adaptación para soportar amplios rangos de profundidad (habita entre los 80 y 2500 m de profundidad) (Aramayo, 2016; Collins *et al.*, 2010).

En el Perú, la actividad extractiva del bacalao de profundidad se desarrolla actualmente a través de una flota palangrera de menor escala, conformada por seis (06) embarcaciones con capacidades de bodega que no superan los 32,56 m³. Aproximadamente, el 99,4% del producto de esta pesquería es exportado a Estados Unidos en forma de bacalao fresco-refrigerado (HG y OTH), y el 0,6% restante es destinado al mercado nacional, según estimaciones del periodo 2018-2020.

Esta pesquería es regulada anualmente a través de cuotas máximas de captura permisible. Para el año 2020 se estableció una cuota de captura de 162 t (R.M. N° 001-2020-PRODUCE), para ser extraída a lo largo del litoral peruano. La actividad pesquera se desarrolló con normalidad hasta el inicio del Estado de Emergencia en marzo del 2020 por el brote del Covid-19. Posterior a esa fecha, la actividad pesquera de esta flota se paralizó hasta el mes de junio, para luego reactivarse parcialmente.

En el presente informe se dan a conocer los resultados de los aspectos biológicos y pesqueros más resaltantes de *D. eleginoides* obtenidos durante el 2020, además del cuadro de decisión para la determinación de la cuota de captura del recurso para el año 2021.

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



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

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 Convención para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCAMLR), donde se detalla la información concerniente al desembarque total en peso y las fechas de zarpe y arribo. La segunda fuente de información fueron los muestreos realizados en las plantas pesqueras, efectuados por los observadores del seguimiento de la pesquería de IMARPE, obteniéndose la estructura por tallas de las capturas así como información complementaria sobre las faenas de pesca.

Para facilitar el análisis espacial de esta pesquería, el área de pesca de la flota palangrera fue estratificada en tres zonas. La zona norte, que abarca desde Puerto Pizarro (03°24'S) hasta Chimbote (09°00'S), la zona centro desde Salaverry hasta Marcona (15°00'S) y, la zona sur de Marcona hasta Ilo (18°20'S).

Por otro lado, para la estimación del índice de reclutamiento, el cual es definido como el número de ejemplares entre 8 y 9 años (aproximadamente entre los 80 y 100 cm de longitud total – LT) se consideraron los parámetros de crecimiento de la función de von Bertalanffy propuesto por Arana (2008) ($L_{inf}=200$ cm, $K=0,07$, $t_0= 0,3$ años). Este índice es utilizado como una medida de intensidad del ingreso de ejemplares de bacalao a las zonas de pesca frente a nuestro litoral, debido al proceso de migración. Este índice se desarrolló bajo el supuesto que el bacalao de profundidad no desova a estas latitudes. Adicionalmente se estimó el índice de longevidad, que de forma similar al de reclutamiento, define el número de ejemplares de mayor edad (entre 29 y 39 años) que ingresan a aguas nacionales.

La consideración de factores ambientales que configuran el comportamiento o la variación de los indicadores biológicos – pesqueros, se trabajó con indicadores ambientales obtenidos de la base de datos de la NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>).

Captura por Unidad de Esfuerzo – CPUE

La estimación de este indicador poblacional fue realizada mediante la metodología propuesta por Gulland (1971), donde se asume que existen diferencias en la ejecución de las operaciones de pesca por zonas, es decir que las actividades de pesca se encuentran distribuidas inequitativamente a lo largo del área de distribución del recurso frente al litoral peruano.

Dicho método considera lo siguiente:



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

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 la zona de pesca "i" analizado; C_i es la captura obtenida durante la zona de pesca 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:

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

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



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

de la captura y el esfuerzo de pesca, el 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 constituye 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.

- b) **La ecuación de estado.** Esta ecuación caracteriza el comportamiento de 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 reparametrizó 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



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

Meyer (2000), con el objetivo de acelerar el re-muestreo durante las simulaciones. En este sentido, la expresión re-parametrizada es la siguiente:

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

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

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.

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 de biomasa fueron elaboradas al corto plazo (de 01 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:

$$\Pr(B_{2022} < B_{2021})$$

En base al vector de biomasa para el último año y los vectores de los parámetros r y K , estimados por el modelo, se realizaron simulaciones utilizando 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 ($2/3F_{MRS}$).



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

3. RESULTADOS

3.1 ZONAS DE PESCA

Durante el año 2020, la flota palangrera dedicada a la extracción del bacalao de profundidad operó a lo largo del dominio marítimo peruano desde Paita (05°00'S) hasta Mollendo (17°30'S), variando la distancia a la costa entre 110 mn en la zona centro y 10 mn en el sur.

Además, una mayor intensidad de pesca se presentó en las zonas centro y sur, aunque mantuvo su radio de acción más hacia el norte hasta el grado 05°00'S, durante el primer, tercero y cuarto trimestre (Figura 1).

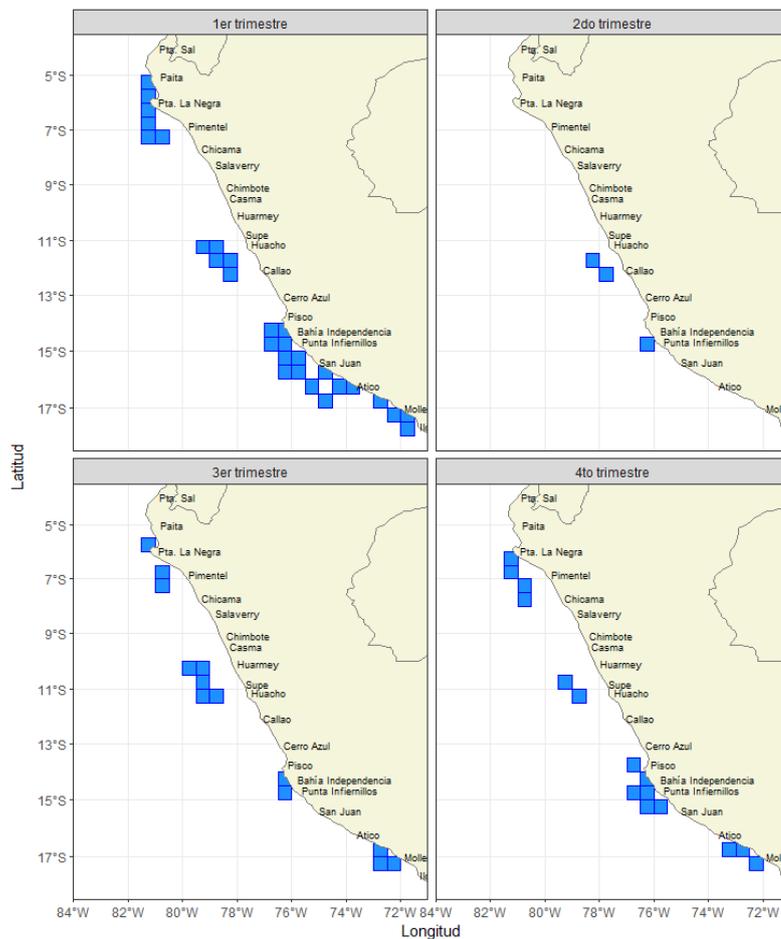


Figura 1. Zonas de pesca de la flota palangrera dirigida al bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 2020



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

3.2 DESEMBARQUE

En el transcurso del año 2020 (información preliminar al 20 de diciembre), el desembarque de bacalao de profundidad fue de 87,04 t (cifras no oficiales), y los mayores valores provinieron de las zonas centro y sur del litoral con ~ 45,9% (39,9 t) y 32,9% (28,7 t), respectivamente (Figura 2).

