BIOLOGÍA, PESQUERÍA Y ESTADO POBLACIONAL DE CACHEMA *Cynoscion analis* (Jenyns, 1842) EN EL LITORAL PERUANO

BIOLOGY, FISHERIES, AND POPULATION STATUS OF THE PERUVIAN WEAKFISH *Cynoscion analis* (Jenyns, 1842) IN THE COAST OF PERU

Miguel Pérez-Huaripata[1] *Paul Tacuri Santisteban* *Edgar Argumedo Guillén*
Gladis Castillo Mendoza *Maritza Saldarriaga Mendoza* *Wencheng Lau Medrano*
Jacqueline Palacios León *Renato Guevara-Carrasco*

RESUMEN

Pérez-Huaripata M, Tacuri P, Argumedo E, Castillo G, Saldarriaga M, Lau W, Palacios J, Guevara-Carrasco R. 2021. *Biología, pesquería y estado poblacional de la cachema* Cynoscion analis *(Jenyns, 1842) en el litoral peruano. Inf Inst Mar Perú. 48(4): 532-551.-* Se determinó algunos aspectos de biología, pesquería y el estado poblacional de cachema *Cynoscion analis* mediante el uso de dos modelos de evaluación (CMSY y Dinámico de Biomasa). La información analizada provino de los desembarques de pesca artesanal en el litoral peruano del periodo 1950-2018. Los mayores desembarques de cachema durante 1996-2018 se registraron en la zona norte (~ 88% del desembarque total) con arte de pesca de cerco (~ 71%). Así mismo, el índice gonadosomático mostró mayor intensidad de actividad reproductiva en primavera-verano mientras que el factor de condición mostró valores mayores durante el otoño-invierno. La talla de primera madurez calculada fue 23,12 cm LT. Finalmente, las simulaciones realizadas con el método Captura y Máximo Rendimiento Sostenible (CMSY) y el modelo Dinámico de Biomasa presentaron resultados similares, sugiriendo que la cachema se encontraba en estado de plena explotación en el 2018, con algunos indicios de sobreexplotación.

Palabras clave: *Cynoscion analis*, cachema, método basado en capturas, modelo Dinámico de Biomasa, talla de primera madurez

ABSTRACT

Pérez-Huaripata M, Tacuri P, Argumedo E, Castillo G, Saldarriaga M, Lau W, Palacios J, Guevara-Carrasco R. 2021. *Biology, fisheries, and population status of the Peruvian weakfish* Cynoscion analis *(Jenyns, 1842) in the coast of Peru. Inf Inst Mar Peru. 48(4): 532-551.-* Information from artisanal landings in the Peruvian coast between 1950-2018 was analyzed by applying two stock assessment methods (CMSY and Biomass Dynamics) to determine some aspects of the biology, fishery, and population status of the Peruvian weakfish *Cynoscion analis*. Its largest landings occurred between 1996 and 2018 in northern Peru (~ 88% of the total landings) with purse seine (~ 71%). Also, the gonadosomatic index (GSI) showed higher intensity of reproductive activity in spring-summer while the condition factor showed higher values during autumn-winter. The size at first maturity (Lm_{50}) was 23.12 cm TL. Finally, the simulations carried out with both the CMSY method and the Dynamic Biomass model showed similar results, thus suggesting that the resource is being fully exploited in 2018, with some signs of overexploitation.

Keywords: *Cynoscion analis*, Peruvian weakfish, catch-based method, Dynamic Biomass model, size at first maturity

1. INTRODUCCIÓN

Cynoscion analis (Jenyns, 1842), es una especie pelágica nerítica perteneciente a la familia Sciaenidae, comúnmente conocida como cachema y *common Peruvian weakfish* en inglés. Generalmente, habita en aguas cálidas y templadas, sobre fondos arenosos y fangosos. Se distribuye desde Colombia, Santa Elena (Ecuador), costas de Perú hasta Coquimbo (Chile) (Chirichigno y Cornejo, 2001).

La cachema es un recurso importante para la pesquería artesanal debido a su abundancia y distribución. Es considerada como una de las especies trascendentales entre los componentes de la fauna bento-pelágica, por el volumen de su captura, aceptación para el consumo en estado fresco, salado y congelado (Mejía *et al*., 1970) y debido al agradable sabor y valor nutritivo de su carne (Samamé, 1971).

Sus mayores desembarques se registran en la zona norte del litoral peruano (Mendo, 1987; Marín *et al*., 2017), donde se extrae principalmente con las artes de cerco y cortina. Sin embargo, la creciente demanda para el consumo humano directo en fresco ha estimulado el desarrollo de su pesquería,

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

generando incremento en la presión de pesca, así como preocupación por implementar medidas de ordenamiento y regulación pesquera.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer los principales aspectos biológico - pesquero de la cachema y mostrar una primera aproximación sobre su estado poblacional y nivel de explotación, con la finalidad de disponer de bases científicas para garantizar su sostenibilidad.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Origen y procesamiento de la información biológico-pesquera

Los datos de desembarques anuales fueron obtenidos del Ministerio de la Producción (Produce) para el periodo 1950 - 2018 y del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Imarpe desde 1996 hasta 2018. Este es un programa de monitoreo de la flota pesquera artesanal en los principales puntos de desembarque, que busca colectar información de cada viaje de pesca, considerando aspectos como las artes de pesca empleadas, zonas de pesca, entre otros.

Para el análisis se consideró delimitar 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). Asimismo, es importante mencionar que los datos corresponden mayormente a la zona norte-centro (~95%).

Los muestreos biométricos y biológicos se realizaron según lineamientos metodológicos adoptados para el seguimiento de las pesquerías a nivel nacional (Espino *et al.*, 1995). Esta información provino de los principales puntos de desembarque del litoral peruano y comprende el periodo 1996-2018, la misma que fue obtenida a través del Programa de Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Litorales del Imarpe.

Estructura de tallas

La información de los muestreos biométricos, fue revisada y validada a niveles de región y arte de pesca, mediante análisis descriptivos. Posteriormente, se realizó un proceso de ponderación progresivo por estratos o niveles, como se detalla a continuación:

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), es el desembarque total de la embarcación (kg).

b) Ponderación por arte de pesca/mes/región

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

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

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

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 con la finalidad de asignar un grado de importancia a la estructura por tallas, en función a la magnitud de desembarque de cada región según su modo de extracción, nivel de desembarque y estacionalidad. Se estimó la evolución de las tallas medias de cachema para la zona norte-centro y principales artes de pesca, con una frecuencia anual, durante el periodo 1996-2018.

Índice Gonadosomático y Factor de Condición

Se muestreó 114.701 ejemplares de cachema, de los cuales 64.449 (~56%) fueron individuos hembras.

Se trabajó con ejemplares adultos (20 a 30 cm de longitud total). Estos índices se analizaron para el periodo 1996-2018, tomando en consideración la zona norte-centro del litoral peruano. A partir de esta información, se estimaron los siguientes indicadores biológicos:

Índice Gonadosomático (IGS): el cálculo fue realizado según lo descrito por Vazzoler (1981), cuya expresión es la siguiente:

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

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

Factor de Condición (FC): Este índice describe la condición o grado de bienestar de un organismo. La estimación del FC fue mediante la ecuación de Fulton (Nash *et al*., 2006).

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

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

Talla de primera madurez (TPM)

Para la determinación del estado reproductivo de los ejemplares analizados (hembras, debido a que estas son las responsables del proceso de desove) se empleó la escala validada de madurez gonadal para peces teleósteos (Johansen, 1924), la cual describe 8 estadios para cada sexo (Tabla 1).

Tabla 1.- Estadios de madurez validada para *Cynoscion analis* basado en la escala de madurez gonadal propuesta Johansen (1924)

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	

Para estimar la TPM se contrastaron los ejemplares en estado inmaduro (estadio I y II), respecto a todos los que se encuentran en actividad madurante (estadios III y IV) para cada rango de tamaño. Conforme el rango de tamaño se incrementa, la proporción o porcentaje de individuos maduros también se incrementa. La curva de porcentaje de maduración en el rango de tamaños u ojivas de madurez, se grafica como una curva sigmoidea, en la cual el 50% representa la Talla de Primera Madurez (Vazzoler, 1981).

La aplicación de esta metodología consideró los siguientes pasos: (i) garantizar, en lo posible, la cobertura de un amplio rango de tallas (ejemplares pequeños y grandes), (ii) identificar los principales picos de desove, para lo cual se analizó la variación temporal del IGS, (iii) categorizar las hembras en dos sub-grupos: inmaduras (estadios I y II) y maduras (estadios III y IV), no se consideró los demás estadios de madurez debido a que el objetivo de este análisis fue identificar la talla de transición entre inmaduros y maduros) y (iv) aplicación del modelo logístico de madurez sexual.

La proporción de hembras maduras respecto a la longitud total (LT) fue ajustada a una regresión logística o modelo lineal generalizado con familia binomial y enlace *logit*:

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

Donde 1-*p* es la probabilidad de "fracaso" (inmaduro), en ese mismo contexto el "éxito" se define como maduro. Con esta transformación se forma un modelo lineal con:

$$logit(p) = a + b * X$$

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 *Boostrap* (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.

Estandarización de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

Se trabajó con información diaria de desembarque y esfuerzo de la flota pesquera artesanal para el periodo 1996-2018. Correspondientes a las artes de pesca de cerco y cortina, debido a la cantidad de registros disponible y su representatividad en los desembarques. Además, se realizó un análisis de *cluster*, con la finalidad de diferenciar aquellos viajes de pesca que tuvieron la intencionalidad de capturar cachema. Este análisis se realizó para cada tipo de arte y se lograron obtener 6 grupos con base en el análisis de las siguientes variables: zona de pesca, mes, captura de cachema del viaje, captura total del viaje y la proporción de estas dos últimas variables. De los agrupamientos conformados, se removió el grupo que se caracterizó por presentar una baja representatividad de captura de cachema, con la finalidad de no emplear los viajes donde las embarcaciones posiblemente capturaron de manera incidental dicho recurso. Cabe mencionar que para realizar este análisis se consideraron 5 periodos basados en la información del ENFEN (disponible en: http://met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html): años cuando ocurrió un evento cálido extraordinario, años con eventos cálidos, años con eventos fríos, años con eventos fríos-cálidos y años neutros.

