

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

OFICIO N° 251-2021-IMARPE/PCD

Callao, 17 de marzo de 2021

Señora
ROSSY CHUMBE CEDEÑO
Directora General de Políticas y Análisis
Regulatorio en Pesca y Acuicultura
Ministerio de la Producción
Calle Uno Oeste N° 060, Urb. Córpac
San Isidro

Asunto: Informe sobre la biología, pesquería y estado poblacional de la cabrilla

Es grato dirigirme a usted, para saludarla cordialmente y alcanzar a su despacho el informe "Análisis de la biología, pesquería y estado poblacional de la cabrilla *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano", elaborado en el marco del PP 0095 "Fortalecimiento de la Pesca Artesanal", para su conocimiento y fines que estime pertinente.

Sin otro particular, es propicia la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,



Javier Gaviola Tejada
Presidente del Consejo Directivo
Instituto del Mar del Perú



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS DEMERSALES Y
LITORALES

ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES EN PECES DEMERSALES,
BENTÓNICOS Y LITORALES

INFORME:

**Análisis de la biología, pesquería y estado poblacional de la cabrilla
Paralabrax humeralis en el litoral peruano**



© F. Zavalaga. Imarpe



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS

Marzo 2021

Análisis de la biología, pesquería y estado poblacional de la cabrilla *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano

1. INTRODUCCIÓN

En el marco de sus objetivos institucionales, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) ejecuta un programa permanente de Seguimiento de Pesquerías Demersales y Litorales, mediante el cual colecta y analiza información biológico - pesquera de especies marinas que sostienen las pesquerías industriales y artesanales más importantes del país. La cabrilla *Paralabrax humeralis* es una especie bentopelágica que comúnmente se encuentra en áreas costeras rocoso - arenosas, siendo comercializada principalmente como pescado fresco, congelado y salado. Asimismo, es considerada como una de las especies más importantes dentro del subsistema demersal junto con el suco *Paralonchurus peruanus* y la cachema *Cynoscion analis* (Espino, 1990a). Este recurso es principalmente extraído por pescadores artesanales, en las regiones de Tumbes y Piura a una distancia entre 1 y 9 mn mediante el uso de la pinta con anzuelo y cortina (Guevara-Carrasco y Bertrand, 2017).

La pesquería de este recurso (al igual que otros recursos de la pesca artesanal) se encuentra regulada mediante el establecimiento de una talla mínima de captura (32 cm de longitud total) (Resolución Ministerial N° 209-2001-PE).

En este contexto y con el soporte del Programa Presupuestal 0095 "Fortalecimiento de la Pesca Artesanal" se presentan las principales características biológico - pesqueras de esta especie y una primera aproximación al conocimiento del estado de su población y nivel de explotación, con el objetivo de contribuir al ordenamiento pesquero de este recurso.

2. TAXONOMÍA

La cabrilla es un pez de cabeza y parte superior del cuerpo de color gris-café, con manchas anaranjadas y grises desde la cabeza hasta la cola, espacio interorbital suave y amplio (aproximadamente el 20% de la longitud cefálica en adultos). Mejillas y opérculo con puntos anaranjados. Posee la tercera espina dorsal más larga, aproximadamente 2 veces la longitud de la segunda espina dorsal. Aleta caudal cóncava y pectoral larga, que sobrepasa más allá de la punta de la aleta pélvica, la cual se encuentra insertada debajo o ligeramente detrás de la base de la aleta pectoral (Chirichigno y Cornejo, 2001; Chirichigno y Vélez, 1998) (Figura 1).



C. YAMASHIRO




A. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

<p> Filum: Chordata Clase: Actinopterygii Orden: Perciformes Familia: Serranidae Género: <i>Paralabrax</i> Especie: <i>Paralabrax humeralis</i> (Valenciennes, 1828) Nombres comunes Cabrilla, cabrilla común, cagalo (Perú) Cabrilla (Chile) Peruvian rock seabass (FAO) </p>	 <p> Figura 1. Cabrilla <i>Paralabrax humeralis</i> (Valenciennes, 1828) </p>
--	---

3. DISTRIBUCIÓN

Esta especie se encuentra distribuida desde Ecuador hasta la parte austral de Chile e islas Juan Fernández y Galápagos (Chirichigno y Vélez, 1998), existen además registros de esta especie en Costa Rica, Baja California y México (Heemstra, 1995) (Figura 2). En Perú, la cabrilla se encuentra desde aguas someras hasta profundidades que bordean los 200 m, pero con mayor incidencia en zonas costeras a profundidades entre 50 y 100 m, en el área comprendida entre los 04° y 06° S, a temperaturas entre 13.6°C y 17.2°C y niveles de oxígeno comprendidos entre 0,34 – 2,77 mL/L. Asimismo, durante los eventos El Niño ha sido posible encontrarla entre 14,3 y 25,1 °C y 0,48 – 5,01 mL/L de oxígeno (Espino et al., 1986).

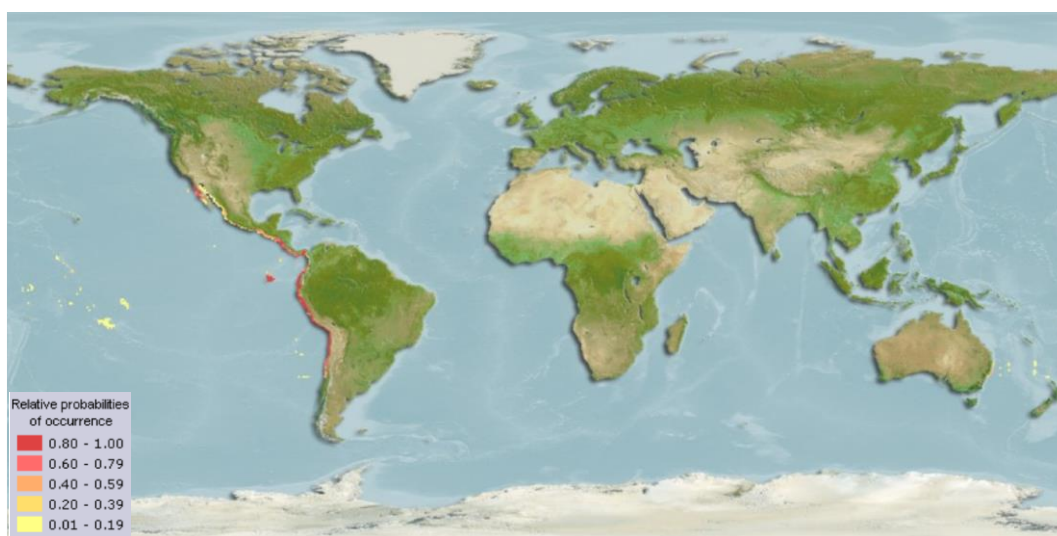


Figura 2. Distribución geográfica de la cabrilla *Paralabrax humeralis* (Froese y Pauly, 2019)



4. ECOLOGÍA

La cabrilla es una especie bentopelágica considerada costera, que se encuentra en cardúmenes sobre zonas rocosas – arenosas, principalmente asociada a bosques de



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

macroalgas pardas como *Lessonia trabeculata*, con mayor presencia de ejemplares juveniles más cerca a costa (Chirichigno y Cornejo, 2001; Cisternas y Sielfeld, 2008).

Reproductivamente, la cabrilla es una especie hermafrodita cuya inversión sexual de hembra a macho se lleva a cabo alrededor de los 17,5 y 24,2 cm de longitud total (LT), correspondiendo a individuos de edad mayor a un año (De la Piedra, 2002). Su mayor actividad reproductiva ocurre durante las estaciones de verano y primavera, siendo en verano la estación en la cual se aprecia el principal pico de desove (Samamé et al., 1978).

Es una especie carnívora con hábitos carcinófagos e ictiófagos (Miñano y Castillo, 1971), por lo que se encuentra cerca de la cúspide de la cadena alimenticia en hábitats marino tropical y subtropical, cumpliendo un rol importante en la estructura poblacional de la ictiofauna de estos ambientes (Polovina et al., 1987).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente estudio, se consideró delimitar el litoral peruano en tres grandes zonas: norte, comprendido por los departamentos o regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad; centro, por los departamentos de Ancash, Lima e Ica; y sur, por los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna.

En este contexto, la mayor proporción de la información disponible proviene de la zona norte, que representa el 87% del desembarque registrado a nivel nacional. Bajo este escenario, se consideró como hipótesis de trabajo la presencia de un solo stock poblacional frente al litoral peruano, el cual se encuentra principalmente distribuido en la zona norte del litoral peruano. Esta asunción se mantendrá hasta que se cuente con la información necesaria para confirmar la posible presencia de más de una unidad de stock.

5.1. Indicadores de la pesquería

5.1.1. Desembarques

Se trabajó en base a las cifras de desembarques oficiales del Ministerio de la Producción y aquellas obtenidas a través del software FishStatJ (FAO, 2016). Ambas series de tiempo abarcan desde el año 1950 hasta el año 2018. Esta información presenta una estructura anual y global, es decir que no contempla información a menor escala temporal (meses) ni espacial (lugar de desembarque).

Otra fuente de información utilizada fue la información proveniente del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), cuya cobertura comprende desde Puerto Pizarro (03° 29' S 80° 23' O) a Vila Vila (18° 06' S, 70° 43' O). Este sistema contempla dentro de su plan de investigaciones,



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

el monitoreo de la flota pesquera artesanal y de los recursos biológicos que la sustentan. Desde su creación en 1996 como programa piloto denominado "Determinación del Potencial Pesquero Artesanal" hasta el año 2014 se monitorearon entre 21 y 45 lugares de desembarque a lo largo del litoral. Desde el año 2015, a través del PP 0095 "Fortalecimiento de la Pesca Artesanal" se vienen monitoreando 56 lugares (Castillo et al., 2018). Esta información, por su carácter desagregado, permitió realizar análisis más exhaustivos, contándose con información por artes de pesca, viajes, lugar de desembarque, entre otros. Por lo tanto, se utilizó para analizar la variación de la proporcionalidad de los desembarques por regiones, zonas y artes de pesca.

5.2. Indicadores biológicos

El análisis y estimación de indicadores biológicos fueron realizados en base a la información de muestreos biométricos y biológicos llevados a cabo en los principales lugares de desembarque a cargo del personal de los Laboratorios Costeros y Sede central del IMARPE. Dichos muestreos fueron realizados según los lineamientos establecidos por Espino et al. (1995).

Cabe señalar que para la estimación de los indicadores biológicos tales como el IGS y el Factor de Condición, se trabajó con el grupo de ejemplares "adultos", los cuales están constituidos por peces con tallas desde los 20 hasta los 35 cm de longitud total.

Por otro lado, para el análisis del contenido estomacal de cabrilla, se analizaron un total de 28 684 estómagos provenientes de la zona del Callao.

5.2.1. Estructura por tallas

Para el análisis de la variación de la estructura por tallas de cabrilla en los desembarques, se consideró como información base los muestreos biométricos realizados en los principales lugares de desembarque. Esta información fue revisada y validada a niveles de región y arte de pesca, mediante el uso de análisis descriptivos. Posteriormente, se realizó un proceso de ponderación progresivo por estratos o niveles según la siguiente descripción:

- a) Ponderación por embarcación

$$fp_{e,l} = f_{abs_{e,l}} * \frac{p_{muestra_e}}{d_e}$$

Donde $fp_{e,l}$ es la frecuencia ponderada para la longitud l en la embarcación e ; $f_{abs_{e,l}}$ es la frecuencia absoluta; $p_{muestra_e}$ es el peso muestra (kg) y d_e es el desembarque total de la embarcación (kg).



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

b) Ponderación por arte de pesca/mes/región

$$f_{acum(a,m,r,l)} = \sum f_{p(a,m,r,e,l)}$$

$$dma_{(a,m,r)} = \sum d_{a,m,r,e}$$

$$fpa_{(a,m,r,l)} = f_{acum(a,m,l)} * \frac{dma_{(a,m,r)}}{dta_{(a,m,r)}}$$

Donde $f_{acum(a,m,r,l)}$ es la sumatoria de las frecuencias ponderadas para la longitud l de las embarcaciones muestreadas con arte de pesca a durante el mes m en la región r . $dma_{(a,m)}$ es el acumulativo del desembarque de las embarcaciones muestreadas por arte de pesca a durante el mes m en la región r . $dta_{(a,m,r)}$ es el desembarque total registrado por arte de pesca a durante el mes m en la región r .

Este proceso fue realizado con la finalidad de asignar un grado de importancia a las estructuras por tallas, en función a la magnitud de desembarque de cada región según su modo de extracción, nivel de desembarque y estacionalidad. Para este proceso se consideró la información proveniente del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

5.2.2. Índice Gonadosomático (IGS)

Este índice se utilizó para seguir la evolución del desarrollo gonadal en el tiempo (principalmente a escala mensual) y de esa forma poder identificar distintos periodos del ciclo reproductivo. Para el periodo de estudio se analizaron 65 537 individuos de cabrilla, de los cuales 33 837 ejemplares (~52%) correspondieron a hembras y 31 700 (~48%) a machos. El IGS fue calculado a partir de lo descrito por Buitrón et al. (2011), mediante la siguiente ecuación:

$$IGS = \left(\frac{Pg}{Pe} \right) * 100$$

Donde Pg representa al peso de la gónada y Pe es el peso eviscerado del individuo, ambas expresadas en gramos.

5.2.3. Factor de Condición (FC)

La información brindada por este índice permitió describir la condición corporal o grado de bienestar de un organismo en el tiempo a partir de la ecuación de Fulton (Nash et al., 2006), tal como se describe en la siguiente expresión:

$$FC = \frac{P}{L^3} * 100$$

Donde P es el peso total del pez en gramos, L es la longitud total en centímetros.



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

5.2.4. Talla de primera madurez sexual

La Talla de Primera Madurez (TPM) fue estimada en base a la información disponible correspondiente a hembras, debido a que estas son las responsables del proceso de desove.

Para la determinación del estado reproductivo de los ejemplares analizados, se empleó la escala de madurez gonadal para peces teleósteos (Johansen, 1919), la cual fue adaptada y describe 8 estadios para cada sexo (Tabla 1).

Tabla 1. Estadios de madurez validada para la cabrilla *Paralabrax humeralis* basado en la escala de madurez gonadal adaptada a lo propuesto por Johansen (1919)

Estadio	Hembras	Machos
I	Inmaduro - Virginal	
II	Juvenil – Pre madurez	
III	Madurante inicial	
IV	Madurante medio	
V	Madurante avanzado	
VI	Desovante	
VII	Desovado	
VII	Recuperación	

La TPM equivale a la talla media del grupo de los individuos que por primera vez en su ciclo vital comienzan a ser sexualmente maduros. Teóricamente, los individuos jóvenes o de tallas menores se encuentran en una etapa virginal durante su ontogenia. Posteriormente, a medida que van creciendo, comienzan a desarrollar en las gónadas características diferenciales propias de la madurez sexual; estos atributos se empiezan a evidenciar a partir del estadio III de la escala de Johansen. Sin embargo, en el caso de algunas especies demersales, las características de maduración se diferencian con mayor claridad en el estadio IV.

En la estimación de la TPM, se contrasta para cada rango de tallas la proporción de maduros. Esto se estima a partir de la relación entre los ejemplares en estado de inmaduros (estadio I y II), respecto a todos los que se encuentran en actividad madurante (III y IV). Conforme el rango de tamaño se incrementa, la proporción o porcentaje de individuos maduros también se incrementa. La curva de la Ojiva de Madurez, se grafica como a una curva sigmoidea, en la cual el 50% representa la Talla de Primera Madurez (Vazzoler, 1981).

