



Estudio de costo beneficio de escenarios de recuperación de la pesquería de mero en Yucatán

DR. EDGAR TORRES IRINEO
DR. ALFONSO MEDELLÍN ORTIZ

Estudio de costo beneficio de escenarios de recuperación de la pesquería de mero en Yucatán

DR. EDGAR TORRES IRINEO¹
DR. ALFONSO MEDELLÍN ORTIZ²

¹ Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida. Universidad Nacional Autónoma de México.

² Consultor en Ecología marina, pesquerías y cambio climático.

Año de publicación: 2022

Diseño Editorial

Selva Hernández López

Fotografía

Carlos Aguilera

Ilustración (pág. 4)

Maya Lugo Hernández

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

Queda prohibida la reproducción por cualquier medio, total o parcial, directa o indirecta, del contenido de la presente obra sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del autor y editor, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y en su caso, de los tratados internacionales aplicables. La persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones correspondientes.





Índice

<u>7</u>	Resumen
<u>9</u>	Introducción
<u>10</u>	Resultados
<u>11</u>	Cálculo de biomasa, mortalidad natural y mortalidad por pesca
<u>14</u>	Estructura de tallas de la captura histórica
<u>16</u>	Mortalidad natural y mortalidad por pesca
<u>18</u>	Biomasa del stock de mero rojo
<u>20</u>	Proyecciones de captura, biomasa, esfuerzo y ganancias
<u>21</u>	Proyección de la mortalidad natural y mortalidad por pesca por escenario
<u>23</u>	Proyección de la biomasa de mero rojo por escenario
<u>24</u>	Escenarios de cambio climático y escenarios pesqueros
<u>25</u>	Proyección de biomasa de especies asociadas por escenario
<u>26</u>	Proyecciones del esfuerzo pesquero por escenario
<u>27</u>	Proyecciones de posibles ganancias por escenario
<u>31</u>	Cambio de anzuelo
<u>33</u>	Anexos
<u>33</u>	Anexo I. Información histórica sobre la estructura de tallas de la captura de mero rojo
<u>34</u>	Anexo II. Valor en pesos por kilogramo de mero rojo por localidad registrado en avisos de arribo
<u>35</u>	Anexo III. Función de densidad de probabilidad de la temperatura superficial mensual empleada para los cálculos de mortalidad natural de mero rojo
<u>36</u>	Anexo IV. Función de densidad de probabilidad de la temperatura superficial empleada para los cálculos de mortalidad natural de las proyecciones de 2022 a 2030
<u>37</u>	Anexo V. Función de densidad de probabilidad de la temperatura superficial empleada bajo los escenarios RCP2.6 y RCP4.5 de cambio climático empleados para los cálculos de mortalidad natural de las proyecciones de 2022 a 2030
<u>38</u>	Anexo VI. Función de densidad de probabilidad de la captura de mero rojo por localidad y flota para el periodo analizado



Resumen

La pesquería de mero rojo tiene una larga historia de aprovechamiento en Yucatán, donde representa más del 60% de la captura de escama. Actualmente, existe preocupación sobre el futuro de la pesquería. El presente estudio evalúa cuatro escenarios de manejo del stock de mero rojo y las principales especies asociadas: 1) Estado actual: continuando con las medidas de manejo aplicadas a la pesquería; 2) Cuotas de captura: adaptadas año con año relativas al estado de los stocks; 3) Modificación de las tallas de captura a través de cambios en el tamaño de los anzuelos implementados en uno y dos años y 4) posibles efectos del cambio climático sobre el stock de mero rojo, utilizando los escenarios de forzamiento radiativo SSP2-3.4/RCP2.6 y SSP2-4.5/RCP4.5. Las proyecciones de los escenarios se llevaron de 2022 a 2030; analizando los costos directos, indirectos, intangibles, de oportunidad y de riesgos potenciales para cada escenario y proyección, así como la tasa de retorno y el estado del stock en cada escenario. Se compararon los escenarios con base en el estado de recuperación del stock, así como la razón costo beneficio de cada escenario. De acuerdo con los resultados, los escenarios sin cambio y cuota de captura mostraron la menor recuperación del stock (disminución de la biomasa de 1 y 25%, respectivamente) y la menor razón costo beneficio, operando con pérdidas totales entre 100 y 500 millones de pesos para el periodo entre 2022 - 2030. Los escenarios de modificación de tallas mostraron mejores resultados en cuanto a la recuperación del stock, con un incremento de 33% en 2030 con respecto a la biomasa calculada para 2021; el escenario de cambio de anzuelo a dos años mostró un balance 0 entre pérdidas y ganancias, mientras que el escenario de cambio de anzuelo a 1 año fue el único que mostró ganancias entre 250 y 400 millones de pesos para todo el periodo proyectado. Debido al corto tiempo de las proyecciones, los escenarios de cambio climático SSP2-3.4/RCP2.6 y SSP2-4.5/RCP4.5 mostraron resultados similares a los obtenidos para los escenarios sin cambio, cambio de anzuelo a 2 años, cambio

de anzuelo a 1 año y cuota. Con base en estos resultados se sugiere que la implementación de un cambio en el tamaño del anzuelo que se emplea para la captura de mero rojo puede representar un beneficio económico para el sector en términos de mayores ingresos por la captura de menos organismos, así como por la recuperación del stock de mero derivado de una reducción de la captura de organismos menores a la talla mínima de captura. Así mismo, considerando que la captura de mero rojo conlleva la captura de especies asociadas, permitir un porcentaje de anzuelos menores a 14/00 no mayor a 10% del total de anzuelos utilizados puede permitir que especies como chac-chi, rubia o canané continúen siendo capturadas y permitan viajes de pesca redituables. Además, debido a la importancia ecológica de mero rojo en el ecosistema, los resultados sugieren que la recuperación del stock de mero resultará en la recuperación paulatina de las especies asociadas.