La estandarización de la CPUE se realizó mediante el empleo de un modelo lineal generalizado (GLM) donde se consideró como variables predictoras: año, mes, capacidad de bodega (CB), región (como indicador "*proxy*" de zonas de pesca) y objetivo (relación entre la captura de cachema y la captura total de la embarcación). Esta última variable permite compensar la baja especificidad del arte de pesca debido a su carácter multiespecífico, permitiendo incluir información respecto al cambio de especie objetivo realizado por la flota (Soto *et al*., 2009), en relación a la disponibilidad del recurso en la zona de pesca. Los modelos considerados se estructuraron de la siguiente manera:

Cerco

$$log(CPUE)=factor(Año)+factor(Mes)+factor(CB_{barco})+factor(Región)+factor(Objetivo)$$

Cortina:

$$log(CPUE)=factor(Año)+factor(Mes)+factor(CB_{barco})+factor(Región)+factor(Objetivo)$$

Adicionalmente, se asumió una distribución tipo log-normal para la CPUE (Punt *et al*., 2000; Ortiz & Arocha, 2004) y la implementación del modelo fue realizada con ayuda de la plataforma R (R Development Core Team, 2020).

Se debe considerar que, para la evaluación poblacional, se planteó como hipótesis de trabajo la existencia de una sola unidad poblacional frente al litoral peruano.

Evaluación de stock

Método basado en captura (CMSY- Froese *et al*., 2017)

Los modelos de producción típicos, como el de Schaefer (1954), utilizan series de tiempo de captura y abundancia para estimar productividad de un recurso en un determinado sistema. En cambio, el método CMSY utiliza la captura y la productividad para estimar la biomasa (Froese *et al*., 2017). Este método estima la biomasa, la tasa de explotación, el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y los puntos de referencia, a partir de datos de captura y el conocimiento *a priori* sobre la resiliencia del recurso.

El CMSY está basado en el Análisis de Reducción del Stock propuesto por Kimura & Tagart (1982) y Kimura *et al*. (1984) 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). Este método realiza predicciones razonables de la biomasa relativa y la tasa de explotación del stock (Froese *et al*., 2017) y ha sido aplicado en 397 poblaciones de peces e invertebrados de 10 ecorregiones de los mares europeos por Froese *et al*. (2018). El código desarrollado en el programa R para la aplicación de este método se encuentra disponible en http://oceanrep.geomar.de/33076/.

La serie de capturas anuales de 1950 a 2018 fue el vector de entrada utilizado para la aplicación del método CMSY. Asimismo, se consideraron valores *a priori* para la tasa intrínseca de crecimiento (r) basándose en el nivel de

resiliencia de la cachema. A partir de los datos disponibles en el *FishBase*, se determinó que esta especie presenta una resiliencia media, con lo cual se asume que el parámetro poblacional *r* oscila entre 0,2-0,8 (propuesto por Froese *et al*., 2017). Además, se consideró utilizar un tamaño relativo del stock durante el primer año (B_{1950}/K), con rango de 0,8-1 (inicio de la pesquería) y para el último año (B_{2018}/K) de 0,2-0,6 debido a que la relación entre el nivel de desembarque del último año con respecto al desembarque máximo observado durante el periodo 1950-2018, se encuentra entre 0,3 y 0,7 (nivel intermedio de explotación, propuesto por Froese *et al*. (2017)). Además, las frecuencias de tallas durante los últimos años se están concentrando en ejemplares que se encuentran cerca de su talla de madurez.

Modelo Dinámico de Biomasa tipo Espacio-Estado

Se usó el Modelo Dinámico de Biomasa bajo el enfoque de espacio de estados (*State-Space Models*), permitiendo incluir el error de proceso y de observación en la modelación (Meyer & Millar, 1999; Millar & Meyer, 2000). Este modelo presenta dos componentes:

1. Ecuación de observación

Está dada por modelación de la variación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), establecida de la siguiente forma:

$$CPUE_{j,a} = q_a B_j + \tau_{j,a}$$

Donde *CPUE* representa el vector la Captura por Unidad de Esfuerzo y *B* al vector de estado representado por la biomasa en el año *j*; q_a es el vínculo entre CPUE (observación) y la biomasa (estado), $\tau_{j,a}$ representa el ruido (error) de observación en el año *j* y el arte de pesca *a*

2. Ecuación de estado

La biomasa representa el estado de nuestro modelo, el cual fue modelado como:

$$B_j = B_{j-1} + g(B_{j-1}) - C_{j-1} + \sigma_j$$

Donde *C* es la captura, σ_j representa el error de proceso y $g(B_{j-1})$ es la función de producción, considerado de tipo Schaefer (1954) representado de la siguiente forma:

$$g(B_{j-1}) = r * B_j \left(1 - \frac{B_{j-1}}{K}\right)$$

Siendo *r* la tasa de crecimiento poblacional, y *K* la capacidad de carga del ambiente.

En la implementación del modelo, se realizó la re-parametrización $P_j = \frac{B_j}{K}$ según lo propuesto por Millar & Meyer (2000), con la finalidad de acelerar el re-muestreo en las simulaciones.

De esta forma, las ecuaciones de observación y de estado fueron reescritas de la siguiente forma:

$$CPUE_j \,|P_j, q, \tau^2 = qKP_j\, e^{v_j}; j = 1, \dots, N$$

$$P_1 \,|\sigma^2 = e^{u_1} \quad P_j \,|P_{j-1}, K, r, \sigma^2 = \left(P_{j-1} + rP_{j-1}\left(1 - P_{j-1}\right) - \frac{C_{j-1}}{K}\right) e^{u_j}; j = 2, \dots, N$$

Donde u_t y v_t son el error de proceso y de observación, respectivamente y *N* es el número total de años a ser analizada.

Ajuste del modelo dinámico de biomasa

El ajuste del modelo se realizó con el programa JAGS (*Just Another Gibbs Sampler*), herramienta diseñada especialmente para análisis bayesiano, el cual utiliza el método de Monte Carlo basado en Cadenas de Markov (MCMC) (Plummer, 2003).

El enfoque bayesiano en este tipo de análisis permite incorporar información disponible en la literatura y la información obtenida a través de la experiencia de otras investigaciones (Punt & Hilborn, 1997) (Tabla 2).

Se realizaron tres series o cadenas de 1.500.000 simulaciones cada una, de las que se descartaron las primeras 1.400.000 simulaciones (considerado como periodo de "calentamiento o *burning*"). Para probar la convergencia y la ausencia de autocorrelación de las cadenas de simulaciones, se utilizó el paquete "*coda*" del programa estadístico R. Para caracterizar la distribución *posteriori* de los parámetros, se realizó un re-muestreo seleccionando un valor cada diez simulaciones restantes.

Tabla 2.- Distribución *a priori* de los parámetros del Modelo Dinámico de Biomasa para *Cynoscion analis*

Parámetro	Símbolo	Distribución *priori*
Capacidad de carga	K	*Log-normal* (0,001, 0,54) I (máx.(captura), 7*máx.(captura))
Tasa de crecimiento poblacional	r	*uniforme* (0,1, 1)
Coeficiente de capturabilidad	$q_{cortina}$	*dnorm* (0, 10) I (0,1)
Coeficiente de capturabilidad	q_{cerco}	*dnorm* (0, 10) I (0,1)
Error de proceso	σ2	*Gamma-inv* (1,71, 0,01)
Proporción entre B_j/K	P_j	*Log-normal* ($P_{obs,}$ σ^2)
Captura por unidad de esfuerzo	U_j	*Log-normal* ($U_{obs,}$ τ^2)

Puntos Biológicos de Referencia – PBR

Con los parámetros estimados por el modelo, se calcularon los puntos biológicos de referencia para el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS). Para el modelo empleado en la presente evaluación, el nivel de biomasa que genera el MRS es:

$$B_{MRS} = K/2$$

El mismo que corresponde a una mortalidad por pesca (F_{MRS}):

$$F_{MRS} = r/2$$

Asociándose al valor del máximo rendimiento sostenible (*MRS*):

$$MRS = (r * K)/4$$

Asimismo, fueron considerados otros puntos de referencia basados en el criterio de reducir significativamente el esfuerzo de pesca sin afectar el *MRS*, dentro de los cuales se tiene:

$$F_{0,1} = 0{,}9 * r/2$$

$F_{0,1}$: en el manejo pesquero, el valor de *F* es la pendiente de la curva de rendimiento, es una décima parte de su valor cerca al origen. En condiciones de equilibrio, la estimación de este punto biológico de referencia (*PBR*) es:

$$F_{2/3MRS} = \frac{2}{3} F_{MRS}$$

$F_{2/3Fmrs}$: considerado como una medida más conservadora fue estimada como:

Para cada *PBR* fue estimado su nivel de rendimiento asociado.

3. RESULTADOS

Desembarques

El desembarque histórico anual de cachema (1950-2018) ha sido variable en el tiempo, se observan importantes volúmenes de extracción entre los años 1973-1974 (después de El Niño -EN 1972-1973), 1984 (después de EN 1982-1983), 1993 (después de EN moderado 1991-1992), 1995-1996 (años previos al evento EN 1997-1998) y 1998-1999 (durante y después de EN 1997-1998). Cabe resaltar que, después del máximo desembarque registrado (1998) los volúmenes de extracción mostraron tendencia descendente hasta el 2006 (año en el cual se registró un evento cálido) para después de ello mostrar tendencia ascendente, registrando un desembarque promedio de 6.316 t durante 2016-2018 (años en los que se registraron eventos fríos y cálidos) (Fig. 1).

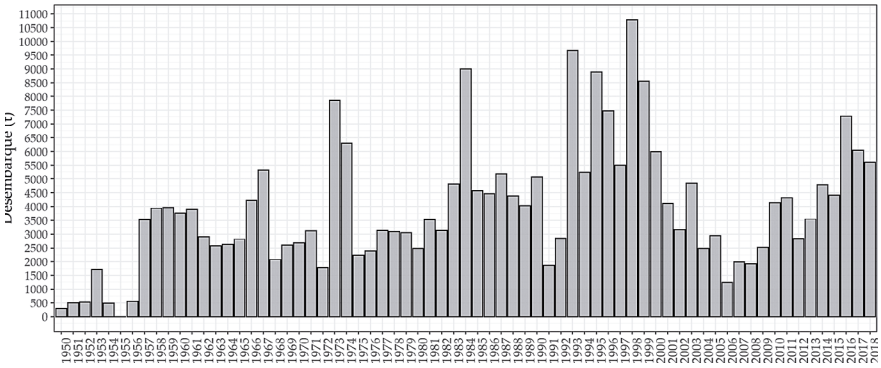

Figura 1.- Desembarque anual (t) de *Cynoscion analis* en el litoral peruano (1950-2018). Fuente: Produce

Los niveles de desembarque de cachema durante 1996-2018 se concentraron en la zona norte (~88%), principalmente en las Regiones de Tumbes, Piura y Lambayeque. Asimismo, se precisa que durante el evento EN 1997-1998, las capturas se incrementaron en las Regiones de Áncash y Lima (ubicados en la zona centro). Además, durante el periodo 2014-2017 se registraron eventos cálidos y los desembarques de la zona centro se concentraron en la Región Áncash (Fig. 2).

