



Bol. Tec. CEPMAR (2024) 4:2

Revisión de la evaluación de peces pelágicos en Ecuador, año 2023

Luis A. Cubillos

Revisión de la evaluación de peces pelágicos en Ecuador, año 2023

Luis A. Cubillos^{1,2,3}

¹Centro de Investigación Oceanográfica COPAS-COASTAL,
Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.

²Lab. EPOMAR, Departamento de Oceanografía,
Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

³Centro de Evaluación de Pesquera y Manejo de Recursos SpA,
Luis de Toledo 145, San Pedro de la Paz, Concepción, Chile.

Requiere:

Cámara Nacional de Pesquería (CNP)

Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca del Ecuador (IPIAP)

Boletín Técnico del Centro de Evaluación Pesquera y Manejo de Recursos SpA

Revisión de la evaluación de peces pelágicos en Ecuador, año 2023.

Luis A. Cubillos, Bol. Téc. CEPMAR (2024), 4(2): 1-13,

CEPMAR

Incluye referencias bibliográficas

Este documento se encuentra sujeto a una licencia Creative Commons
con Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).



[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INDICE GENERAL

Resumen	1
Antecedentes	2
Presentación	2
La evaluación de stock	2
El estado de situación de los recursos	3
Puntos biológicos de referencia	3
Estado de situación	3
Estructura del modelo de evaluación	5
Sensibilidad.....	6
Elementos de diagnóstico	6
Análisis específicos	6
Botella.....	6
Pinchagua	7
Macarela	7
Picudillo	7
Chuhueco.....	8
Sardina redonda	8
Mejoras al modelo y diagnóstico	8
Conclusiones	12
Recomendaciones	12
Agradecimientos	12
Referencias	13

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Procesos que requieren investigación adicional en el corto plazo (5 años?), y/o nuevos enfoques de análisis en el largo plazo (> 5 años?).	9
--	---

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Indicadores de estatus para la biomasa (B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (F/F_{RMS}) de los recursos de peces pelágicos del Ecuador desde 2017 al 2023.	4
Figura 2. Diagrama de fases para los recursos de peces pelágicos del Ecuador al 2023.	5

Resumen

Se realizó una revisión de los resultados de la evaluación de stock de los recursos de peces pelágicos del Ecuador al 2023; a saber: botella *Auxis* spp., macarela *Scomber japonicus*, picudillo *Decapterus macrosoma*, pinchagua *Opisthonema* spp, chuhueco *Cetengraulis mysticetus*, y sardina redonda *Etrumeus acuminatus*.

La evaluación de stock es un enfoque poblacional y utilizó el modelo de evaluación de stock MESTOCKT, que es un modelo estructurado por edad que destaca por su flexibilidad para adaptarse a los datos disponibles de cada recurso. Esto permitió considerar diferentes escenarios en su desempeño para ajustarse a los datos observados, en función de las restricciones estructurales impuestas. En este contexto, destaca la utilización de bloques de selectividad para explicar los datos de composición de tallas observados en el crucero y la pesquería. Asimismo, se incorporó la posibilidad de penalizar la capturabilidad del crucero de evaluación, a objeto de evitar re-escalamiento interanual en su estimación.

Para la evaluación, se actualizaron aspectos de los parámetros de historia de vida de botella (ojiva de madurez), el crecimiento (macarela y picudillo), mortalidad natural, época de desove (macarela), y se estandarizó la captura por unidad de esfuerzo, y se realizaron escenarios de sensibilidad para evaluar la robustez del modelo base, además de análisis retrospectivos para indagar en la consistencia interanual del modelo. Se detecta un grupo de recursos en que se infiere cambios en el nivel de productividad, desde un nivel de reclutamientos altos a comienzos durante los años 80 y 90, a otro nivel de reclutamiento más bajo desde los año 2000 hasta el 2022. Este cambio, sin embargo, no afecta al estado de situación ya que la biomasa desovante se ubica en torno del objetivo de manejo (botella, macarela, sardina redonda). Los recursos como picudillo y chuhueco muestran variabilidad interanual en el reclutamiento, y mortalidad por pesca por debajo del objetivo de manejo durante el periodo de evaluación, con biomasa desovante por sobre el objetivo de manejo. En general, el grado de sensibilidad a cambios en los supuestos es baja, y todos los recursos demuestran un buen comportamiento retrospectivo, lo que implica robutez y consistencia interanual sin sesgos de importancia.

