

# INDICADORES BIOLÓGICOS, PESQUEROS Y POBLACIONALES DE LA CABRILLA *Paralabrax humeralis* EN EL LITORAL PERUANO

## BIOLOGICAL, FISHERY, AND POPULATION INDICATORS OF THE PERUVIAN ROCK SEABASS *Paralabrax humeralis* IN THE PERUVIAN COAST

Edgar Argumedo Guillén<sup>1</sup>

Paul Tacuri Santisteban

Miguel Pérez Huaripata

Gladis Castillo Mendoza

Maritza Saldarriaga Mendoza

Luis Lau Medrano

Jacqueline Palacios León

Renato Guevara-Carrasco

### RESUMEN

ARGUMEDO E, TACURI P, PÉREZ M, CASTILLO G, SALDARRIAGA M, LAU L, PALACIOS J, GUEVARA-CARRASCO R. 2021. Indicadores biológicos, pesqueros y poblacionales de la cabrilla *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano. *Inf Inst Mar Perú*. 48(4): 511-531.- Se determinaron algunos aspectos de la biología, pesquería y el estado poblacional de la cabrilla *Paralabrax humeralis*, mediante la aplicación de dos métodos de evaluación de stocks (CMSY y JABBA). La información analizada corresponde a desembarques de pesca artesanal en el litoral peruano del periodo 1950-2018. Los mayores desembarques de cabrilla se registraron en la zona norte (87% del desembarque total) con el arte de pesca de pinta (37%). El índice gonadosomático (IGS) mostró mayor intensidad de la actividad reproductiva en las estaciones de primavera - verano; la talla de primera madurez (TPM) calculada fue de 25,05 cm LT. Las simulaciones realizadas con los métodos CMSY y JABBA mostraron que la cabrilla se encontraría en un estado de plena explotación, pero con algunos indicios de sobre explotación.

PALABRAS CLAVE: *Paralabrax humeralis*, cabrilla, biología, pesquería

### ABSTRACT

ARGUMEDO E, TACURI P, PÉREZ M, CASTILLO G, SALDARRIAGA M, LAU L, PALACIOS J, GUEVARA-CARRASCO R. 2021. Biological, fishery, and population indicators of the Peruvian rock seabass *Paralabrax humeralis* in the Peruvian coast. *Inf Inst Mar Peru*. 48(4): 511-531.- Information from artisanal landings in the Peruvian coast between 1950-2018 was analyzed by applying two stock assessment methods (CMSY and JABBA) to determine some aspects of the biology, fishery, and population status of the Peruvian rock seabass *Paralabrax humeralis*. Its largest landings were recorded in northern Peru (87% of the total landings) with handline (37%). The gonadosomatic index (GSI) showed higher intensity of reproductive activity in spring-summer seasons. The size at first maturity ( $L_{m_{50}}$ ) was 25.05 cm TL. The simulations carried out with the CMSY and JABBA methods showed that the Peruvian rock seabass would be fully exploited, but with some signs of overexploitation.

PALABRAS CLAVE: *Paralabrax humeralis*, Peruvian rock seabass, biology, fisheries

## 1. INTRODUCCIÓN

*Paralabrax humeralis* es una especie bentopelágica, que generalmente se encuentra en áreas costeras rocoso-arenosas. Pertenece a la familia Serranidae, comúnmente es conocida como cabrilla, cabrilla común y cagalo. Se distribuye desde Ecuador hasta la parte austral de Chile e islas Juan Fernández y Galápagos (CHIRICHIGNO y VÉLEZ, 1998) existen registros de esta especie en Costa Rica, Baja California y México (HEEMSTRA, 1995). 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 4° y 6°S, a temperaturas entre 13,6 y 17,2 °C y niveles de oxígeno 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).

Es una especie hermafrodita, cuya inversión sexual de hembra a macho se efectúa alrededor de 17,5 a 24,2 cm de longitud total (LT), en ejemplares mayores a un año (DE LA PIEDRA, 2002). Su mayor actividad reproductiva ocurre durante las estaciones de verano y primavera, siendo verano la estación que presenta el principal pico de desove (SAMAMÉ *et al.*, 1978).

1 IMARPE, DGIRD, Área Funcional de Investigaciones de Peces Demersales, Bentónicos y Litorales. eargumedo@imarpe.gob.pe

Especie carnívora con hábitos carcinófagos e ictiófagos (MIÑANO y CASTILLO, 1971), por lo que se encuentra cerca del tope 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).

Este recurso es principalmente extraído por pescadores artesanales, en las regiones de Tumbes y Piura, entre 1 y 9 mn, utilizando la pinta con anzuelo y cortina (MARÍN *et al.*, 2017). Al igual que otros recursos de la pesca artesanal, se encuentra regulada mediante el establecimiento de talla mínima de captura (32 cm de longitud total) (R. M. N° 209-2001-PE). Es comercializado, principalmente, como pescado fresco, congelado y salado. 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).

En este contexto, el objetivo del trabajo es dar a conocer los principales aspectos biológico-pesqueros de la cabrilla y mostrar una primera aproximación sobre su estado poblacional y nivel de explotación, a fin de contribuir con la gestión pesquera de este recurso.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se delimitó el litoral peruano en tres grandes zonas: norte (Regiones Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad); centro (Regiones Áncash, Lima, Ica); y sur (Regiones Arequipa, Moquegua, Tacna).

### Origen y procesamiento de la información biológico-pesquera

Los desembarques anuales fueron obtenidos tanto del Ministerio de la Producción (PRODUCE) como mediante el programa FishStatJ (FAO, 2016). El periodo de tiempo abarcado es 1950-2018. Paralelamente, se obtuvo información del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del IMARPE, programa que realiza el monitoreo de la flota pesquera artesanal en los principales puntos de desembarque, del que se obtuvo registros por viaje, por artes de pesca, lugar de desembarque, entre otros. Este tipo de información abarcó el periodo 1996-2018.

La información biológica, periodo 1996-2018, proviene de muestreos biométricos y biológicos que realizaron los Laboratorios Costeros y sede central del IMARPE, a partir de individuos recolectados al azar de los desembarques en los principales lugares de descarga, según lo establecido en ESPINO *et al.* (1995).

Basándose en la información de longitud total (LT) se obtuvieron series de talla media por región y artes de pesca a escala anual. Además, se determinó el Índice gonadosomático (IGS) y el Factor de Condición (FC), para esto se trabajó con el grupo de ejemplares “adultos” de mayor disponibilidad, los cuales están constituidos por peces con tallas desde 20 hasta 35 cm LT. Para el análisis del contenido estomacal, se analizaron 28.684 estómagos de la zona del Callao.

### Estructura por tallas

Mediante análisis descriptivos, se revisó y validó la información de los muestreos biométricos, a nivel de región y arte de pesca. Se efectuó un proceso de ponderación progresivo por estratos o niveles según la siguiente descripción:

a) Ponderación por embarcación

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

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).

b) Ponderación por arte de pesca/mes/región

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

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

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

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  $r$ .  $dma_{(a,m,r)}$

es el acumulativo del desembarque de las embarcaciones muestreadas por arte de pesca  $a$  durante el mes  $m$  en la región  $r$ .  $fpa_{(a,m,r,l)}$  es la frecuencia ponderada total acumulada para la longitud  $l$  de las embarcaciones muestreadas con 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 para 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.

### Índice Gonadosomático (IGS)

Este índice se utilizó para seguir la evolución del desarrollo gonadal a escala mensual y permitir la identificación de los periodos del ciclo reproductivo. Se analizó la información correspondiente a 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 VAZZOLER (1981), mediante la siguiente ecuación:

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

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

### Factor de Condición (FC)

Este índice describe 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.

### Talla de primera madurez sexual (TPM)

La TPM fue estimada en base a 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 *Paralabrax humeralis* basado en la escala de madurez gonadal adaptado 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	
VIII	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. 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 ejemplares en estado de inmaduros (estadio I y II), respecto a todos los que se encuentran en actividad madurante (estadio 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 una curva sigmoidea, el 50% representa la TPM (VAZZOLER, 1981).

La aplicación de esta metodología consistió en: (i) garantizar, en lo posible, la cobertura de un amplio rango de tallas (ejemplares pequeños y grandes), (ii) identificar el periodo en el cual se inicia la maduración hasta desovar, para lo cual se analizó la variación mensual del IGS, (iii) categorizar las hembras en dos subgrupos: inmaduras (estadios I y II) y maduras (estadio IV).

No se consideraron los otros estadios de madurez debido a que el objetivo 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

La proporción de hembras maduras a la 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.

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.

### Hábitos alimentarios

El análisis de los hábitos alimentarios de la cabrilla fue realizado para el periodo comprendido entre 1996–2018. En base al peso, número 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). 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 & PAULY (1992).