La aplicación de esta metodología consistió en los siguientes pasos:

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

- Garantizar, en lo posible, la cobertura de un amplio rango de tallas, desde ejemplares pequeños hasta grandes.
- Identificar el periodo en el cual se inicia la maduración hasta desovar, para lo cual se analizó la variación mensual del Índice Gonadosomático (IGS). Si bien se identificaron los principales periodos del ciclo reproductivo, se tomó en consideración información proveniente de todo el año, dada la baja representatividad de ejemplares inmaduros durante los meses correspondientes a la época de maduración y desove.
- Categorizar las hembras en dos (02) sub-grupos: inmaduras, aquellas que presentaron estadios de madurez gonadal I y II; y maduras, compuesto principalmente por el estadio IV. No se consideraron los otros estadios de madurez debido a que el objetivo de este análisis fue identificar la talla de transición entre inmaduros y maduros. Cabe señalar que no se consideró el estadio III, dado que no se observaron diferencias significativas en los valores de IGS entre este estadio y el II, posiblemente asociado a la dificultad para su catalogación.

Aplicación del modelo logístico de madurez sexual.

Las proporciones de hembras maduras a la longitud total (LT) fue ajustada a una regresión logística o modelo lineal generalizado con familia binomial y enlace logit en la plataforma estadística R.

$$\text{logit} = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

Donde 1-p es la probabilidad de "fracaso". En los análisis de madurez un "éxito" se define como "estar maduro" y un "fracaso" como "estar inmaduro". Con esta transformación se forma un modelo lineal con:

$$\text{logit}(p) = a + b * X$$

O visualmente:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = a + b * X$$

Donde X es la variable explicativa (LT), a y b son estimaciones del intercepto y la pendiente del modelo ajustado.



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Adicionalmente, se realizó un Bootstrap (1000 réplicas) del modelo para obtener el intervalo de confianza al 95% de la TPM, utilizando el percentil 0,025 para estimar el límite inferior y el percentil 0,975 para el límite superior.

5.2.5. Talla mínima de captura

Para la estimación de la TMC se consideró como punto de partida la TPM, al cual, conceptualmente, se le agrega un incremento en longitud (ΔL) correspondiente al intervalo de tiempo (Δt) que experimenta la hembra, desde que inicia su maduración hasta el inicio del proceso de desove. Este concepto biológico se expresa de la siguiente forma:

$$TMC = TPM + \Delta L$$

$$\Delta L = TMC - TPM = (L_{\infty} - TPM) * (1 - \exp(-K * \Delta t))$$

Donde ΔL es el incremento de longitud que logrará el pez en el intervalo de tiempo t ; Δt representa al tiempo que transcurre entre la talla de primera madurez y el primer desove; L_{∞} y K son los parámetros de la función de crecimiento de Von Bertalanffy.

Los valores de los parámetros de crecimiento utilizados en el presente análisis fueron obtenidos por los siguientes autores:

- Samamé (1974) :
 $L_{\infty} = 96.5 \text{ cm}; K = 0.0653 \text{ y } t_0 = -2.039$
- Goicochea et al., (2012) :
 $L_{\infty} = 68.5 \text{ cm}; K = 0.0941 \text{ y } t_0 = -2.08$

5.2.6. Hábitos alimentarios

El análisis de los hábitos alimentarios de la cabrilla fue realizado para el periodo comprendido entre 1996 – 2018. Este análisis fue realizado por el Laboratorio de Ecología Trófica del IMARPE. En base al peso, número y presencia y presencia de cada una de las presas se estimó el Índice de Importancia Relativa (IRI por sus siglas en inglés) propuesto por Pinkas et al. (1971), modificado por Hacunda (1981) y expresado en porcentaje (%IRI) según Cortés (1997).

Por otro lado, se aplicó el método gravimétrico (%P) (Berg, 1979; Hyslop, 1980) para analizar las tendencias de alimentación de este recurso. Además, se calculó el nivel trófico anual según lo propuesto por Christensen y Pauly (1992).



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

5.3. Indicadores del stock

5.3.1. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

El uso de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) como índice de abundancia tiene críticas respecto al sesgo producido por cambios en el poder de pesca, y a las variaciones espacio temporales del recurso que pueden conllevar a una idea errónea respecto de la situación de un recurso. En este sentido, para minimizar este sesgo se realiza un proceso de estandarización, con el fin de remover aspectos externos como las características de la embarcación, periodicidad de la actividad extractiva o condiciones ambientales que afectan directa o indirectamente a los valores de la CPUE como índice de abundancia. Con este fin, se hizo uso de los modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés), que permiten estimar funciones que relacionan la variable respuesta (CPUE) con un conjunto de variables predictivas (Gavaris, 1980; Maunder y Punt, 2004; Punt et al., 2000). En este contexto, se hizo uso de esta metodología, para la cual se consideraron los factores que podrían influenciar sobre los valores de CPUE, los mismos que se relacionaron a la estacionalidad de la actividad pesquera de la cabrilla, y otras variables.

La información para la formulación del GLM estuvo conformada por registros diarios de desembarque y esfuerzo de pesca de la flota pesquera artesanal frente al litoral peruano durante el periodo 1996 – 2018, generada por el Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal.

Se optó por trabajar con datos referidos a las artes de pesca “cortina” y “pinta”, debido al volumen de información existente respecto de estas artes de pesca, así como a la representatividad de las capturas obtenidas con estas artes. Asimismo, se realizó el análisis de seguimiento de embarcaciones que han registrado actividades de pesca sobre la cabrilla por un periodo igual o mayor a cinco (05) y seis (06) años para la pinta y la cortina respectivamente, con la finalidad de aumentar la certidumbre sobre la direccionalidad de la actividad extractiva sobre este recurso. La elección de esta cantidad mínima de años provino de un análisis que permitió cuantificar el impacto de considerar embarcaciones con n años continuos de actividades sobre tres aspectos: 1) porcentaje de información restante; 2) diferencia entre cantidad de información restante entre el año n y $n+1$ y 3) número de embarcaciones restantes.

En ese sentido, la Figura 3 muestra la variación relativa de la información respecto del total (línea azul) y la diferencia entre la cantidad de información restante entre años n y $n+1$ (línea negra). En ambas situaciones se consideró el año en el cual se observa la mayor diferencia (impacto), siendo más notorio para el caso de la cortina.



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

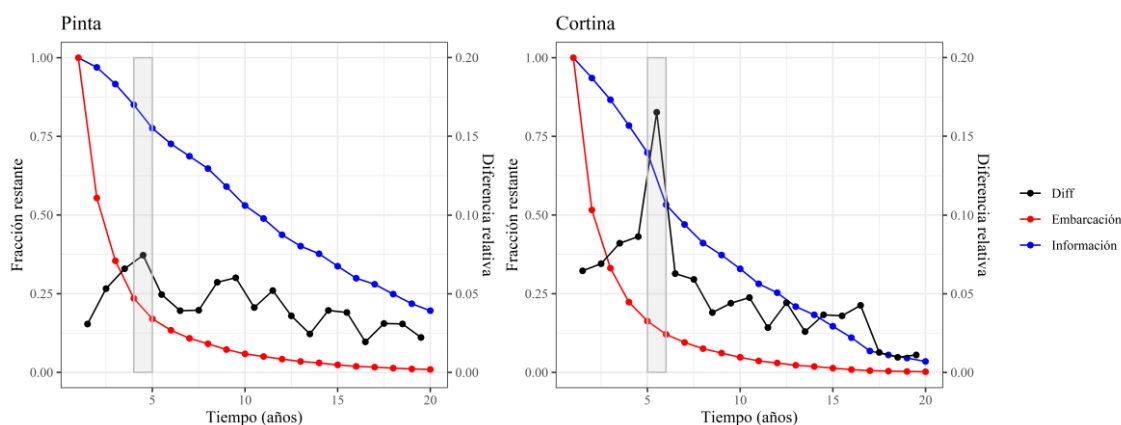


Figura 3. Impacto del número mínimo de años de actividad extractiva de cabrilla sobre la información disponible y el número de embarcaciones

Bajo las premisas anteriormente descritas, la construcción del modelo GLM consideró las variables año, mes, latitud, longitud, capacidad de bodega, número de tripulantes y "target". Esta última variable representa la proporción de cabrilla respecto de la captura total en la embarcación y permite compensar la baja especificidad de las artes de pesca consideradas en este análisis, permitiendo así incluir información respecto de la disponibilidad del recurso en la zona de pesca. Según lo descrito anteriormente, la formulación de los modelos correspondió a la siguiente forma:

$$\log(\mu_{cpue_{pinta}}) = \text{Año} + \text{Mes} + \text{Latitud:Longitud} + \text{Capacidad de bodega} + \# \text{ de Tripulantes} + \text{Target}$$

$$\log(\mu_{cpue_{cortina}}) = \text{Año} + \text{Mes} + \text{Latitud:Longitud} + \text{Capacidad de bodega} + \text{Target}$$

Además, se asumió que la distribución de la CPUE es de tipo gamma con vinculo \log , y el ajuste del modelo fue realizado con ayuda de la plataforma R (R Core Team, 2020).

5.3.2. Máximo Rendimiento Sostenible (MSY)

La estimación inicial del Máximo Rendimiento Sostenible (MSY) se realizó a través del método propuesto por Froese et al. (2017), versión mejorada de la herramienta desarrollada por Martell y Froese (2013). Esta metodología utiliza como entrada las capturas y el conocimiento a priori sobre la resiliencia del recurso. Este método es basado en el Análisis de Reducción del Stock propuesto por Kimura et al. (1984) y Kimura y Tagart (1982). Utilizando como modelo base el modelo de producción de Schaefer (1954), para la estimación de la biomasa anual para un conjunto dado de r y K (parámetros del modelo de Schaefer). El código R para la aplicación de esta metodología se encuentra disponible en <http://oceanrep.geomar.de/33076/>.



C. YAMASHIRO



Á. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

El vector input utilizado para la aplicación de este modelo fue la serie de capturas proveniente de la FAO. Asimismo, se asumió un nivel de resiliencia media y depleción poblacional media (B/K) entre 0,2 y 0,6 según Froese y Pauly (2019).

5.3.3. Modelo dinámico de biomasa bajo el enfoque de espacio de estados

La evaluación poblacional de la cabrilla fue realizada a través del uso del entorno de trabajo JABBA (Winker et al., 2018). Esta propuesta trabaja sobre la versión generalizada de la función de producción excedente de Pella-Tomlinson:

$$SP = \frac{r}{m-1} * B \left(1 - \left(\frac{B}{K} \right)^{m-1} \right)$$

Donde r es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional en el tiempo t , K es la capacidad de carga poblacional (biomasa virginal en equilibrio) y m es un parámetro de forma que determina a que valor de B/K se alcanza el máximo valor de producción excedente. Si $0 < m < 2$, la producción excedente alcanza el Máximo Rendimiento Sostenible (MSY) a niveles de biomasa menores a $K/2$. En la evaluación de la cabrilla se fijó el valor de $m = 2$, condicionando que la función de producción se asemeje a una función tipo Schaefer. JABBA, se basa en la estimación bayesiana propuesta por Meyer y Millar (1999). Donde la biomasa B_y en el año y es expresada como una proporción de K ($P_y = B_y/K$) para mejorar la eficiencia en las estimaciones. La forma estocástica de la dinámica poblacional (ecuación de proceso) está dado por:

$$P_y = \begin{cases} \psi e^{\eta_y} & \text{para } y = 1 \\ \left(P_{y-1} + \frac{r}{m-1} * P_{y-1} (1 - P_{y-1}^{m-1}) - \frac{\sum_f C_{f,y-1}}{K} \right) e^{\eta_y} & \text{para } y = 2, 3, 4, \dots, n \end{cases}$$

Donde $C_{f,y}$ es la captura en el año y obtenida por la pesquería f y η_y es el error de proceso con $\eta_y \sim N(0, \sigma_{proc}^2)$, donde la varianza σ_{proc}^2 puede ser fija o estimada a través de una distribución tipo gamma inversa.

La biomasa es estimada a través de la expresión:

$$B_y = P_y * K$$

Y la ecuación de observación está dada por:

$$I_{i,y} = q_i B_y e^{\varepsilon_{y,i}}$$

Donde q_i es el coeficiente de capturabilidad asociado al índice de abundancia i , y $\varepsilon_{y,i}$ es el error de observación con $\varepsilon_{y,i} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_{i,y}}^2)$, donde $\sigma_{\varepsilon_{i,y}}^2$ es la varianza en el año y para el índice i . La descripción completa de este entorno de trabajo se encuentra disponible en Winker et al. (2018).



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS



6. RESULTADOS

6.1. Desembarques

La variación de los niveles de desembarques de cabrilla durante el periodo analizado muestra que esta pesquería ha atravesado al menos por dos ciclos¹. El primero de ellos está comprendido entre la década de los 50 hasta finales de la década de los 70 (Figura 4). El cual se caracterizó por presentar un largo periodo de estabilización, el mismo que se mantuvo desde inicios de los 60 hasta mediados de los 70 con niveles de desembarque por encima de las 4000 t. El segundo ciclo se encuentra comprendido entre inicios de la década de los 80 hasta el 2006. Este ciclo se caracteriza por presentar un breve periodo de estabilización (con los mayores de desembarques registrados), el cual se dio a mediados de la década de los 80, y un extenso periodo de reducción que inició en los 90 hasta mediados de la primera década del 2000. A partir del 2007, se observa un incremento paulatino en los niveles de desembarques el cual se ha mantenido hasta el 2018.

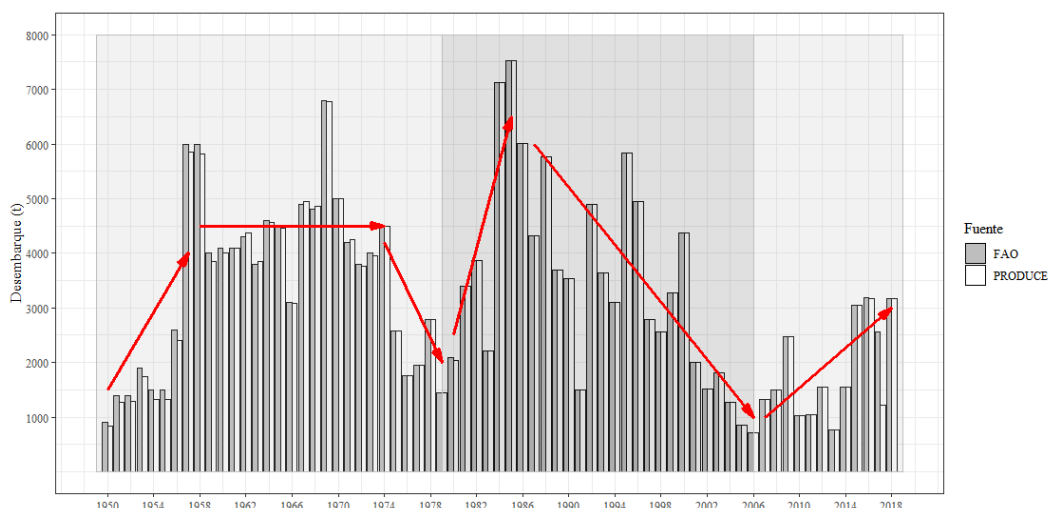


Figura 4. Variación de los niveles de desembarque de cabrilla *Paralabrax humeralis* según FAO y PRODUCE durante el periodo 1950 - 2018

A nivel latitudinal, los mayores desembarques fueron registrados en la zona norte, aportando en conjunto un promedio de 87% del total del desembarque durante el periodo de estudio. En segunda y tercera instancia se encuentran las zonas centro y sur con un 11% y 2% respectivamente. En este contexto, las regiones que registran mayor desembarque de cabrilla son las regiones de Tumbes y Piura, siendo esta última la que

¹ Entiéndase como ciclo al periodo que posee como fase inicial un periodo de incremento (pendiente positiva) y final un periodo de reducción (pendiente negativa).