Los desembarques de este recurso se registran durante todos los meses del año en la zona norte-centro, pero con mayor intensidad entre los meses de primavera-verano, debido a mayor disponibilidad del recurso en las zonas de pesca, ya que el número de viajes con presencia de este recurso aumenta durante esos meses (Fig. 3).

Durante el periodo 1996-2018, la cachema fue capturada con diversos artes o aparejos de pesca, los mayores volúmenes correspondieron a cerco (~71%) y cortina (~19%). Las capturas con el arte cortina mostraron incremento desde el 2014. Su extracción con artes como pinta, chinchorro, arrastre, entre otros, muestran menores niveles de desembarque y fueron agrupadas como Otros (Fig. 4). Esto puede estar atribuido a la disponibilidad del recurso en las zonas de pesca, así como, al incremento en el número de embarcaciones durante los últimos años, con predominio de las embarcaciones cortineras (Castillo *et al.*, 2018).

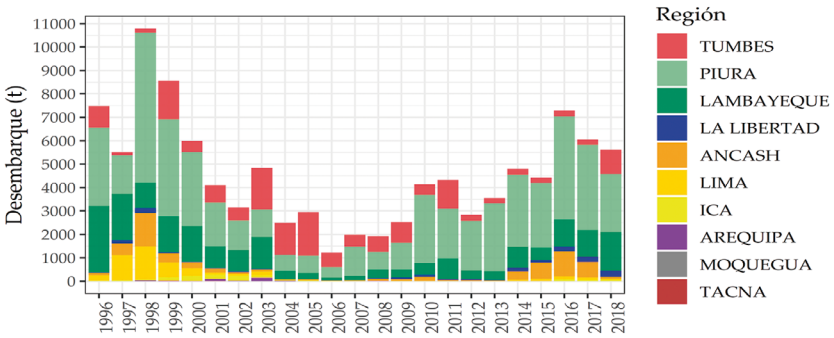

Figura 2.- Desembarques (t) de *Cynoscion analis* por regiones del litoral peruano (1996-2018). Fuente: Imarpe

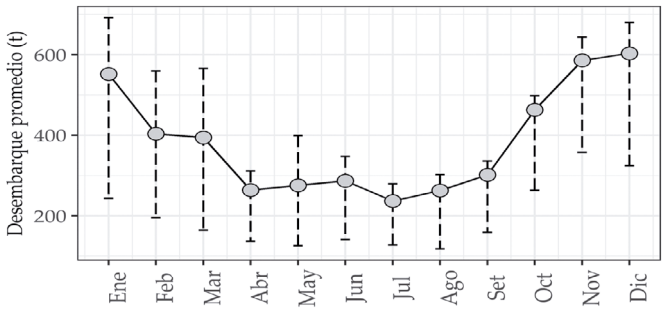

Figura 3.- Estimados de desembarque promedio mensual de la zona norte-centro de *Cynoscion analis*, durante 1996-2018. Las barras verticales representan los límites intercuartílicos

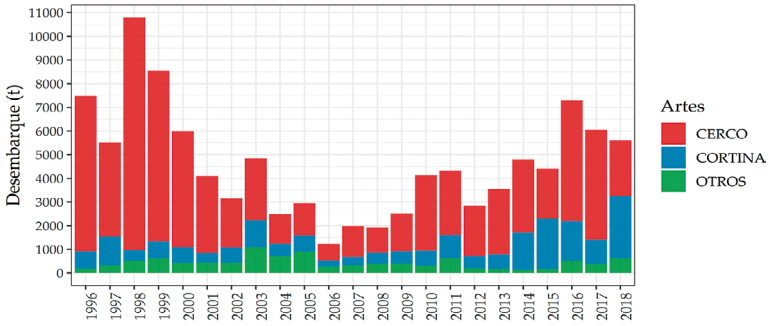

Figura 4.- Desembarques anuales (t) de *Cynoscion analis* en función de sus artes de pesca en el periodo 1996-2018. Fuente: Imarpe

Distribución

Los registros de zonas de pesca muestran que el recurso se ha distribuido especialmente al norte de 15,5°S durante el periodo 1996-2018 (Figs. 5, 6). Sin embargo, se observan diferencias en cuanto a la intensidad de pesca (medida en porcentaje de número de viajes) por tipo de arte. Para el cerco, esta intensidad se concentró principalmente al norte de 7°S entre 1996-2018, a excepción del 2015-2017, cuando se concentró entre 9 y 10°S (Fig. 5). En cambio, en el caso de la cortina, se concentró mayormente al norte de 14°S (Fig. 6).

Talla media

La serie de tallas media de cachema durante el periodo 1996-2018 muestra tendencia variable, con valores cercanos a la Talla Mínima de Captura (TMC = 27 cm) (R.M. Nº 209-2001-PE) en la mayoría de años. Los valores más altos fueron registrados en 1996, 1997, 2002 y 2014. En los últimos años, la talla media registró tendencia descendente desde el 2015 al 2017 y recuperación para el 2018 (Fig. 7).

Cabe señalar, que existe tendencia descendente de tallas máximas registradas durante el periodo analizado; este comportamiento puede atribuirse a la selectividad de las artes de pesca utilizadas, ya que los tamaños de malla o anzuelos empleados para su captura son variables (por ejemplo, el tamaño de malla en el arte cortina puede variar de 2 a 3 pulgadas

Según tipo de arte de pesca, la serie de tallas medias calculada de cachema capturada con red de cerco presentó un comportamiento similar a lo observado en la figura 7, porque las embarcaciones que emplean este arte poseen mayor poder de pesca y por lo general tienden a capturar mayor número de individuos de menor talla; mientras que, en el caso de la red cortina, la serie de tallas medias se encuentra a nivel o sobre la TMC, ya que este tipo de red es más selectivo y utiliza tamaños de malla grandes (Fig. 8)

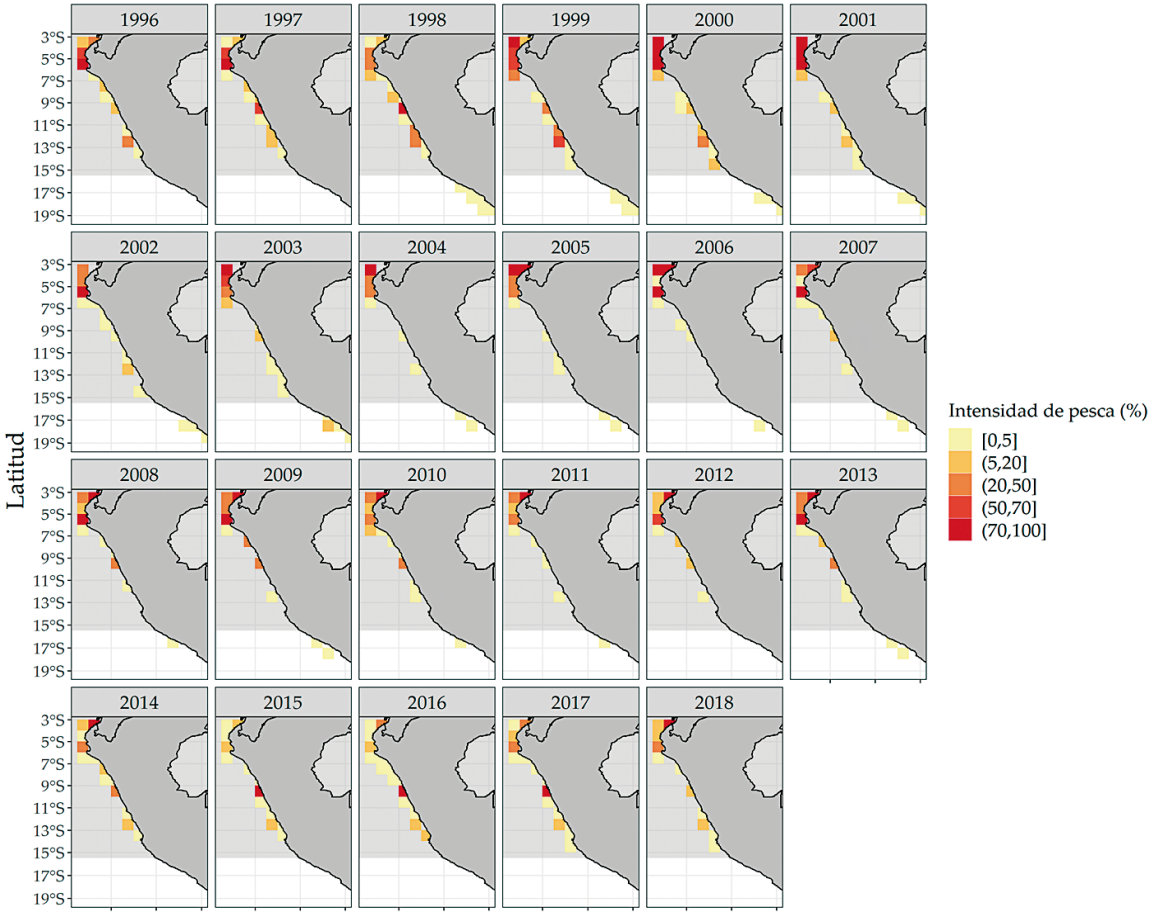

Figura 5.- Distribución de áreas de pesca de *Cynoscion analis* para flota artesanal que opera con el arte de cerco durante 1996-2018. Fuente: Imarpe