Introducción

El mero rojo es una de las especies de mayor importancia comercial en Yucatán, llegando a representar más del 60% de la captura de peces marinos. Su aprovechamiento data de inicios de la década de los 1950, utilizando diversas artes de pesca (líneas de mano, palangres de fondo y redes de arrastre). Actualmente la pesquería se lleva a cabo casi todo el año, exceptuando un periodo de veda comprendido entre el 01 de febrero y el 31 de marzo de cada año, donde participan embarcaciones ribereñas y de mediana altura. De acuerdo con información oficial contenida en la última actualización de la Carta Nacional Pesquera (2022), la pesquería de mero y negrilla está catalogada como “en deterioro”, estatus que se ha mantenido desde 1986. En 2020, un estudio de escenarios y proyecciones de aprovechamiento de la pesquería de mero en Yucatán reportó que las cuotas de captura podrían ser parte de las medidas de manejo aplicables para la recuperación del stock, además de explorar los posibles efectos de la selectividad de las artes de pesca y la variabilidad ambiental en el stock de mero rojo. Es por lo anterior que el objetivo del presente estudio es evaluar los efectos en la población y los costos asociados en el corto y mediano plazo del establecimiento de una cuota de captura, así como la modificación de las tallas de captura a través de un incremento en el tamaño del anzuelo utilizado para su captura, bajo condiciones ambientales promedio y bajo dos escenarios de cambio climático.

Resultados

Para la implementación de todos los escenarios fue necesario analizar la información histórica de la pesquería de mero rojo y establecer una línea base para la proyección. De esta manera se observa que a lo largo de la serie de tiempo del 2000 a 2021 ambas flotas aportan diferentes porcentajes a la captura total. Antes de 2014, la flota de mediana altura aportaba entre 50 y 75% de la captura; a partir de 2015 la flota ribereña aporta más del 50% de la captura total de mero rojo en Yucatán (Fig.1). Esto puede estar ligado a un decremento en el promedio anual de embarcaciones y en el total acumulado de días trabajados por la flota de mediana altura a partir de 2007; en este mismo año la flota ribereña registra un incremento en el promedio anual de embarcaciones y el total acumulado de días trabajados por año (Fig. 1). Estas tendencias por flota no se mantienen cuando analizamos la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), donde para la flota ribereña se mantiene por debajo de 0.3 kg de mero rojo por cada 150 anzuelos por embarcación por día. En la flota de mediana altura, previo a 2017, la CPUE se mantuvo por debajo de 0.4 kg de mero rojo por cada 150 anzuelos por embarcación por día, aumentando en 2017 y alcanzando un máximo en 2018 con 1.45 kg de mero rojo por cada 150 anzuelos por embarcación por día (Fig. 1). Estos cambios en la CPUE de la flota de mediana altura pueden estar más relacionados a la disminución del número de días y embarcaciones, que a un incremento en la abundancia del recurso.

Además de las capturas, se calculó el valor total de la captura de mero rojo a partir de la información del precio en playa por kilo para el periodo entre 2000 y 2018 (Fig. 2). A partir de 2019, la información fue proyectada utilizando los últimos tres años como base. Así mismo, se calculó el valor de las importaciones de “mero” de origen mexicano registradas por las oficinas de Florida y Texas¹ para el periodo entre 2000 y 2021. Esta información sirvió como base para el cálculo de las posibles ganancia

1. <https://www.fisheries.noaa.gov/foss/f?p=215:2:3233442587828::NO::>

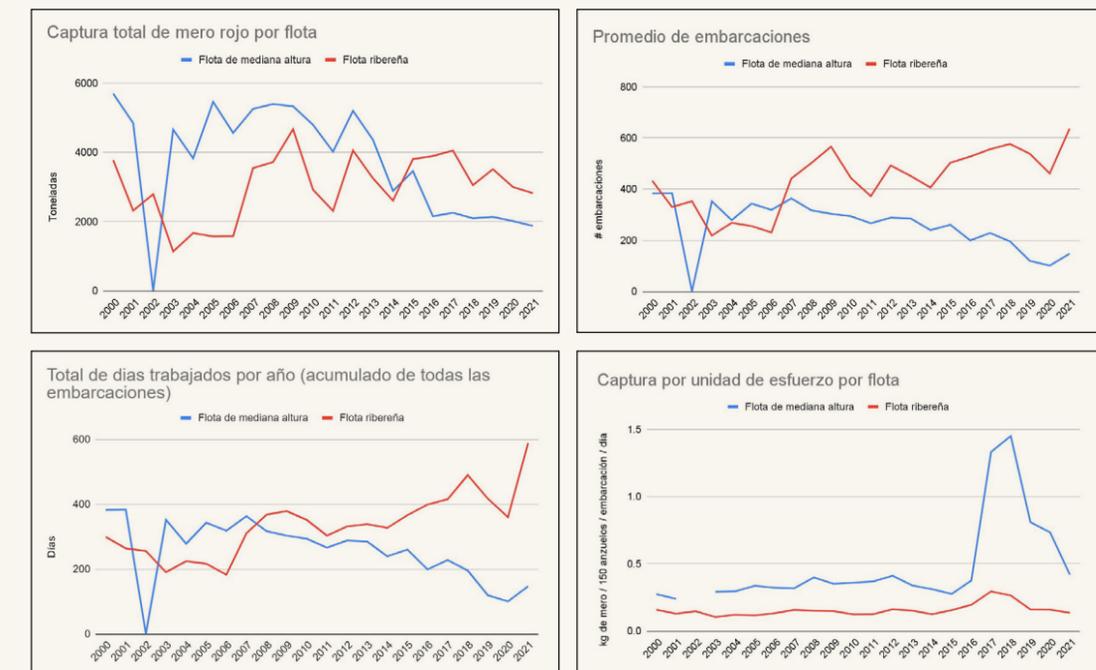


Figura 1. Captura total, promedio de embarcaciones anuales, total acumulado de días trabajados y captura por unidad de esfuerzo por tipo de flota de la pesquería de mero rojo en Yucatán. Elaboración propia con información de avisos de arribo de la CONAPESCA².