A escala mensual, los niveles de desembarque durante el primer trimestre fueron mayores (44,6 t) en comparación a los registros efectuados para el 2019 (38,6 t), situación que cambió desde el inicio de la pandemia (marzo 2020) (Tabla 1).

Cabe resaltar que partir de la mencionada fecha, la actividad pesquera estuvo modulada directamente por la demanda en el mercado extranjero, según indicaron los armadores de la flota palangrera dedicada a la extracción del recurso bacalao. Esto se debió a que Estados Unidos dejó de recibir el producto en reiteradas ocasiones debido a la pandemia, lo que haría que, a partir del mes de marzo, los desembarques del presente año no sean comparables con años anteriores (Figura 2).

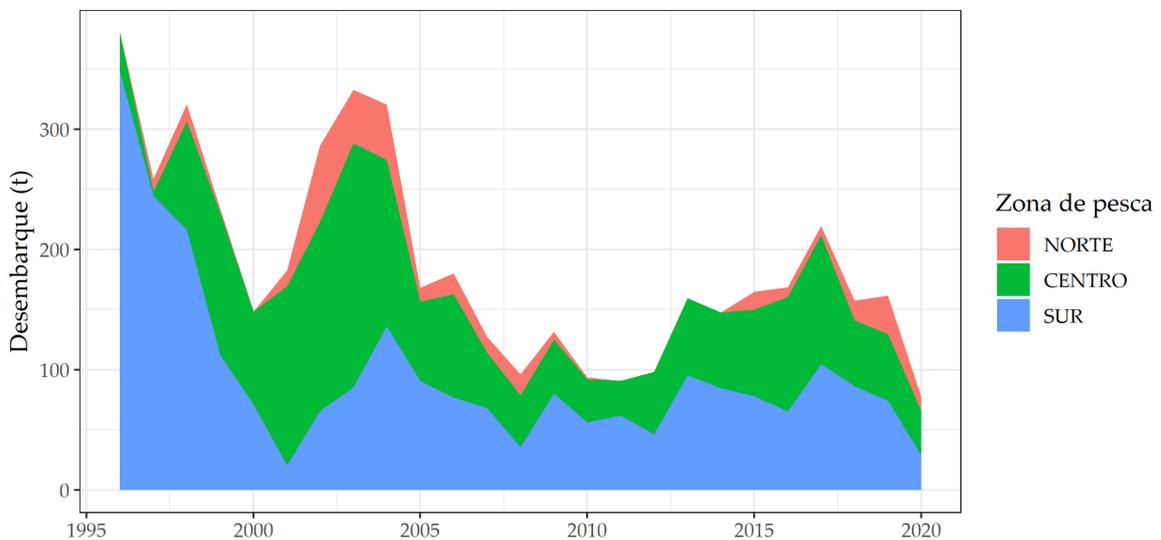


Figura 2. Desembarque (t) acumulado del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* por zonas de pesca, 1996 – 2020 (incluye información de la pesca comercial y Pescas Exploratorias)



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

Tabla 1. Desembarque mensual (t) del bacalao de profundidad, 2019-2020

Mes	Desembarque (t)	
	2019	2020*
Enero	15.3	12.3
Febrero	14.0	16.6
Marzo	9.3	15.7
Abril	10.6	--
Mayo	13.4	--
Junio	11.5	3.2
Julio	5.8	6.1
Agosto	5.9	3.6
Setiembre	18.5	7.1
Octubre	19.2	13.7
Noviembre	18.3	6.3
Diciembre	20.1	2.4
TOTAL	161.8	87.0

*Información preliminar al 20 de diciembre de 2020

3.3 ESFUERZO

El esfuerzo traducido en número de días empleados en la actividad extractiva en el 2020 fue menor con relación al periodo 2019, con un total de 519 días (información preliminar al 20 de diciembre), de los cuales el 56% correspondieron a la zona centro, mientras que en las zonas norte y sur fue de 22% en cada zona (Figura 3).

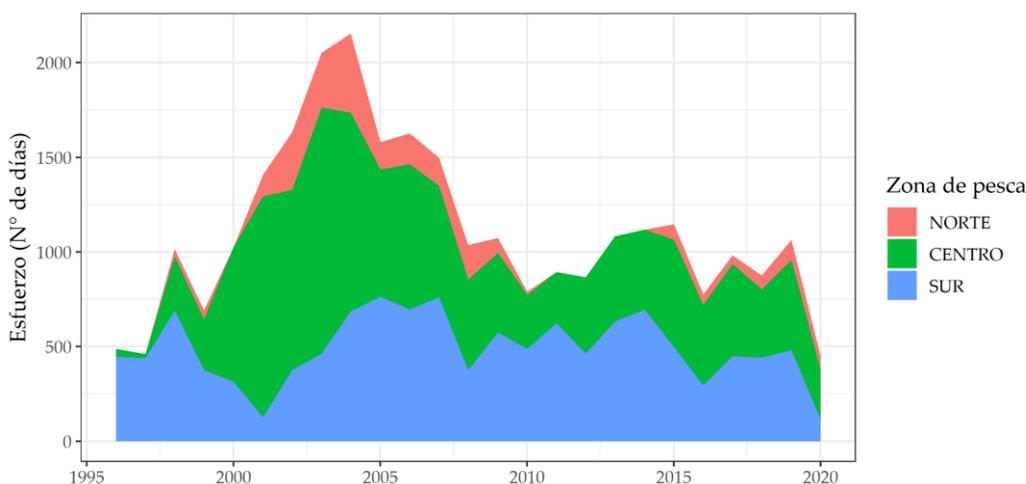


Figura 3. Esfuerzo de pesca acumulados (# días) ejercido por la flota pesquera dirigida al bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 1996 – 2020



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

A escala mensual, la tendencia fue similar a lo observado en el desembarque. A mediados de marzo, por la presencia del Covid-19 se suspendieron los viajes de pesca, para luego reactivarse parcialmente. Esto estaría reflejando también el efecto de los cambios en la demanda del producto en el mercado extranjero (Tabla 2).