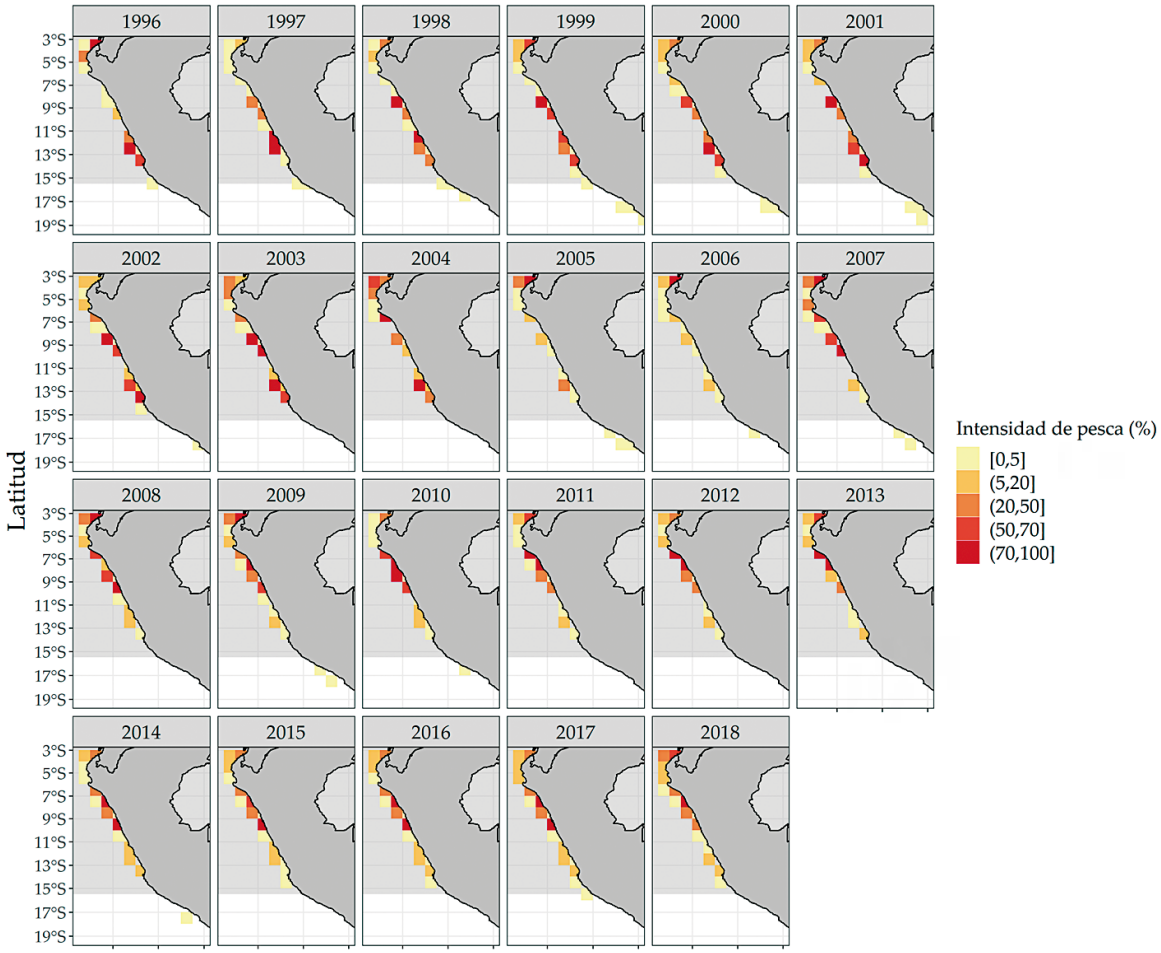

Figura 6.- Distribución de áreas de pesca de *Cynoscion analis* para flota artesanal que opera con el arte de cortina durante 1996-2018. Fuente: Imarpe

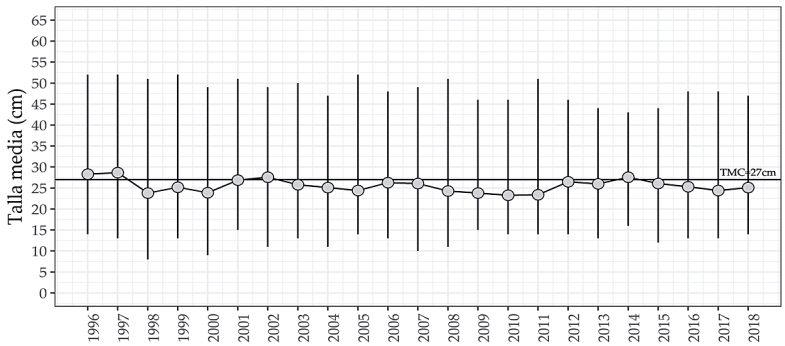

Figura 7.- Evolución de la talla media de *Cynoscion analis* para la zona norte-centro, periodo 1996-2018. Línea vertical muestra la talla mínima y máxima

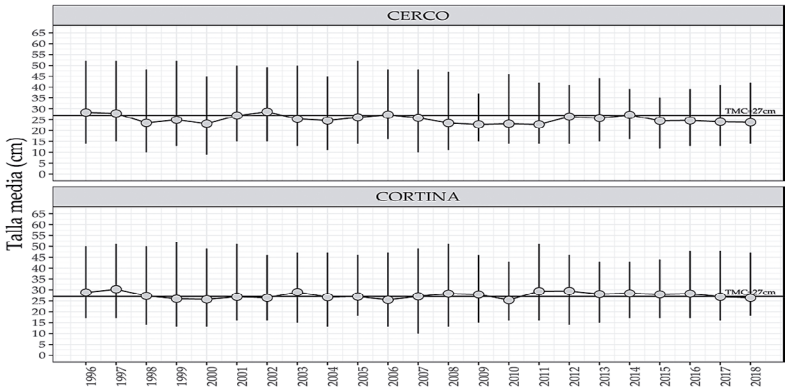

Figura 8.- Evolución de la talla media de Cynoscion analis por arte de pesca para la zona norte-centro, periodo 1996-2018. Línea continua indica la TMC y la línea vertical muestra la talla mínima y máxima

Índice Gonadosomático (IGS)

Los valores de IGS mensuales obtenidos para las zonas norte y centro presentaron variabilidad similar en el ciclo reproductivo (Fig. 9). En ambas zonas se observó tendencia ascendente del IGS de setiembre a enero, cuando se alcanza un pico máximo, para empezar a descender hacia mediados de año.

Considerando que la cachema en ambas zonas presenta un comportamiento similar en sus valores de IGS mensual, se ha considerado que el ciclo reproductivo de la población presenta cuatro etapas claves para el proceso reproductivo (Fig. 10). La primera, asociada a la época de madurez durante la primavera, cuando los valores de IGS tienden a ascender. Luego, continua el verano vinculado a la época de desove cuando el IGS alcanza su máximo valor, seguido del otoño, cuando el IGS desciende (etapa de recuperación). El ciclo reproductivo se reinicia con un proceso de maduración inicial, desde comienzos del segundo semestre (invierno).

Factor de condición - FC

Los valores del FC mensual estimados para las zonas norte y centro mostraron variación semejante (Fig. 11). Para ambas zonas, los mayores valores estimados se dieron de julio a setiembre, mientras que los más bajos se presentaron de enero a marzo.

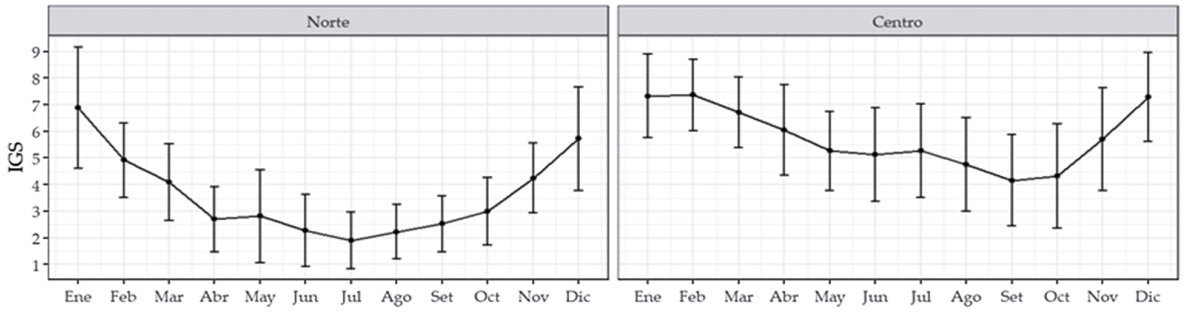

Figura 9.- Índice gonadosomático mensual de *Cynoscion analis* por zona de pesca (1996-2018).
Las líneas verticales representan la desviación estándar de cada mes

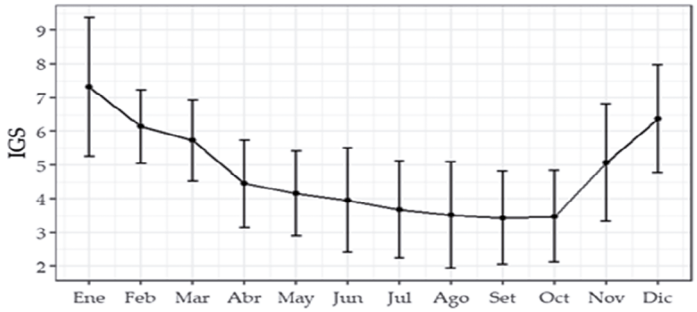

Figura 10.- Índice gonadosomático mensual de *Cynoscion analis* (1996-2018).
Las líneas verticales representan la desviación estándar de cada mes

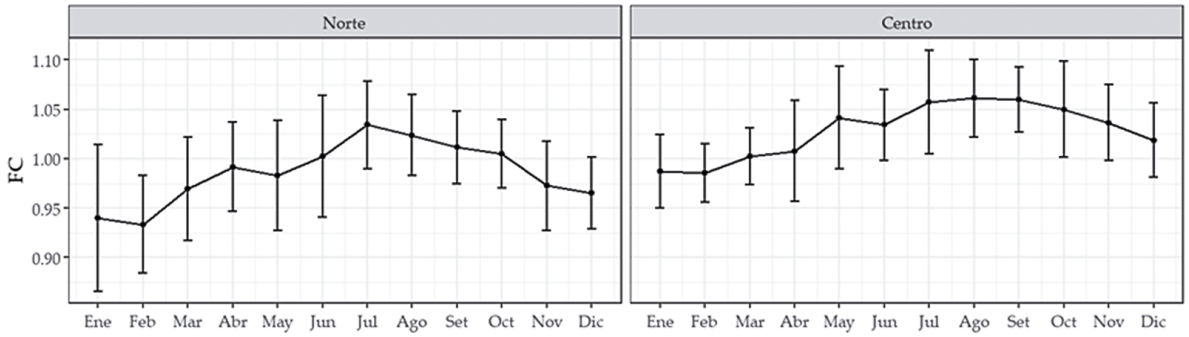

Figura 11.- Factor de condición mensual de *Cynoscion analis* por zonas de pesca (1996-2018).
Las líneas verticales representan la desviación estándar de cada mes

Dada las tendencias del FC en ambas zonas, se determinó el ciclo de la condición corporal representativo a la población (Fig. 12), identificándose cuatro periodos. El primero, cuando se dan los valores más bajos del FC, coincidente con la principal estación de desove (enero-marzo). El segundo, corresponde al trimestre abril-junio, periodo en que los valores fueron ascendiendo, correspondiendo a la etapa de recuperación del bienestar corporal. El tercero, al inicio del segundo semestre, el FC alcanza su máximo valor para luego descender, reflejando así que la mayor energía se destina para iniciar la maduración. Finalmente, el último periodo en el que se manifiesta el declive de la condición corporal, preservando energías para fines reproductivos y, específicamente se prepara para alcanzar el máximo nivel de maduración gonadal e iniciar el desove.