### Estandarización de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

Este proceso fue realizado con información diaria de desembarque y esfuerzo de la flota pesquera artesanal durante 1996–2018, en relación a los artes de pesca cortina y pinta, debido al volumen de información existente, así como a la representatividad de las capturas obtenidas con ellas. Se efectuó el análisis del seguimiento de embarcaciones que registraron actividades de pesca de la cabrilla por un periodo igual o mayor a cinco y seis años para la pinta y la cortina, con la finalidad de aumentar la certidumbre acerca de la direccionalidad de la actividad extractiva sobre este recurso. La elección de esta cantidad mínima de años proviene de un análisis que permitió cuantificar el impacto de considerar embarcaciones con  $n$  años continuos de actividades en 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.

La figura 1 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.

El modelo GLM consideró las variables año, mes, latitud, longitud, capacidad de bodega, número de tripulantes y "target" que 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. La formulación de los modelos correspondió a:

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

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

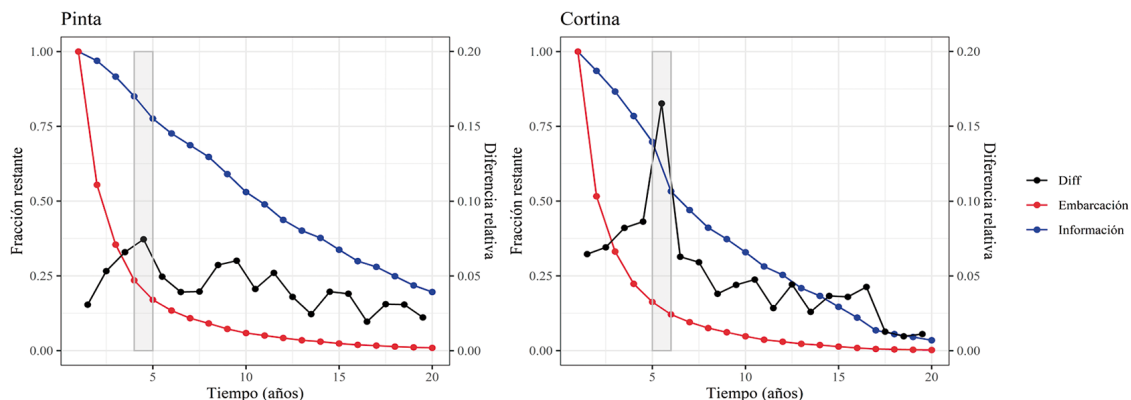


Figura 1.- Impacto del número mínimo de años de actividad extractiva de *Paralabrax humeralis* sobre la información disponible y el número de embarcaciones

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

### Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)

La estimación inicial del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS) se realizó a través del método propuesto por FROESE *et al.* (2017). Esta metodología utiliza como entrada las capturas y el conocimiento *a priori* sobre la resiliencia del recurso. Está basado en el análisis de reducción del stock propuesto por KIMURA *et al.* (1984) y KIMURA & TAGART (1982). Utilizando como 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/>.

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 & PAULY (2019).

### Modelo dinámico de biomasa bajo el enfoque de espacio de estados

La evaluación poblacional de la cabrilla fue realizada a través 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 (MRS) 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 & MILLAR (1999). Donde la biomasa 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:

$$P_y = \begin{cases} \psi e^{\eta y} \\ \left( P_{y-1} + \frac{r}{m-1} * P_{y-1} (1 - P_{y-1}^{m-1}) - \frac{\sum_f C_{f,y-1}}{K} \right) e^{\eta y} \end{cases}$$

para  $y = 1$   
para  $y = 2, 3, 4, \dots, n$

Donde  $C_{f,y}$  es la captura en el año  $y$  obtenida por la pesquería  $f$  y  $\eta_y$  es el error de proceso con  $\eta_y \sim N(0, \sigma_{proc}^2)$ , donde la varianza  $\sigma_{proc}^2$  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).

### 3. RESULTADOS

#### Desembarques

Los desembarques de cabrilla mostraron que esta pesquería ha atravesado por dos ciclos (Fig. 2). La primera está comprendida entre la década de los 50 hasta finales de la década de los 70, periodo que se caracterizó por presentar estabilización, con desembarques por encima de 4.000 t. La segunda

fase comprende inicios de la década de los 80 hasta el 2006, fase que se caracteriza por presentar un breve periodo de estabilización (con los mayores desembarques registrados), el cual se dio a mediados de la década de los 80 y, un largo periodo con tendencia negativa que inició en los 90 hasta mediados de la primera década del 2000. A partir del 2007, se observó incremento en los desembarques, el cual se ha mantenido hasta el 2018.

Latitudinalmente, mayores desembarques se registraron en la zona norte (87%). Asimismo, los desembarques de las zonas centro y sur fueron de 11% y 2%, respectivamente. Regiones que registraron mayores desembarques de cabrilla fueron Piura (50%) y Tumbes (26%) (Fig. 3).

En las zonas norte y centro, la estacionalidad de los desembarques es más notoria. En la norte, los mayores desembarques ocurren durante el verano y otoño, con duración promedio de cuatro meses, desde diciembre hasta marzo. En la zona centro, el periodo de mayor desembarque ocurre entre enero y marzo con duración promedio de tres meses (Fig. 4).

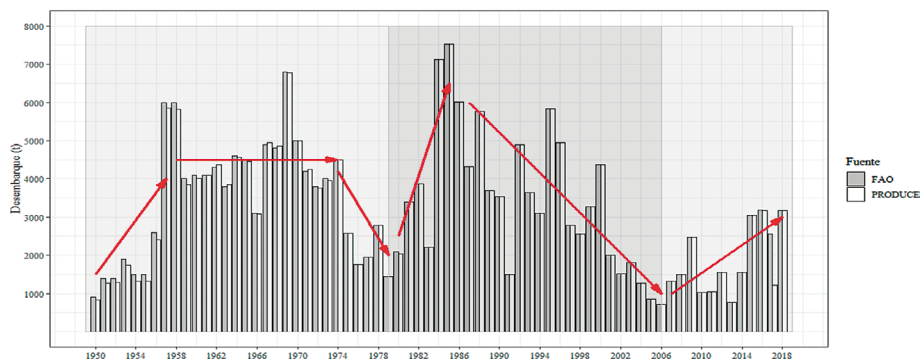


Figura 2.- Desembarques anuales (t) de *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano (1950-2018). Fuente: FAO y PRODUCE

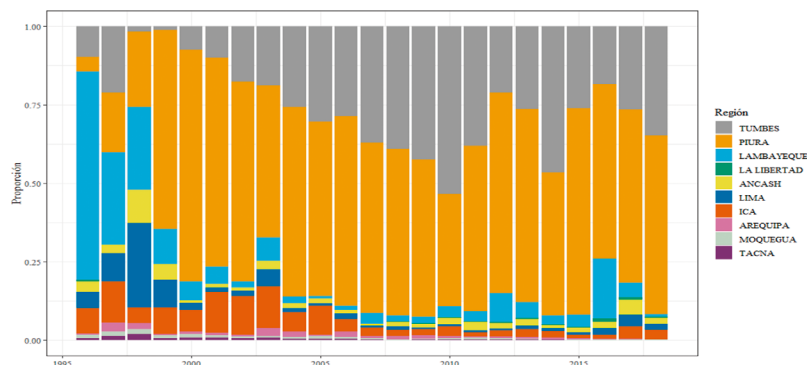


Figura 3.- Representatividad proporcional en los desembarques de *Paralabrax humeralis* por regiones (1996-2018)

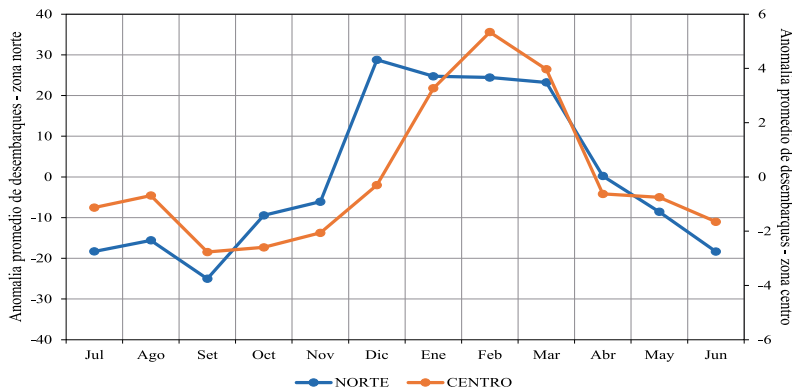


Figura 4.- Estacionalidad en los desembarques de *Paralabrax humeralis* por zonas latitudinales (1996 – 2018)

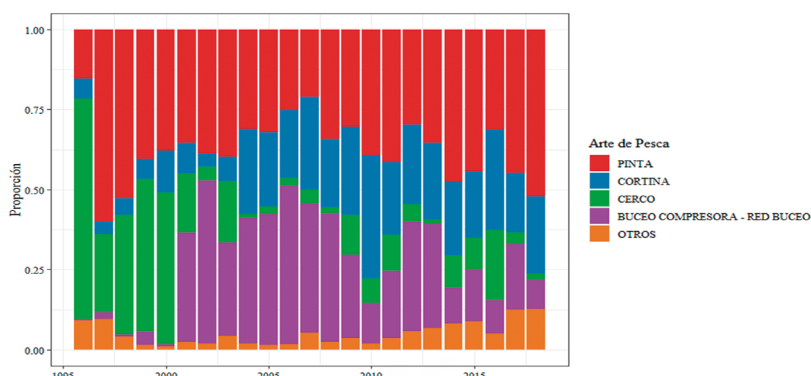


Figura 5.- Representatividad proporcional en los desembarques de cabrilla *Paralabrax humeralis* por arte de pesca (1996–2018)