Tabla 2. Esfuerzo de pesca (# días) mensual de la flota palangrera del bacalao de profundidad, 2019 - 2020

Mes	Esfuerzo de pesca (N° días)	
	2019	2020*
Enero	82	45
Febrero	97	91
Marzo	106	95
Abril	83	--
Mayo	104	--
Junio	68	20
Julio	42	35
Agosto	55	35
Setiembre	129	43
Octubre	94	94
Noviembre	84	51
Diciembre	122	10
TOTAL	1066	519

*Información preliminar al 20 de diciembre de 2020



C. YAMASHIRO

3.4 CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO – CPUE

La CPUE nominal por zonas de pesca estimadas para el 2020 muestra una importante reducción en el valor de este indicador respecto del 2019 en la zona norte, alcanzando valores equivalentes a los estimados para el 2015 y 2016. Respecto de las zonas centro y sur, evidenciaron un incremento en el valor de este indicador, con mayor intensidad en la zona sur, donde se alcanzó valores similares a los estimados durante los años 2016 y 2017. Este incremento viene después de una importante reducción de la CPUE durante 2018 y 2019 (Figura 4).



A. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

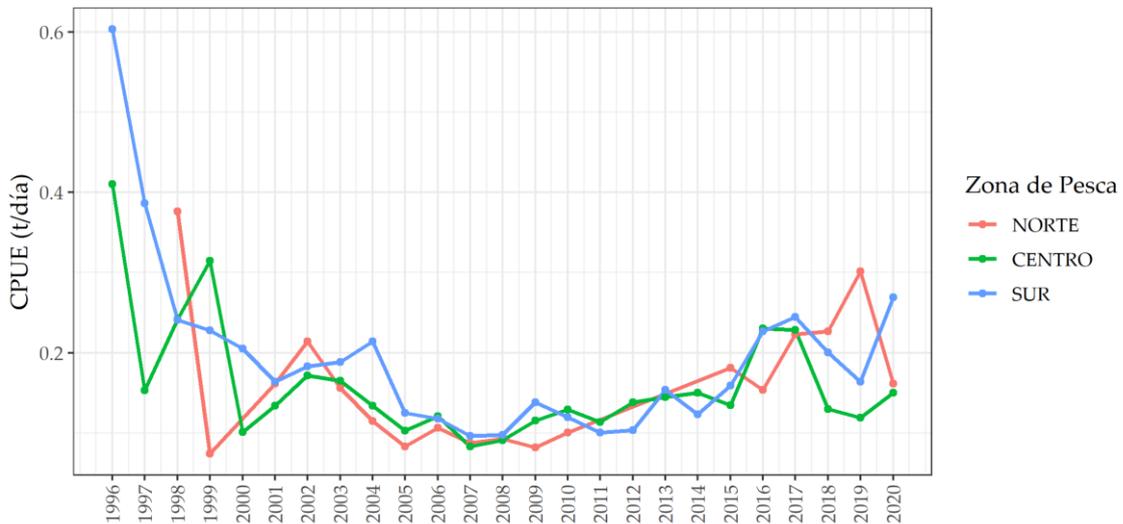


Figura 4. Variación anual de la CPUE del bacalao de profundidad *D. eleginoides* por zonas, 1996 - 2020

A escala anual, la CPUE expresada en unidades de peso por día (t/día) muestra un incremento importante durante el 2020 (Figura 5a), guardando relación con lo observado en las zonas centro y sur, evidenciando un incremento en la disponibilidad del recurso.

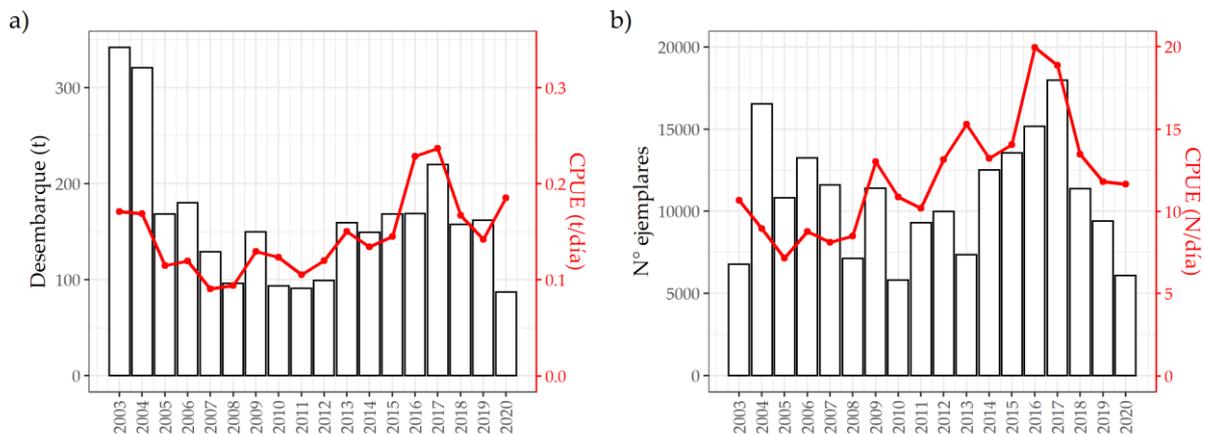


Figura 5. Variación anual del desembarque y captura por unidad de esfuerzo – CPUE del bacalao de profundidad *D. eleginoides*, a) en peso, b) en número. Periodo 2003 – 2020



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

En cuanto a la CPUE, expresada en número de ejemplares por día (N/día), se observa valores equivalentes a los estimados durante el 2019 (Figura 5b). Esta estabilización se encuentra relacionada en parte a la poca información sobre el número de ejemplares presentes en los desembarques de este recurso, debido a la reducción de la toma de información en planta por causa de la pandemia generada por el Covid-19.

3.5 ESTRUCTURA POR TALLAS

La estructura por tallas de las capturas de bacalao de profundidad durante el 2020 estuvo comprendida por ejemplares entre 61 y 196 cm de longitud total (LT), con un grupo modal en 121 cm de LT. Con relación a lo observado durante el 2019, se evidencia diferencias relacionadas a la presencia de un grupo de ejemplares de tallas comprendidas entre 61 y 100 cm de LT (Figura 6), asimismo, se observa un desplazamiento del grupo modal, cerca de 10 cm, hacia la derecha.