cias anuales para la pesquería. Los costos de viaje de pesca se calcularon considerando un costo promedio por día de pesca de \$2,957 pesos para la flota ribereña y \$4,219 pesos para la flota de mediana altura.

A partir de la información económica observamos que, considerando únicamente el valor generado por mero rojo, la pesquería opera con pérdidas entre 49 y 357 millones de pesos. Estos resultados pueden ser reflejo del precio en playa registrado en los avisos de arribo para todo el periodo analizado (con valores mínimos de 0 y máximos de 931 pesos/kg; Anexo I). La pesquería operó con ganancias entre 13 y 138 millones de pesos en diferentes años: 2002, 2006, 2011 - 2016 y 2019 - 2020 (Fig. 2).

Cálculo de biomasa, mortalidad natural y mortalidad por pesca

Con base en registros bibliográficos (Anexo I), se obtuvo la estructura de tallas de las capturas para diferentes periodos de tiempo previos al establecimiento de la talla mí-

2. Obtenidas a través de diferentes solicitudes de información de la plataforma nacional de transparencia (<https://www.plataformadetransparencia.org.mx/>)

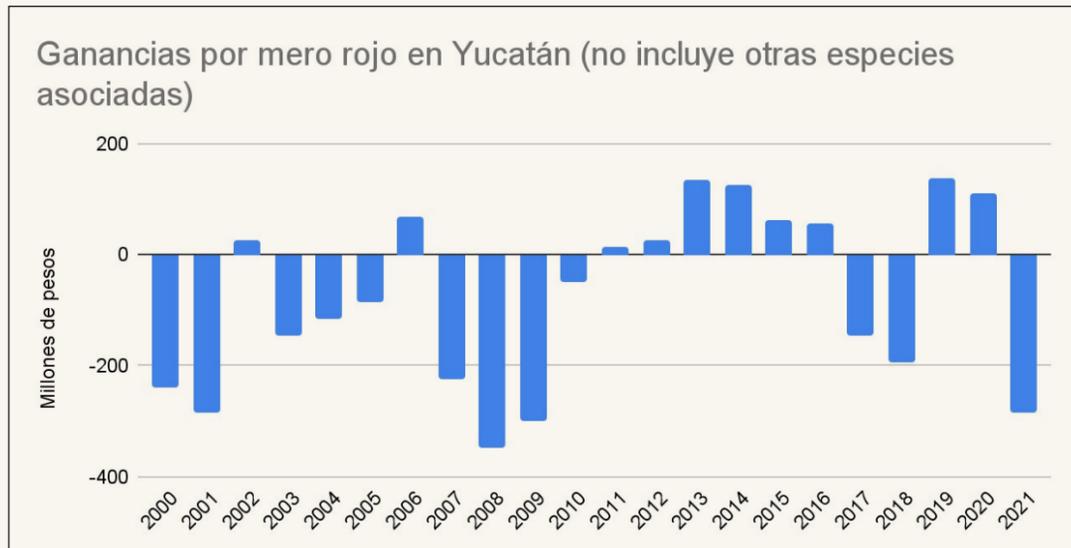
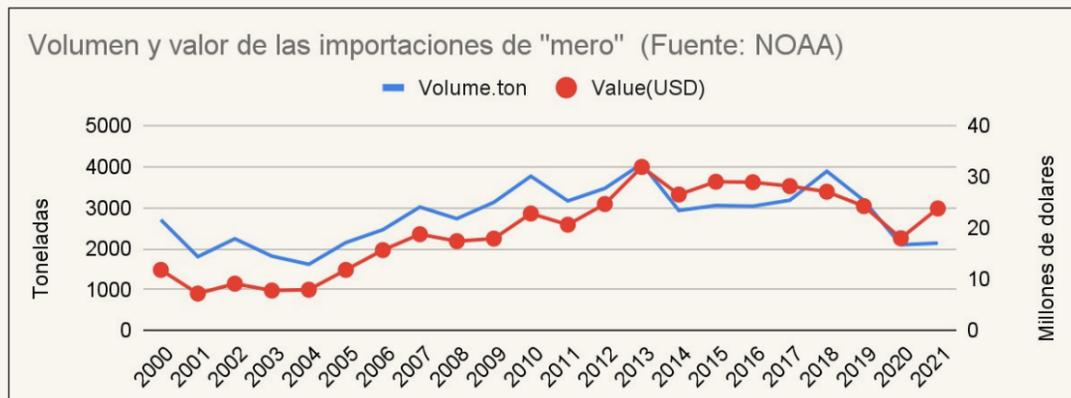


Figura 2. Volumen y valor de las importaciones de "mero" de origen mexicano registradas por NOAA en las oficinas de Florida y Texas (panel superior). Ganancias calculadas después de costos fijos de operación en la captura de mero rojo de Yucatán (panel inferior).

nima de captura y los anzuelos autorizados para la captura de mero rojo en la NOM-065-PESC-2007³. La estructura de tallas de la captura posterior a la entrada en vigor de la NOM-065-PESC-2007 fue calculada a partir de las curvas de selectividad para estos anzuelos registrada por Brulé et al. (2011)⁴ y Christiansen et al. (2020)⁵. Con base en la publicación de la NOM-065-PESC-2007 en marzo de 2009, el texto contempla su

3. Publicada en el DOF-24-03-2009; actualizada como NOM-065-SAG/PESC-2014, publicada en el DOF-03-07-2015

4. Brulé et al. 2011. *Selectivity of Circle Hooks Used for the Capture of Red Grouper by Small-craft Fishery Fleet from the Yucatán Peninsula, México*. Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. October 31 - November 5, Puerto Morelos, Mexico.