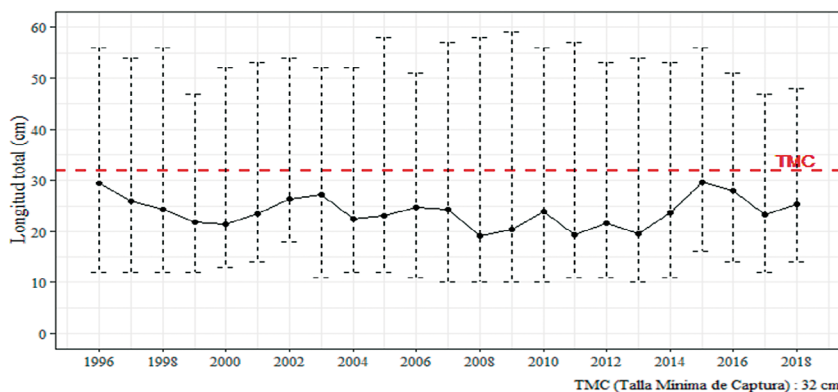


Figura 6.- Variación anual de talla media en desembarques de *Paralabrax humeralis* (1996–2018). Las líneas punteadas verticales representan la talla mínima y máxima registrada

El análisis del desembarque por tipo de arte de pesca, mostró 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 (37%), la cortina (20%) y el cerco (15%). El buceo compresora–red buceo representó aproximadamente 40% del desembarque total, pero solo se dio durante el periodo 2001–2008; posteriormente, el porcentaje se ha reducido hasta alrededor de 9% (Fig. 5).

### Estructura por tallas

La talla media en los desembarques de cabrilla ha mantenido variación anual por debajo de 32 cm LT (Talla Mínima de Captura, TMC). El mayor valor promedio estimado corresponde al 2015 (29,6 cm LT), después del cual este indicador disminuyó hasta 23,2 cm LT en 2017. Sin embargo, en 2018 se incrementó levemente a 25,2 cm LT. Asimismo, las tallas mínimas y máximas registradas para todo el periodo de estudio fueron de 10 y 59 cm de LT, respectivamente (Fig. 6).

En el análisis por zonas, los valores promedio 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. 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 20 cm LT. En los últimos tres años del periodo analizado, se observó que la zona centro presentó la misma tendencia y magnitud que la observada en la zona norte. La zona sur solo presentó información continua durante el periodo 1996-2003 y los años 2005, 2007 y 2014; se observa que los valores promedios antes del año 2004 se encontraban bajo la TMC y posteriormente sobre la TMC (Fig. 7).

En la figura 8 se muestra la variación de la talla media por tipo de arte de pesca en orden de importancia. 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 31,5 cm de LT. La talla media estimada para la pinta se encontró por debajo de 32 cm de LT, manteniéndose mayormente alrededor de 28 cm de LT. Cabe mencionar que las dos últimas artes, cerco y buceo compresora - red buceo, presentaron capturas con talla promedio generalmente por debajo de la TMC durante el periodo analizado.

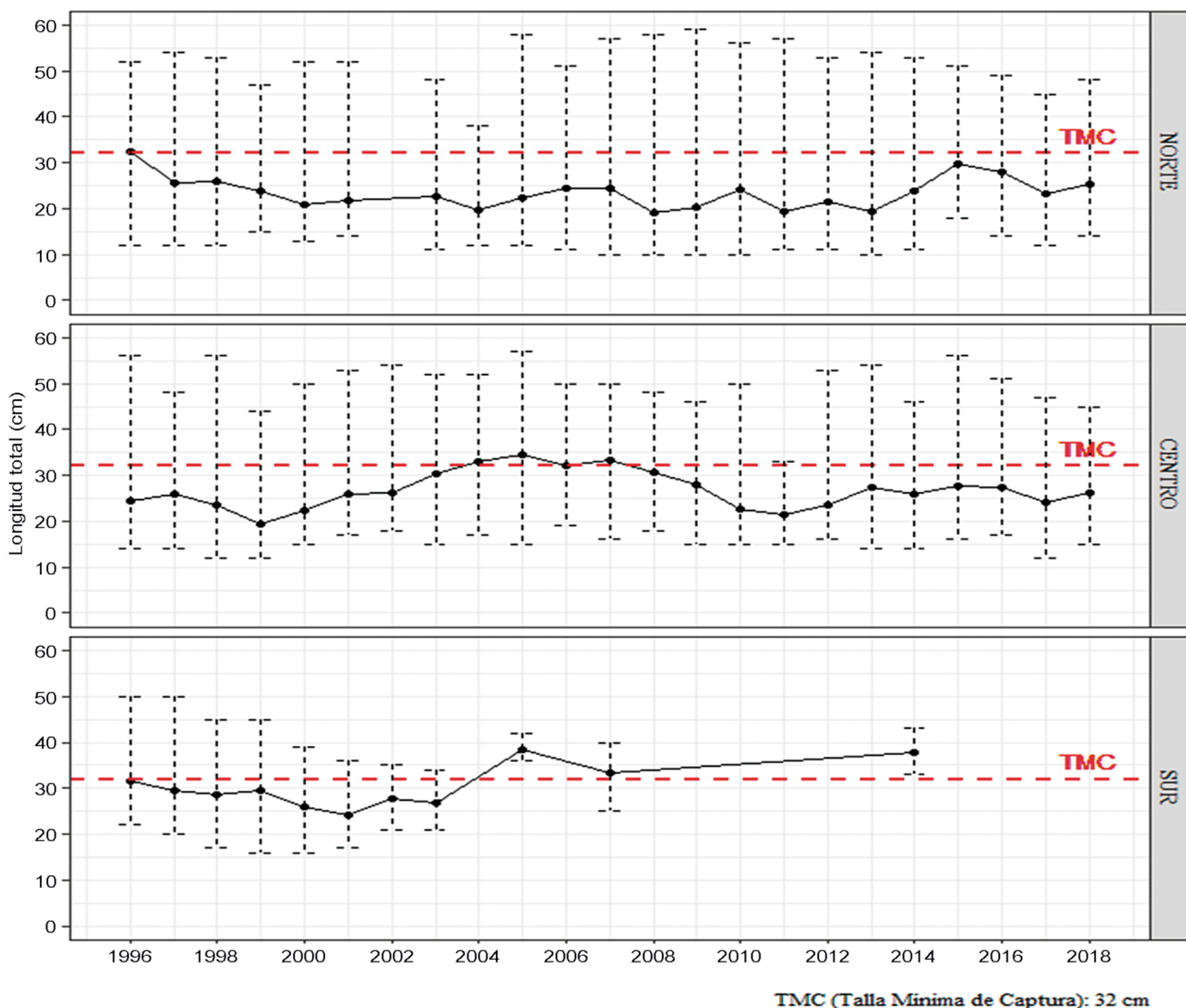


Figura 7.- Variación anual de talla media de *Paralabrax humeralis* en desembarques por zonas (1996-2018). Las líneas punteadas verticales representan los valores mínimos y máximos



### Índice Gonadosomático (IGS)

Los valores de IGS mensual estimados presentaron un similar comportamiento, pero con diferentes magnitudes en el ciclo reproductivo. En las tres zonas se observó incremento del IGS desde inicios del segundo semestre y alcanzó máximos valores durante el primer trimestre de cada año (Fig. 9).

Dado el similar comportamiento reproductivo en las tres zonas, se estimó un patrón global del ciclo reproductivo, representativo de la población de cabrilla frente al litoral peruano (Fig. 10). Este patrón mostró que los valores más bajos del índice, se ubicaron a mitad de año (junio-julio), que luego va ascendiendo hacia diciembre. El ascenso del cuarto trimestre (octubre-diciembre) hace referencia al desarrollo de madurez de la especie. En el siguiente trimestre (enero-marzo) alcanza el máximo desarrollo gonadal y posteriormente, se presenta el descenso, reflejando que durante esa época (verano) la población atraviesa el proceso de desove.

El comportamiento del patrón del ciclo reproductivo a nivel nacional mostró que el periodo de mayor relevancia para el proceso de maduración y desove corresponde a estaciones de primavera y verano (diciembre - marzo). Dado que durante este periodo se lleva a cabo el desove, se evidenció una coincidencia con el mes en el cual se registra el máximo valor de IGS en febrero (Fig. 11). Por ende, se estimó que el recurso requiere como máximo 6 meses ( $\Delta t$ ) para ingresar a un periodo importante de reproducción (febrero), desde que inicia su maduración gonadal (agosto). Adicionalmente, esto se explica con los valores del IGS respecto a cada estadio, en el cual se ve que los individuos que se encuentran maduros presentan valores menores a 4, mientras que individuos próximos al desove o que se encuentran desovando (estadios V y VI, madurante avanzado y desovante, respectivamente) presentan valores mayores a 4 (Fig. 11).