Se concluye que el diagnóstico de la bondad de ajuste para los resultados del modelo de evaluación han considerado las recomendaciones de revisiones previas, y dado el mejoramiento continuo del modelo, esta revisión concluye que la evaluación de los recursos de peces pelágicos del Ecuador se está realizando bajo un estándar alto.

Antecedentes

Presentación

En el presente informe se revisa la actualización de la evaluación de stock de los peces pelágicos pequeños del Ecuador, solicitada por la Cámara Nacional de Pesquería [CNP](#) junto al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca del Ecuador [IPIAP](#). La asistencia técnica es parte del plan de mejora en la pesquería de pelágicos pequeños del proyecto [Small Pelagic Sustainability SPS-FIP/CNP](#).

El propósito de la consultoría fue evaluar el desempeño general del enfoque de evaluación de stock, su aplicación y resultados empleado para las especies botella *Auxis* spp., macarela *Scomber japonicus*, picudillo *Decapterus macrosoma*, pinchagua *Opisthonema* spp, chuhueco *Cetengraulis mysticetus*, y sardina redonda *Etrumeus acuminatus* como resultado de la implementación de mejoras al modelo de evaluación.

La evaluación de stock

La evaluación del stock de stock se documenta en [Canales y Jurado \(2024\)](#), en que se actualiza el estado de situación de los recursos mediante un enfoque poblacional utilizando un modelo de evaluación estructurado por edad, disponible en en el repositorio GitHub <https://github.com/criscan/mestockt>. El modelo de evaluación está codificado en [ADMB \(Fournier et al., 2012\)](#) como un modelo general y permite varias configuraciones estructurales para casos específicos, tales como:

- a) Variabilidad de la talla a la edad,
- b) Steepness y relación stock-recluta del tipo Beverton-Holt,
- c) Cambios en la capturabilidad por bloques de año
- d) Cambios en la selectividad por bloques de años, tanto para la flota como para los cruceros de evaluación.
- e) Denso-dependencia de la CPUE, y
- f) Efectos de la variabilidad ambiental en el crecimiento, capturabilidad y/o desviaciones en el reclutamiento.

En este informe, se revisan los resultados obtenidos y se analiza los avances relacionados con la implementación de recomendaciones sugeridas por la revisión experta ([Cubillos y Cuevas, 2023](#)). Las recomendaciones de mejoría de la herramienta de evaluación implican un procedimiento de mejoría continua, y en atención a conversaciones con los investigadores se está de acuerdo en que la implementación debe ser progresiva.

En este contexto, la presente revisión implica un análisis crítico de los resultados de la evaluación y resume los avances en la mejoría del modelo de evaluación de stock y su pertinencia para el manejo de la pesquería multiespecífica de peces pelágicos del Ecuador.

El estado de situación de los recursos

Puntos biológicos de referencia

Los indicadores de estatus se refieren a la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, cuyas series de tiempo fueron comparadas con puntos biológicos de referencia estáticos, utilizando un enfoque poblacional bajo el concepto del rendimiento máximo sostenido (RMS) como marco biológico para la explotación. Se utilizaron los siguientes proxy para la biomasa desovante al nivel del RMS: $B_{RMS} \sim 0,4B_0$, donde B_{RMS} es el punto biológico de referencia objetivo y B_0 es la biomasa desovante no explotada. Para la mortalidad por pesca se utilizó un proxy basado en la reducción de la biomasa desovante por recluta, i.e. $F_{RMS} \sim F_{40\%}$.

La razón B/B_{RMS} y F/F_{RMS} representa indicadores de desempeño de los efectos de la pesca, y se analizan ya sea como series de tiempo o como un diagrama de fases, que desde el puntos de vista de la biomasa del stock se identifica una zona de agotamiento cuando $B/B_{RMS} < 0,5$, sobreexplotación cuando $0,5 < B/B_{RMS} < 1$; y subexplotación cuando $B/B_{RMS} >> 1$. A su vez, la sobrepesca es independiente del nivel poblacional y se identifica cuando $F/F_{RMS} > 1$.