5. Christiansen et al. 2020. *Assessing the Relative Selectivity of Multiple Sampling Gears for Managed Reef Fishes in the Eastern Gulf of Mexico*. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science. 12: 322 - 338. DOI:10.1002/mcf2.10129. <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/mcf2.10129>

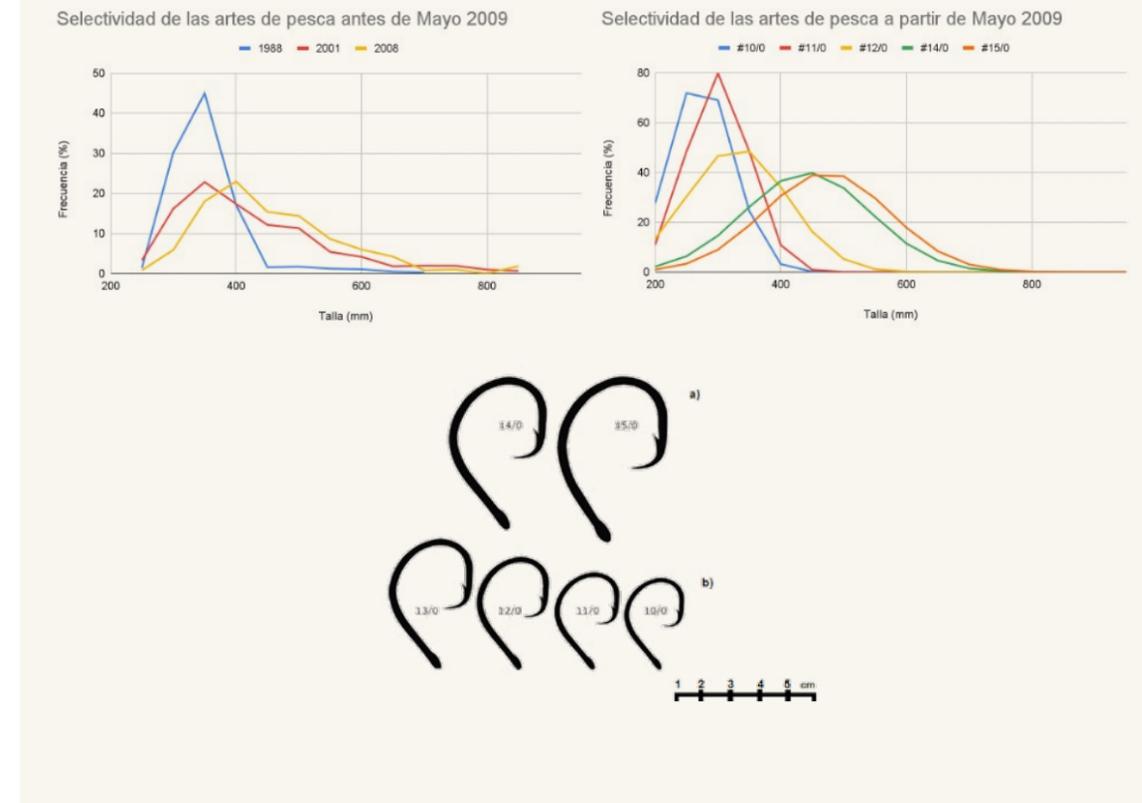


Figura 3. Selectividad de las artes de pesca para los diferentes periodos de la serie de tiempo. a) Anzuelos oficiales de la flota de mediana altura y b) anzuelos oficiales de la flota ribereña.

entrada en vigor 60 días después de su publicación, por lo que para los cálculos dentro de este estudio se consideró que los anzuelos oficiales comenzaron a utilizarse a partir de mayo de 2009 (Fig.3).

Con base en la relación entre longitud y peso registrada para mero, se calculó el peso correspondiente a un mero de cada talla de acuerdo a la estructura de tallas que proporciona la selectividad del arte de pesca. Además, para el cálculo de la mortalidad natural se utilizaron los parámetros de la función de crecimiento de Von Bertalanffy y se variaron de acuerdo a la talla de los organismos "capturados" (Fig. 4), así como la temperatura superficial mensual para todo el periodo de tiempo analizado (Anexo II).

Este cálculo permitió obtener la estructura de tallas de la captura para toda la serie de tiempo, dada la selectividad de las artes de pesca utilizadas en cada periodo. Con base en lo anterior, se observa que previo a 2009 la captura estaba dominada por organismos entre 250 y 400 mm de longitud, mientras que en 2009 se observa la entrada en vigor de los anzuelos autorizados en la NOM-065-PESC-2007; a partir de 2009 los organismos entre 250 y 350 mm están mayormente representados en la captura (Fig. 5).