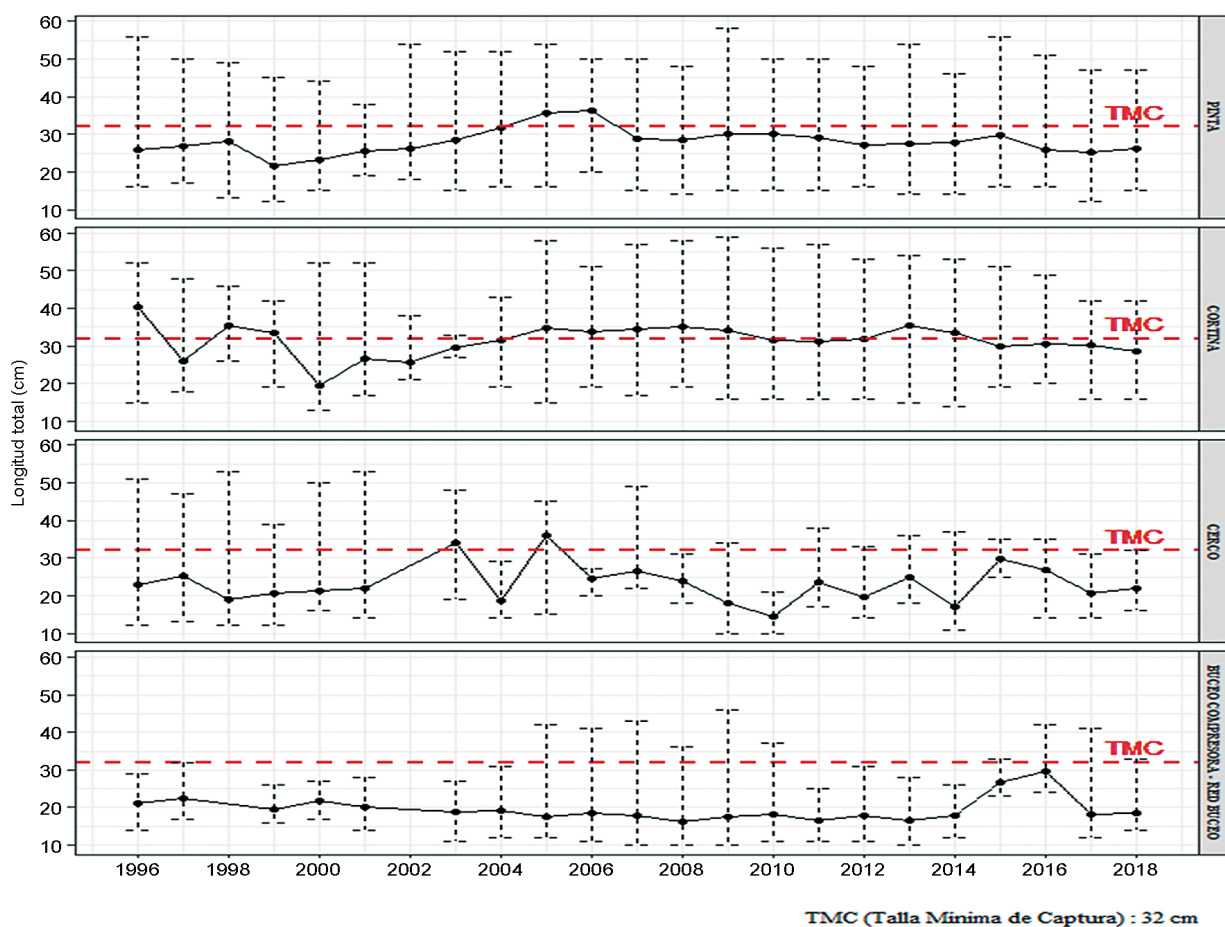


Figura 8.- Variación anual de la talla media de *Paralabrax humeralis* en los desembarques por tipo de arte de pesca (1996 - 2018). Las líneas punteadas verticales representan los valores mínimos y máximos

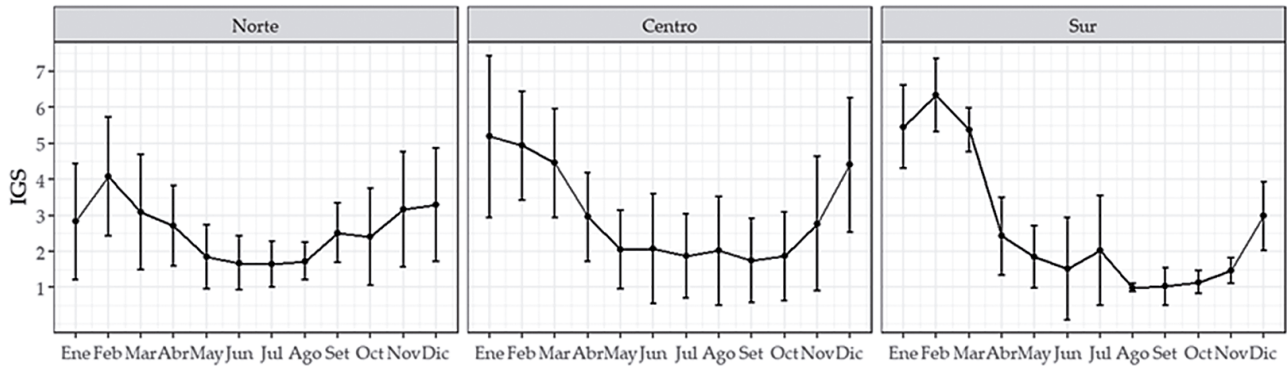


Figura 9.- Índice gonadosomático mensual de *Paralabrax humeralis* por zona de pesca (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

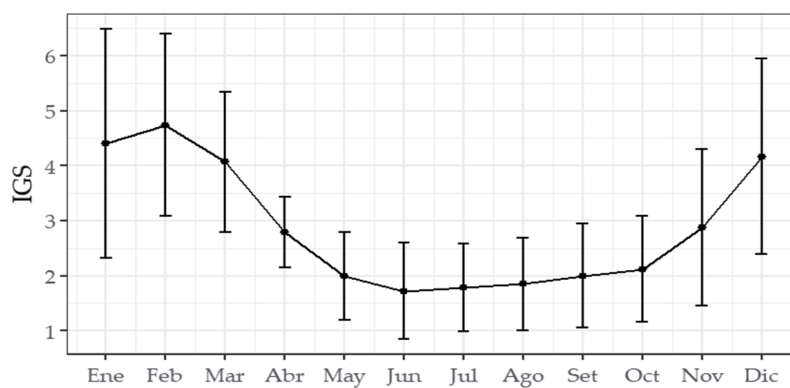


Figura 10.- Índice gonadosomático mensual de *Paralabrax humeralis* (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

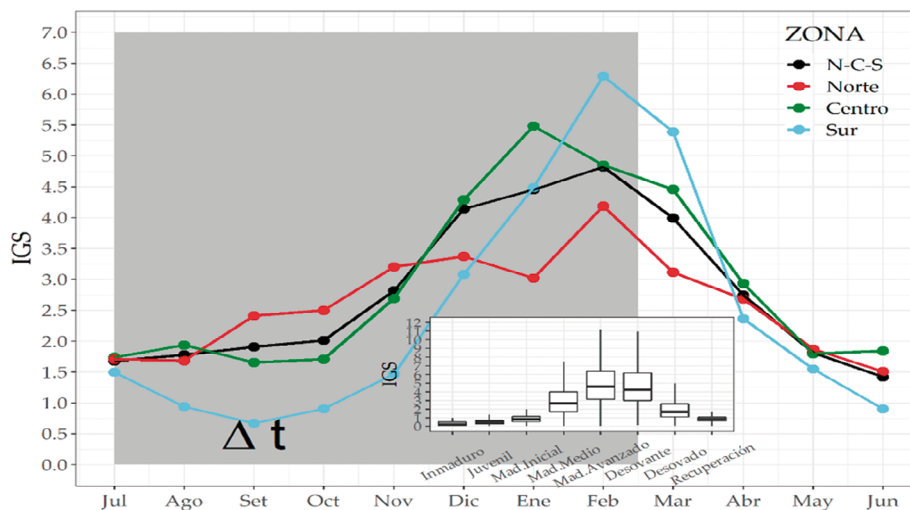


Figura 11.- Variación del Índice Gonadosomático de cabrilla *Paralabrax humeralis*

**Factor de condición (FC)**

El FC por zonas presentó tendencias diferenciadas (Fig. 12). La zona norte, presentó valores más altos durante el segundo trimestre del año, en la zona centro, estos valores se presentaron

el último trimestre y para la zona sur se encontraron en el primer trimestre. 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 durante el tercer trimestre.