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

aporta aproximadamente con el 50%, seguido por Tumbes con un 26% del desembarque total (Figura 5).

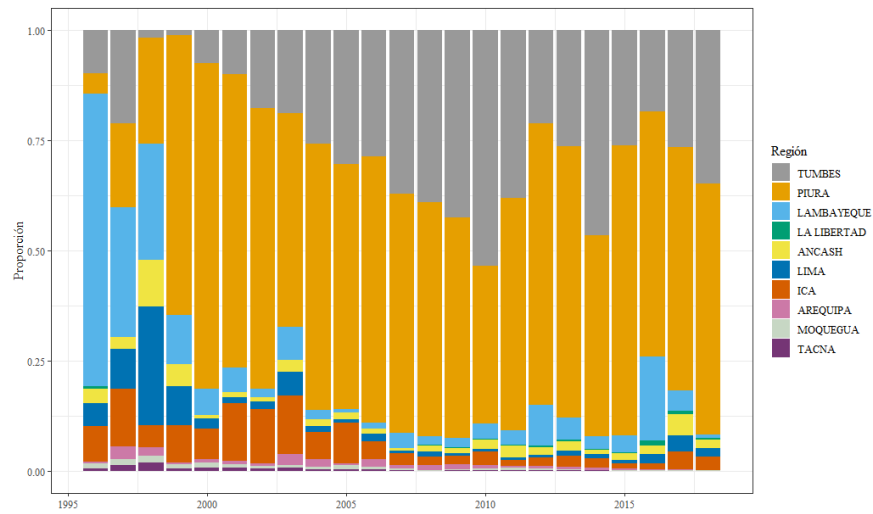


Figura 5. Representatividad proporcional en los desembarques de cabrilla *Paralabrax humeralis* por regiones durante el periodo 1996 - 2018

Respecto de la estacionalidad de los desembarques, se observó que las zonas en las que este aspecto es marcado son las zonas norte y centro. En el primer caso, los mayores desembarques ocurren durante el verano y otoño, con una duración promedio de cuatro (04) meses, desde diciembre hasta marzo. Por otro lado, en la zona centro el periodo de mayor desembarque ocurre entre los meses de enero y marzo con una duración promedio de tres (03) meses (Figura 6).

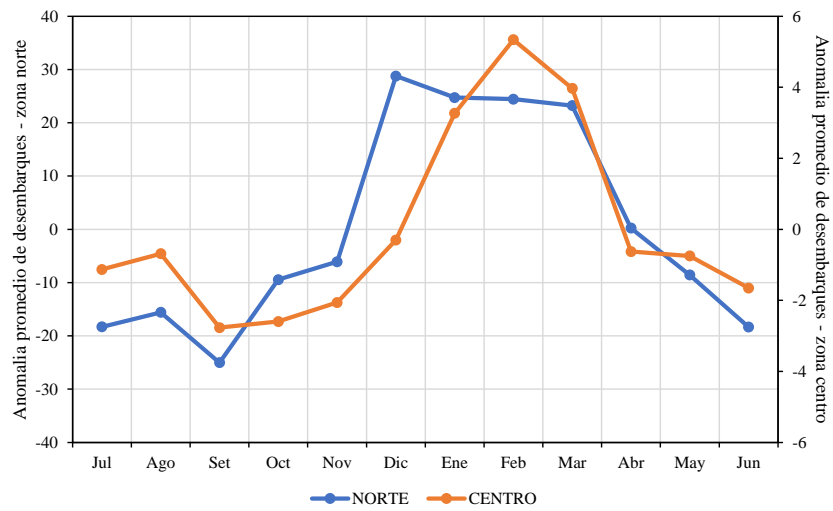


Figura 6. Estacionalidad en los desembarques de cabrilla *Paralabrax humeralis* por zonas latitudinales durante el periodo 1996-2018



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Del análisis del desembarque por tipo de arte de pesca, se observó que las principales artes utilizadas para la extracción de cabrilla son: pinta, cortina, cerco y buceo compresora – red buceo. Es importante resaltar la continuidad en el uso de la pinta, la misma que en promedio representa el 37% del desembarque, seguido por la cortina con 20% y el cerco con un 15%. Por otro lado, el buceo compresora – red buceo llegó a representar aproximadamente el 40% del desembarque total, pero este hecho solo se dio durante el periodo 2001 – 2008, posterior al cual su importancia se ha reducido paulatinamente hasta aproximadamente el 9% (Figura 7).

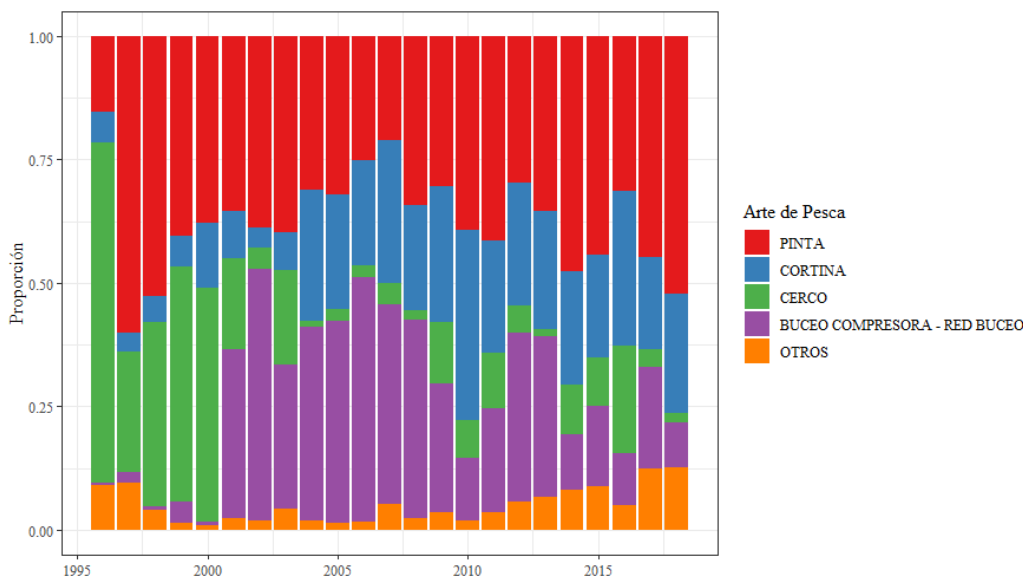


Figura 7. Representatividad proporcional en los desembarques de cabrilla *Paralabrax humeralis* por arte de pesca durante el periodo 1996-2018

6.2. Estructura por tallas

Durante el periodo analizado, la talla media en los desembarques de cabrilla ha mantenido una variación anual homogénea por debajo de los 32 cm de LT (Talla Mínima de Captura - TMC). El mayor valor promedio estimado corresponde al año 2015 (29,6 cm de LT), después del cual este indicador se redujo paulatinamente hasta 23,2 cm en 2017. Sin embargo, en el último año (2018) se ha incrementado levemente a 25,2 cm. Asimismo, las tallas mínimas y máximas registradas para todo el periodo de estudio fueron de 10 y 59 cm respectivamente (Figura 8).



C. YAMASHIRO

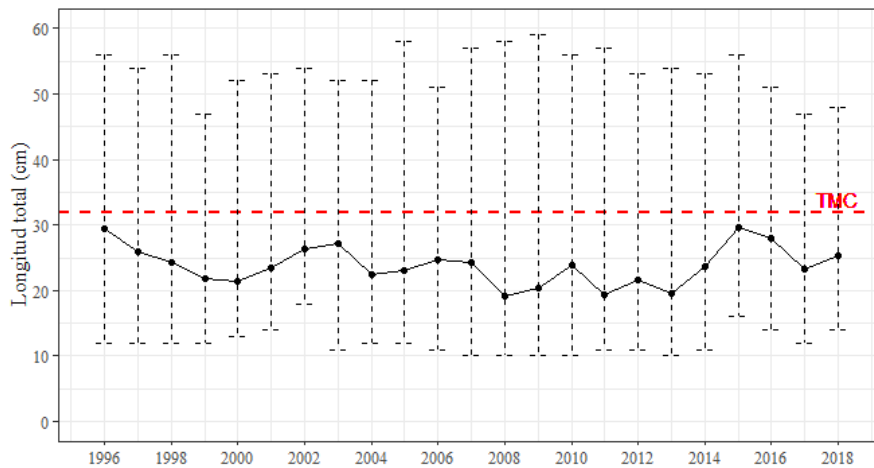


J. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"



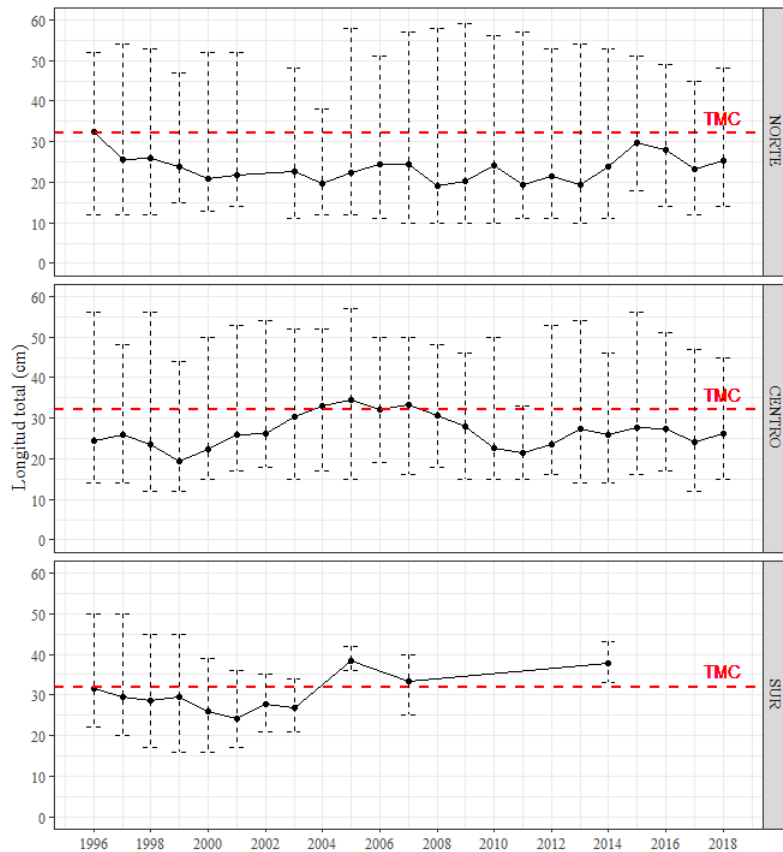
TMC (Talla Mínima de Captura) : 32 cm

Figura 8. Variación anual de la talla media en los desembarques de cabrilla *Paralabrax humeralis* durante el periodo 1996-2018. Las líneas punteadas verticales representan la talla mínima y máxima registrada.

En el análisis por zonas, los valores promedios de la zona norte poseen la misma tendencia que la observada en el análisis total, debido a la alta representatividad que tiene esta área respecto al nivel de desembarque. Por otro lado, en la zona centro durante el periodo 2003-2008, los valores estimados fueron equivalentes al valor de la TMC, luego la talla media se redujo hasta alrededor de los 20 cm de LT. En los últimos tres (03) años del periodo analizado, se observa que la zona centro presenta la misma tendencia y magnitud que la observada en la zona norte. Por último, la zona sur solo presenta información continua durante el periodo 1996-2003 y los años 2005, 2007 y 2014. En resumen, en un análisis general se observa que los valores promedios antes del año 2004 se encontraban bajo la TMC y posteriormente sobre la TMC en los años en que se dispone de información (Figura 9).

Espacio en blanco

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"



TMC (Talla Mínima de Captura): 32 cm

Figura 9. Variación anual de la talla media de cabrilla *Parablax humeralis* en los desembarques durante el periodo 1996-2018 por zonas. Las líneas punteadas verticales representan los valores mínimos y máximos

Asimismo, la variación de la estructura de tallas por tipo de arte nos da una aproximación sobre la existencia de direccionalidad de la presión de pesca hacia determinados grupos de tallas (por ende, grupos de edad). En ese sentido, en la Figura 10 se muestra la variación de la talla media por tipo de arte de pesca en orden de importancia (según lo descrito en la sección de desembarques). De las cuatro principales artes de pesca, la talla media estimada para la cortina se mantiene a niveles equiparables con la TMC durante la mayor parte del periodo analizado (2003-2017), oscilando alrededor de los 31,5 cm. Por otro lado, la talla media estimada para la pinta se encontró por debajo de los 32 cm de LT, manteniéndose mayormente alrededor de los 28 cm de LT. Cabe mencionar que las dos últimas artes, cerco y buceo compresora – red buceo, presentaron capturas con una talla promedio generalmente por debajo de la TMC durante el periodo analizado. Siendo que, para el caso del cerco durante los años 2003 y 2005, el valor promedio estimado fue equiparable a la TMC. Asimismo, en el caso del buceo compresora – red buceo, durante los años 2015-2016, la talla promedio se incrementó significativamente, coincidiendo con lo observado en el análisis general (Figura 8).