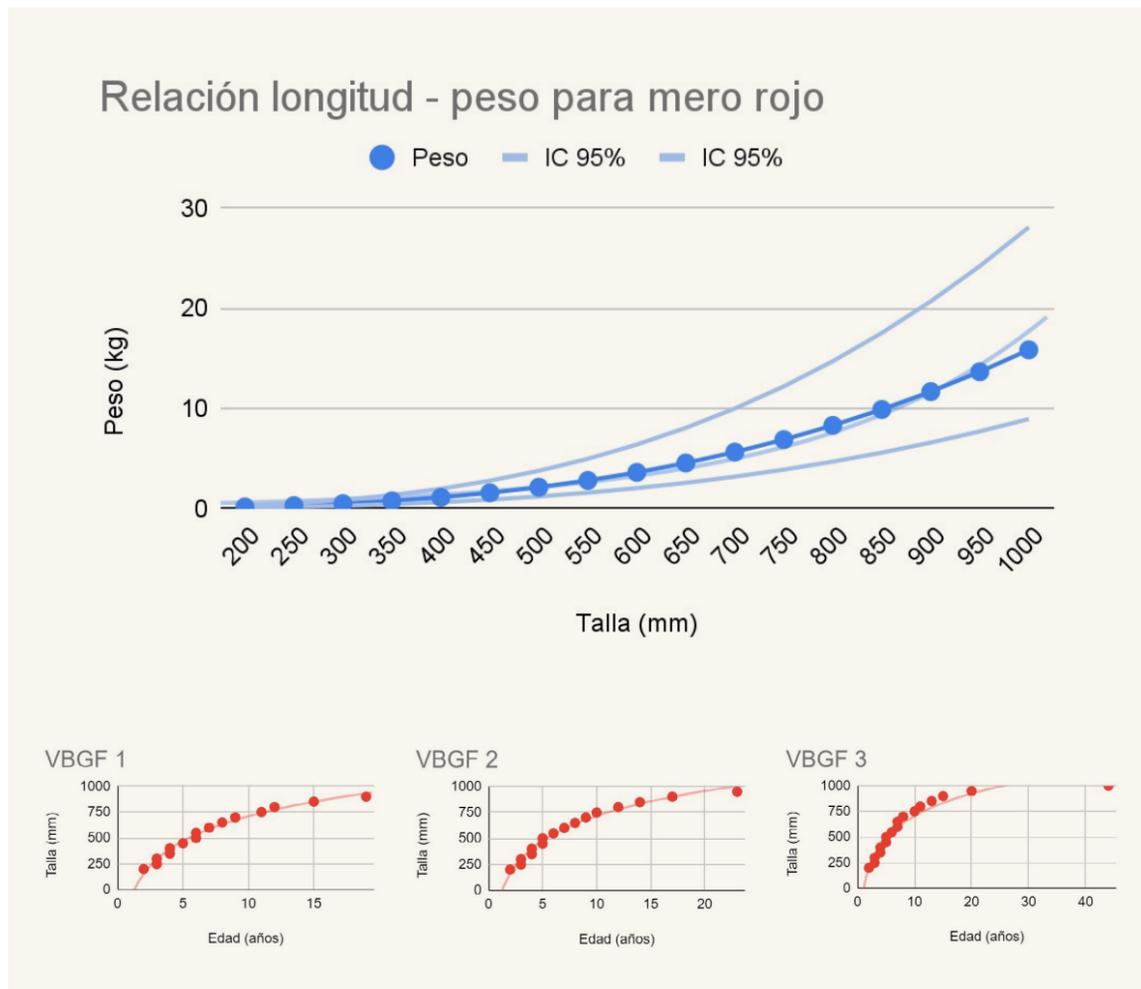


Figura 4. Relación longitud - peso e intervalos de confianza (panel superior) y funciones de crecimiento de Von Bertalanffy empleados para el cálculo de organismos capturados y mortalidad natural.

Estructura de tallas de la captura histórica

Con base en la biología reproductiva de mero rojo descrita por Brulé et al. (2011)⁶ se agrupó a las diferentes tallas de mero rojo en las capturas en cuatro estadios de desarrollo: **Reclutas** (200 - 250 mm), principalmente hembras; **Juveniles** (300 - 500 mm), con mayor proporción de hembras que machos; **Reproductores** (550 - 750 mm) de acuerdo a la talla donde el 50% de la población es madura para reproducirse (L_{50}), con mayor proporción de hembras que machos; y **Machos** (>800 mm). De acuerdo con esta clasificación y con la distribución de tallas de la captura, las capturas han estado com-

6. Brulé et al. 2011. Red Grouper Reproduction in the Southern Gulf of Mexico. Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 128 (3): 385 - 402. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1999\)128<0385:RGRITS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1999)128<0385:RGRITS>2.0.CO;2)