Es importante mencionar que la estructura por tallas del año 2020 sólo fue elaborada en base a muestreos realizados durante el primer y cuarto trimestre del 2020, debido a que la coyuntura sanitaria por efecto del Covid-19 no permitió la colecta de esta información durante el segundo y tercer trimestre.

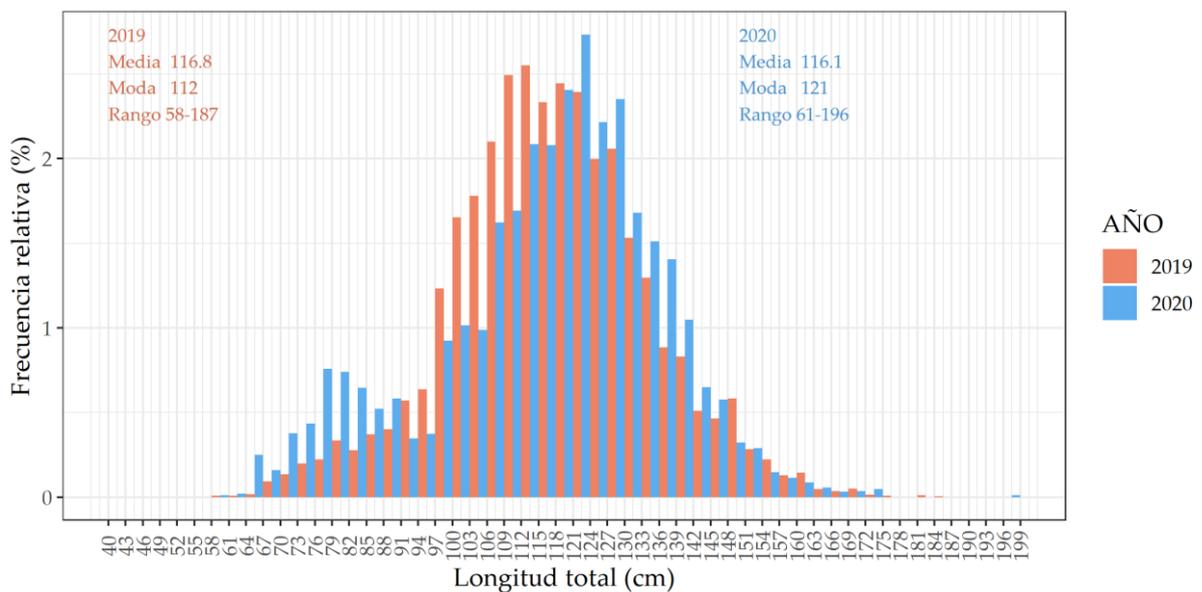


Figura 6. Estructura por tallas de la captura de bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* ponderados a la CPUE, 2019-2020



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

Especialmente, la estructura de tallas del bacalao de profundidad durante el 2020 mostró una distribución similar entre las zonas centro y sur (como ha sido observado en evaluaciones anteriores), en comparación a la zona norte (Figura 7). Los valores promedio variaron latitudinalmente, estimándose el mayor valor en la zona norte (130,8 cm), seguido de las zonas centro y sur, cuyo valor promedio estimado fue de 117,3 y 111,2 cm LT, respectivamente. Esta variación respondería a la estratificación por tallas propia de esta especie, donde los ejemplares menores se encuentran ubicados más al sur, y a medida que van creciendo, se desplazan hacia el norte.

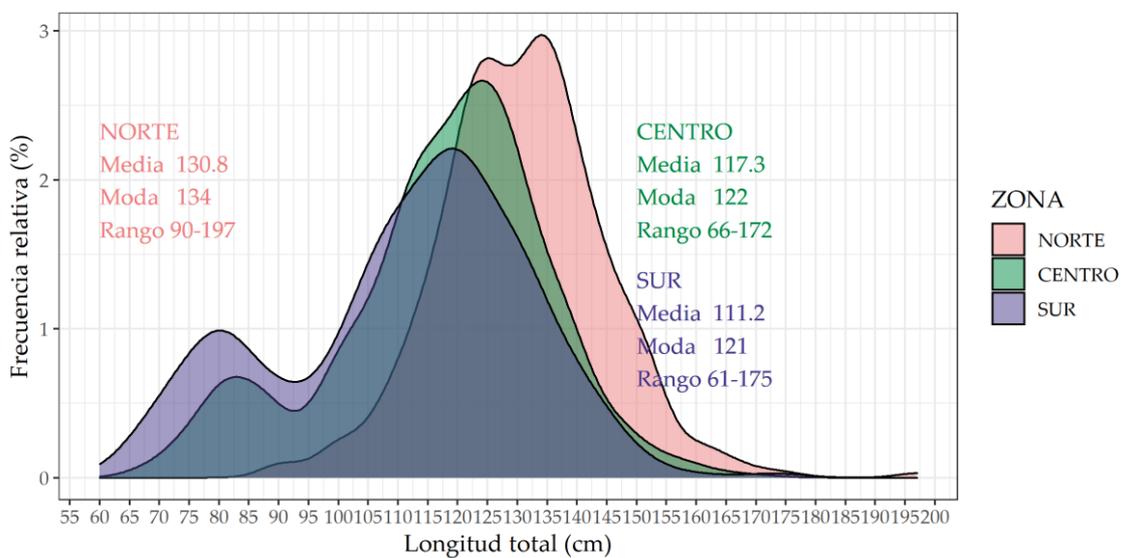


Figura 7. Estructura por tallas del bacalao de profundidad *D. eleginoides* por zonas de pesca, 2020

3.6 ÍNDICES DE RECLUTAMIENTO Y LONGEVIDAD

Durante el periodo 2014 – 2018 se evidenciaron una serie de pulsos en los índices de reclutamiento y de longevidad, los mismos que significaron un incremento en el número de ejemplares entre 8 y 9 años (reclutamiento) y de ejemplares con edades mayores a 30 años (longevidad) en las capturas del bacalao de profundidad.

Este tipo de eventos presumiblemente se vieron intensificados por El Niño 2015 – 2016, lo que conllevó al incremento de la disponibilidad del recurso y, por ende un mayor valor de la CPUE durante esos años. Sin embargo, 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 PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

Cabe mencionar que la estimación de estos índices para el año 2020 estaría sesgada, debido a la poca información recabada dada la situación de pandemia generada por el Covid-19.