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

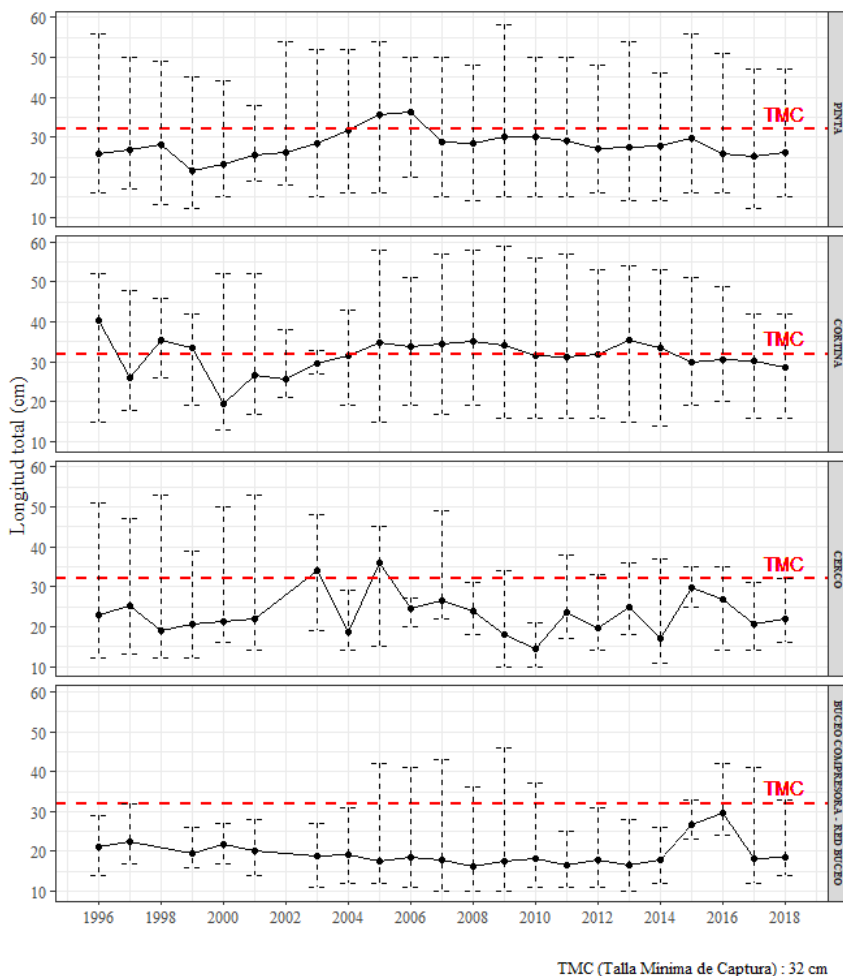


Figura 10. Variación anual de la talla media de cabrilla *Parabrachius humeralis* en los desembarques durante el periodo 1996-2018 por tipo de arte de pesca. Las líneas punteadas verticales representan los valores mínimos y máximos

6.3. Índice Gonadosomático (IGS)

Los valores de IGS mensual estimados para las tres (03) zonas presentaron un similar comportamiento en el ciclo reproductivo (Figura 11), a pesar de las diferencias en su magnitud. En las tres zonas evaluadas se observó un incremento del IGS desde el inicio del segundo semestre hacia el mes de diciembre, para posteriormente alcanzar sus máximos valores durante el primer trimestre de cada año y luego descender gradualmente.

Dado el comportamiento reproductivo semejante en las tres zonas (norte, centro y sur), se estimó un patrón global para todas las zonas referente al ciclo reproductivo, el cual sería representativo de la población de cabrilla frente al litoral peruano (Figura 12). De



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

esta forma, el patrón integrado mostró que los valores más bajos de este índice se ubicaron a mitad de año (junio-julio), el cual luego va ascendiendo hacia fin de año. Este ascenso observado para el cuarto trimestre del año (octubre-diciembre) hace referencia al desarrollo de la madurez de esta especie. De forma continua, en los siguientes meses (enero-marzo), alcanza el máximo desarrollo gonadal (reflejado en el IGS). Posteriormente, se presenta un descenso lo que refleja que durante esta época (verano) la población atravesó un proceso de desove.

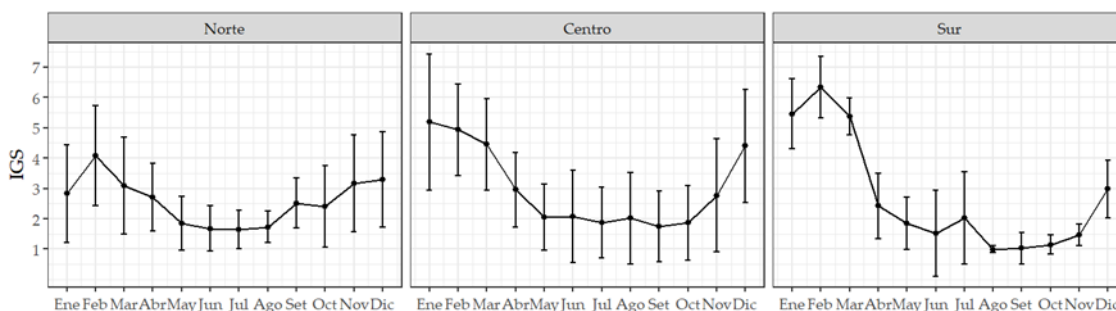


Figura 11. Índice gonadosomático mensual de cabrilla *Paralabrax humeralis* por zona de pesca (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

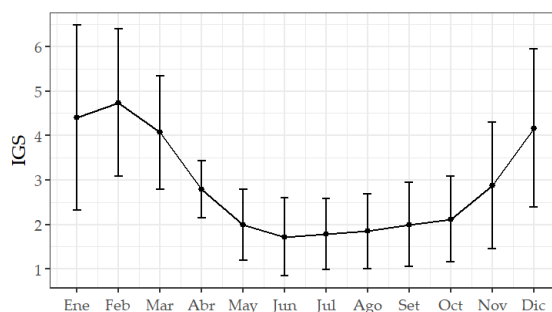


Figura 12. Índice gonadosomático mensual de cabrilla *Paralabrax humeralis* (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

6.4. Factor de condición (FC)

Los valores del FC mensuales calculados para las zonas norte, centro y sur presentaron comportamientos diferentes (Figura 13). La zona norte, presentó los valores más altos durante el segundo trimestre del año, en el caso de la zona centro, estos valores se presentaron en el último trimestre y para la zona sur se encontraron en el primer trimestre. Complementariamente, cabe mencionar que los valores más bajos, tanto para la zona norte como centro, se observaron en el primer trimestre, mientras que en la zona sur se visualizaron durante el tercer trimestre.

Si bien la variabilidad del FC en cada zona es distinta, se tomó en consideración un patrón global (considerando la información perteneciente a las tres zonas), asumiendo



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

que estas variaciones en el índice se deben principalmente a un factor de disponibilidad de alimento o ambiental que influye sobre la condición corporal. En ese sentido, el patrón integral que representaría el ciclo de la condición corporal de la población de cabrilla muestra una variación coherente en contraste con el IGS (Figura 14). El principal periodo identificado para este índice se ubicó en el último semestre del año, alcanzando su máximo valor en octubre para posteriormente descender. Esta tendencia guarda relación con el comportamiento del IGS, el cuál descenderá posteriormente a inicios de año (época de "desove") para coincidir con la "recuperación del bienestar corporal".

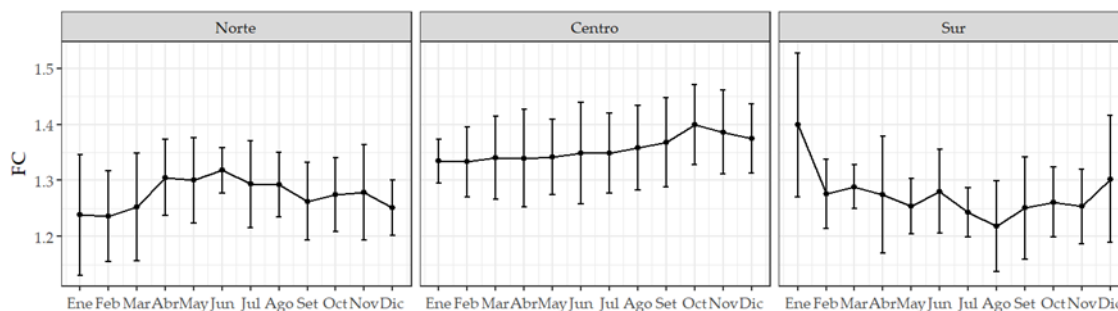


Figura 13. Factor de condición mensual de cabrilla *Paralabrax humeralis* por zona de pesca (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

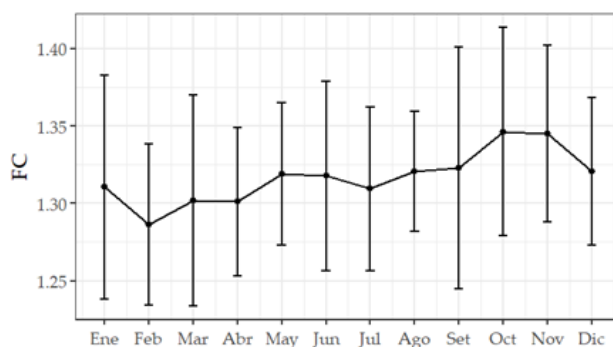


Figura 14. Factor de condición mensual de cabrilla *Paralabrax humeralis* (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

6.5. Talla de primera madurez

La talla de primera madurez (TPM) se estimó en 25,05 cm de LT (Figura 15) para el periodo 2001-2018. Asimismo, sus intervalos de confianza al 95% se calcularon en 24,89 – 25,21 cm LT (Tabla 2). La equivalencia de la TPM en edad, tomando en consideración los parámetros de crecimiento de Samamé (1974) y Goicochea et al. (2012), mostró que la cabrilla alcanza su TPM a la edad aproximada de 2,56 y 2,76 años, respectivamente.

Adicionalmente, a partir de la estimación de la TPM por grupo de años (Tabla 2), se

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

evidenció que esta talla ha ido fluctuando en el tiempo, identificando que el mayor valor (25,34 cm LT) se presentó para el periodo más cercano al actual (2016-2018). Por otra parte, la TPM más baja (25,00 cm LT) se observó para el periodo 2006-2010.

Tabla 2. Valor medio e intervalos de confianza de las estimaciones de la talla de primera madurez de cabrilla *Paralabrax humeralis* para el periodo 2001-2018

Periodo	Media (cm)	Lím. Inferior (cm)	Lím. Superior (cm)
2001-2005	25,18	24,81	25,50
2006-2010	25,00	24,70	25,31
2011-2015	25,03	24,73	25,33
2016-2018	25,34	25,02	25,67
2001-2018	25,05	24,89	25,21

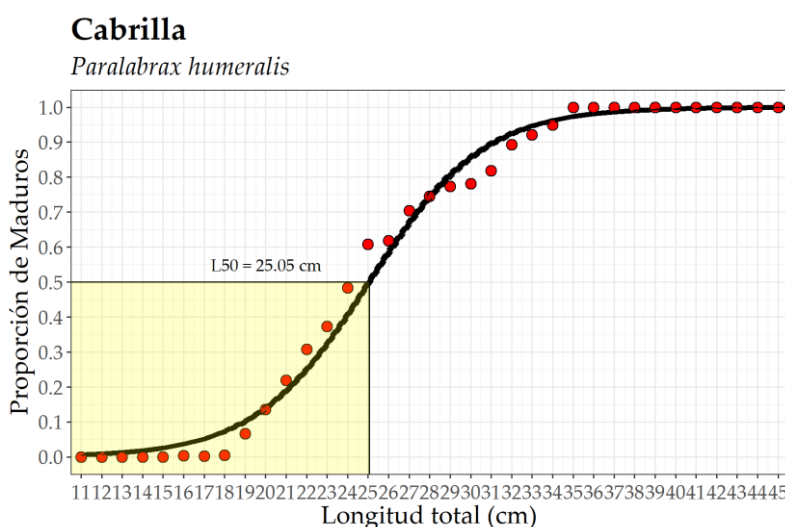


Figura 15. Curva logística de madurez sexual de cabrilla *Paralabrax humeralis* para el periodo 2001-2018

6.6. Talla mínima de captura

El análisis del ciclo reproductivo (en base al IGS) fue variable a escala mensual, tanto por zonas de estudio (norte, centro y sur), como para la zona integrada; sin embargo, todas mostraron un patrón similar. Con el objetivo de calcular la talla mínima de captura (TMC), se tomó en consideración el patrón obtenido a nivel nacional. El comportamiento de este ciclo reproductivo mostró que el periodo de mayor relevancia para el proceso de maduración y desove corresponde a las estaciones de primavera y verano (desde diciembre a marzo). Dado que durante este periodo se lleva a cabo el desove de la especie, se evidenció una coincidencia con el mes en el cual se registra el máximo valor de IGS (febrero) (Figura 16). Por ende, se estima que el recurso requiere como máximo 6 meses (Δt) para ingresar a un periodo importante de reproducción (febrero), desde que inicia su maduración gonadal (agosto). Adicionalmente, ésto se explica con los valores de referencia del IGS respecto a cada estadio, en el cual se ve que individuos que se encuentran maduros presentan valores menores a 4, mientras que individuos próximos



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

al desove o que se encuentran desovando (estadios 5 y 6, madurante avanzado y desovante, respectivamente) presentan valores mayores a 4 (Figura 16).

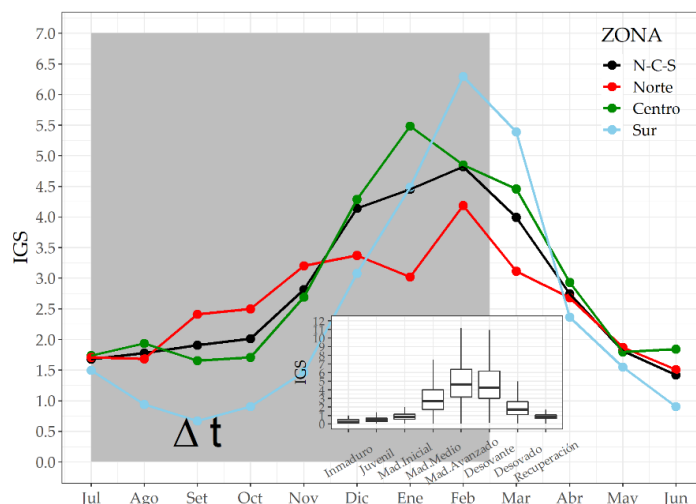


Figura 16. Variación del Índice Gonadosomático cabrilla *Paralabrax humeralis*

La Talla Mínima de Captura (TMC) se basa en el tiempo que demora un individuo (hembra) que se encuentra maduro hasta que alcanza el desove, tomando en consideración de que al menos haya desovado una vez antes de ser capturado. Según el análisis del ciclo reproductivo de la cabrilla, se observó que desde que inicia la maduración hasta alcanzar el desove, hay una ventana de tiempo de al menos 6 meses (Δt). Basado en ello, en la Tabla 3 se presentan los valores estimados a partir de los distintos juegos de parámetros de crecimiento, y los valores de TPM para cada grupo de años y el periodo global de estudio. Las estimaciones mostraron que la TMC para el periodo 2001-2018, considerando el crecimiento según Samamé (1974), fue 27,35 cm LT; no obstante, al diferenciar los años, los valores oscilaron entre 27,30 y 27,63 cm LT, correspondiendo este último valor a la fecha más actual del periodo de estudio.

Tabla 3. Datos de entrada y salida en la estimación de la Talla Mínima de Captura de cabrilla *Paralabrax humeralis*

Periodo	TPM (cm)	TMC (cm)	
		Samamé (1974)	Goicochea et al. 2014
2001-2005	25.18	27.47	27.17
2006-2010	25.00	27.30	27.00
2011-2015	25.03	27.33	27.03
2016-2018	25.34	27.63	27.33
2001-2018	25.05	27.35	27.05



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Para determinar el porcentaje de tolerancia, se tomó en consideración criterios basados en la experiencia y medidas precautorias, partiendo del concepto de selectividad.

La selectividad se define como la fracción de peces retenida en un determinado tamaño de malla; dicha fracción, cuando se grafica en función del tamaño, adopta la figura de una "ojiva" (forma de S). Generalmente, una "ojiva de selectividad" se trata de una función que cuenta con dos parámetros: la longitud en la que se retiene el 50% (L_{50}) y el rango de selección (RS). A su vez, el RS está determinado por la longitud en la que se retiene el 25% (L_{25}) a 75% (L_{75}) de los individuos que interactúan con la red.

En base al concepto de Rango de Selección, se puede definir objetivamente el "Porcentaje de Tolerancia" como la fracción de peces cuyos tamaños se encuentren entre L_{25} y L_{50} . Por lo tanto, el "Porcentaje de Tolerancia" de ejemplares por debajo de la TMC equivaldría al 25% de ejemplares en número.