Estado de situación

En este contexto, los indicadores de estatus muestran una notable mejoría desde el 2017 al 2023, destacando el chuhueco, y picudillo con niveles de biomasa un poco más de 2 veces el objetivo de manejo, y los demás fluctuando en torno del objetivo de manejo (**Figura 1A**). Asimismo, la tasa de mortalidad por pesca de botella disminuyó notablemente desde el 2017 al 2023, y ha permanecido baja en los demás recursos sin síntomas de sobrepesca al 2023 (**Figura 1B** y **Figura 2**).

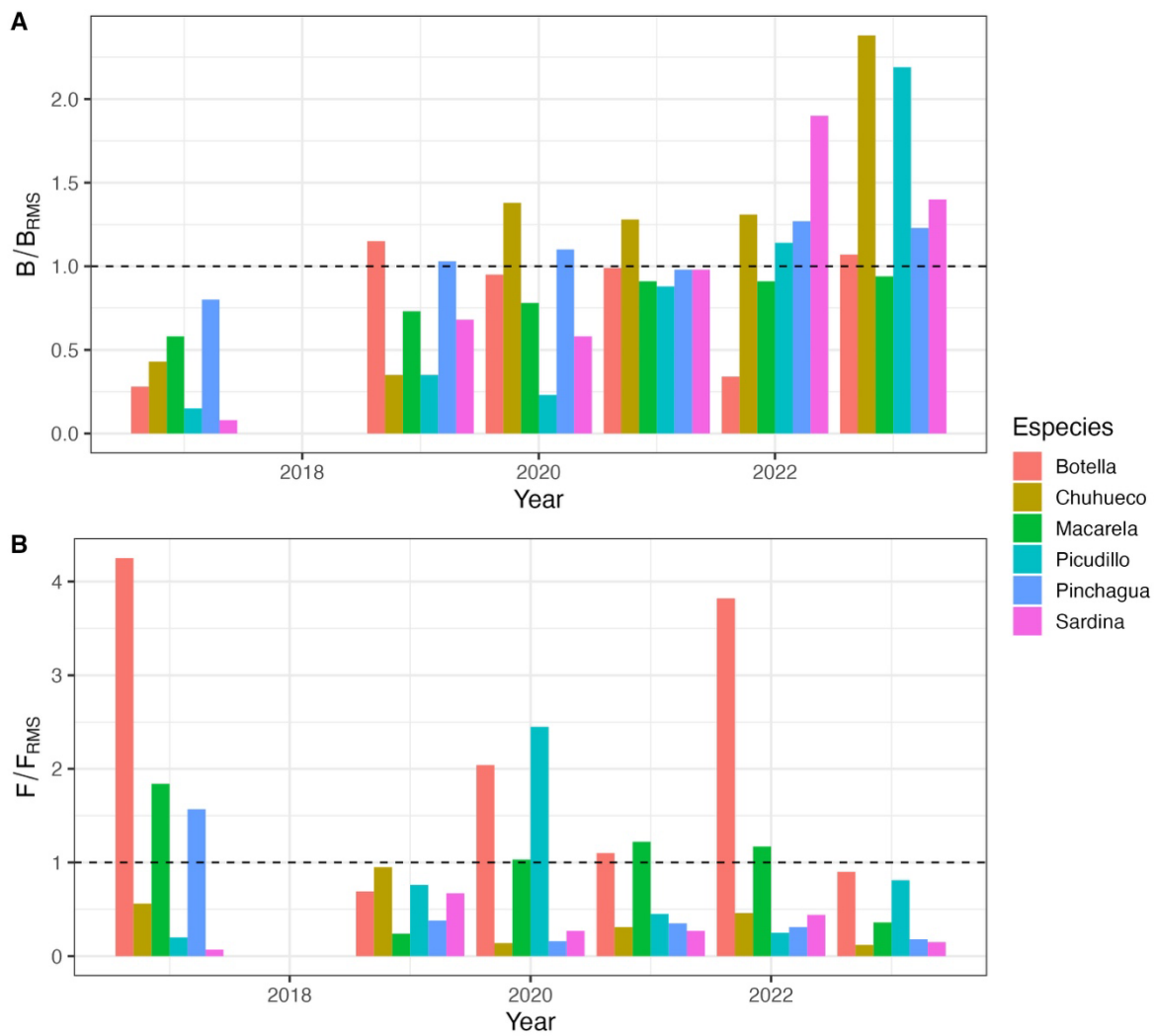


Figura 1. Indicadores de estatus para la biomasa (B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (F/F_{RMS}) de los recursos de peces pelágicos del Ecuador desde 2017 al 2023.