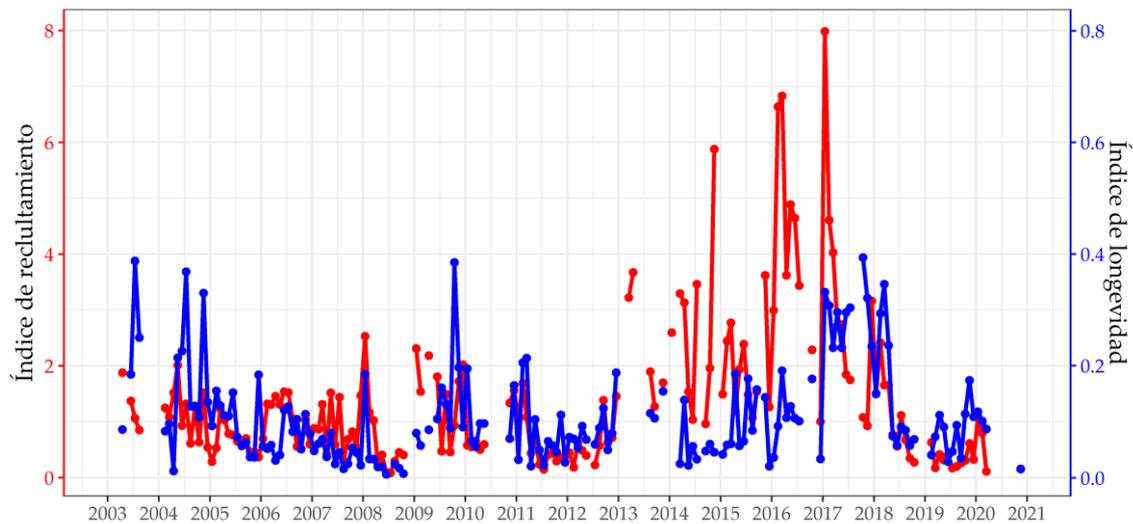


Figura 8. Índices de reclutamiento (grupos de edad 8 y 9 años) y longevidad (grupos de edad 29 y 30+) del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 2003 – 2020 (línea roja: índice de reclutamiento, línea azul: índice de longevidad)

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) (Chavez 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 ↔ CPUE de 1998), se encontró una correlación lineal entre ambas variables (R^2 ajustado: 0,56), 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 ajustado se encontró en el rango de 0,55 a



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

0,59, con una mayor incidencia en 0,57 por lo que se refuerza la relación lineal entre la temperatura ambiental y la CPUE.

Esta relación estaría indicando que las condiciones ambientales del año previo tendrían un efecto en la disponibilidad del recurso a la flota palangrera en el año siguiente. En el presente año, las condiciones habrían sido menos favorables que en el periodo 2016 - 2018, y similares a las del año 2019.

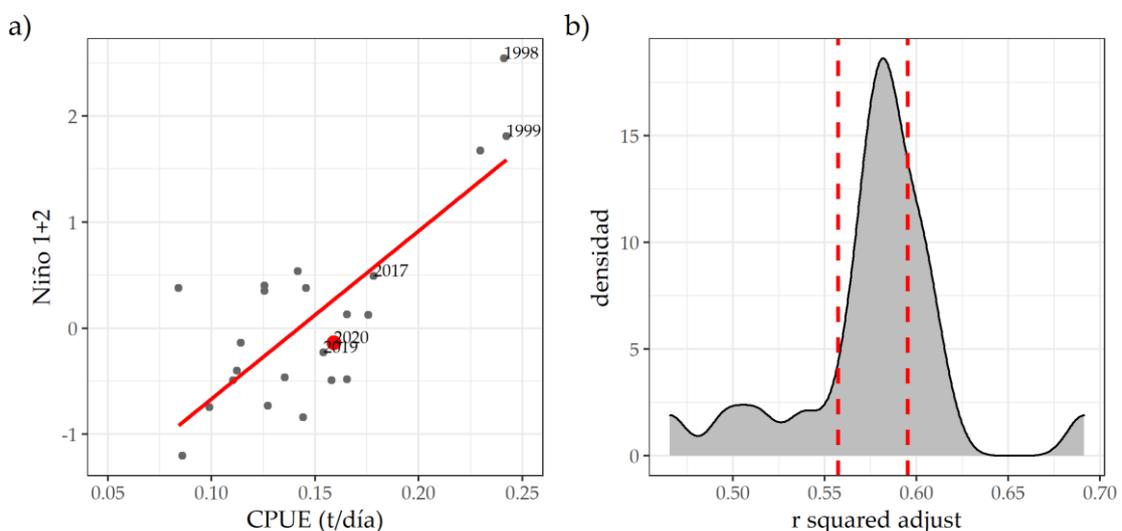


Figura 9. Relación entre la Captura por Unidad de Esfuerzo del bacalao de profundidad y el índice Niño 1+2, a) 1998-2020 y, b) los resultados del jackknife para el periodo indicado

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 en el periodo 2011 – 2016, a partir del cual el modelo estima una reducción paulatina hasta alcanzar valores equiparables al 2015. Por otro lado, el valor alto de CPUE estimado para el año 2016, como ya se explicó anteriormente, se presume se encuentran vinculados al efecto del Evento 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 LT (entre 8 y 9 años).



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

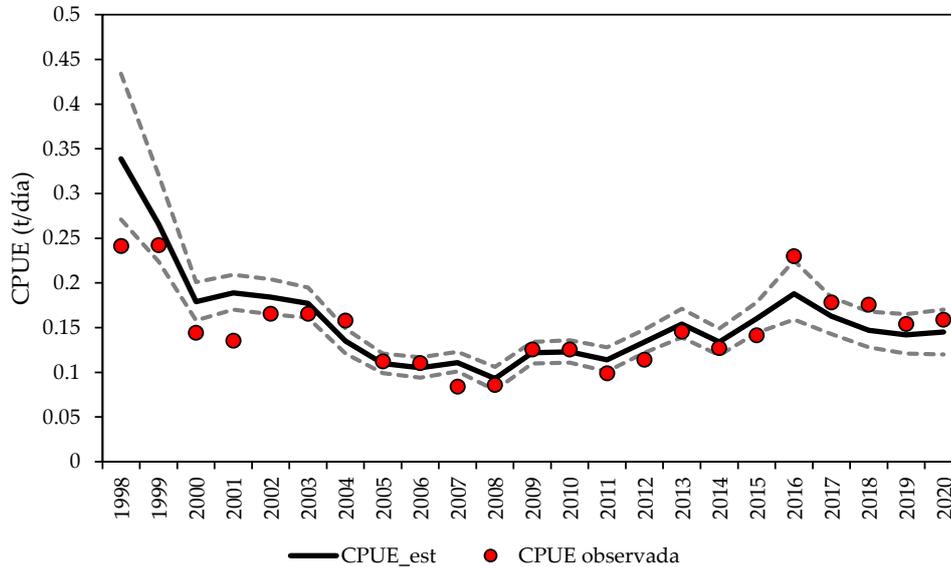


Figura 10. Ajuste del modelo de evaluación con variable ambiental a la serie de CPUE (t/día) del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*, 1998 – 2020