Talla de primera madurez (TPM)

TPM estimada fue 23,12 cm LT (Fig. 13), con intervalos de confianza al 95% de 23,05–23,18 cm para el periodo 1996-2018 (Tabla 3). La TPM para periodos de cada tres años (Tabla 3) mostró que el valor más alto (24,91 cm) se observó en el periodo 1996-1998, que engloba al EN 1997-1998. Posteriormente, los valores de TPM fueron disminuyendo hasta alcanzar su valor más bajo (21,95 cm) para el periodo 2005-2007. Luego de este periodo, la TPM ha ido ascendiendo progresivamente.

Asimismo, la TPM estimada a partir de parámetros de crecimiento (Arrieta *et al.*, 2010) mostró que la cachema alcanza su primera madurez a la edad aproximada de 2,37 años.

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La estandarización de la CPUE mediante GLM se realizó para cada tipo de arte (cerco y cortina), con lo cual se obtuvieron series de tiempo de este indicador de abundancia relativa.

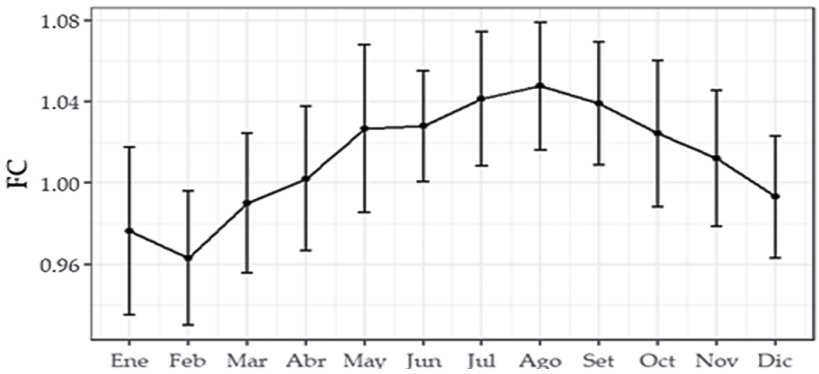

Figura 12.- Factor de condición mensual de *Cynoscion analis* (1996-2018). Las líneas verticales representan la desviación estándar de cada mes

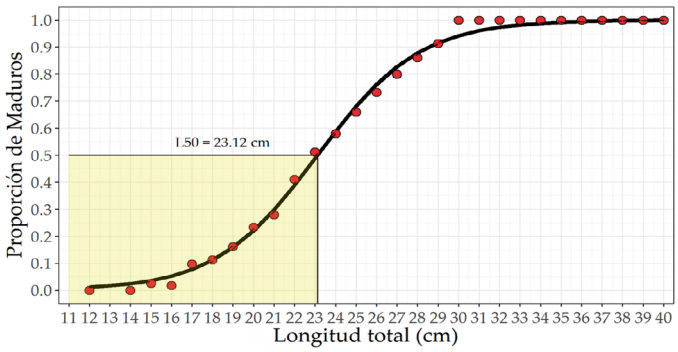

Figura 13.- Curva logística de madurez sexual de *Cynoscion analis* para el periodo 1996-2018

Tabla 3.- Valor medio e intervalos de confianza de las estimaciones de la talla de primera madurez de *Cynoscion analis* para el periodo 1996 – 2018

Periodo	Media (cm)	Límite	
		Inferior (cm)	Superior (cm)
1996 - 1998	24,91	24,71	25,11
1999 - 2001	22,51	22,39	22,63
2002 - 2004	22,80	22,63	23,00
2005 - 2007	21,95	21,77	22,13
2008 - 2010	22,27	22,06	22,45
2011 - 2013	22,39	22,15	22,63
2014 - 2016	23,53	23,36	23,70
2017 - 2018	24,64	24,46	24,81
1996 - 2018	23,12	23,05	23,18

Arte de pesca cerco

El ajuste del modelo GLM y la significatividad de las variables fue contrastada mediante un análisis de residuos. Los valores residuales se distribuyeron adecuadamente con relación a los valores predichos y presentaron distribución normal, aunque con algunos pequeños desvíos en los extremos.

La CPUE estandarizada presentó variaciones con tendencia descendente entre 1996-2006, con fluctuaciones de ascenso y descenso durante ese periodo (Fig. 14). Después de ello, la CPUE mostró tendencia ascendente hasta el 2011, para mantenerse relativamente estable hasta el 2014. Sin embargo, luego descendió el 2015 e incrementó el 2016 para luego disminuir hasta alcanzar valores equiparables a las CPUEs observadas durante 1997, 2006 y 2007. Este comportamiento puede estar relacionado tanto con la disponibilidad del recurso como con las condiciones oceanográficas que durante los últimos años han pasado de condiciones cálidas a frías y viceversa.

Arte de pesca cortina

Los residuos del GLM se distribuyeron adecuadamente con relación a los valores predichos y tuvieron distribución normal, aunque con algunos pequeños desvíos en los extremos; similar a lo observado con el arte de pesca cerco.

Al analizar la tendencia del índice de CPUE estandarizada, se observó una caída pronunciada entre 1997 y 2002, después de ello, un ligero incremento hasta el 2006 y se mantuvo relativamente estable hasta el 2010. Luego mostró un ligero descenso hasta el 2013, para incrementar en el 2014 y disminuir durante los últimos años, pero con valores de CPUE similares a los observados en el periodo 2005-2010 (Fig. 15).

Se observa menor variabilidad en la CPUE del arte de pesca cortina con relación a la de cerco, atribuible a la disponibilidad del recurso en las zonas de pesca habituales de cada arte, ya que puede variar de acuerdo a las condiciones oceanográficas.

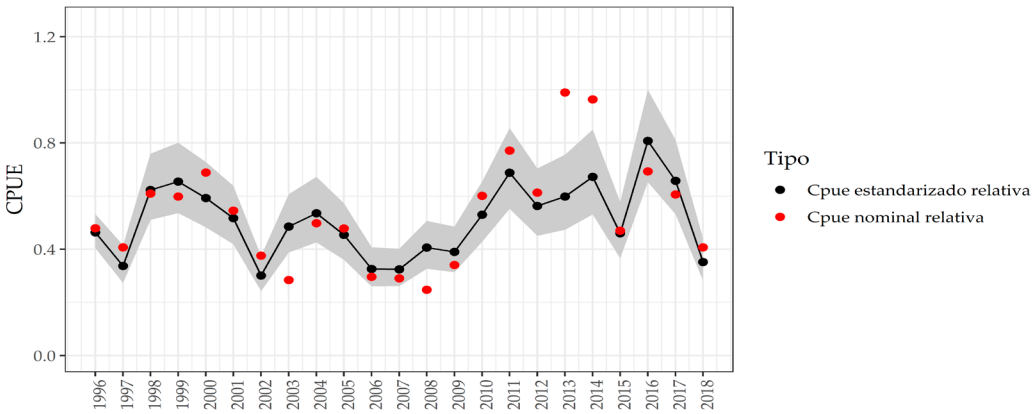

Figura 14.- Variación de la CPUE estandarizada vs CPUE nominal de *Cynoscion analis*, para el arte de pesca de cerco (1996-2018). La banda gris, representa los límites de confiabilidad al 95%

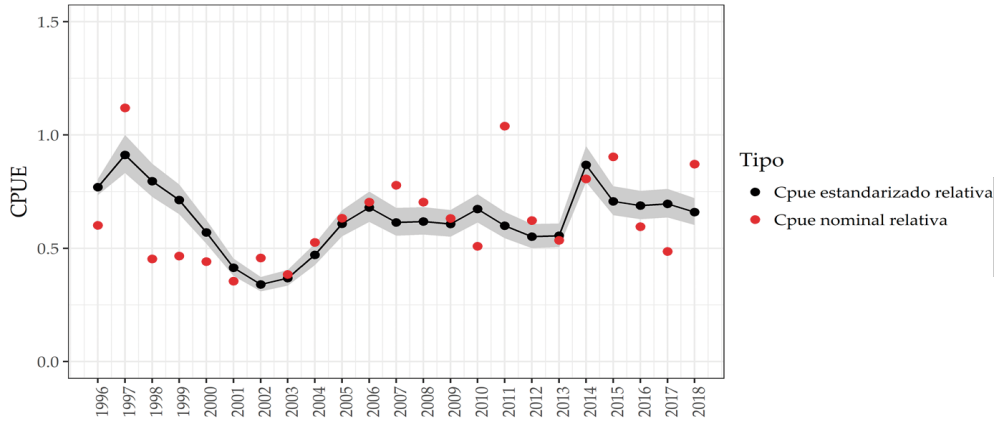

Figura 15.- Variación de CPUE estandarizada vs CPUE nominal de *Cynoscion analis*, para el arte de pesca cortina (1996-2018). La banda gris, representa los límites de confiabilidad al 95%

Evaluación de stock

Método basado en captura

Los resultados obtenidos por el CMSY (Froese *et al.*, 2017) muestran recuperación de la biomasa desde el 2007 (Fig. 16). Los parámetros poblacionales estimados por el método se muestran en la Tabla 4, mientras que los puntos biológicos de referencia en la Tabla 5.