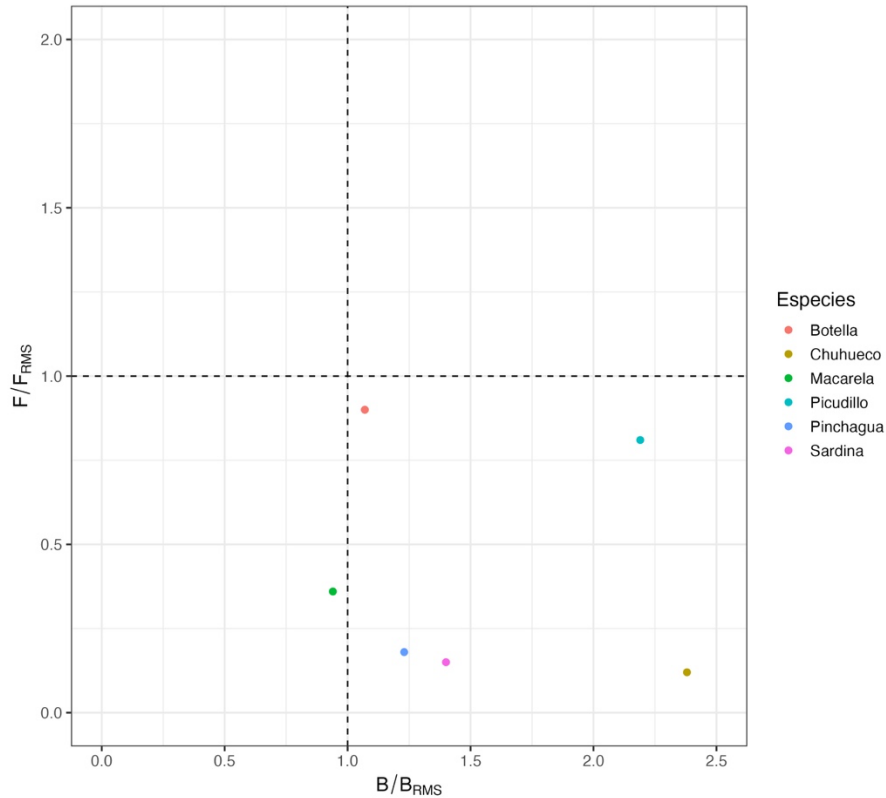


Figura 2. Diagrama de fases para los recursos de peces pelágicos del Ecuador al 2023.

Estructura del modelo de evaluación

El informe documenta satisfactoriamente la dinámica de la abundancia, los modelos de las observaciones, y funciones de log-verosimilitud y penalizaciones (ver Anexo I y Tabla 2 en [Canales y Jurado, 2024](#)). Asimismo, se presentan los supuestos y limitaciones respecto de los supuestos básicos para la evaluación de stock y los parámetros de historia de vida, aportando con una revisión y estimación de parámetros para algunos procesos biológicos como el crecimiento (macarela y picudillo), mortalidad y ojiva de madurez (botella), y época de desove (macarela).

En general, para todos los recursos se considera:

- a) El reclutamiento se estimada considerando desvíos aleatorios distribuidos log-normal alrededor de un nivel promedio.
- b) Se asume $h=1$ para la relación stock-recluta Beverton-Holt.
- c) La mortalidad natural es invariante entre edades y años.
- d) Se asume una condición estacionaria y no explotada para la abundancia de los grupos de edad del primer año de evaluación.
- e) La selectividad de la flota y de los cruceros se asume logística, con bloques de selectividad específicos (ver Tabla 3 en [Canales y Jurado, 2024](#)).
- f) Capturabilidad invariante, pero con bloques de años específicos.