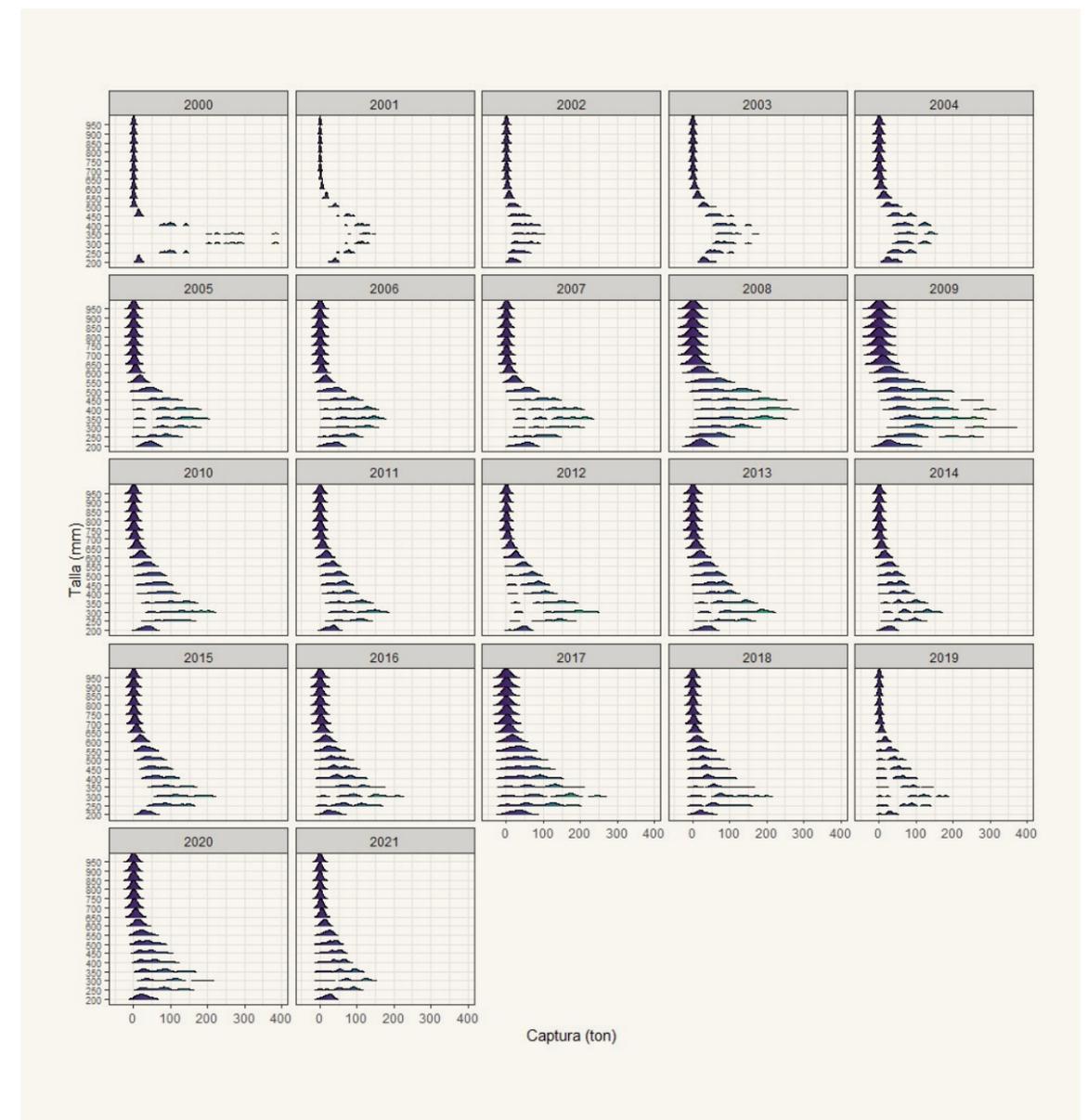


Figura 5. Función de densidad de probabilidad de la captura por talla de mero rojo con base en la selectividad de las artes de pesca autorizadas.

puestas principalmente por reclutas, juveniles y reproductores, quienes presentaron los valores más altos de mortalidad por pesca. Cabe resaltar que, a partir de 2009, dentro de las funciones de densidad de probabilidad de la mortalidad por pesca por estadio de desarrollo, se ha presentado una distribución multimodal para reclutas y juveniles (Fig. 6). Estos organismos son objeto de mortalidad por pesca por la flota ribereña y la flota de mediana altura a través de los anzuelos autorizados. Este no es el caso de los reproductores o los machos, que son seleccionados por las artes de pesca autorizadas para la flota de mediana altura (Fig. 6).