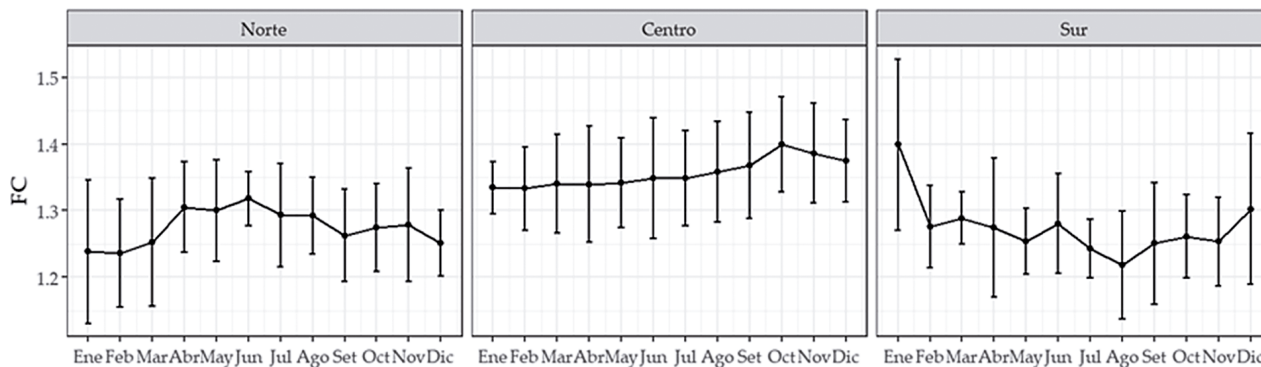


Figura 12.- Factor de condición mensual de *Paralabrax humeralis* por zona de pesca (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

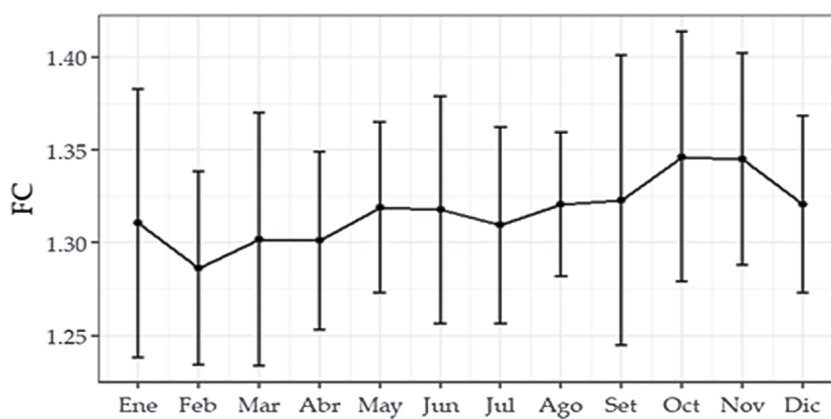


Figura 13.- Factor de condición mensual de *Paralabrax humeralis* (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar

El FC en cada zona es variable, aun así, se tomó en consideración un patrón global, asumiendo que estas variaciones se deben principalmente a un factor de disponibilidad de alimento o ambiental que influye sobre la condición corporal. En ese sentido, el patrón global que representaría el ciclo de la condición corporal de la población de cabrilla muestra una variación coherente en contraste con el IGS (Fig. 13). El principal periodo del FC 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 cual descenderá a inicios de año (época de desove) para coincidir con el incremento del FC.

**Talla de primera madurez (TPM)**

La TPM se estimó en 25,05 cm de LT para el periodo 2001-2018 (Fig. 14), sus intervalos de confianza al 95% se muestran en la Tabla 2. A partir de la estimación de la TPM por grupo de años, se evidenció que el mayor valor (25,34 cm LT) se presentó para el periodo del 2016 al 2018 y la TPM más baja (25,00 cm LT) se observó para el periodo del 2006 al 2010 (Tabla 2).

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

Periodo	TPM (cm)	Límites (cm)		TMC (cm)	
		Inferior	Superior	Samamé (1974)	Goicochea et al. 2014
2001-2005	25,18	24,81	25,50	27,47	27,17
2006-2010	25,00	24,70	25,31	27,30	27,00
2011-2015	25,03	24,73	25,33	27,33	27,03
2016-2018	25,34	25,02	25,67	27,63	27,33
2001-2018	25,05	24,89	25,21	27,35	27,05

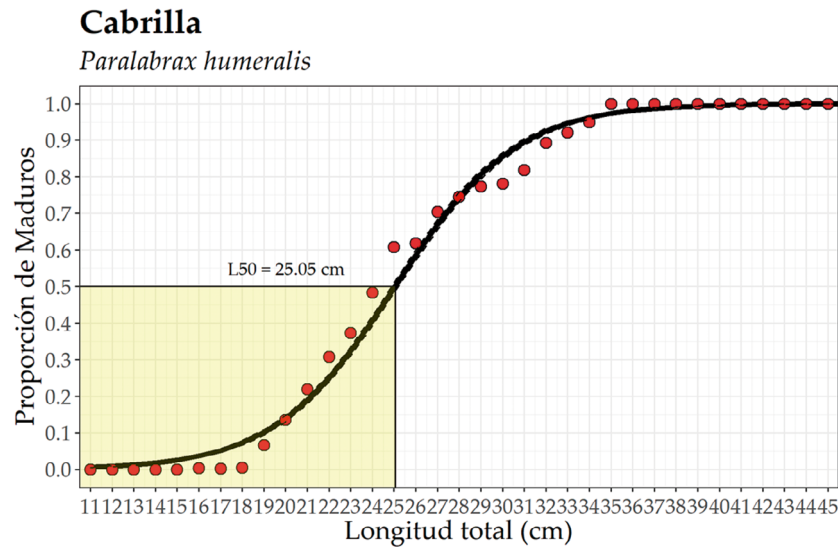


Figura 14.- Curva logística de madurez sexual de *Paralabrax humeralis* para el periodo 2001-2018

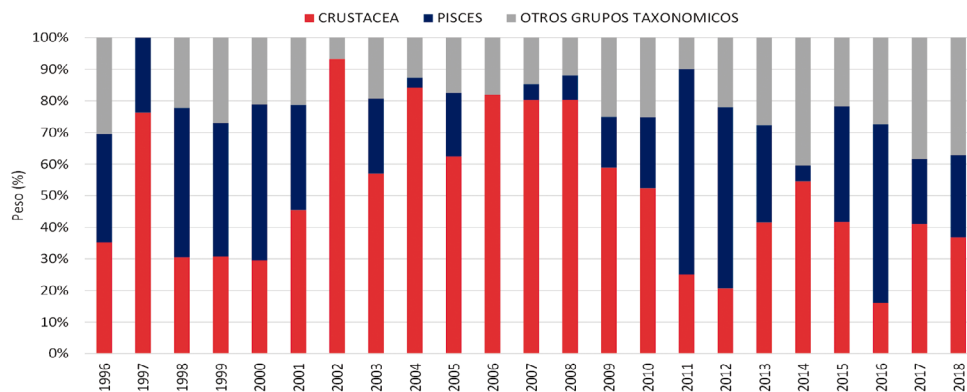


Figura 15.- Variación anual de las presas según grupo taxonómico en la dieta de *Paralabrax humeralis* (%Peso) en la zona del Callao (1996-2018)

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.

**Hábitos alimentarios**

Del total de estómagos analizados 24,9% tenía alimento. Se identificaron 86 presas entre crustáceos (58) peces (20) moluscos (4) cefalópodos (3) y equinodermos (1). Los crustáceos presentaron %IRI  $\geq$  64, siendo los principales componentes que sustentaron la dieta de cabrilla durante el periodo de estudio, excepto en 1998, 2011, 2012 y 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 la cabrilla fueron la múnida *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).

La dieta expresada en peso estuvo representada principalmente por crustáceos y peces (Fig. 15), en orden de importancia, 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).

El nivel trófico durante el periodo de estudio varió entre 3,1 y 4,2 (Fig. 16). Estos valores estimados corresponden a un predador carnívoro, que en el caso de la cabrilla se asocia a la dieta basada principalmente en múnida y anchoveta.