- g) Crecimiento invariante.
- h) Análisis de sensibilidad de un caso base (Tablas 5 y 6 en [Canales y Jurado, 2024](#))

Sensibilidad

Para el caso de botella, el análisis de sensibilidad se basa en un análisis particular desarrollado en el ámbito de un taller de trabajo, en el que además se revisaron parámetros de historia de vida, como el crecimiento y la ojiva de madurez (Tabla 5). Para el resto de los recursos, se consideraron elementos de sensibilidad según las recomendaciones de revisiones previas; a saber:

- a) Cambios en la selectividad para la composición de tallas del crucero de evaluación acústica,
- b) Capturabilidad del crucero, con penalización $q_c \sim 1$
- c) Crecimiento (desviación estándar de la longitud a la edad, talla de reclutamiento), y
- d) Efectos de la incertidumbre del índice de biomasa y datos acústicos, a través del CV, y
- e) Efectos de la composición de tallas de la flota y del crucero de evaluación.

Elementos de diagnóstico

Los autores implementaron mejores diagnósticos para el ajuste de los modelos de evaluación específicos a cada conjunto de datos, considerando las recomendaciones previas. De esta manera, se considera el análisis de residuales para los índices de abundancia (RMSE) y test de correlación serial. Asimismo, se utiliza el perfil de verosimilitud marginal del parámetro de escala R_0 respecto de la importancia del uso de los diferentes datos que participan del modelo, y finalmente análisis retrospectivo.

En este contexto, se cumplen gran parte de las recomendaciones de la evaluación por pares realizadas por [Cubillos y Cuevas \(2022, 2023\)](#).

Análisis específicos

Botella

Al 2023, el estado de situación de botella mejoró notablemente respecto de la evaluación previa, en que el diagnóstico sugería un estado agotado (ver Figura 1). Al respecto, la situación al 2023 podría ser temporal debido a la estimación de un reclutamiento alto que ingresó el 2022 (Figura B16 en [Canales y Jurado, 2024](#)). Se destaca además, la revisión de la ojiva de madurez, que podría ser menos sensible a los efectos de la pesca. Sin embargo, respecto de la evaluación previa, el efecto estructural

más importante fue penalizar la capturabilidad del crucero de evaluación a objeto que su estimación fluctuase en torno de 1. El supuesto implica que el índice de biomasa, siendo relativo, en promedio tiende a representar una magnitud similar a la biomasa del modelo de evaluación para el crucero (modelo de la observación).

La evaluación de botella tiende a re-escalarse positivamente, siendo sensible a los datos, pero la integridad de los datos determina un buen comportamiento retrospectivo, dado que $\rho < |0.2|$

Pinchagua

La evaluación de stock de este recurso se caracteriza por dos periodos contrastante en el nivel promedio del reclutamiento, y mortalidad por pesca, que fueron altos durante los años 80 hasta mitad de los 90, y bajos subsecuentemente. No obstante, la reducción de biomasa se mantiene los años 2000 en torno del RMS. Destacan un periodo de sobrepesca, durante los años 80. No obstante, el análisis de sensibilidad demuestra cierta robustez en la estimación con excepción de un escenario. El análisis retrospectivo demuestra la robustez de la configuración del modelo de evaluación.

Macarela

Al igual que la pinchagua, la evaluación del stock de macarela revela reclutamientos altos durante los 80, con tendencia a la disminución durante los 90 y estabilización en niveles bajo el promedio durante los años 2000 hasta 2023 (Figura M16 en [Canales y Jurado, 2024](#)). A su vez, la mortalidad por pesca se estima muy por debajo del objetivo de manejo, lo que implica que no obstante ocurre un periodo de menor productividad asociado al reclutamiento, la biomasa desovante se reduce al nivel del objetivo de manejo.

El análisis de sensibilidad demuestra re-escalamiento de la biomasa desovante y mortalidad por pesca, pero dentro de márgenes que no alterna de manera importante la reducción del stock. Asimismo, el análisis retrospectivo presenta un valor de $\rho < |0.2|$, lo que implica robustez en la evaluación de stock ya que no se identifican sesgos respecto de la evaluación más reciente.