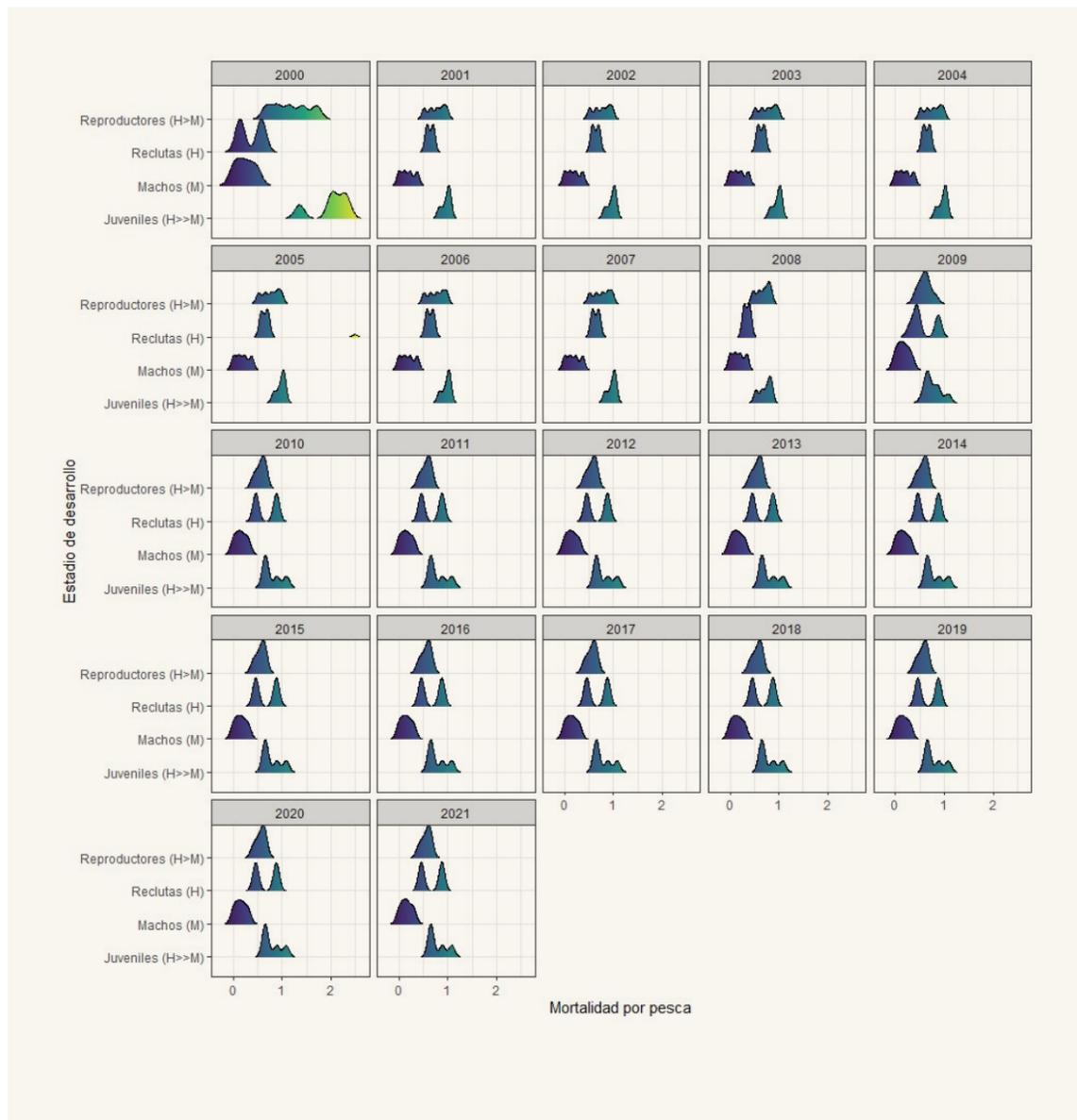


Figura 6. Función de densidad de probabilidad de la mortalidad por pesca por estadio de desarrollo de mero rojo.

Mortalidad natural y mortalidad por pesca

Para evaluar los efectos de la mortalidad por pesca en la población, se correlacionó la mortalidad natural con la mortalidad por pesca para cada estadio de desarrollo. A partir de esta correlación se observó que antes de la implementación de la NOM-065-PESC-2007, la mortalidad por pesca era baja para los reclutas que presentan los valores más altos de mortalidad natural, mientras que conforme incrementa la mortalidad por pesca, la mortalidad natural disminuye (Fig. 7). A partir de 2009, la mortalidad

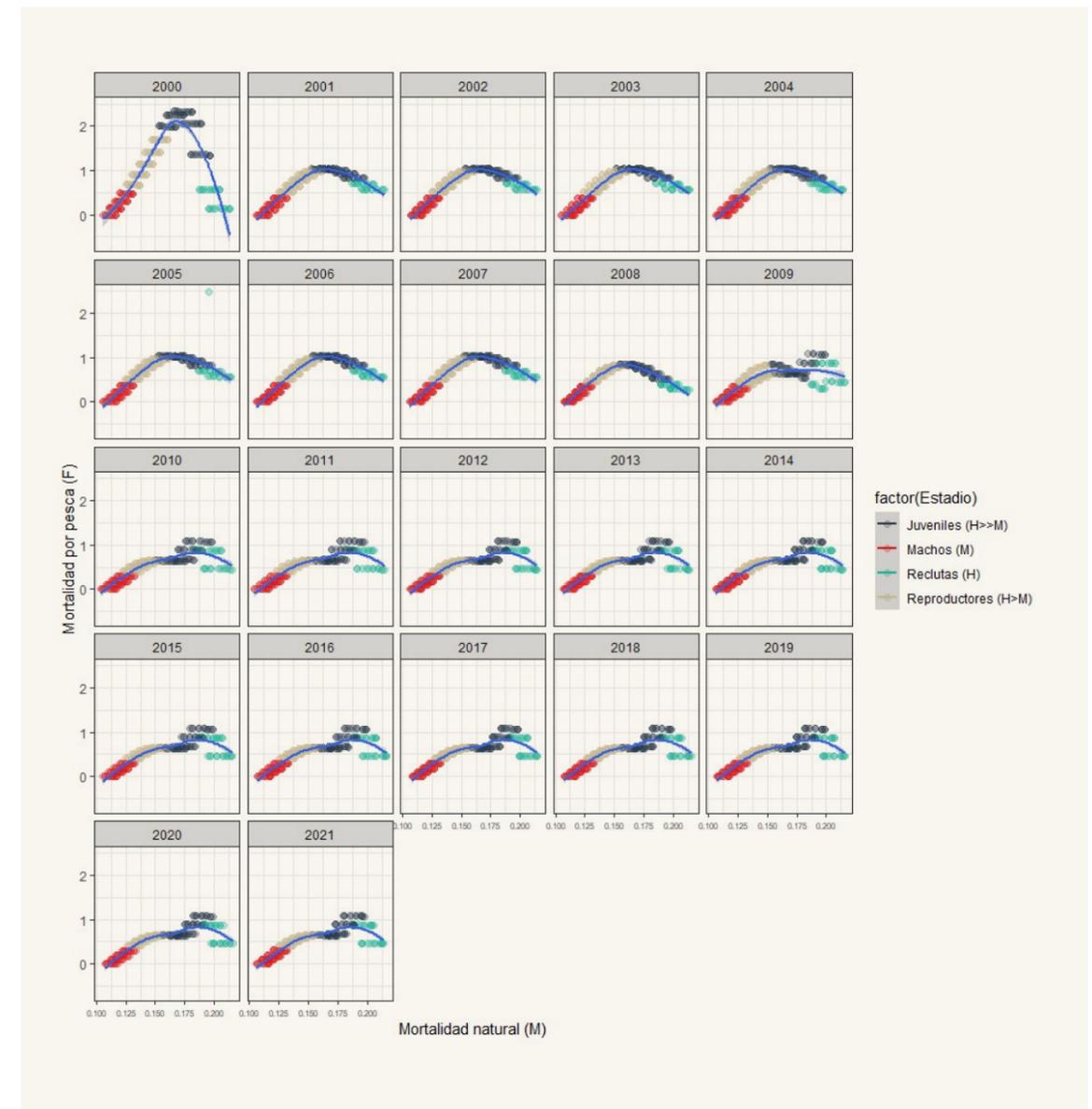


Figura 7. Relación entre la mortalidad natural y la mortalidad por pesca por estadio de desarrollo de mero rojo.