6.7. Hábitos alimentarios

Del total de estómagos analizados el 24,9% tenía alimento. Asimismo, se identificaron en total 86 presas entre crustáceos (58), peces (20), moluscos (4), cefalópodos (3) y equinodermos (1) (apéndice: Tabla A1). Los crustáceos presentaron %IRI ≥ 64 , siendo los principales componentes que sustentaron la dieta de cabrilla durante el periodo de estudio, excepto en los años 1998, 2011, 2012, 2016 en los cuales fueron los peces (%IRI > 54,4) quienes desempeñaron un rol importante como fuente de energía.

Las presas de mayor importancia en el espectro alimentario de este sciánido fueron la munida *Pleuroncodes monodon* (%IRI = 0,5 - 99), anchoveta *Engraulis ringens* (%IRI = 0,5 - 79), el cangrejito de roca *Petrolisthes desmarestii* (%IRI = 0,3 - 67) y teleósteos indeterminados (%IRI = 0,3 - 27) (apéndice: Tabla A1).

La dieta expresada en peso estuvo representada principalmente por crustáceos y peces (Figura 17), en orden de importancia, dentro de los cuales las principales presas fueron *P. monodon* (%P = 0,5 - 82,3), *E. ringens* (%P = 1,9 - 55,0) y *P. desmarestii* (%P=0,3 - 40,9).

Respecto del nivel trófico, durante el periodo de estudio este indicador varió entre 3,1 y 4,2 (Figura 18). Estos valores estimados corresponden a un predador carnívoro, que en el caso de la cabrilla se asocia a la dieta basada principalmente de munida y anchoveta



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

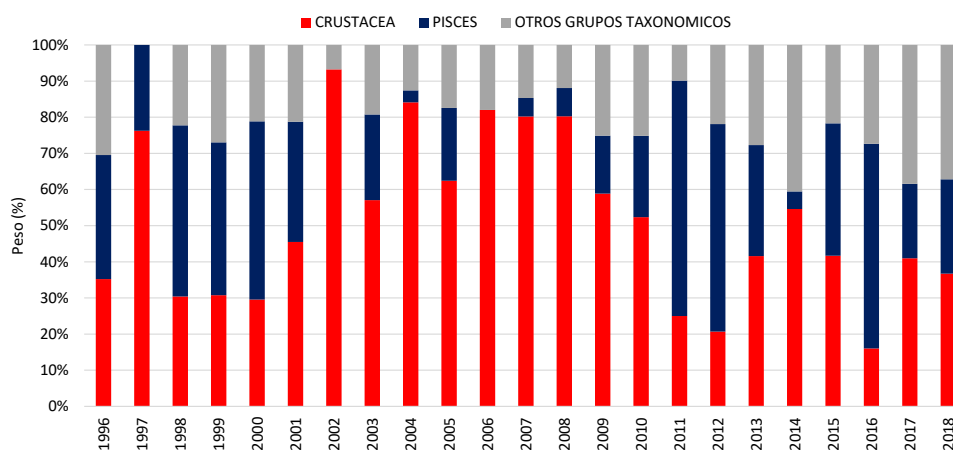


Figura 17. Variación anual de las presas según grupo taxonómico en la dieta de cabrilla *Paralabrax humeralis* (%Peso) en la zona del Callao. Período, 1996-2018

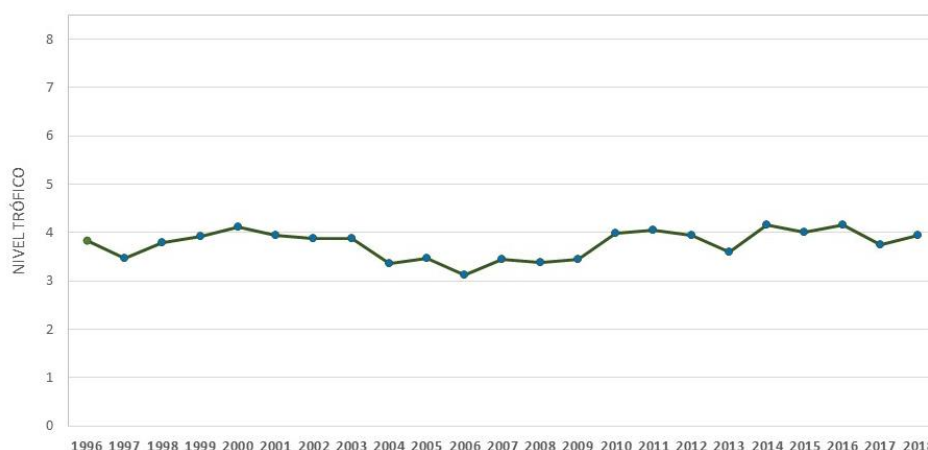


Figura 18. Valores de nivel trófico de cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona de Callao. Período, 1996-2018

6.8. Indicadores del stock

6.8.1. Captura por unidad de esfuerzo - CPUE



La aplicación de modelos lineales generalizados (GLM) para la estandarización de la CPUE fue realizada bajo dos criterios: el primero consideró la aplicación de esta metodología por zonas (norte y centro), y el segundo consideró la estimación de una serie de CPUE por arte de pesca (cortina y pinta) dentro de cada zona. Bajo este enfoque, se obtuvieron cuatro (04) series de CPUE, las mismas que son detalladas a continuación:

a) Zona norte

Para el arte de pesca cortina en la zona norte, el modelo GLM permitió explicar aproximadamente el 57% de la varianza de los datos. Además, el modelo presentó



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

algunos inconvenientes durante la validación. Como se observa en la Figura 19, los residuos vs los valores predichos sugieren una leve falta de linealidad, asimismo, el grafico *q-q plot* muestra falta de normalidad en los residuos. Por otro lado, no se observaron datos atípicos que pudiesen influenciar significativamente en los resultados.

En el caso del arte de pesca pinta, el modelo permitió explicar alrededor del 54% de la varianza de los datos. En la Figura 20 se observa que los residuos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianza y de normalidad. Sin embargo, como se observa en la figura *q-q plot*, este último presentó un leve desvío (asimetría) y de forma similar a lo observado en la cortina, no se encontraron valores atípicos que influyeran significativamente en los resultados del modelo.

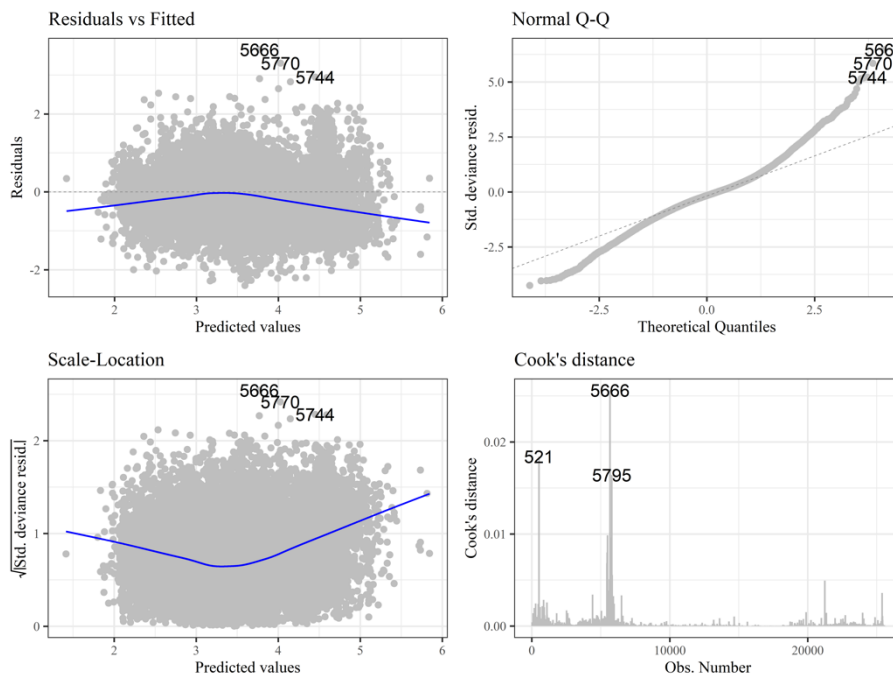


Figura 19. Validación del modelo GLM para la estandarización de la CPUE de cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona norte, para el arte cortina. Periodo, 1996-2018



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

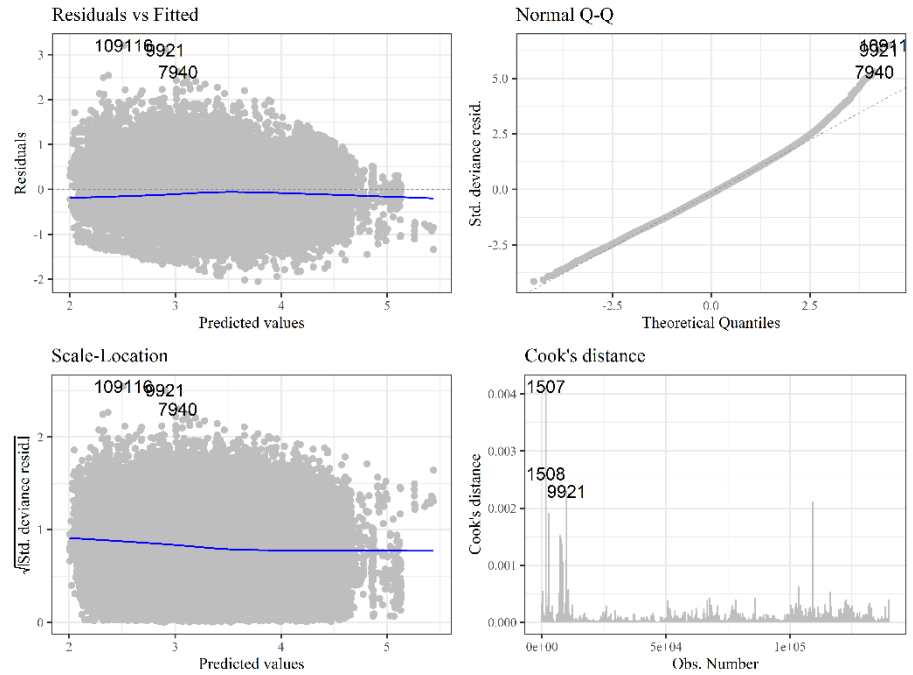


Figura 20. Validación del modelo GLM para la estandarización de la CPUE de cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona norte, para el arte pinta. Periodo, 1996-2018

La serie de CPUE estandarizada para la cortina (Figura 21a) muestra diferencias significativas respecto del CPUE nominal durante los años 1999, 2015, 2016 y 2018, donde la CPUE estandarizada presenta valores menores. En el caso de la serie de CPUE estandarizada para la pinta, se observa que las mayores diferencias fueron obtenidas durante el periodo 1996 – 2005, en el cual el modelo suaviza el efecto de valores extremos, estimando valores de CPUE menores (Figura 21b).

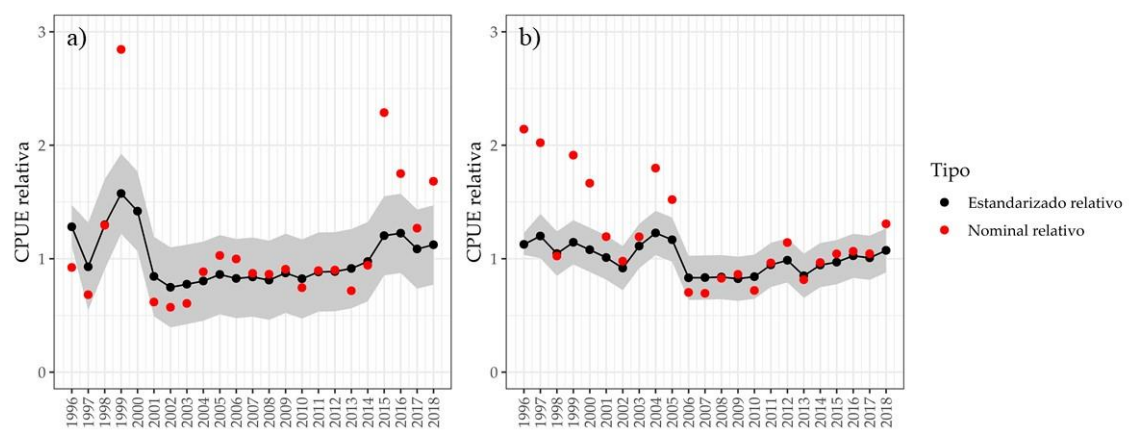


Figura 21. Variación de la CPUE estandarizada vs CPUE nominal de la cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona norte para los artes a) cortina y b) pinta durante el periodo 1996 – 2018



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

b) Zona centro

En la zona centro, el modelo GLM para cortina permitió explicar aproximadamente el 61% de la varianza de los datos. En comparación con lo obtenido para la zona norte, el modelo presenta una mejor relación en la comparación residuos vs valores predichos denotando varianza homogénea. Por otro lado, en el gráfico *q-q plot* se asemeja a una distribución normal, aunque con algunas leves desviaciones en los extremos. Adicionalmente, no se observaron datos atípicos que pudiesen influenciar significativamente en los resultados (Figura 22).

De forma similar a lo descrito para la cortina, el modelo GLM para el arte pinta en la zona centro permitió explicar alrededor del 61% de la varianza de los datos utilizados. Asimismo, en el análisis de los residuos, se observa que poseen varianza homogénea, aunque posiblemente un leve problema de linealidad, el mismo que se ve traducido en una leve asimetría en la distribución de los residuos como se consta en el *q-q plot* (Figura 23). Respecto de los valores atípicos, éstos no influenciaron significativamente sobre el modelo.