Picudillo

La evaluación de stock del picudillo muestra variabilidad interanual en el reclutamiento y biomasa, lo que sugiere cierta autocorrelación temporal en los indicadores del stock. La tasa de mortalidad por pesca ha estado por debajo del punto de referencia objetivo, lo que implica que para este recurso no ha ocurrido sobrepesca. La reducción de la biomasa desovante se mantiene por sobre el objetivo de manejo durante gran parte del periodo de evaluación; y, por ende, no se detectan efectos de la pesca sobre el stock (ver diagrama de fases).

No obstante lo anterior, se observa sensibilidad a la configuración del modelo de evaluación de stock, pero no en el índice de reducción (B/B_0), lo que ha determinado la estabilidad en el estado de situación. Pese a esta sensibilidad del recurso, el análisis retrospectivo resulta muy satisfactorio.

Chuhueco

En la evaluación destaca la variabilidad interanual en el reclutamiento, con periodos irregulares de alta y baja abundancia. Al igual que el picudillo, esta especie destaca también por que la tasa de mortalidad por pesca anual ha estado por debajo del F_{RMS} desde el 2002. No obstante que el índice de biomasa acústica disminuyó a valores mínimos en el 2020 y 2022, el índice CPUE y las tallas promedio muestran variaciones alrededor de una media estacionaria, con tendencia al aumento en los últimos tres años. Como consecuencia, la biomasa desovante resultante ha estado fluctuando por sobre el objetivo de manejo B_{RMS} durante todo el periodo de evaluación. El ajuste al índice de biomasa acústico no es satisfactorio, y no influye en la evaluación; y aunque el ajuste a la CPUE muestra un valor $RMSE=0,36$, el análisis retrospectivo demuestra consistencia y confiabilidad en la evaluación no obstante las observaciones bajas obtenidas durante el crucero acústico del 2020 y 2022.

Sardina redonda

La sardina redonda es una de las especies que muestra una tendencia decreciente en la CPUE, y talla promedio entre 1996 y 2005, con una posterior estabilidad en valores bajos hasta el 2023. A su vez, sólo se cuenta con tres observaciones acústicas que muestra una estabilidad, con una leve tendencia al aumento en el 2020 respecto de la evaluación del 2019. El ajuste a la CPUE logra residuales con ciertas tendencias no explicada y $RMSE=0,54$, que se considera alto. Probablemente la CPUE y las la composición de tallas en las capturas son más influyentes en la evaluación, ya que el reclutamiento no exhibe fluctuaciones interanuales de importancia, con valores altos sólo durante la primer mitad de los años 90. La mortalidad por pesca se ha ubicado por debajo del objetivo de manejo desde 1997 al 2023, con valores levemente superiores al objetivo de manejo sólo en 2014, 2015 y 2017. La biomasa desovante, por su parte ha fluctuado por sobre el objetivo de manejo B_{RMS} durante todo el periodo de evaluación, con la excepción de los años 2015 y 2016.

El análisis de sensibilidad demuestra una evaluación robusta, con la excepción del escenario S6, pero el análisis retrospectivo demuestra robustez y consistencia entre años.

Mejoras al modelo y diagnóstico

El enfoque de evaluación que se utiliza para determinar el estatus de los peces pelágicos pequeños del Ecuador es del tipo poblacional más que multiespecífico, y representa un estándar alto, suficientemente flexible para adaptarse a los datos especie-específicos dependientes e independientes de la pesquería que se monitorean durante la actividades operacionales.

Si bien es común para todas la especies el mismo tipo de información y supuestos, aún caben algunas mejoras que pueden ser incorporadas en un plan de mejoramiento continuo de mediano a largo plazo. En base a las sugerencias basadas en las revisiones previas (Cubillos y Cuevas, 2022, 2023), éstas se resumen en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Procesos que requieren investigación adicional en el corto plazo (5 años?), y/o nuevos enfoques de análisis en el largo plazo (> 5 años?).