Tabla 4.- Parámetros biológicos de *Cynoscion analis* a través del CMSY con su valor medio e intervalos de credibilidad al 95%

Parámetros	Mediana	Unidades	Intervalos de credibilidad
r	0,541	año^{-1}	0,382 - 0,765
K (t)	38 796,28	t	26.937,02 – 55.876,69

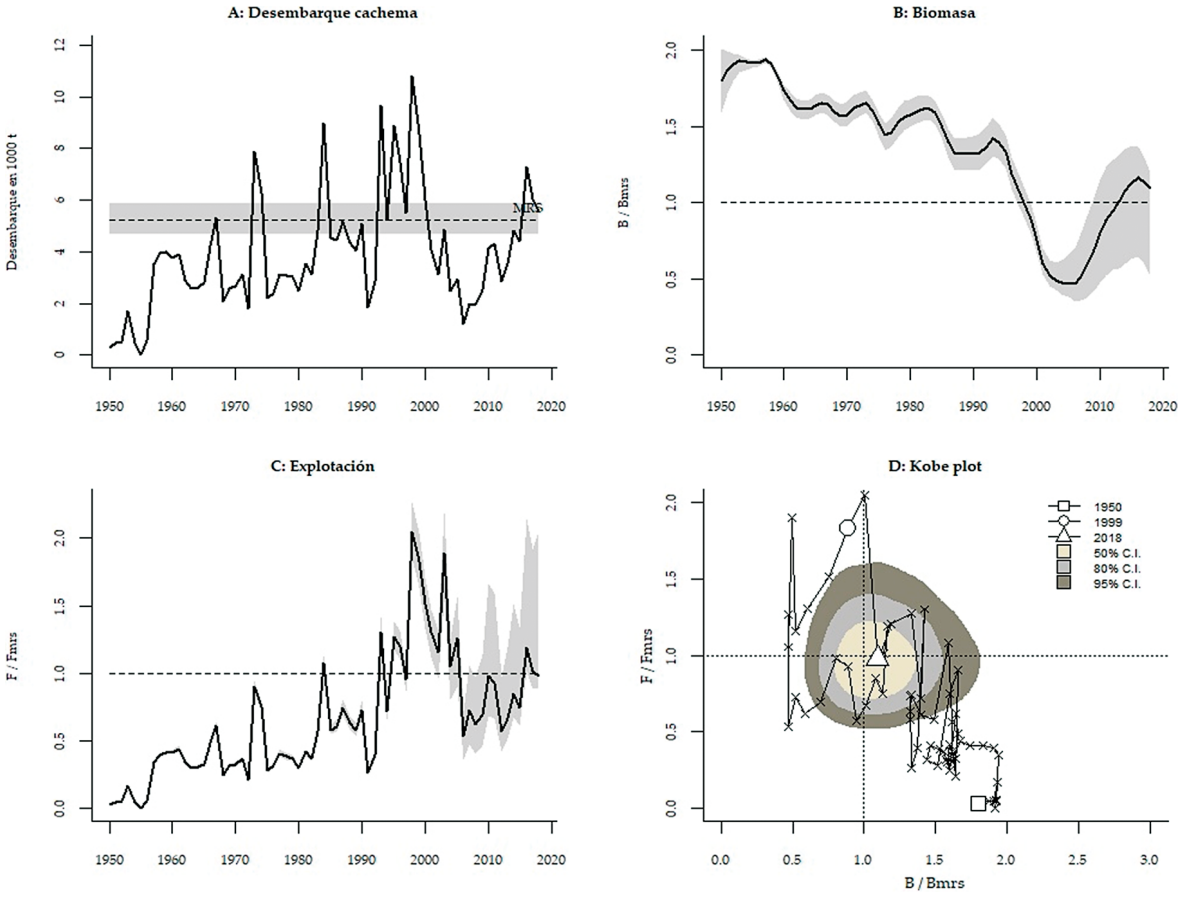

Figura 16.- Panel A: Desembarques con el máximo rendimiento sostenible (MRS) y sus intervalos de credibilidad (línea punteada en negro y banda gris). Panel B: Biomasa (B) con respecto a la Biomasa del máximo rendimiento sostenible (Bmrs). Panel C: Mortalidad por pesca (F) con respecto a la mortalidad por pesca del máximo rendimiento sostenible (Fmrs). Panel D: Gráfico de Kobe

Tabla 5.- Puntos biológicos de referencia de *Cynoscion analis* a través del CMSY con su valor medio e intervalos de credibilidad al 95%

Puntos Biológicos	Mediana	Unidades	Intervalos de credibilidad
MRS	5 243,71	t	4 741,90 - 5 798,64
B_{MRS} (t)	19 398,14	t	13 468,51 - 27 938,35
F_{MRS}	0,270	año^{-1}	0,191 - 0,382
B_{2018}/B_{MRS}	1,096		0t,524 - 1,196
F_{2018}/F_{MRS}	0,978		0,895 - 2,043

Los desembarques anuales de cachema se encontraron por encima del *MRS* a mediados de las décadas de 1970 y 1980, así como en los periodos 1993-2000 y 2016-2018 (Fig. 16A). La biomasa anual mostró tendencia fluctuante en el tiempo, con biomasas por debajo de la B_{MRS} entre 1999-2012, e incremento paulatino a partir del 2008 hasta sobrepasar la B_{MRS} (Fig. 16B). Esto se debió a que desembarques y mortalidad por pesca comenzaron a disminuir gradualmente, hasta presentar valores por debajo del *MRS* y F_{MRS}, respectivamente (Fig. 16A, 16C). Sin embargo, durante los últimos 3 años, desembarques y mortalidad se encuentran sobre MRS y F_{MRS}, lo cual estaría explicando una reducción de la biomasa.

El diagrama de Kobe (Fig. 16D) muestra las trayectorias de B_t/B_{MRS} y F_t/F_{MRS}, indicando que en la actualidad *C. analis* se encuentra en un estado de plena explotación (B_{2018}/B_{MRS} = 1,10 y F_{2018}/F_{MRS} = 0,98). Sin embargo, es importante mencionar que el escenario actual presenta alta incertidumbre (crema: 50%, gris claro: 80% y gris oscuro: 95% de confianza), por lo que se debería tomar en consideración medidas de regulación pesquera que permitan limitar la presión de pesca.

Modelo Dinámico de Biomasa

El ajuste del modelo dinámico de biomasa representó adecuadamente la variación de la serie de CPUE estandarizada para el arte de pesca cortina, no siendo el caso para el cerco (Fig. 17). Esta situación se debe a la alta variabilidad asociada a la CPUE obtenida para el arte de pesca cerco.

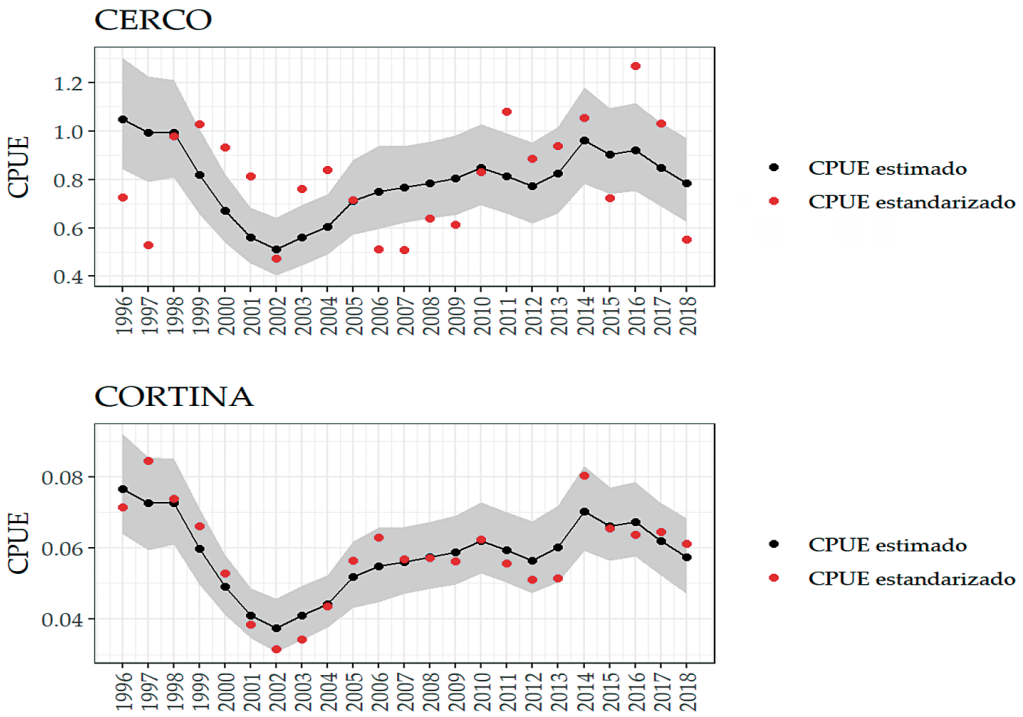

Figura 17.- Ajuste del modelo dinámico de biomasa (línea punteada) para *Cynoscion analis* a las series de CPUE estandarizadas para las artes de pesca cerco y cortina (puntos)

Tabla 6.- Valor medio, desviación estándar e intervalos de credibilidad del modelo dinámico de biomasa para *Cynoscion analis*

Parámetros	Media	Unidades	S.D.	Intervalos de Credibilidad	
				2,50%	97.50%
K	39.566	t	8.952	25.302	60.280
r	0.518	año^{-1}	0,147	0,277	0,854
q_{cerco}	3,30E-05		8,56E-06	1,89E-05	5,23E-05
$q_{cortina}$	2,41E-06		6,05E-07	1,40E-06	3,75E-06
$q_{promedio}$	1,77E-05		4,57E-06	1,02E-05	2,80E-05