El proceso de ajuste del modelo con variable ambiental permitió representar moderadamente la variación de la CPUE, los parámetros derivados de este ajuste se muestran en la Tabla 3, observándose un leve incremento en los valores promedio en relación con la evaluación realizada en el año 2019, pero manteniéndose dentro de los límites de credibilidad estimados en anteriores evaluaciones (IMARPE, 2019). En este sentido, la capacidad de carga (K) fue estimada en 2176,5 t, la tasa de crecimiento poblacional (r) en 0,34 año⁻¹ y el coeficiente de capturabilidad en 1,5 x 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	SD	Intervalo de credibilidad	
			0.025	0.975
K	2176.5	138.7	1917.0	2448.6
r	0.34	0.03	0.29	0.40
q	1.5E-04	1.2E-05	1.3E-04	1.8E-04
Deviance	-218.9	4.6	-226.1	-208.0



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

La biomasa media estimada para fines del 2020 (o comienzo del 2021) muestra un leve incremento, relacionado principalmente al no cumplimiento de la cuota, debido a la emergencia sanitaria generada por el Covid-19. Esta reducción en los niveles de desembarque para el 2020, conllevó a que la biomasa se incremente en relación con lo estimado para el 2019. La biomasa media (línea negra) se encuentra a niveles equiparables a la biomasa necesaria para alcanzar el Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS}) (Figura 11a); asimismo, la mortalidad por pesca para el 2020 se encontraría por debajo del límite inferior de la mortalidad por pesca para el Máximo Rendimiento Sostenible (F_{MRS}) (Figura 11b).

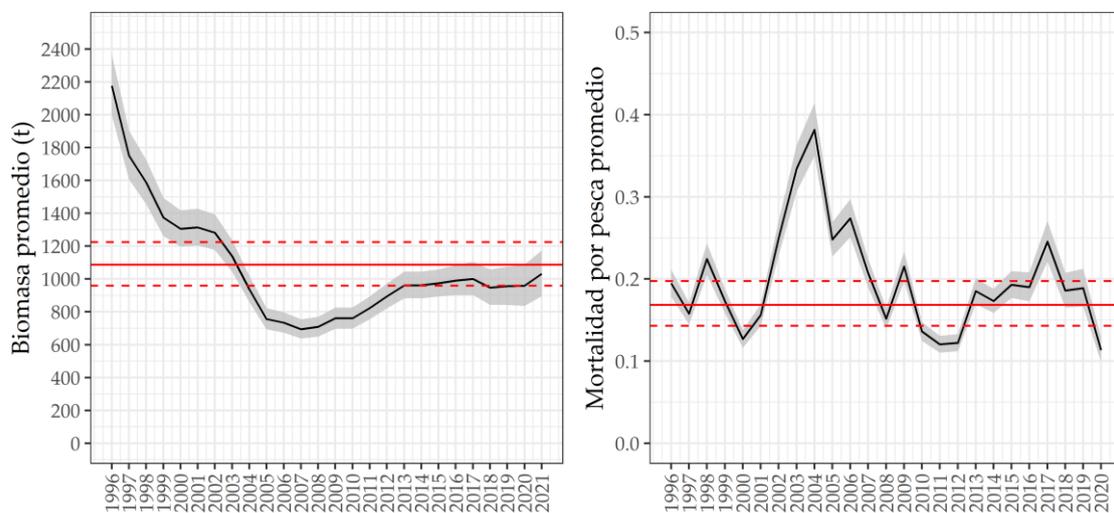


Figura 11. Variación de la (a) biomasa media estimada y (b) mortalidad por pesca para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* (líneas punteadas de color rojo representan los límites de credibilidad para $K/2$ y F_{MRS} ; la incertidumbre asociada a las estimaciones de biomasa y mortalidad por pesca están representadas por el área en color gris)



C. YAMASHIRO

Asimismo, la relación entre ambos indicadores muestra que la población del bacalao de profundidad frente a nuestro litoral presentaría signos negativos, donde la incertidumbre asociada a esta evaluación muestra que los valores posibles de biomasa y mortalidad por pesca respecto de la Biomasa y Mortalidad por pesca al Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS} y F_{MRS} , respectivamente) se encuentran en mayor proporción en la zona amarilla (Figura 12).