Procesos	Supuestos	Aceptable	Requiere investigación adicional en el corto plazo.	Requiere de nuevos enfoques en el largo plazo.
Unidad de stock	Unidades demográficas que se estructuran espacialmente por el lugar donde se desarrollan las operaciones de pesca	Aceptable. El supuesto se sustenta en la estabilidad de un hábitat adecuado para cerrar el ciclo biológico de las especies.	Analizar la variabilidad espaciotemporal de rasgos demográficos para las especies (p.e., morfometría geométrica de otolitos/cuerpo composición elemental)	Técnicas genéticas que permitan investigar la estructura poblacional (p.e., marcadores moleculares SNPs)
Parámetros de historia de vida	Análisis en base a invariantes de los parámetros de historia de vida.	Aceptable.	Se requiere reducir la incertidumbre para algunas especies. Por ejemplo, el complejo de especies como <i>Auxis</i> spp., alcanzan menor tamaño corporal que otras especies del género (Kahraman <i>et al.</i> 2011).	Determinar edades con anillos de crecimiento diario, o técnicas basadas en protocolos de procesamiento de imágenes de otolitos y técnicas de aprendizaje supervisado.
Estandarización CPUE	Independencia espacial	Aceptable.	Factores espaciales (zonas) como efecto aleatorio.	Modelos espaciotemporales con datos a nivel de geolocalización de lances individuales de pesca. Se sugiere investigar si la estructura de tallas asociada con la estandarización de la CPUE es diferente de la estructura de tallas de las capturas, con el propósito de obtener la composición de tallas para la CPUE. Así, los datos de composición proporcionan

Procesos	Supuestos	Aceptable	Requiere investigación adicional en el corto plazo.	Requiere de nuevos enfoques en el largo plazo.
				información sobre la parte de la población representada por el índice con respecto a la edad o la talla (Maunder et al., 2020 ; Thorson et al., 2020).
Conversión talla-edad	Al dejar fijo Linf, y estimar K cuando la varianza de la talla a la edad se deja constante, podría alterar la estimación de K.	Aceptable, permite investigar reducción como aumento de la variabilidad de las tallas con la edad.	Mejorar modelación de la desviación estándar de la talla a la edad, o incorporar correlación K vs Linf	Evaluación condicional con claves talla-edad empíricas, y/o matriz de error de la edad.
Composición de tallas crucero vs. pesquería	Proceso de crecimiento constante y la selectividad/capturabilidad explica la variabilidad interanual.	Aceptable, pero la composición de tallas en las capturas presenta variabilidad en términos estructurales, observándose en algunos años modas secundarias o grupos de tallas que podrían responder a influencia de clases anuales fuertes/débiles o disponibilidad/vulnerabilidad a la pesca de algunos grupos de edad en las zonas de pesca	Bloques de años con igual selectividad. Investigar si la selectividad a la talla asumida logística es efectivamente es asintótica con la edad (Sampson, 2014).	Variabilidad en la talla de reclutamiento (L1)? Modelos de selectividad con métodos no-paramétricos en base a diferenciación de coeficientes en la porción ascendente (Maunder y Harley, 2011). Identificar errores de procesos autoregresivos con modelos en el espacio de los estados (Nielsen y Berg, 2004).

Procesos	Supuestos	Aceptable	Requiere investigación adicional en el corto plazo.	Requiere de nuevos enfoques en el largo plazo.
Diagnóstico de residuales	Se utilizan las tallas medias observadas vs. Las estimadas como medida de bondad de ajuste.	Aceptable, pero limitado.	Utilizar el método de Trijoulet et al. (2023) para comparar residuales de la composición de tallas*	
Capturabilidad	Constante en los años más recientes	Aceptable. Sin embargo, si la capturabilidad y la selectividad cambian por bloques de años cambia el nivel de referencia para CPUE _{RMS} de la regla de control de esfuerzo.		Investigar si cambios en la capturabilidad/selectividad afectan la estimación de la CPUE de referencia para la regla de control de esfuerzo.
Puntos biológicos de referencia	Se utiliza la biomasa desovante por recluta, que es función de la selectividad, crecimiento, madurez y mortalidad natural	Aceptable para el año más reciente. Si la selectividad cambia por bloques de años, los PBR cambian para F40% durante el periodo de evaluación.	Mejorar la comparación, incluyendo cambios en F40% en función de los cambios en la selectividad.	

*<https://github.com/fishfollower/compResidual>.

Conclusiones

Los resultados de la evaluación de stock de los recursos de peces pelágicos del Ecuador al 2023 demuestran un estado de situación biológicamente sustentable, en torno o por sobre el objetivo de manejo establecido a través de puntos biológicos de referencia.