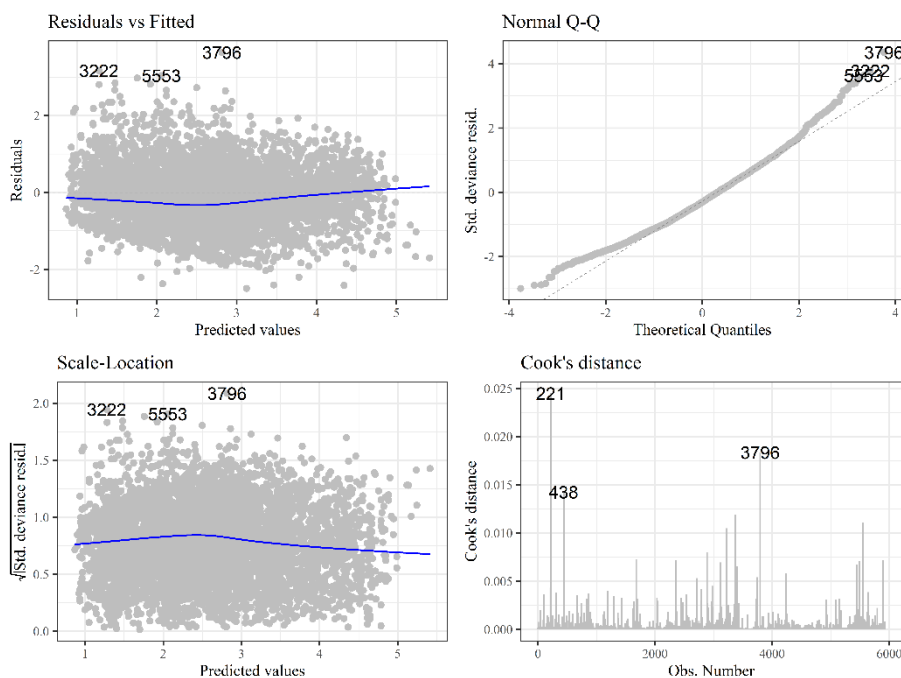


Figura 22. Validación del modelo GLM para la estandarización de la CPUE de cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona centro, para el arte cortina. Periodo, 1996-2018



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

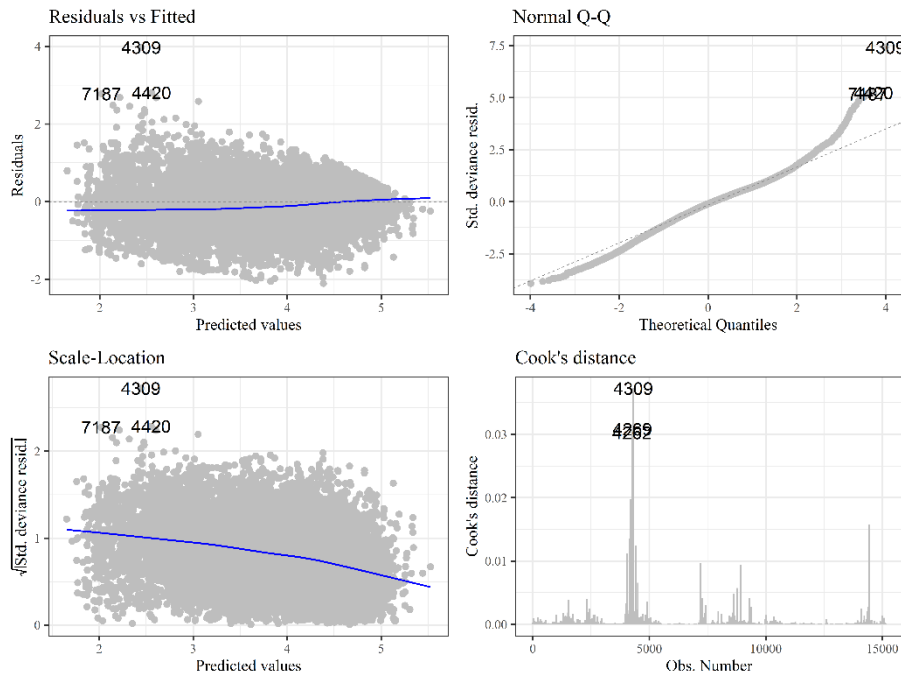


Figura 23. Validación del modelo GLM para la estandarización de la CPUE de cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona centro, para el arte pinta. Periodo, 1996-2018

Las series de CPUE estandarizadas para la zona centro, muestran similitudes a las estimadas para la zona norte respecto a la tendencia. Por otro lado, en ambas series de CPUE se observa que las mayores diferencias fueron obtenidas durante el periodo 1996 – 2002 (Figura 24a). Un aspecto que resaltar respecto de la pinta son los límites de confianza estrechos.

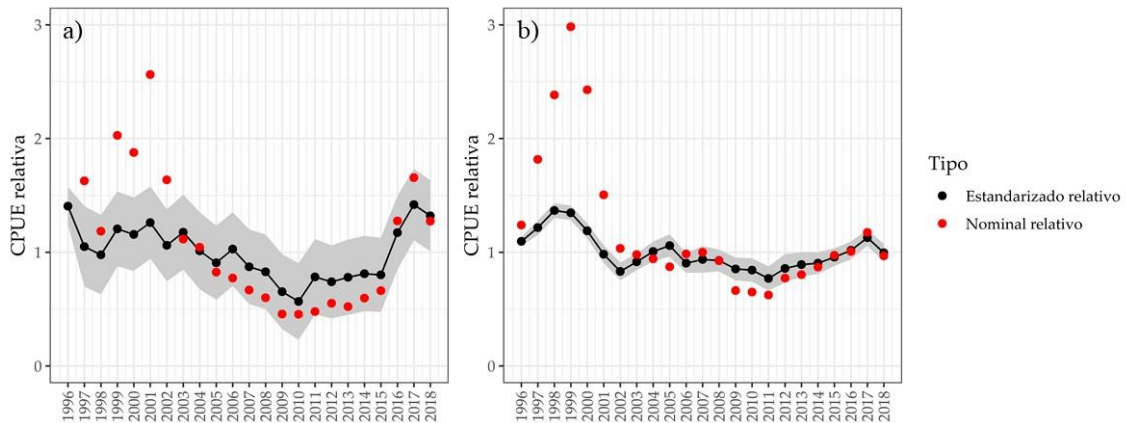


Figura 24. Variación de la CPUE estandarizada vs CPUE nominal de la cabrilla *Paralabrax humeralis* en la zona centro para los artes a) cortina y b) pinta durante el periodo 1996 – 2018

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

6.8.2. Máximo Rendimiento Sostenible (MSY)

Los principales resultados obtenidos a través de la metodología propuesta por Froese et al. (2017) son mostrados en la Tabla 4, donde los valores de r y K , que mejor se adecuan a la variación del desembarque y los supuestos de resiliencia asociada a la cabrilla, fueron estimados en 0.405 año^{-1} y $39\,300 \text{ t}$. Asimismo, el MSY fue estimado en $3\,970 \text{ t}$, con intervalos de credibilidad entre $3\,530$ y $4\,480 \text{ t}$.

Tabla 4. Parámetros estimados por el modelo CMSY para el stock de cabrilla *Paralabrax humeralis* frente al litoral peruano

Parámetros	Media	Unidades	Intervalos de credibilidad	
			2.50%	97.50%
r	0.405	año^{-1}	0.292	0.56
K	39.3	10^3 t	29.6	52.2
B/K	0.512		0.324	0.596
MANEJO				
F_{MSY}	0.202	año^{-1}	0.146	0.28
MSY	3.97	10^3 t	3.53	4.48
B_{MSY}	19.6	10^3 t	14.8	26.1
B_{2018}	20.1	10^3 t	12.7	23.4
B_{2018}/B_{MSY}	1.02		0.649	1.19
F_{2018}	0.158	año^{-1}	0.136	0.249
F_{2018}/F_{MSY}	0.781		0.671	1.23

Los resultados con fines de manejo derivados del modelo CMSY se presentan en la Figura 25. Los paneles superiores muestran que los desembarques registrados durante los últimos 19 años se han mantenido por debajo del MSY, pero con un importante incremento durante los últimos 5 años. Esta situación se ve reflejada en los niveles de biomasa estimados, en los cuales, para el final del periodo analizado, la biomasa se encontraría a niveles equiparables al B_{MSY} (nivel de biomasa necesaria para obtener el MSY). Por otro lado, en los paneles inferiores, se observa que la mortalidad por pesca se encontraría por debajo del nivel de referencia (F_{MSY}), situación que va de la mano con las estimaciones de biomasa y los niveles de desembarque registrado. Y, por último, la figura de la zona inferior derecha muestra la relación entre la biomasa relativa y la tasa de explotación relativa, indicando con un triángulo el último año analizado (esta gráfica se encuentra mejor esquematizada en la Figura 26).

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

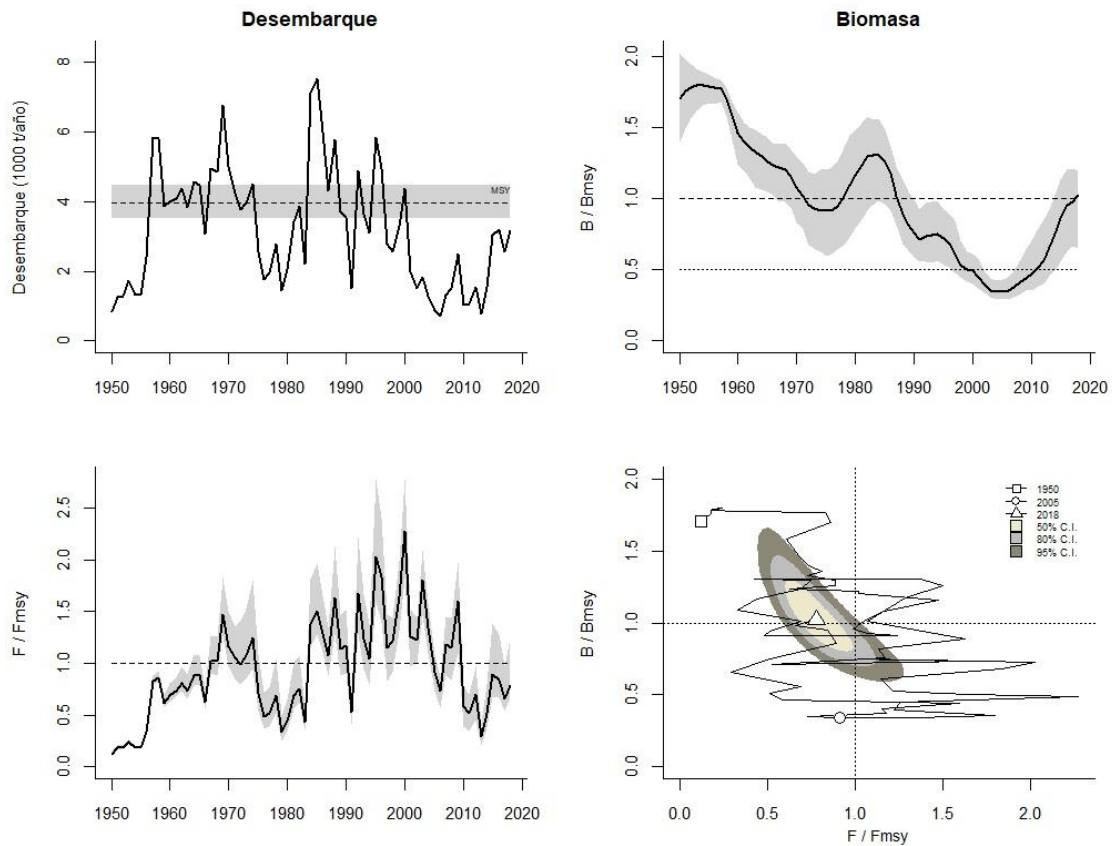


Figura 25. Resultados del modelo CMSY para el stock de cabezona *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano durante el periodo 1950 - 2018

Asimismo, de manera esquemática se presenta el kobepplot para el stock de cabezona (Figura 26). El área naranja indica que el tamaño del stock es saludable pero que presenta riesgo de caer en sobrepesca; el área roja indica que el stock está sufriendo sobrepesca, con niveles de biomasa bajos que no llegan a producir el Máximo Rendimiento Sostenible (MSY); el área amarilla indica un stock con niveles bajos de biomasa pero con presión de pesca reducido (recuperación); el área verde es la zona objetivo de manejo, indicando un nivel de pesca sostenible y un tamaño poblacional saludable capaz de producir rendimientos equiparables al MSY.

En ese sentido, la historia de la pesquería de la cabezona ha pasado por todos los escenarios descritos anteriormente, y para el último año evaluado, en promedio, se muestra en el límite entre la zona verde y la zona amarilla cuya incertidumbre (crema: 50%, gris claro: 80% y gris oscuro: 95% de confianza) a un nivel de 95% de confianza no evidencia diferencia significativa con otros escenarios. Esta situación es comúnmente observada en poblaciones que se encuentran en niveles de explotación plena, denotando la toma de medidas que permitan limitar la presión de pesca.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

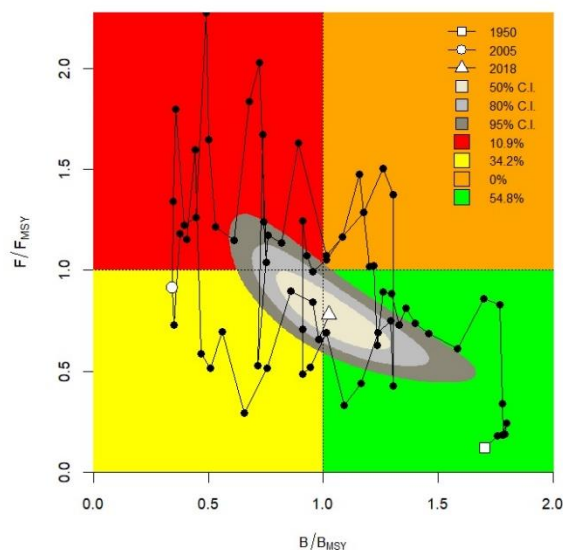


Figura 26. Kobepplot para el stock de cabezona *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano durante el periodo 1950 - 2018

6.8.3. Modelo dinámico de biomasa bajo el enfoque de espacio de estados

A través de la inspección visual de los *trace plots* de los parámetros del modelo, éstos muestran que los posibles valores poseen una distribución homogénea, lo cual es indicativo de convergencia (Apéndice: *Figura A1*). En general, se observa que el ajuste individual de cada serie de CPUE es adecuada, aunque la pinta, tanto del norte como del centro, son las que mejor han sido representadas por el modelo (Figura 27).

Los parámetros estimados son mostrados en la Tabla 5, donde la mejor configuración corresponde a un valor de K igual a 24 343,8 t asociada a una tasa de crecimiento poblacional (r) de 0,38 año⁻¹. Asimismo, el valor de ψ (B_{1996}/K) fue estimado en 0,958, es decir que, para el periodo analizado bajo este enfoque, la biomasa estimada para 1996 bordeaba el valor de K . Por otro lado, la relación entre la biomasa estimada para el 2018 y K bordearía los 0,73.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

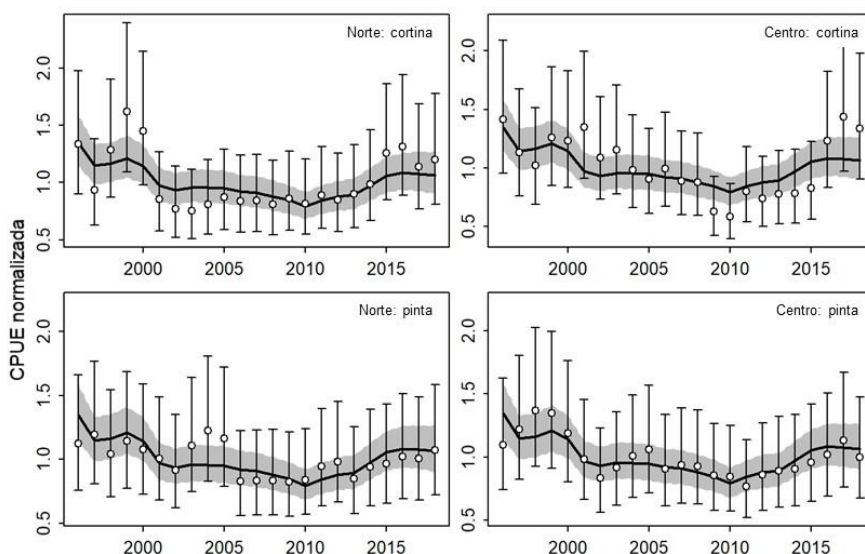


Figura 27. Serie de tiempo de CPUE observada (círculos con barras de error) y CPUE predicha (línea continua) de la cabrilla *Paralabrax humeralis* durante el periodo 1996 – 2018. Área en color gris representa el intervalo de credibilidad al 95%

Tabla 5. Resumen de la distribución posterior de los principales parámetros estimados por JABBA para la cabrilla *Paralabrax humeralis* durante el periodo 1996 - 2018

Estimados	Media	Unidad	sd	Intervalo de credibilidad	
				Inferior	Superior
K	24343.8	t	3201.6	18889.4	31499.4
r	0.382	año ⁻¹	0.054	0.289	0.499
$\psi (B_{1996}/K)$	0.958		0.075	0.814	1.109
F_{MSY}	0.191	año ⁻¹	0.027	0.144	0.25
B_{MSY}	12171.9	t	1600.8	9444.7	15749.7
MSY	2311.3	t	356.1	1746.8	3150.3
B_{2018}	17945.2	t	3624.4	11860.8	26185.0
B_{2018}/K	0.734		0.086	0.568	0.908
B_{2018}/B_{MSY}	1.468		0.172	1.136	1.815
F_{2018}/F_{MSY}	0.979		0.223	0.598	1.473



C. YAMASHIRO

Al considerar solo el periodo 1996 – 2018 en la evaluación poblacional de la cabrilla, se observa que la variación de los niveles de biomasa respecto del B_{MSY} se han mantenido por encima del valor de 1. Es decir, que la biomasa difícilmente se ha reducido por debajo del nivel de biomasa necesaria para alcanzar el Máximo Rendimiento Sostenible (ver en Apéndice Figura A2). Asimismo, durante el periodo 1996 – 2000, la mortalidad por pesca (F) estuvo levemente por encima de la mortalidad por pesca óptima (F_{MSY}), luego de lo cual, decayó progresivamente debido a una reducción en los niveles de desembarque. Y finalmente, casi a fines del periodo analizado, F se incrementó hasta equiparar al F_{MSY} (Figura 28).



J. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

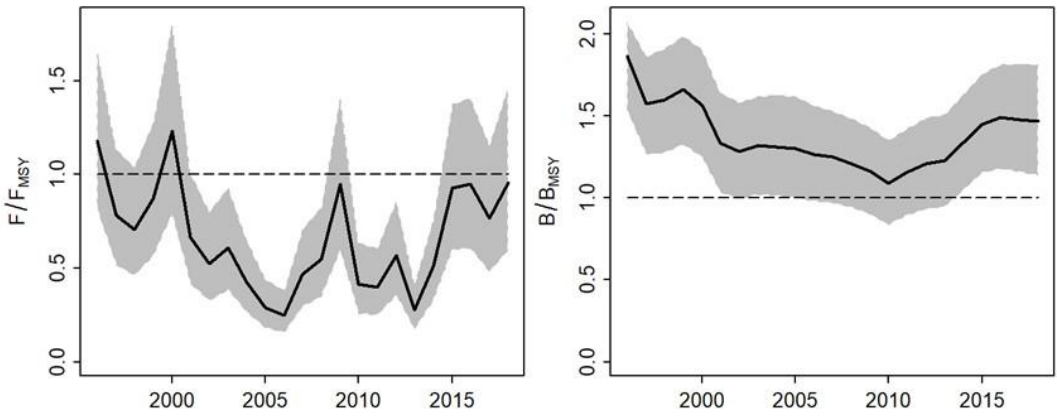


Figura 28. Variación de F/F_{MSY} (izquierda) y B/B_{MSY} (derecha) estimadas por JABBA para la cabrilla *Paralabrax humeralis*

De forma similar a lo mostrado en la aplicación del CMSY, se presenta el kobeplot derivado de los resultados obtenidos mediante la aplicación del JABBA, donde se observa que la situación actual de la población de cabrilla se ubica principalmente entre las zonas verde (zona deseable e indicadora de una población saludable) y naranja (zona que indica que el tamaño del stock es saludable pero que presenta riesgo de caer en sobrepesca). Asimismo, se muestra la incertidumbre asociada a la aplicación de este tipo de modelos (modelos de producción), las cuales son representadas con puntos en color negro y su densidad asociada en áreas de color gris (Figura 29).

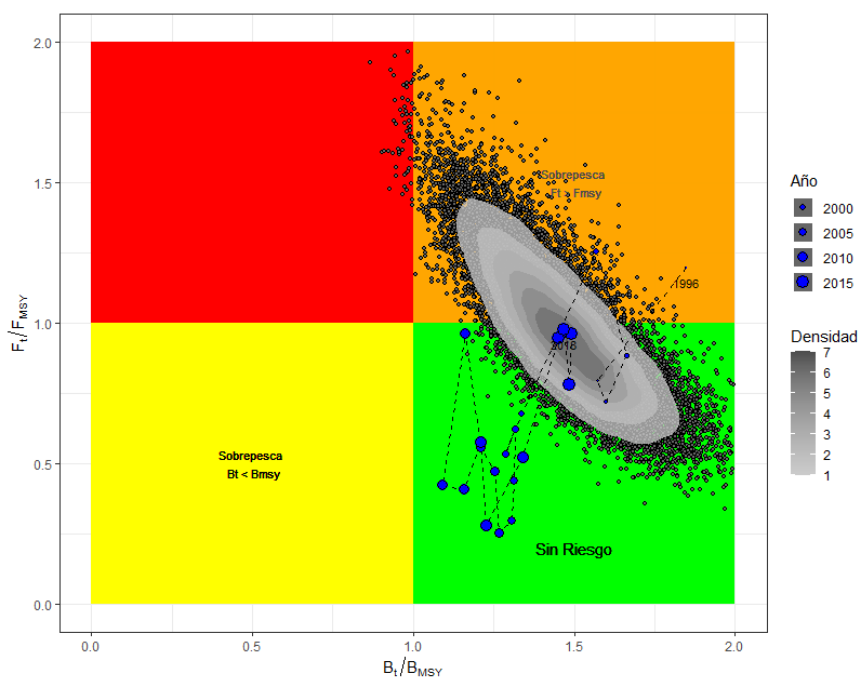


Figura 29. Kobeplot para el stock de cabrilla en el litoral peruano derivado del modelo JABBA durante el periodo 1996 – 2018



BICENTENARIO PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

7. DISCUSIÓN

Diversos autores han reportado que la variación en la abundancia del recurso cabrilla se encuentra relacionada principalmente a factores ambientales. Adams y Flores (2016), describen que ante eventos La Niña la abundancia de cabrilla (representado a través de la CPUE) se ve reducida, mientras que durante eventos El Niño débil este se ve favorecida. Asimismo, Espino (1990a) menciona que durante eventos El Niño fuertes como los ocurridos durante 1982-1983 y 1997-1998, la abundancia de este recurso se ve reducida debido a que el recurso se dispersa y se desplaza hacia el sur y hacia aguas más profundas. Evidentemente, esto podría haber influenciado las variaciones observadas en los desembarques. Asimismo, se sabe de la existencia de otros factores, no ambientales, que estarían contribuyendo a su variación como lo ocurrido durante el año 1991. En ese caso particular, se redujo sustancialmente la demanda general de pescados en el mercado local debido a la enfermedad causada por el bacilo *Vibrio cholerae* "el cólera" y su asociación con el pescado, lo cual impactó fuertemente a la pesquería debido al temor de contraer la mencionada enfermedad.

En base a la estructura de los desembarques de cabrilla se infiere que el rango de tallas que soporta la presión pesquera de la flota artesanal es amplio, con ejemplares que van desde los 10 cm hasta los 59 cm. Asimismo, la talla promedio estimada se encuentra por debajo de la TMC, en parte debido a la influencia de los artes de pesca pinta, cerco y buceo compresora – red buceo. En el caso de este último, se presentan los mayores valores de incidencia de ejemplares por debajo de TMC, debido a que el arte de pesca es utilizado en lugares costeros (Salazar et al., 2015), donde se encuentra el recurso durante sus fases tempranas de vida (Samame, 1981).

Por otro lado, cabe mencionar que no se evidenció la gradiente latitudinal en tallas, según lo descrito para otros demersales como la merluza, cuyos ejemplares de mayores tallas se encuentran en la zona norte, mientras que los de tallas menores se encuentran hacia el sur (Gonzales et al., 1997).

La estacionalidad del ciclo reproductivo de la cabrilla, reflejada a través de la variabilidad del IGS, mostró que el periodo de mayor relevancia para la maduración y desove correspondió a las estaciones de primavera y verano. Este patrón no fue ajeno a las zonas evaluadas, a pesar de sus diferencias en el pico máximo de IGS asociado al proceso de desove (enero o febrero, dependiendo la zona). Miñano y Castillo (1971) reportan para la localidad de Chimbote (correspondiente al centro de la zona de estudio), que la principal época de desove se ubicó durante la época de verano (específicamente el mes de marzo). Esto coincide con la estación obtenida en este trabajo; sin embargo, a escala mensual se encontraron diferencias de 1 mes, lo que se puede deber a efectos de fluctuaciones de la estacionalidad y al corto periodo de estudio que emplearon. Por otra parte, en relación con el inicio de la maduración, los resultados del trabajo de estos



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

autores reflejan que empieza desde el segundo semestre, coincidiendo con lo obtenido en el presente informe tanto para la zona norte, centro y sur.

En relación con el patrón global del factor de condición (FC), éste muestra un comportamiento contrario al del IGS, guardando concordancia entre el ciclo reproductivo y gasto energético para sus funciones (principalmente la reproducción). El contraste entre ambos índices, resaltan dos etapas clave. El primero de ellos la maduración y desove, que se da durante las estaciones primavera-verano, reflejado en valores altos de IGS y valores bajos de FC, dado que emplea su energía en incrementar la masa de las gónadas en lugar de su propia condición corporal. En segundo lugar, el periodo de recuperación corporal e inicio de la maduración, desarrollado durante las estaciones de otoño-invierno, con bajos valores de IGS y ascenso en los valores de FC. Esto indicaría que la especie enfoca su energía a mejorar su condición corporal, puesto que posteriormente volvería a iniciar su ciclo reproductivo, transmitiendo su gasto energético al desarrollo de sus gónadas. Por otra parte, al diferenciar el FC por zona de estudio, se encuentran algunas diferencias, esto se puede deber al ligero desfase que se ha encontrado en los picos máximos de desove (~1 mes), a la disponibilidad de nutrientes de cada zona o los estímulos ambientales característicos de cada zona, más aún en un ecosistema marino altamente variable como el Sistema de Afloramiento Peruano.

Miñano y Castillo (1971) manifiestan haber encontrado que ejemplares machos y hembras pueden atravesar un proceso de desove desde los 20 y 21 cm LT, respectivamente. Asimismo, estimaron 50% de ejemplares que se encuentran sexualmente maduros en el caso de hembras se ubicó a la longitud de 24.5 cm LT, mientras que para los machos a la talla de 23.5 cm LT. La estimación para las hembras guardó coincidencia con la talla de primera madurez (TPM) estimada mediante una ojiva de madurez para el periodo estudio del presente trabajo (25.05 cm LT). Sin embargo, los autores emplearon un enfoque basado en la frecuencia acumulada de ejemplares en estadios V y VI (los cuales consideraron como maduros próximos a desovar) respecto a cada rango de talla. A pesar de la distancia temporal de los trabajos y de las diferencias metodológicas, se alcanzó un rango de valores coherente entre estos estudios.

Finalmente, en base a la mejor información científica disponible, se ha realizado un nuevo cálculo de TMC (~27 cm LT) para la cabrilla, así como el porcentaje de tolerancia en número de ejemplares por debajo de la TMC (25%), cuyos valores puedan responder a la necesidad de explotar razonablemente este importante recurso marino. Debe tenerse en consideración que el proceso de implementación de estos nuevos valores va a responder a los criterios, objetivos y estrategias de manejo de la administración pesquera.

Los resultados obtenidos a través del análisis de la alimentación de la cabrilla permitieron corroborar el carácter de predador carnívoro de esta especie, coincidiendo



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS



BICENTENARIO PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

con lo descrito por Miñano y Castillo (1971), así como lo reportado para otras latitudes (Medina et al., 2004; Vargas et al., 1999). Asimismo, esta especie ha sido considerada como una especie de tipo generalista debido al amplio espectro alimentario (Canal, 1993), situación que coincide con lo observado en el presente estudio.

Cabe resaltar que la estimación de la CPUE estandarizada a través de la aplicación de GLMs debe de considerarse como una vista preliminar. A pesar de los ajustes del modelo y al poder de explicación de la varianza en los cuatro ajustes realizados, se han observado problemas ligados a los supuestos del modelo como lo es la linealidad y la normalidad. Estos aspectos están ligados a la complejidad del análisis de la información proveniente de pesquerías multiespecíficas como lo es por naturaleza la pesca artesanal. Varios autores vienen abordando esta problemática a través de diversos puntos de vista, uno de ellos corresponde a la determinación de "estrategias de pesca" el mismo que se encuentra asociada a la zona de pesca, el tipo de hábitat, la técnica de pesca utilizada e incluso entra a tallar la experiencia del pescador (Winker et al., 2013).

Otro aspecto a considerar es la alta variabilidad propia del mar peruano que hace difícil el identificar relaciones recurso – ambiente, pero que para el caso de la cabrilla existe bibliografía que ha abordado ese aspecto (Adams y Flores, 2016; Espino, 1990b). Sin embargo, no se obtuvieron buenos resultados durante el proceso de estandarización, quizá debido a la escala de tiempo sobre la cual se ha analizado en este estudio.

Al comparar los resultados obtenidos a través del CMSY y JABBA, se vislumbran dos situaciones, al parecer, bien diferenciadas. En el primer caso, que abarca una serie de tiempo mayor, el stock de cabrilla muestra un decaimiento progresivo en los niveles de biomasa desde 1950 hasta 2005, donde alcanza valores por debajo de B_{MSY} , después del cual este se recupera hasta alcanzar una situación de explotación plena (Figura 25). Mientras que el JABBA muestra que la biomasa se ha mantenido por encima del nivel de referencia (B_{MSY}) durante todo el periodo analizado (1996 – 2018) (Figura 28). Antes de hacer inferencias al respecto se debe de considerar algunos detalles. En cuanto al valor de r , el CMSY estimó un valor promedio de 0,405, con variabilidad entre 0,292 – 0,560; y en el caso de JABBA este valor fue estimado en 0,382 variando entre 0,289 – 0,499. Pese a la diferencia significativa entre ambas estimaciones (t test, p-valor < 0.05) ambos modelos muestran que el stock de cabrilla crece a una tasa que bordea el $0,4 \text{ año}^{-1}$. Por otro lado, las biomásas estimadas para el 2018 por ambos modelos no mostraron diferencias resaltantes (Tabla 4 y Tabla 5). La principal diferencia recae sobre las estimaciones de K , donde CMSY estima que este valor bordea las 39 mil toneladas, mientras que JABBA estima alrededor de las 24 mil toneladas. Esta diferencia es explicada por la serie de capturas utilizadas en la modelación, donde para el CMSY, se consideraron los mayores registros de desembarque, lo que conlleva a estimar un valor de K mayor.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

En este contexto, para determinar la salud de un stock, se contraponen los ratios F/F_{MSY} y B/B_{MSY} . Este último, es sensible al valor de K debido a que el $B_{MSY} = K/2$, esto explicaría las diferencias en los diagnósticos derivados de ambos modelos. Sin embargo, en ambas situaciones la incertidumbre asociada a las estimaciones muestra que el stock de cabrilla presenta signos de peligro. En el caso de CMSY el stock se encuentra en el umbral entre la zona verde y amarilla, situación en la cual la biomasa se podría encontrar por debajo de B_{MSY} . Mientras tanto en JABBA, el stock se encuentra en el umbral entre la zona verde y naranja, situación que denota la posibilidad de que el stock podría estar en una situación de sobreexplotación dada por un alto valor de F , el cual se encontraría por encima del F_{MSY} . En ambos casos se muestra el comportamiento típico de un stock en plena explotación. Por lo tanto, se sugiere la toma de medidas para garantizar que esta actividad extractiva sea sustentable, las mismas que deben estar orientadas a regular el esfuerzo de pesca, no permitiendo el incremento de la flota de pesca y otras restricciones asociadas al tamaño mínimo de captura, y de ser posible el establecimiento de vedas reproductivas que garanticen la renovación del recurso.