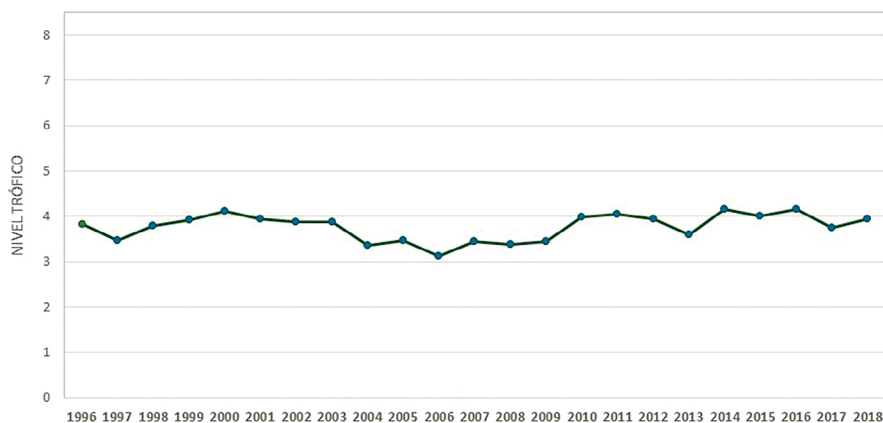


Figura 16.- Valores de nivel trófico de *Paralabrax humeralis* en la zona de Callao (1996-2018)

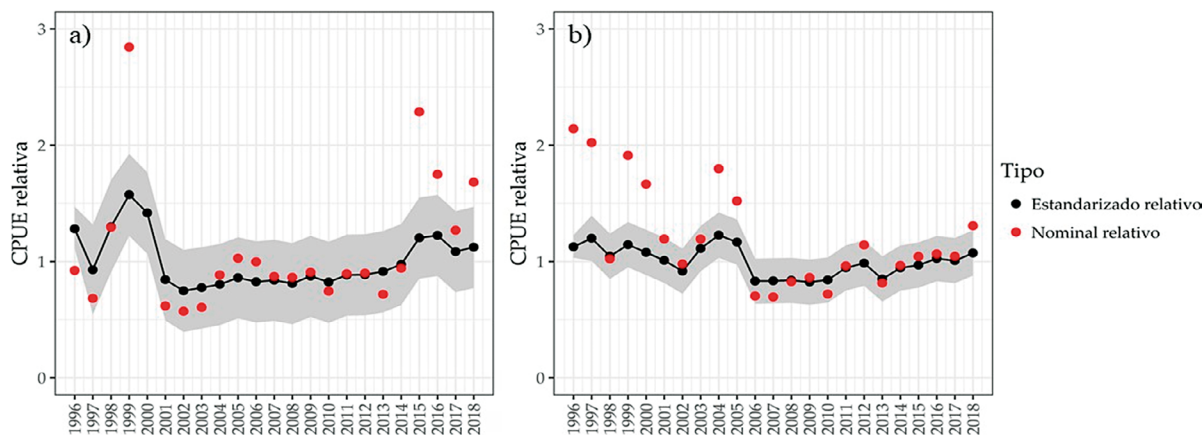


Figura 17.- Variación de la CPUE estandarizada vs CPUE nominal de la *Paralabrax humeralis* en la zona norte para los artes a) cortina y b) pinta durante el periodo 1996 – 2018

### Captura por unidad de esfuerzo - CPUE

La aplicación de modelos lineales generalizados (GLM) para estandarizar la CPUE fue realizada bajo dos criterios: (i) por zonas (norte y centro) y (ii) por arte de pesca (cortina y pinta) dentro de cada zona. Bajo este enfoque se obtuvieron cuatro series de CPUE.

Para el arte de pesca cortina en la zona norte, el modelo GLM explicó aproximadamente el 57% de la varianza de datos. El modelo presentó algunos inconvenientes durante la validación (los residuos y los valores predichos sugieren leve falta de linealidad, falta de normalidad en residuos). No se observaron datos atípicos que pudiesen influenciar significativamente en los resultados.

Con el arte de pesca pinta, el modelo explicó alrededor del 54% de la varianza de datos. Los residuos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianza y de normalidad. Sin embargo, se observó leve asimetría y similar a lo observado en la cortina, no se encontraron valores atípicos que influencien significativamente en los resultados del modelo.

La serie de CPUE estandarizada para la cortina mostró diferencias respecto del CPUE nominal durante los años 1999, 2015, 2016 y 2018, donde la CPUE estandarizada presenta valores menores (Fig. 17a). Para la pinta, se observó 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 (Fig. 17b).

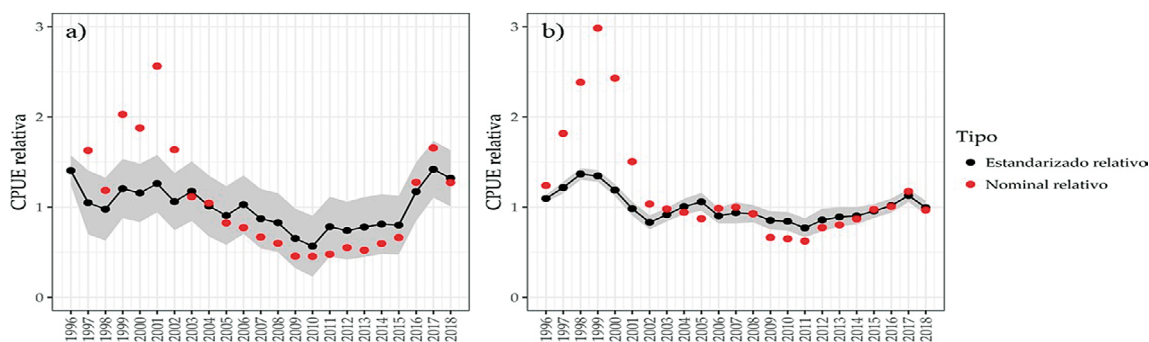


Figura 18.- Variación de la CPUE estandarizada vs CPUE nominal de *Paralabrax humeralis* en la zona centro para los artes a) cortina y b) pinta durante el periodo 1996 – 2018

Tabla 3.- Parámetros estimados por el modelo CMSY para el stock de *Paralabrax humeralis* frente al litoral peruano

Parámetros	Media	Unidades	Intervalos de credibilidad	
			2,50%	97,50%
R	0,405		0,292	0,56
K	39,3		29,6	52,2
B/K	0,512		0,324	0,596
<b>MANEJO</b>				
$F_{MSY}$	0,202	año <sup>-1</sup>	0,146	0,28
MSY	3,97	10 <sup>3</sup> t	3,53	4,48
$B_{MSY}$	19,6	10 <sup>3</sup> t	14,8	26,1
$B_{2018}$	20,1	10 <sup>3</sup> t	12,7	23,4
$B_{2018}/B_{MSY}$	1,02		0,649	1,19
$F_{2018}$	0,158	año <sup>-1</sup>	0,136	0,249
$F_{2018}/F_{MSY}$	0,781		0,671	1,23

En la zona centro, el modelo GLM para cortina explicó aproximadamente el 61% de la varianza de datos. Comparando con lo obtenido para la zona norte, el modelo presentó mejor relación en la comparación residuos y valores predichos, denotando varianza homogénea. Por otro lado, presentó distribución normal, aunque con algunas leves desviaciones en los extremos. Adicionalmente, no se observaron datos atípicos que pudiesen influenciar significativamente en los resultados.

El modelo GLM para el arte pinta en la zona centro permitió explicar alrededor del 61% de la varianza de los datos. En el análisis de residuos, se observó que poseen varianza homogénea, aunque posiblemente un leve problema de linealidad, presentó leve asimetría en la distribución de los residuos. Respecto de los valores atípicos, éstos no influenciaron significativamente sobre el modelo.

Las series de CPUE estandarizadas para la zona centro, mostró 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. Cabe resaltar, que, con el arte de pesca de pinta, los límites de confianza son más estrechos (Fig. 18).

**Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)**

Los principales resultados son mostrados en la Tabla 3, donde los valores de  $r$  y  $K$ , que mejor se adecúan a la variación del desembarque y los supuestos de resiliencia asociada a la cabrilla, fueron estimados en 0,405 año<sup>-1</sup> y 39.300 t. Asimismo, el MRS fue estimado en 3.970 t, con intervalos de credibilidad entre 3.530 y 4.480 t.

Resultados derivados del modelo CMSY con fines de manejo, mostraron que los desem-