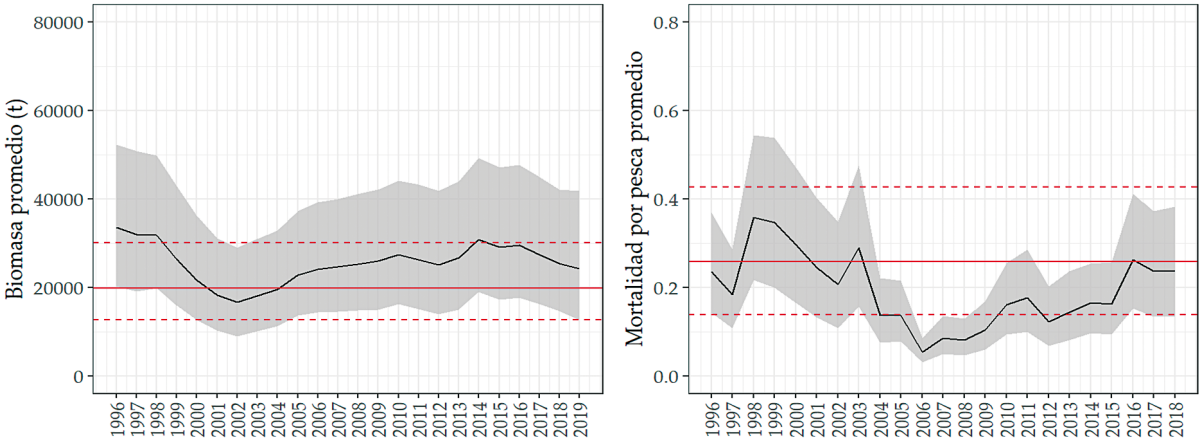

Figura 18.- Variación de la biomasa promedio y mortalidad por pesca (*F*) estimadas a través del modelo dinámico de biomasa para *Cynoscion analis*. Líneas rojas continuas y discontinuas representan el valor promedio e intervalos de credibilidad para el B_{MRS} (*K*/2) y el F_{MRS}, respectivamente

Los parámetros poblacionales estimados son mostrados en la Tabla 6. Los valores obtenidos fueron 39.556 t para la capacidad de carga (*K*), y 0,52 año^{-1} para la tasa de crecimiento poblacional (*r*), menor al estimado a través del CMSY, pero dentro de rango de posibles valores estimados para este recurso y 1,77*10^{-5} para el coeficiente de capturabilidad promedio entre ambas artes de pesca.

La biomasa media estimada según el modelo, muestra tendencia descendente desde 1996 al 2002, hasta ubicarse por debajo del valor promedio de B_{MRS} (nivel de biomasa para alcanzar el máximo rendimiento sostenible). Después de ello, los niveles de biomasa mostraron incremento hasta encontrarse sobre la B_{MRS}. Sin embargo, a partir del 2014, los niveles de biomasa comenzaron a disminuir, asociados al incremento en los niveles de desembarque. Los últimos años se observó una leve disminución de la biomasa media para el inicio del 2019 (o en su defecto para finales del 2018) respecto a la estimada para el 2018; encontrándose por encima de la biomasa para el máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}). La mortalidad por pesca (*F*) presentó tendencia fluctuante en el tiempo, con valores por debajo y sobre el nivel de referencia (F_{MRS}). Cabe mencionar que, durante el 2016 la mortalidad por pesca se incrementó hasta encontrar el nivel del F_{MRS}, luego durante los dos últimos años, los valores mostraron una ligera disminución (Fig. 18).

Para determinar el estado del stock, se consideraron dos indicadores. El primero estuvo dado por la relación entre biomasa actual y biomasa a nivel de Máximo Rendimiento Sostenible (B_{MRS}), el segundo por la relación entre mortalidad por pesca actual y mortalidad por pesca correspondiente al *MRS* (F_{MRS}) (Tabla 7). Con base en los resultados preliminares de esta evaluación, ambos indicadores muestran que el stock de cachema se encuentra en nivel de plena explotación, debido a que la biomasa actual se encuentra sobre el nivel de la B_{MRS} y la mortalidad por pesca por debajo del nivel de la F_{MRS}.

Tabla 7.- Media, desviación estándar y límites de credibilidad de los indicadores derivados del modelo dinámico de biomasa para *Cynoscion analis*

Indicadores	Media	S.D.	Intervalos de Credibilidad	
			2,50%	97,50%
B_{act}/B_{MRS}	1,217	0,219	0,830	1,690
F_{act}/F_{MRS}	0,951	0,233	0,563	1,469

Tabla 8.- Media, desviación estándar y límites de credibilidad de los puntos biológicos de referencia derivados del modelo dinámico de biomasa para *Cynoscion analis*

Puntos Biológicos de Referencia	Media	Unidades	S.D.	Intervalos de Credibilidad	
				2,50%	97,50%
MRS	4.863	t	810	3.478	6.687
B_{MRS}	19.783	t	4.476	12.651	30.140
F_{MRS}	0,259	año^{-1}	0,073	0,139	0,427
$F_{0.1}$	0,233	año^{-1}	0,066	0,125	0,384
$Y_{0.1}$	4.815	t	802	3.443	6.620

Los indicadores de estado de la población derivados del modelo permitieron determinar que el stock de cachema en aguas peruanas se encuentra en niveles de plena explotación. Es importante mencionar que durante los últimos años la mortalidad por pesca se encuentra cerca del límite de sostenibilidad (F_{MRS}), en ese sentido, el Máximo Rendimiento Sostenible (*MRS*) estimado en 4.863 t y la Mortalidad por Pesca a nivel de *MRS* (F_{MRS}) deben considerarse como puntos de referencia límite (Caddy & Mahon, 1995; Mace, 2001), en razón de las debilidades de los supuestos que generan el cálculo del *MRS*. Debido a esa consideración, también se ha estimado un punto biológico de referencia alternativo y de menor riesgo como es el $F_{0.1}$ y el rendimiento a este nivel de pesca $Y_{0.1}$ los cuales fueron estimados en 0,233 año^{-1} y 4 815 t, respectivamente (Tabla 8).

Adicionalmente, se ha considerado otro punto biológico de referencia: la captura a nivel de $2/3F_{MRS}$ (dos tercios de la mortalidad por pesca a nivel de *MRS*) (Caddy & Mahon, 1995), que se basa en el criterio arbitrario de reducir significativamente el esfuerzo de pesca sin afectar significativamente el *MRS*. En este caso, el rendimiento anual considerando este punto biológico de referencia alternativo equivale a 4.323 toneladas. En el diagrama de Kobe derivado de los resultados obtenidos mediante la aplicación del modelo dinámico de biomasa, se observa que la situación actual de la población de cachema 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 presenta la incertidumbre asociada a la aplicación del modelo dinámico de biomasa como puntos en color negro y su densidad asociada en áreas de color gris (Fig. 19)

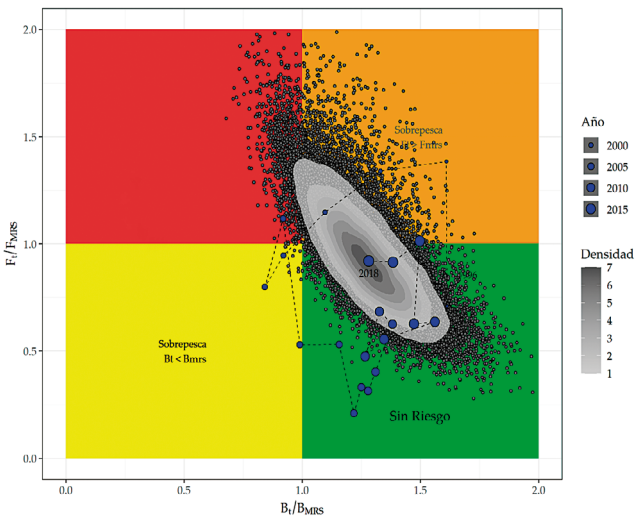

Figura 19.- Diagrama de Kobe de las estimaciones del tamaño de la población y la mortalidad por pesca en relación con sus puntos de referencia de MRS para la pesquería de cachema *Cynoscion analis*

4. DISCUSIÓN

La serie histórica de desembarque de cachema ha mostrado comportamiento fluctuante en el tiempo, sin embargo, el volumen de sus desembarques ha incrementado durante los últimos años, principalmente en primavera y verano. Esta estacionalidad se ha mantenido a través del tiempo del periodo de estudio, y guarda coherencia con lo descrito por Mejía *et al.* (1970) quienes describieron tendencia similar para 1968. Asimismo, los mayores volúmenes de desembarque durante el periodo analizado (1996-2018) se registraron en la zona norte (~ 88%), de forma similar a lo reportado por Mendo (1987), quien mencionó que los desembarques de este recurso se concentran principalmente en la zona norte (~ 50 y 80% del total descargado), destacando entre los lugares de desembarque: el puerto de Paita (05°05'S) en Piura y caleta Santa Rosa (06°53'S) en Lambayeque.

Actualmente se ha observado un cambio en el tipo de aparejos de pesca utilizados para la captura de cachema. Mendo (1987) mencionó que esta especie era capturada tanto por embarcaciones artesanales (con el empleo de redes cortineras y cerco de tamaños pequeños) como por embarcaciones comerciales provistas de redes arrastreras y de cerco de mayor magnitud. El uso de estas últimas aumentó a comienzos de la década del 70 (Samamé *et al*., 1973, citado en Mendo, 1987). Sin embargo, durante el periodo analizado 1996-2018, las capturas de cachema provinieron principalmente de las embarcaciones que trabajan con artes de pesca cerco y cortina. Por otra parte, en el caso de las capturas con redes de arrastre, empleadas por la flota industrial dirigida al recurso merluza y que operan fuera de las 5 mn respecto a la costa, solo se cuenta con capturas de esta especie de manera incidental y poco frecuente, esto debido a que, en el Artículo 2 del D S Nº 017-92-PE, se estableció que "*en la zona reservada para la pesca artesanal, está prohibido el uso de artes y aparejos de pesca que modifiquen las condiciones bioecológicas del medio marino, tales como redes de arrastre de fondo, redes de cerco industriales, rastras y chinchorros mecanizados*".

Por otro lado, la serie de tallas medias presentó valores cercanos a la TMC. Respecto a ello, es importante indicar, que los valores de la serie se encuentran próximos a lo encontrado por Mendo *et al.* (1988) quienes analizaron la distribución de frecuencias de longitudes de la cachema de Paita durante 1967-1983 y reportaron tallas medias entre 24,1 y 26,8 cm. Cabe mencionar que la cachema capturada con el arte de pesca cerco registró (en su mayoría) tallas con valores medios por debajo de la TMC. Esto se debió a que las redes tipo cerco (representan mayores volúmenes de desembarque) utilizan por lo general un tamaño de malla de 38 mm, la cual permite capturar un rango de tallas más amplio, con lo cual el número de ejemplares por debajo de la TMC es mayor.