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

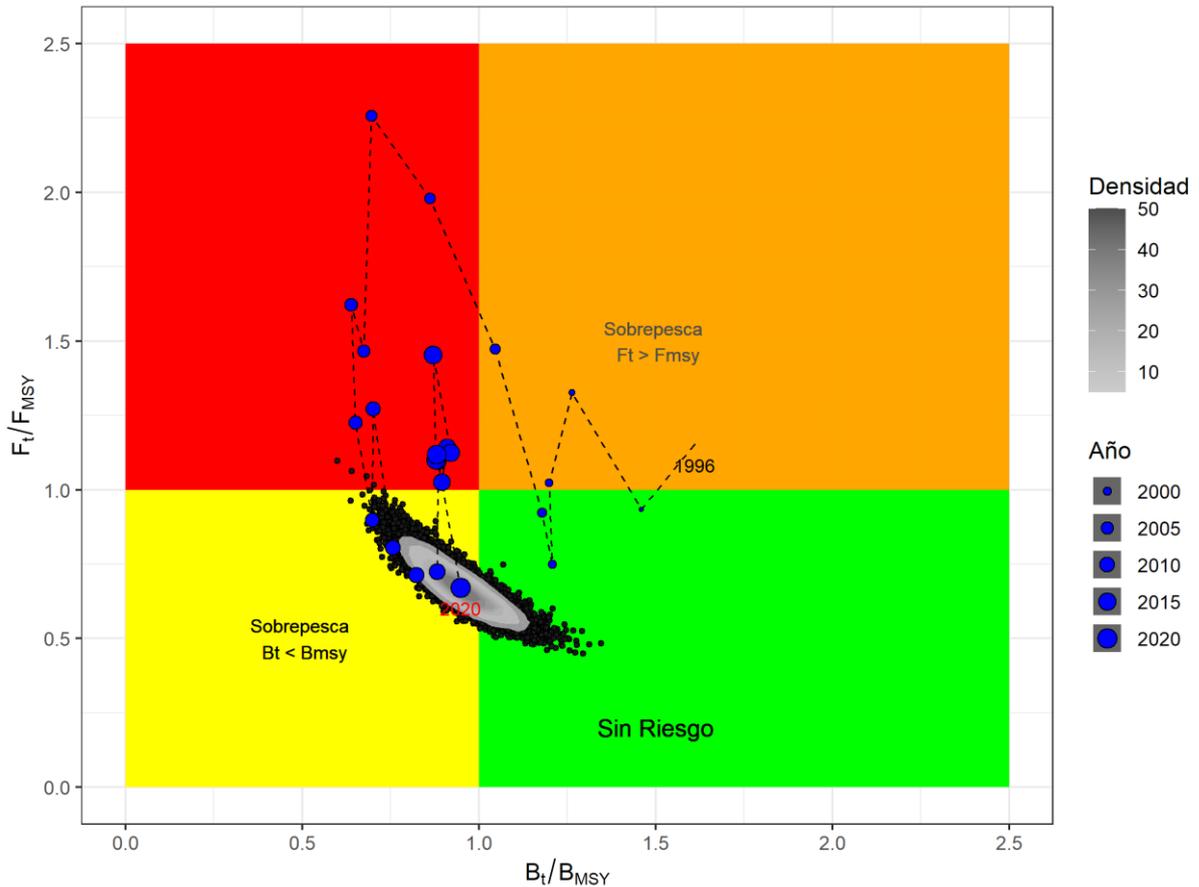


Figura 12. Kobe-plot para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* derivado del modelo de biomasa dinámica bajo enfoque de espacio de estados

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 este contexto, 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.



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

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	SD	Intervalo de credibilidad	
			0.025	0.975
MRS	183.0	7.9	167.7	198.4
EMRS	1103	74	963	1255
FMRS	0.17	0.01	0.14	0.20
F0.1	0.15	0.01	0.13	0.18
Y0.1	181.2	7.8	166.0	196.4
2/3FMRS	0.11	0.01	0.10	0.13
Y2/3fMRS	162.7	7.0	149.0	176.3

Asimismo, se ha considerado el nivel de captura de 2/3 FMRS (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 13 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, los cuales se encuentran por debajo del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS).

Además, se presentan los puntos biológicos de referencia alternativos al MRS (considerado como punto de referencia límite) como el rendimiento al F_{0.1} y, el rendimiento a los 2/3 del F_{MRS}.



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

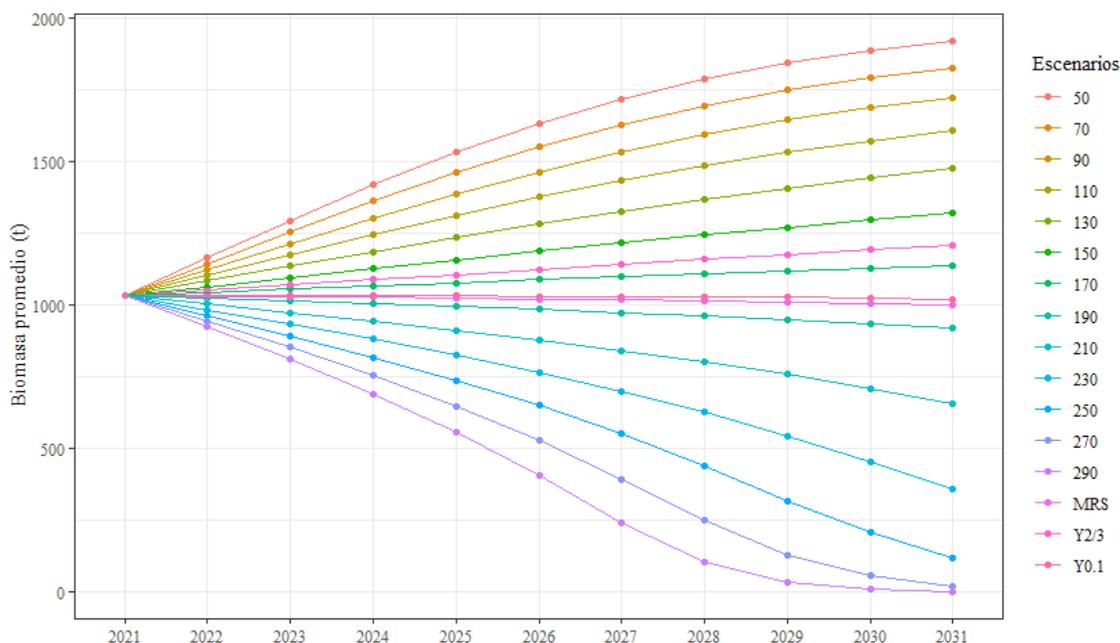


Figura 13. Variación de la biomasa media del bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* bajo diferentes escenarios de explotación



3.8.1.1 Análisis de riesgo

Considerando el escenario actual, donde la biomasa inicial promedio estimada para el 2020 se encuentra ligeramente por debajo del límite inferior de $K/2$ (B_{MRS}), se realizó un análisis de riesgo a corto plazo (Tabla 5, Figura 14), donde se expresa el riesgo de que la biomasa del año siguiente sea menor que la biomasa actual, considerándose en general que el asumir un riesgo por debajo del 50% es lo más recomendado (Haddon, 2011).



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

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 2021 (B_{2021})

Captura (t) Peso total	Captura (t) Peso evisc.	1 año
		Pr ($B_{2022} < B_{2021}$)
0.0	0.0	0.0%
100.0	90.0	0.0%
110.0	99.0	0.0%
120.0	108.0	0.0%
130.0	117.0	0.0%
140.0	126.0	0.0%
150.0	135.0	0.2%
160.0	144.0	1.2%
2/3Fmrs (162.7)	146.4	2.1%
170.0	153.0	8.8%
180.0	162.0	42.7%
F0.1 (181.2)	163.1	48.8%
181.4	163.3	50.0%
MRS (183)	164.7	58.1%
190.0	171.0	85.2%
200.0	180.0	97.8%
210.0	189.0	99.7%
220.0	198.0	100.0%
230.0	207.0	100.0%
240.0	216.0	100.0%