El modelo de evaluación de stock estructurado por edad que se aplica bajo un enfoque poblacional permite analizar el grado de robustez para cada recurso en particular, mientras que el análisis retrospectivo permite consolidar una evaluación que demuestra consistencia interanual, sin sesgos o diferencias importantes respecto de la evaluación más reciente.

El modelo de evaluación de stock diseñado para estos recursos representa un estándar alto, y demuestra flexibilidad para configurar escenarios estructurales que podrían ser válidos para explicar los datos disponibles.

Recomendaciones

Aun cuando la evaluación al 2023 es consistente y robusta a los supuesto estructurales del modelo de evaluación para cada especie, los modelos de evaluación de stock y el diagnóstico asociado con la bondad de ajuste deben estar continuamente mejorando, así como los supuestos involucrados en los procesos que determinan la productividad de las poblaciones de peces pelágicos del Ecuador. En este contexto, se recomienda considerar en horizontes de mediano y largo plazo el considerar algunos de los elementos resumidos en la Tabla 1, y que han sido expuestos con mayor detalle y sustentación en revisiones previas.

Agradecimientos

El autor agradece a la Cámara Nacional de Pesquería (CNP) y al Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca del Ecuador (IPIAP) oportunidad otorgada para revisar la actualización de la evaluación del recurso de peces pelágicos del Ecuador. Asimismo, se agradece a los autores de la evaluación de stock: Dr. Cristian Canales y Dra. Viviana Jurado.

Referencias

- Canales C.M., V. Jurado, 2024. Evaluación del stock de recursos pelágicos pequeños del Ecuador 2023. Informe Técnico IPIAP. Guayaquil, mayo 2024. 150p.
- Cubillos, L. A., and Cuevas, M. J. 2022. Revisión experta de las evaluaciones de stock de las principales especies pelágicas pequeñas en Ecuador. Boletín Técnico del Centro de Evaluación Pesquera y Manejo de Recursos SpA, San Pedro de la Paz, Concepción, Chile.
- Cubillos, L.A., Cuevas, M. J. 2023. Revisión experta de las evaluaciones de stock de las principales especies pelágicas pequeñas en Ecuador. Boletín Técnico CEPMAR (2023), 3(1).
- Cubillos, L.A. 2024. Revisión experta de la actualización de la evaluación de botella en Ecuador, año 2023. Boletín Técnico CEPMAR, 4(1):1-32.
- Fournier, D. A., Skaug, H. J., Ancheta, J., Ianelli, J., Magnusson, A., Maunder, M. N., Nielsen, A., *et al.* 2012. AD model builder: Using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optimization Methods and Software*, 27: 233–249. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/10556788.2011.597854>
- Kahraman, A. E., Göktürk, D., Karakulak, F. S. 2011. Age and growth of bullet tuna, *Auxis rochei* (Risso), from the Turkish Mediterranean coasts. *African Journal of Biotechnology*, 10(15): 3009-3013.
- Maunder, M. N., Harley, S. J. 2011. Using cross validation model selection to determine the shape of nonparametric selectivity curves in fisheries stock assessment models. *Fisheries Research*, 110(2), 283-288.
- Maunder, M. N., Thorson, J. T., Xu, H., Oliveros-Ramos, R., Hoyle, S. D., Tremblay-Boyer, L., Lee, H. H., *et al.* 2020a. The need for spatio-temporal modeling to determine catch-per-unit-effort based indices of abundance and associated composition data for inclusion in stock assessment models. *Fisheries Research*, 229: 105594. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165783620301119>
- Nielsen, A., Berg, C. W. (2014). Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. *Fisheries Research*, 158, 96-101.
- Sampson, D. B. (2014). Fishery selection and its relevance to stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 158, 5-14.
- Thorson, J. T., Maunder, M. N., and Punt, E. 2020. The development of spatio-temporal models of fishery catch-per-unit-effort data to derive indices of relative abundance. *Fisheries Research*, 230: 105611. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165783620301284>.
- Trijoulet, V., Albertsen, C. M., Kristensen, K., Legault, C. M., Miller, T. J., and Nielsen, A. 2023. Model validation for compositional data in stock assessment models: Calculating residuals with correct properties. *Fisheries Research*, 257: 106487. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165783622002648>