8. CONCLUSIONES

- Los mayores niveles de desembarque de cabrilla provienen de la zona norte, principalmente de la región Piura.
- Los desembarques poseen una estacionalidad marcada, observándose que éstos se realizan principalmente durante el verano – otoño.
- Las principales artes de pesca utilizadas en la extracción de cabrilla son la pinta, cortina, buceo compresora – red buceo y cerco, en orden de importancia, siendo la cortina aquella que presenta tallas medias equiparables a la TMC.
- El patrón del índice gonadosomático de la cabrilla de las zonas norte y centro del litoral, presentaron sus mayores valores durante las estaciones de primavera-verano y los más bajos en otoño-invierno.
- La talla de primera madurez gonadal de cabrilla para el periodo 2001-2018 es de 25,03 cm LT y para su periodo más actual fue de 25,34 cm LT.
- La talla mínima de captura (TMC), estimada a partir de los últimos años del periodo de estudio, fue de ~27 cm LT.
- El porcentaje de tolerancia en número de ejemplares por debajo de la TMC equivale al 25%.
- La cabrilla es un depredador carnívoro con un nivel trófico entre 3,1 y 4,2.
- El stock de cabrilla frente al litoral peruano se encontraría en situación de explotación plena, pero con algunos indicios de sobre explotación.





PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

9. RECOMENDACIONES

- Adoptar las medidas de conservación correspondientes a un recurso en nivel de plena explotación.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, G., Flores, D., 2016. Influencia de El Niño Oscilación del Sur en la disponibilidad y abundancia de recursos hidrobiológicos de la pesca artesanal en Ica, Perú. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 51, 265–272.
- Berg, J., 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiomus flavescens* (Gobiidae). Mar. Biol. 50, 263–273.
- Buitrón, B., Perea, A., Mori, J., Sánchez, J., Roque, C., 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf. Inst. del Mar del Peru 38, 373–384.
- Canal, R., 1993. Hábitos alimenticios de la "cabrilla" (*Paralabrax humeralis* V.) del área de Pisco. Boletín Lima 88, 59–68.
- Castillo, G., Fernández, J., Medina, A., Guevara-Carrasco, R., 2018. Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales. Inf. Inst. del Mar del Perú 45, 297–389.
- Chirichigno, N., Cornejo, R., 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Inf. Inst. del Mar del Peru Pub. Esp., 314.
- Chirichigno, N., Vélez, J., 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú, Segunda Edición. Instituto del Mar del Perú, Callao.
- Christensen, V., Pauly, D., 1992. ECOPATH II-A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecol. Modell. 61, 169–185.
- Cisternas, F., Sielfeld, 2008. Habitat overlap of *Paralabrax humeralis* (Cuvier & Valenciennes, 1828), *Hemilutjanus macrophthalmos* (Tschudi, 1845), and *Acanthistius pictus* (Tschudi, 1845) (Pisces; Serranidae) in the rocky subtidal south of Iquique, Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res. .
- Cortés, E., 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomachs contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54.
- De la Piedra, S., 2002. Talla de inversión sexual en *Paralabrax humeralis* Valenciennes, 1828 (Pices: Serranidae) en el litoral de Iquique y zonas adyacentes. Universidad Arturo Prat.
- Espino, M., 1990a. Análisis de la poblaciones de los principales recursos demersales del Perú. Bol. Inst. del Mar del Peru 14, 1–26.
- Espino, M., 1990b. "El Niño": su impacto sobre los peces demersales del Perú. Bol. Inst. del Mar del Peru 14, 3–10.



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de la ProducciónIMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

- Espino, M., Castillo, J., Fernández, F., Mendieta, A., Wosnitza-Mendo, C., Zeballos, J., 1986. El stock de merluza y otros demersales en abril de 1985, Crucero BIC Humboldt (23 de marzo al 5 de abril de 1985). Inf. Inst. del Mar del Peru 1–57.
- Espino, M., Yamashiro, C., Fernández, F., Cárdenas, G., 1995. Aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las pesquerías y sus recursos. Inf. Inst. del Mar del Peru 111, 3–34.
- FAO, 2016. Software para la pesca y la acuicultura. FishStatJ - Programa informático para series cronológicas de estadísticas de pesca y acuicultura.
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K.M., Winker, H., 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. Fish Fish. 18, 506–526. <https://doi.org/10.1111/faf.12190>
- Froese, R., Pauly, D., 2019. FishBase [WWW Document]. World Wide Web Electron. Publ.
- Gavaris, S., 1980. Use of a Multiplicative Model to Estimate Catch Rate and Effort from Commercial Data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, 2272–2275. <https://doi.org/10.1139/f80-273>
- Goicochea, C., Moquillaza, P., Mostacero, J., 2012. Edad y crecimiento de *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) en el mar del Callao. Inf. Inst. del Mar del Perú 39, 23–25.
- Gonzales, A., Castillo, R., Vásquez, L., 1997. Otros recursos de importancia durante el crucero de evaluación de merluza, BIC Humboldt 9705-06, Callao a Puerto Pizarro. Inf. Inst. del Mar del Perú 128, 105–121.
- Guevara-Carrasco, R., Bertrand, A., 2017. Atlas de la pesca artesanal del mar del Perú. IMARPE, Lima, Perú.
- Hacunda, J., 1981. Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. Fish. Bull. 79, 775–788.
- Heemstra, P., 1995. Serranidae. Meros, serranos, guasetas, enjambres, baquetas, indios, loros, gallinas, cabrillas, garropas, en: Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V. (Eds.), Guía FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO, Roma, pp. 1565–1613.
- Hyslop, E., 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17, 411–429.
- Johansen, A.C., 1919. On the large spring – spawning sea – herring (*Clupea harengus* L.) in the north – west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fisk. Bind 5, 1–56.
- Kimura, D.K., Balsiger, J.W., Ito, D.H., 1984. Generalized Stock Reduction Analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41, 1325–1333. <https://doi.org/10.1139/f84-162>
- Kimura, D.K., Tagart, J. V, 1982. Stock Reduction Analysis, Another Solution to the Catch Equations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39, 1467–1472. <https://doi.org/10.1139/f82-198>
- Martell, S., Froese, R., 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience. Fish Fish. 14, 504–514. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00485.x>
- Maunder, M.N., Punt, A.E., 2004. Standardizing catch and effort data: A review of recent



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS

BICENTENARIO
PERÚ 2021



PERÚ

Ministerio
de la ProducciónIMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

- approaches. *Fish. Res.* 70, 141–159. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.08.002>
- Medina, M., Araya, M., Vega, C., 2004. Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. *Investig. Mar.* 32, 33–47.
- Meyer, R., Millar, R., 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56, 1078–1087.
- Miñano, J., Castillo, J., 1971. Investigación biológica preliminar de la "cabrilla" *Paralabrax humeralis* (VALENCIENNES) en Chimbote. *Inf. Inst. del Mar del Perú* 83, 1–16.
- Nash, R., Valencia, A., Geffen, A., 2006. The origin of Fulton's condition factor - Setting the record straight. *Fisheries* 31, 236–238.
- Pinkas, L., Oliphant, M., Iverson, I., 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish game. Fish. Bull.* 152, 1–105.
- Polovina, J., Ralston, S., Munro, J.L., Powers, J.E., Fox Jr, W.W., 1987. *Tropical Snappers And Groupers: Biology And Fisheries Management (Ocean Resources and Marine Policy Series)*. Westview Press.
- Punt, A.E., Walker, T.I., Taylor, B.L., Pribac, F., 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fish. Res.* 45, 129–145. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00106-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00106-X)
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing.
- Salazar, C., Ganoza, F., Chacón, G., Alarcón, J., Barriga, E., Huerto, M., Rodríguez, A., Macalupú, J., 2015. Evaluación técnica de la red de encierre activada por buzos o bolichito de fondo. *Inf. Inst. del Mar del Perú* 42, 369–382.
- Samame, M., 1981. Las pesquerías demersales en el Perú. *Ser. Semin. y Estud. - Com. Perm. del Pacífico Sur* 213–247.
- Samamé, M., 1974. Algunos aspectos sobre la biología y pesquería de *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) del área de Paita (Perú). Programa Académico de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Samamé, M., Castillo, J., Flores, L.A., Vilchez, R., 1978. Estructura distribución y abundancia de peces demersales. Crucero TAREQ II 7605. *Inf. Inst. del Mar del Perú* 47, 1–28.
- 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.
- Vargas, M., Fuentes, P., Hernández, P., Olivares, A., Rojas, P., 1999. Relaciones tróficas de cinco peces costeros comunes en el área submareal del norte de Chile (20°11'S-20°20'S). *Rev. Biol. Trop.* 47, 601–604.
- Vazzoler, A., 1981. Manual de métodos para estudios biológicos de populações de peixes. *Concelho Nac. Desenvolv. Cient. e Tecnol.* 105.
- Winker, H., Carvalho, F., Kapur, M., 2018. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. *Fish. Res.* 204, 275–288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.010>
- Winker, H., Kerwath, S.E., Attwood, C.G., 2013. Comparison of two approaches to standardize catch-per-unit-effort for targeting behaviour in a multispecies hand-line fishery. *Fish. Res.* 139, 118–131.



C. YAMASHIRO



A. PALACIOS

BICENTENARIO
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.014>



Callao, marzo de 2021

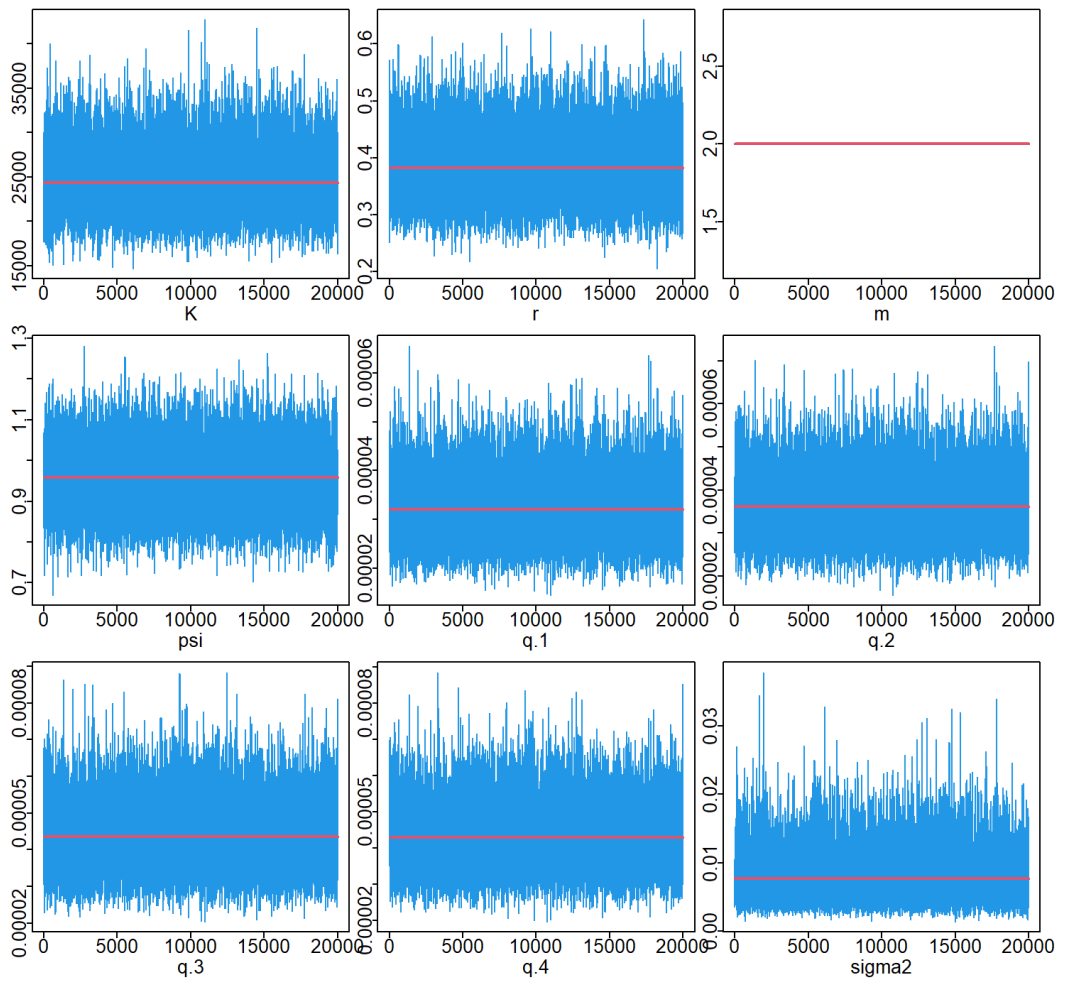
GEAFIPDBL/.



Espacio en blanco



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"




 C. YAMASHIRO


 J. PALACIOS

Figura A1. Trace plots de los parámetros del modelo de evaluación de cabrilla obtenidas de a través del MCMC



PERÚ

Ministerio de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

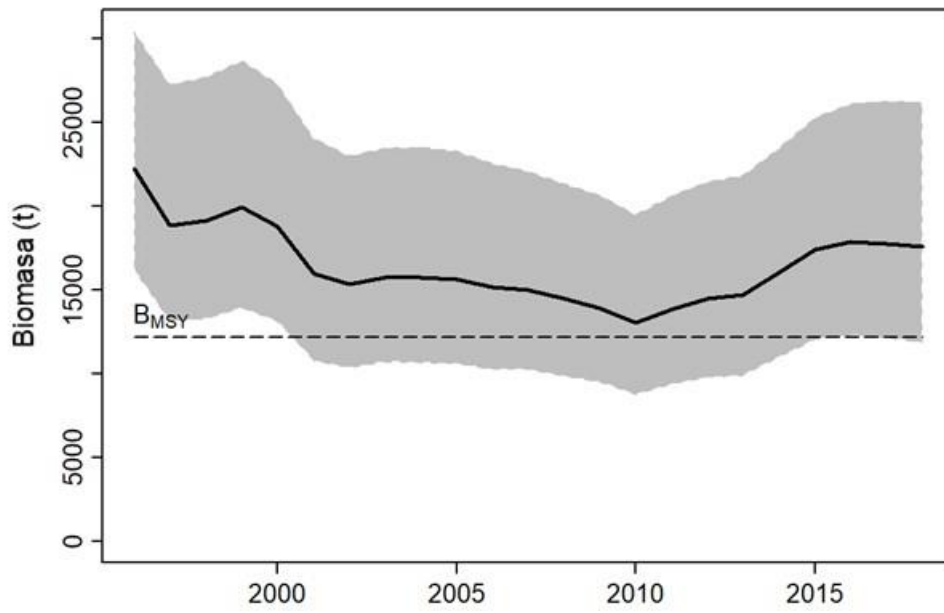


Figura A2. Variación de la biomasa media estimadas por el modelo JABBA para la cabrilla durante el periodo 1996 - 2018



C. YAMASHIRO



J. PALACIOS



BICENTENARIO
PERÚ 2021