Asimismo, se identificó la primavera como la estación más importante para la maduración de cachema, lo cual es reflejado en un claro ascenso de la condición gonadal, tanto en la zona norte como centro; posteriormente, el proceso de desove acontece a inicios de verano. Este patrón, basado en el IGS, coincide con lo reportado en otros estudios para la zona norte del litoral peruano (Samamé, 1971; Alvitres, 1979; Mendo *et al*., 1988). No obstante, con relación al inicio de la maduración, Mendo *et al.* (1988) mencionan que empieza en invierno. Sin embargo, en el presente estudio se evidenció que, a escala mensual, hay una ligera diferencia en el inicio de la maduración entre las zonas norte y centro, con un retraso en el mes de inicio para la zona centro respecto al norte, lo que podría estar asociado a las condiciones oceanográficas presentes en cada lugar, con condiciones más cálidas frente a la zona norte. A pesar de esta variación en el inicio de la maduración, el momento de plena maduración y desove mostraron un comportamiento similar.

Los estudios relacionados a los aspectos reproductivos de cualquier recurso vivo son fundamentales para conocer las estrategias reproductivas adoptadas por ellos frente al aumento del esfuerzo de pesca habitual en la historia de una pesquería. Samamé (1971) estimó que la "primera madurez" gonadal de cachema se alcanza a los 20,2 cm LT aproximadamente; sin embargo, también menciona que se encontraron individuos que no alcanzaron la madurez hasta los 32 cm LT y que la estimación se realizó considerando ambos sexos. En el presente trabajo, la TPM se calculó alrededor de los 23,12 cm LT; no obstante, a diferencia del trabajo de Samamé

(1971) se consideró únicamente ejemplares hembras y mayor cobertura espacial (zonas norte y centro) y temporal (1996-2018) lo que brinda mayor consistencia al resultado obtenido.

La TPM estimada para el periodo más antiguo (1996-1998) fue la más alta (24,91 cm LT). Posterior a este periodo, las estimaciones calculadas cada tres años, mostraron ligero descenso hasta el periodo 2005-2007, cuando alcanzó su valor más bajo (21,95 cm LT). Sin embargo, este panorama cambió, puesto que en los siguientes años se evidenció un ascenso paulatino de la TPM. Dado que este valor máximo, se observó para inicios de la serie de tiempo evaluada, queda la pregunta si dicha TPM fue similar para los años anteriores a 1996. El estudio de una serie de tiempo más larga permitirá entender si este declive en la TPM se dio como un evento puntual en respuesta al impacto del evento El Niño 1997-1998 o esta reducción era una tendencia modulada por factores tanto pesqueros como ambientales.

Por otro lado, el patrón de factor de condición (FC) presentó un patrón contrario al del índice gonadosomático (IGS) permitiendo comprender el ciclo reproductivo y el gasto energético involucrado en cada etapa. De estos resaltan, dos momentos importantes: (1) la condición corporal pasa a un segundo plano y de esa forma se destina la energía al proceso reproductivo, lo cual es reflejado en bajos valores de FC y altos valores de IGS (estación de primavera-verano) y (2) el ejemplar requiere recuperar su condición corporal para empezar a desarrollar sus órganos sexuales e iniciar nuevamente la maduración, lo que se visualizó con altos valores de FC y bajos valores de IGS (estación otoño-invierno).

Cabe señalar, que existen estudios sobre la situación poblacional de recurso cachema, como el realizado por Mendo *et al*. (1988), quienes a través de un análisis de cohortes para el periodo 1972-1983, reportan que las tasas de explotación calculadas para los diferentes años indicaron que el stock no ha sido sobreexplotado y que podría soportar niveles de explotación mayores que aquellos que ha tenido durante ese periodo de estudio, por lo que, podría soportar niveles de captura de alrededor de 5.000 t. Posteriormente, Espino (1990) a través de un análisis de cohortes durante el periodo 1966-1987, menciona que los años de plena explotación han correspondido a 1967, 1970-1971, 1973-1974 y 1984 y que estos resultados no difieren significativamente de los hallados por Mendo *et al*. (1988).

Al comparar los resultados obtenidos a través del método CMSY y el modelo dinámico de biomasa, se observa que ambos modelos presentan resultados similares. En consecuencia, basándose en los resultados de indicadores biológicos y pesqueros, así como en los antecedentes descritos, se considera que los resultados obtenidos en la evaluación poblacional, brinda una primera aproximación sobre su estado, mostrando estimaciones razonables de los parámetros poblacionales y puntos de referencia biológicos. Por consiguiente, en la actualidad el estado poblacional del recurso cachema correspondería a un recurso hidrobiológico "plenamente explotado". Sin embargo, es importante resaltar que durante los últimos años existe incremento de la mortalidad por pesca, situación que denota la posibilidad de que el stock podría estar presentando indicios de sobreexplotación. Por lo tanto, se deberían considerar estrategias de manejo pesquero que permitan limitar la presión de pesca, a fin de lograr una pesquería sostenible del recurso.

5. CONCLUSIONES

Los mayores desembarques de cachema *Cynoscion analis* son registrados en la zona norte-centro del litoral peruano, en primavera y verano.

Las principales artes de pesca que inciden sobre la cachema son cortina y cerco, esta última presenta mayores volúmenes de desembarque.

Las tallas medias de cachema capturada con redes cortina estuvieron muy próximos a la TMC, a diferencia de aquellas capturadas con cerco.

El patrón del índice gonadosomático de cachema en las zonas norte y centro del litoral presentaron un comportamiento similar, con sus mayores valores durante las estaciones de primavera-verano.

El patrón del factor de condición en las zonas norte y centro del litoral presentaron un comportamiento similar, con sus mayores valores durante las estaciones de otoño-invierno.

La talla de primera madurez (TPM) gonadal de cachema *Cynoscion analis* para el periodo 1996-2018 se determinó en 23,12 cm LT.

El stock de cachema *Cynoscion analis* frente al litoral peruano en encontró en niveles de plena explotación en el año 2018, pero con algunos indicios de sobreexplotación.

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 Villanueva por la revisión de la presente publicación.

6. REFERENCIAS

Alvitres V. 1979. Madurez sexual y relación longitud-peso de *Cynoscion analis* "cachema" durante el verano de 1974. Caleta Santa Rosa–Lambayeque. Rev. Científica N°1. Univ. Nac. Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú: 43-52.

Arrieta S, Goicochea C, Moquillaza P, Mostacero J. 2010. Edad y crecimiento de la cachema *Cynoscion analis* (Jenyns), en el mar de Paita (5°S) Perú. 1979. Inf Inst Mar Perú. 37(3–4): 59–64.

Caddy J, Mahon R. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper, Rome. 347: 83.

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 Mar Perú. 45(3): 299-388.

Chirichigno N, Cornejo M. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Pub. Especial. Inst Mar Perú. 314 p.

Espino M. 1990. Análisis de las poblaciones de los principales recursos demersales del Perú. Bol Inst Mar Perú. 14(1): 1-27

Espino M, Yamashiro C, Fernández F, Cárdenas G. 1995. Aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las pesquerías y sus recursos (Guía para el seguimiento de las pesquerías). Inf Inst Mar Perú. 111: 5-34.

Froese R, Demirel N, Coro G, Kleisner K, 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, Winker H, Coro G, Demirel N, Tsikliras A, Dimarchopoulou D, *et al*. 2018. Status and rebuilding of European fisheries. Mar. Pol. 93: 159–170. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.018

Johansen A. 1924. On the summer and autumn spawning herring in the North Sea. Medel. Forum. Havunders. Fishery. 7(5): 119 pp.

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

Kimura D, Balsiger J, Ito D. 1984. Generalized Stock Reduction Analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1325–1333. https://doi.org/10.1139/f84-162

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.

Mace P. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. Fish Fish. 2 (1): 2-32.

Mejía J, Samamé M, Pastor A. 1970. Información básica de los principales peces de consumo. Inf. Esp Inst Mar Perú. IM-62: 20p.

Mendo J. 1987. Edad y crecimiento de una especie de cachema *Cynoscion analis* de la zona frente a Paita. Bol Inst Mar Perú. 11(1): 39 pp.

Mendo J, Samamé M, Wosnitza-Mendo C, Mendieta A, Castillo J. 1988. Análisis biológico-pesquero y poblacional de la cachema (*Cynoscion analis*) del área de Paita, Perú. Bol Inst Mar Perú. 12(2): 49-50

Meyer R, Millar R. 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56(6): 1078-1087.

Millar R, Meyer R. 2000. Non-linear state space modelling of fisheries biomass dynamics by using Metropolis Hastings within-Gibbs sampling. J. Roy. Stat. Soc. Ser. C. (Appl. Stat.). 49(3): 327-342.

Nash R, Valencia A, Geffen A. 2006. The origin of Fulton's condition factor—setting the record straight. Fisheries. 31(5): 236-238.

Ortiz M, Arocha F. 2004. Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fish. Res. 70(2/3): 275-294.

Plummer M. 2003. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing. Vienna, Austria. 10 pp.

Punt A, Hilborn R. 1997. Fisheries stock assessment and decision analysis: the Bayesian approach. Rev. Fish Biol. Fish. 7 (1): 35-63.

Punt A, Walker T, Taylor B, 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

R Development Core Team 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Samamé M. 1971. Observaciones de la madurez sexual y desove de la "cachema" *Cynoscion analis* de Paita. Callao-Perú. Ser Inf Esp Inst Mar Perú. IM-81: 1-44.

Schaefer M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Reprint 1991 Bulletin of Mathematical Biology. 53 (1-2): 253-279.

Sistema Peruano de Información Jurídica. 2011. Decreto Supremo Nº 017-92-PE. Ministerio de Justicia. 1 p.

Soto M, Pallarés P, Delgado de Molina A, Gaertner D. 2009. Actualización de la CPUE estandarizada de rabil adulto (*Thunnus albacares*) de la flota de cerco tropical europea en el Atlántico de 1980 a 2006. Col. Vol. Sc. Pap. ICCAT. 64(4): 1032 -1043.

Vazzoler, A E A de M. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos sobre populações de peixes. Crescimento e Reprodução. Brasília, CNPq. Programa Nacional de Zoologia. 108 pp.