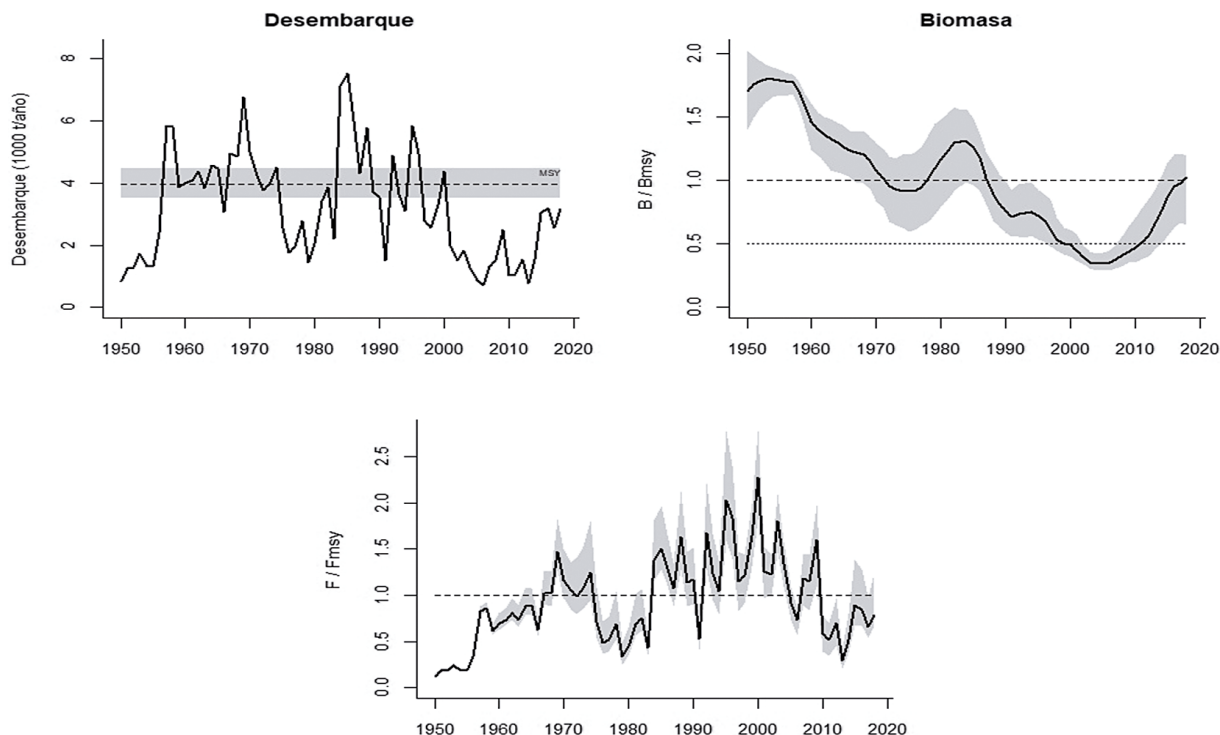


Figura 19.- Resultados del modelo CMSY para el stock de *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano (1950–2018)

barques registrados durante los anteriores 19 años se han mantenido por debajo del MRS, pero con un importante incremento en 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 al  $B_{MSY}$  niveles equiparables al (nivel de biomasa necesaria para obtener el MRS). Además, se observó que la mortalidad por pesca se encontraría por debajo del nivel de referencia ( $F_{MSY}$ ), situación que va asociado con las estimaciones de biomasa y los niveles de desembarque registrado (Fig. 19).

Esquemáticamente se presenta el *kobepplot* para el stock de cabrilla (Fig. 20). 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 MRS; 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 MRS.

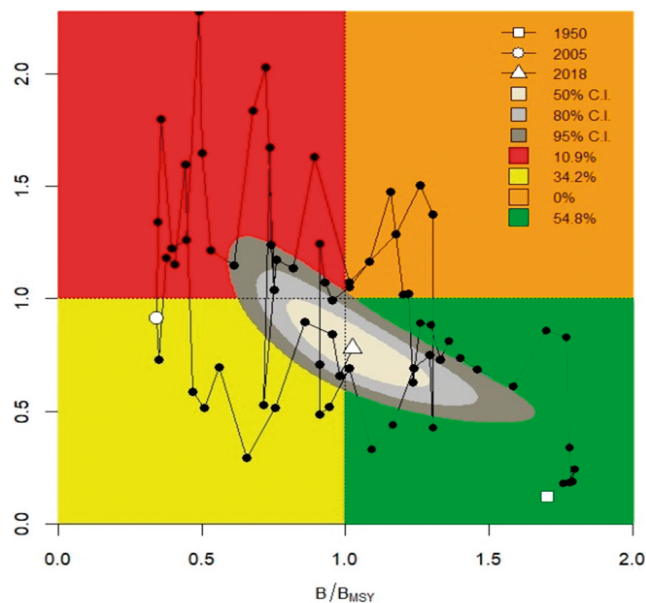


Figura 20.- Kobepplot para el stock de *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano (1950 – 2018)

La historia de la pesquería de la cabrilla 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%, 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.

**Modelo dinámico de biomasa bajo el enfoque de espacio de estados**

Los *trace plots* de los parámetros del modelo, mostraron que los posibles valores poseen distribución homogénea, que es un indicador de convergencia. En general, se observó buen ajuste individual de cada serie de CPUE, siendo

la pinta, tanto del norte como del centro, las que mejor han sido representadas por el modelo (Fig. 21).

Los parámetros estimados son mostrados en la Tabla 4 donde la mejor configuración corresponde a un valor de  $K$  igual a 24.343 t asociada a una tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ) de 0,38 año<sup>-1</sup>. Asimismo, el valor de  $\psi$  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.

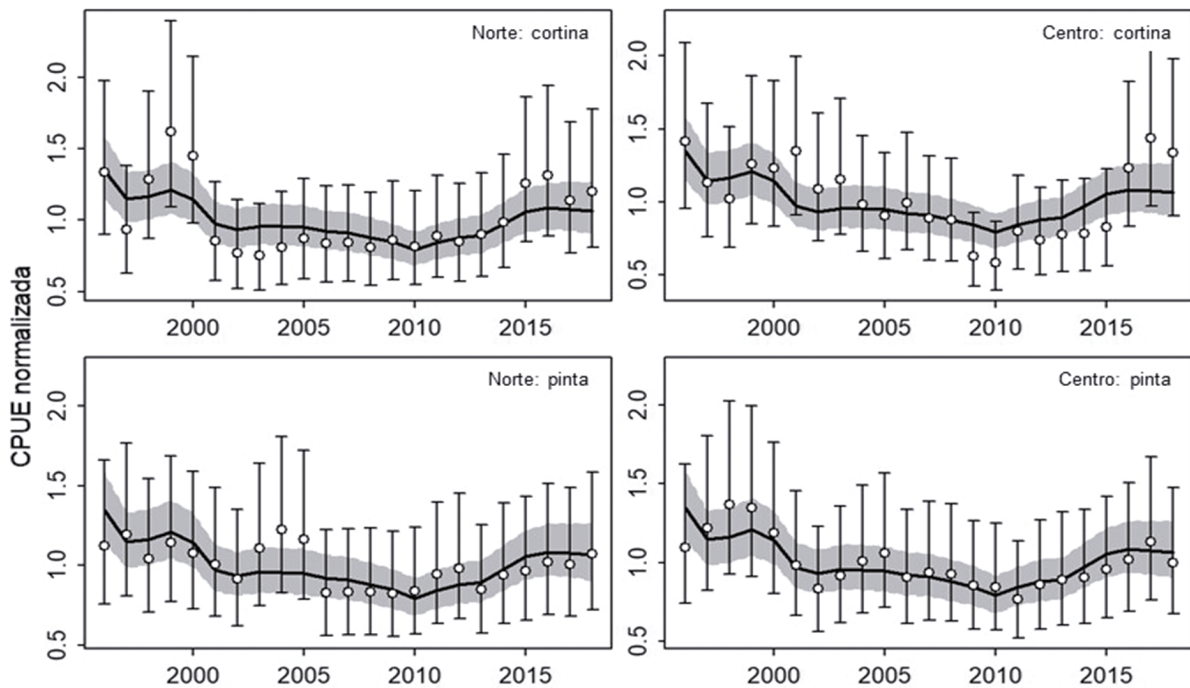


Figura 21.- Serie de tiempo de CPUE observada (círculos con barras de error) y CPUE predicha (línea continua) de *Paralabrax humeralis* (1996 – 2018). Área en color gris representa el intervalo de credibilidad al 95%

Tabla 4.- Resumen de la distribución posterior de los principales parámetros estimados por JABBA para *Paralabrax humeralis* durante el periodo 1996-2018

Estimados	Media	Unidad	sd	Intervalo de credibilidad	
				Inferior	Superior
$K$	24.343,8	T	3.201,6	18.889,4	31.499,4
$r$	0,382		0,054	0,289	0,499
$\psi (B_{1996}/K)$	0,958		0,075	0,814	1,109
$F_{MSY}$	0,191		0,027	0,144	0,25
$B_{MSY}$	12.171,9	T	1.600,8	9.444,7	15.749,7
$MSY$	2.311,3	T	356,1	1746,8	3.150,3
$B_{2018}$	17.945,2	T	3.624,4	11.860,8	26.185,0
$B_{2018}/K$	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



Al considerar solo el periodo 1996–2018 en la evaluación poblacional de la cabrilla, se observó 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 MRS. 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 reducción en los niveles de desembarque. A fines del periodo analizado,  $F$  se incrementó hasta equiparar al  $F_{MSY}$  (Fig. 22).

De forma similar a lo mostrado en la aplicación del CMSY, se presentó 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 mostró la incertidumbre asociada a la aplicación de este tipo de modelos (modelos de producción), los cuales son representados con puntos en color negro y su densidad asociada en áreas de color gris (Fig. 23).