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

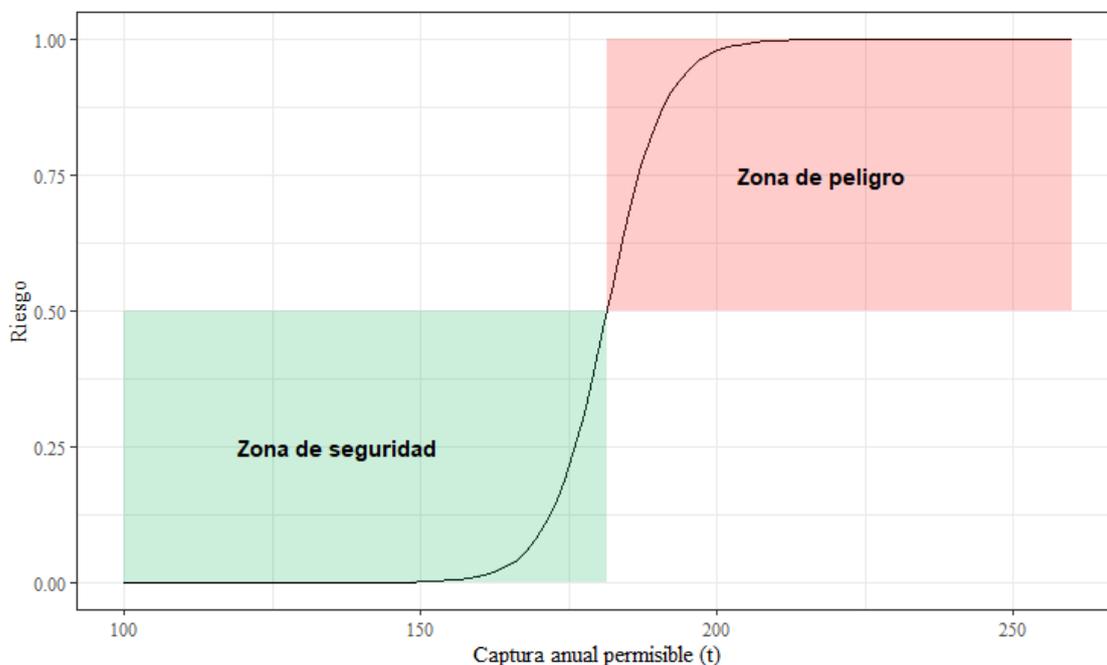


Figura 14. Análisis de riesgo para el bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides*. El riesgo es definido como la probabilidad de reducir la biomasa por debajo de la biomasa predecesora

Además, se debe considerar que la relación entre peso total y peso eviscerado es igual de 0,9. Y los valores registrados tanto en puerto como en planta como desembarque corresponde a peso eviscerado, por lo que se debe de tener en cuenta que el presente informe se elaboró considerando el peso total capturado.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente evaluación muestran que para el último año (2020), el valor de la CPUE observada se ha incrementado respecto del año 2019, pero manteniendo la tendencia negativa observada desde el 2017, 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 moderadamente la variabilidad de esta última.

Teniendo en cuenta que la biomasa media estimada se encuentra aún por debajo del valor promedio de $K/2$ (Punto de Referencia Límite), y la tendencia negativa de la CPUE observada desde el año 2017, se recomienda adoptar un enfoque precautorio considerando como máximo valor o punto biológico de referencia limite al rendimiento obtenido a través de la aplicación de los $2/3F_{MRS}$. Esta estrategia favorecerá a futuro el



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

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 la incertidumbre asociada al proceso de evaluación, para lo cual se requiere una activa participación y colaboración de los armadores de esta flota pesquera.

Asimismo, cabe mencionar que la disponibilidad del recurso aparentemente es susceptible a cambios ambientales, por lo que las condiciones del próximo año podrían generar cambios no previstos en la disponibilidad del recurso, y en este contexto, se requiere reforzar la colecta de información veraz que permita hacer un adecuado seguimiento de los principales indicadores biológicos - pesqueros con la finalidad de elaborar medidas de manejo bajo un enfoque adaptativo.

5. RECOMENDACIONES

- Para estimar la cuota de pesca correspondiente al año 2021, considerar al rendimiento a nivel de $2/3F_{MRS}$, como punto biológico de referencia límite.
- Establecer los mecanismos necesarios para garantizar la colecta de información, así como la validación de éstos mediante el embarque de un observador a bordo de esta flota palangrera, así como la disponibilidad de la información proveniente del sistema de seguimiento satelital (VMS), para fines de investigación del Instituto del Mar del Perú.
- Continuar con el uso de las bitácoras de pesca por parte de los armadores, utilizadas en la pesca exploratoria del año 2016 (R. M. N° 395-2016-PRODUCE); y se garantice su envío oportuno y obligatorio a IMARPE, según el Artículo 9, literal (b) del ROP del Bacalao de profundidad (R. M. N° 236-2001-PE).



C. YAMASHIRO

6. REFERENCIAS

- Aramayo, V. 2016. Breve síntesis sobre el recurso bacalao de profundidad *Dissostichus eleginoides* en Perú. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 15, 229–239.
- Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., Ñiquen C., M. 2003. From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. Science 10. Vol. 299: 217–221. <https://doi.org/10.1126/science.1075880>.



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

- Cheng, C., Chen, L., Near, T., Jin, Y. 2003. Functional antifreeze glycoprotein genes in temperate-water New Zealand nototheniid fish infer an Antarctic evolutionary origin. *Mol. Biol. Evol.* 20 (11): 1897–1908.
- Cheng, C-H. C. 1998. Origin and Mechanism of Evolution of Antifreeze Glycoproteins in Polar Fishes. pp. 311-328. In: di Prisco G, Pisano E, Clarke A (eds) *Fishes of Antarctica: a biological overview*. Milano: Springer-Verlag Italia.
- Collins, M. A., Brickle, P., Brown, J., Belchier, M. 2010. Chapter Four - The Patagonian Toothfish: Biology, Ecology and Fishery, en: Lesser, M. B. T.-A. In: M. B. (Ed.), . Academic Press, pp. 227–300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381015-1.00004-6>
- ENFEN, 2012. Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. *Com. Técnico del Estud. Nac. del Fenómeno El Niño* Abril, 1–3.
- Gulland, J. A. 1971. *Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces*. Man. Fish. Sci. FAOMan. Fish. Sci. FAO 164.
- Haddon, M. 2011. *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*, Second Edition. Chapman & Hall/CRC, USA.
- Hilborn, R., Walters, C. J. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics, and uncertainty*. Chapman and Hall. <https://doi.org/citeulike-article-id:7035497>.
- IMARPE, 2019. Informe sobre el estado de la pesquería del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides* Smitt 1898), con proyección de captura al 2020. *Inf. Interno. Inst. Mar Perú*: 1–17.
- 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. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2001.00033.x>
- Meyer, R., Millar, R. 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1078–1087.
- Millar, R., Meyer, R. 2000. Non-Linear State Space Modelling of Fisheries Biomass Dynamics by Using Metropolis-Hastings within-Gibbs Sampling. *J. R. Stat. Soc.* 49: 327–342.
- Plummer, M. 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling. *3rd Int. Work. Distrib. Stat. Comput. (DSC 2003)* 124.
- Roemmich, D., Gilson, J., Davis, R., Sutton, P., Wijffels, S., Riser, S. 2005. Decadal Spinup of the South Pacific Subtropical Gyre. *J. Phys. Oceanogr.* 37: 162–173. <https://doi.org/10.1175/JPO3004.1>
- Schaefer, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Math. Biol.* 53: 253–279.

Callao, diciembre de 2020

EAG/MSM/.



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

EL PERÚ PRIMERO