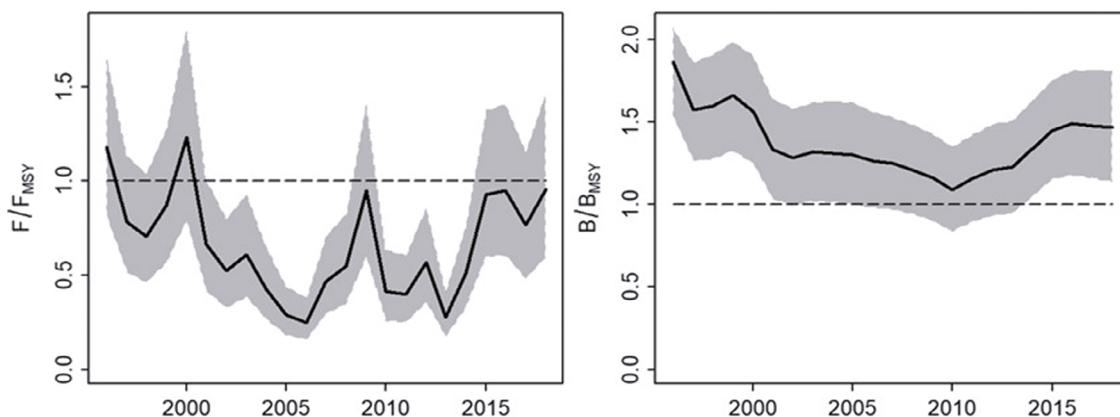


Figura 22.- Variación de  $F/F_{MSY}$  (izquierda) y (derecha) estimadas por JABBA para *Paralabrax humeralis*

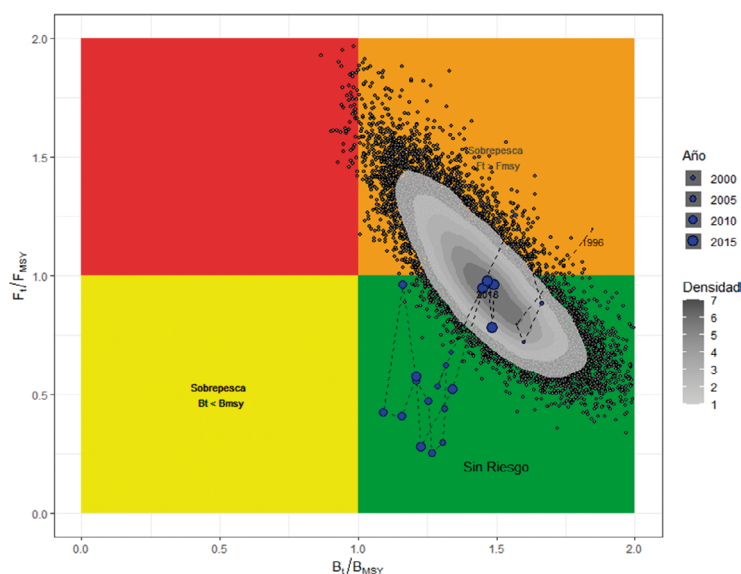


Figura 23.- *Kobeplot* para el stock de *Paralabrax humeralis* en el litoral peruano derivado del modelo JABBA (1996 – 2018)

#### 4. 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 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 en 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 pescado en el mercado local debido a la enfermedad (cólera) causada por el bacilo *Vibrio cholerae* y su asociación con el pescado, lo cual impactó fuertemente a la pesquería debido al temor de contraer la enfermedad.

Con base en 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 10 hasta 59 cm LT. 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 presentaron 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 (SAMAMÉ, 1981).

Cabe mencionar que no se evidenció 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 (GONZÁLEZ *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 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 (zona centro) que la principal época de desove se ubicó durante la época de verano (específicamente 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 utilizaron. Por otra parte, en relación con el inicio de la maduración, los resultados del trabajo de ellos, reflejan que empieza desde el segundo semestre, coincidiendo con lo obtenido en el presente estudio, para las zonas norte, centro y sur.

En relación con el patrón global del factor de condición (FC), este mostró un comportamiento contrario al del IGS, guardando concordancia entre el ciclo reproductivo y el gasto energético para sus funciones (principalmente la reproducción). El contraste entre ambos índices, resaltan dos etapas clave. La primera, de 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, la etapa 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. Al diferenciar el FC por zona de estudio, se encontró 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) también manifiestan haber encontrado que ejemplares machos y

hembras pueden atravesar un proceso de desove de 20 a 21 cm LT, respectivamente. Asimismo, estimaron 50% de ejemplares que se encuentran sexualmente maduros; en el caso de hembras se ubicó en 24,5 cm LT, mientras que para los machos en 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 en 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 ambos estudios.

Los resultados obtenidos a través del análisis de la alimentación de la cabrilla permitieron corroborar el carácter predador carnívoro de esta especie, coincidiendo 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 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 considerarse como un análisis 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” las que se encuentran asociadas 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 identificar relaciones recurso–ambiente, 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 realizado el análisis 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, cuando alcanza valores por debajo de  $B_{MSY}$ , después del cual este se recupera hasta alcanzar una situación de explotación plena. Mientras que el JABBA muestra que la biomasa se ha mantenido por encima del nivel de referencia ( $B_{MSY}$ ) durante el periodo analizado (1996–2018). Antes de hacer inferencias al respecto se deben 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 año<sup>-1</sup>. Por otro lado, las biomazas estimadas para el 2018 por ambos modelos no mostraron diferencias resaltantes. 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.

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 mostró 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.

## 5. CONCLUSIONES

Los mayores niveles de desembarque de cabrilla provienen de la zona norte, principalmente de la región Piura.

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.

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.

El stock de cabrilla frente al litoral peruano se encontraría en situación de explotación plena, pero con algunos indicios de sobre explotación.

## Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a todos los integrantes del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Instituto del Mar del Perú. A las Blgas. Carmen Yamashiro Guinoza y Verónica Blasckovic' Huayta, por sus aportes y comentarios. A la Dra. Sandra Cahuín por la revisión de la publicación.

## 6. REFERENCIAS

- 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(2): 265-272.
- BERG J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar. Biol. 50: 263-273.
- CANAL R. 1993. Hábitos alimenticios de la "cabrilla" (*Paralabrax humeralis* V.) del área de Pisco. Boletín Lima. 88: 59-67.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú, Segunda Edición. Pub Esp Inst Mar Perú. Callao. 496 p.
- CHRISTENSEN V, PAULY D. 1992. ECOPATH II-A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecol. Modell. 61: 169-185.
- 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: 726-738.
- 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. Informe Final de Tesis para optar al Título profesional de Biólogo Marino. Depto. Cs. Del Mar, Universidad Arturo Prat. 29 p. + Anexo.
- ESPINO M. 1990a. Análisis de las poblaciones de los principales recursos demersales del Perú. Bol Inst Mar Perú. 14(1): 3-26.
- ESPINO M. 1990b. "El Niño": su impacto sobre los peces demersales del Perú. Bol Inst Mar Perú. 14(2): 3-27.
- ESPINO M, YAMASHIRO C, FERNÁNDEZ F, CÁRDENAS G. 1995. Aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las pesquerías y sus recursos. Inf Inst Mar Perú. 111: 3-34.
- 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 Mar Perú. No. 89: 1-57.
- 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, WINKER H. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. Fish and Fisheries. 18(3): 506-526. <https://doi.org/10.1111/faf.12190>
- FROESE R, PAULY D. 2019. FishBase [WWW Document]. World Wide Web Electron. Publ.
- GOICOHEA C, MOQUILLAZA P, MOSTACERO J. 2012. Edad y crecimiento de *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) en el mar del Callao. Inf Inst Mar Perú. 39: 23-25.
- GONZÁLEZ 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 Mar Perú. 128: 105-121.

- 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. 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 (8): 1–56.
- KIMURA D, BALSIGER J, ITO D. 1984. Generalized Stock Reduction Analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1325–1333. <https://doi.org/10.1139/f84-16>
- KIMURA D, TAGART J. 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>
- MARÍN W, MEDINA A, CASTILLO G, ESTRELLA C, GUARDIA ALEX, GUEVARA-CARRASCO R, DOMALAIN G, WACH M, BERTRAND A. 2017. Atlas de la pesca artesanal del mar del Perú. Guevara-Carrasco R, Bertrand A. Eds. *Bol Inst Mar Perú.* Vol Extraord. 183 pp.
- 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 Mar 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, POWERS J, FOX JR W. 1987. Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management (Ocean Resources and Marine Policy Series). Westview Press.
- R CORE TEAM. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- 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 Mar Perú.* 42: 369–382.
- SAMAMÉ M. 1974. Algunos aspectos sobre la biología y pesquería de *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) del área de Paita (Perú). Tesis para otorgar el grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Programa Académico de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. 104 pp.
- SAMAMÉ M. 1981. Las pesquerías demersales en el Perú. Ser. Semin. y Estud. - Com. Perm. del Pacífico Sur. 213–247.
- SCHAEFER M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Reimp. 1991 Bull. Math. Biol.* 53: 253–279.
- VARGAS M, FUENTES P, HERNÁEZ 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 estudos biológicos de populações de peixes. Crescimento e Reprodução. Concelho Nac. Desenvolv. Cient. e Tecnol. Brasília CNPq. Programa Nacional de Zoologia. 108 pp.
- WINKER H, KERWATH S, ATTWOOD C. 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. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.014>
- WINKER H, CARVALHO F, KAPUR M. 2018. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Asses. *Fish. Res.* 204: 275–288. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.010>