natural y por pesca son altas para reclutas y juveniles, mientras que disminuyen para reproductores y machos (Fig. 7). Esto sugiere que la mayor presión sobre la población de mero rojo está sobre los reclutas y juveniles. Estos organismos, antes de formar parte de las capturas, no han participado al menos una vez en su vida en eventos reproductivos lo que representa el acceso reducido de organismos jóvenes que pasen a formar parte de la población reproductiva.

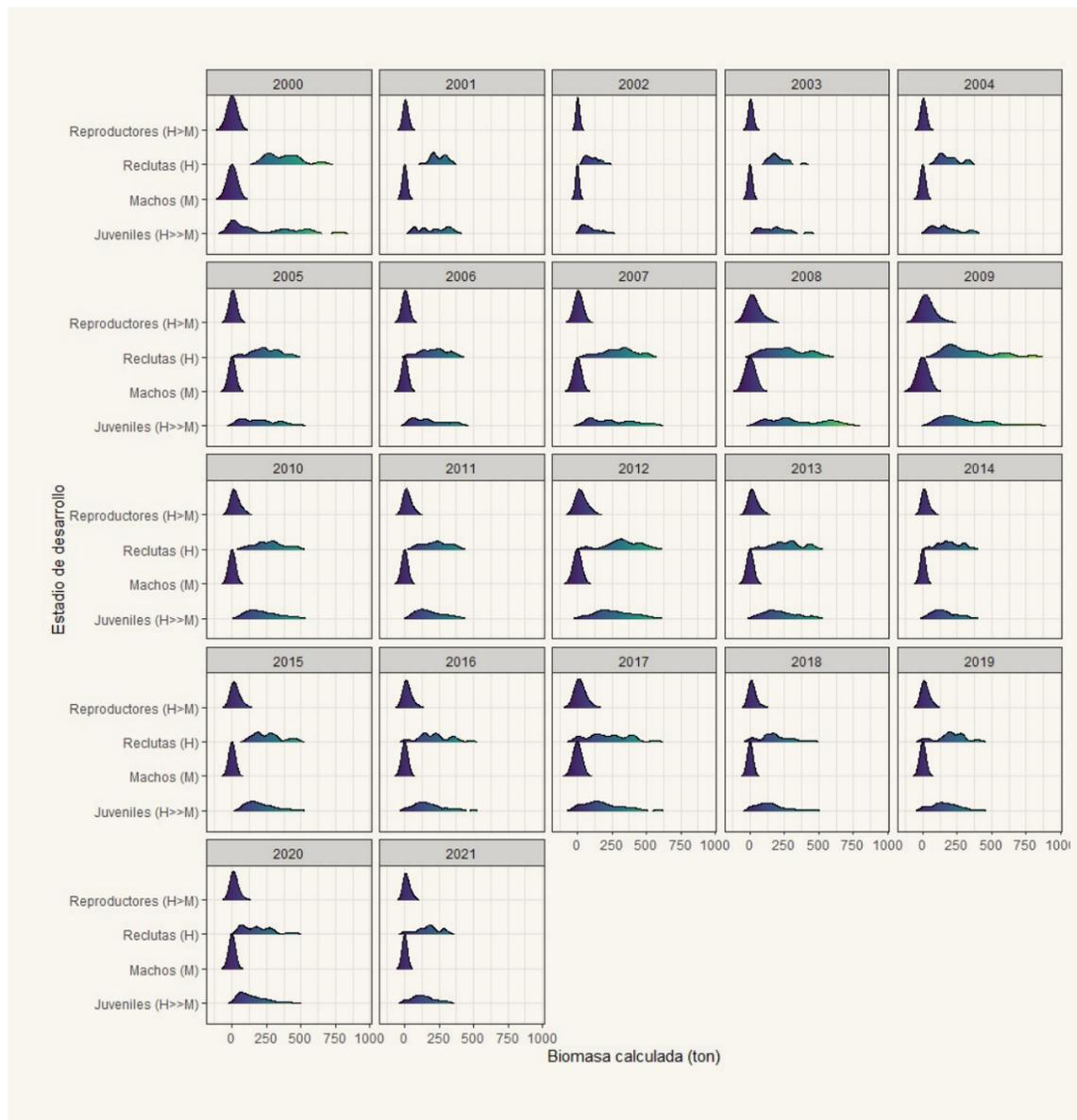


Figura 8. Función de densidad de probabilidad de la biomasa calculada por estadio para el stock de mero rojo.

Biomasa del stock de mero rojo

Se calculó la biomasa del stock de mero rojo por estadio de desarrollo, observando que desde el año 2000, los reclutas y juveniles presentan valores de biomasa más altos que los reproductores y los machos (Fig. 8). A partir de 2009, la biomasa de reclutas y juveniles presentó una disminución de valores cercanos a las 750 toneladas a menos de 300 toneladas mensuales, mientras que la biomasa de reproductores y adultos permanece por debajo de 250 toneladas mensuales (Fig. 8).

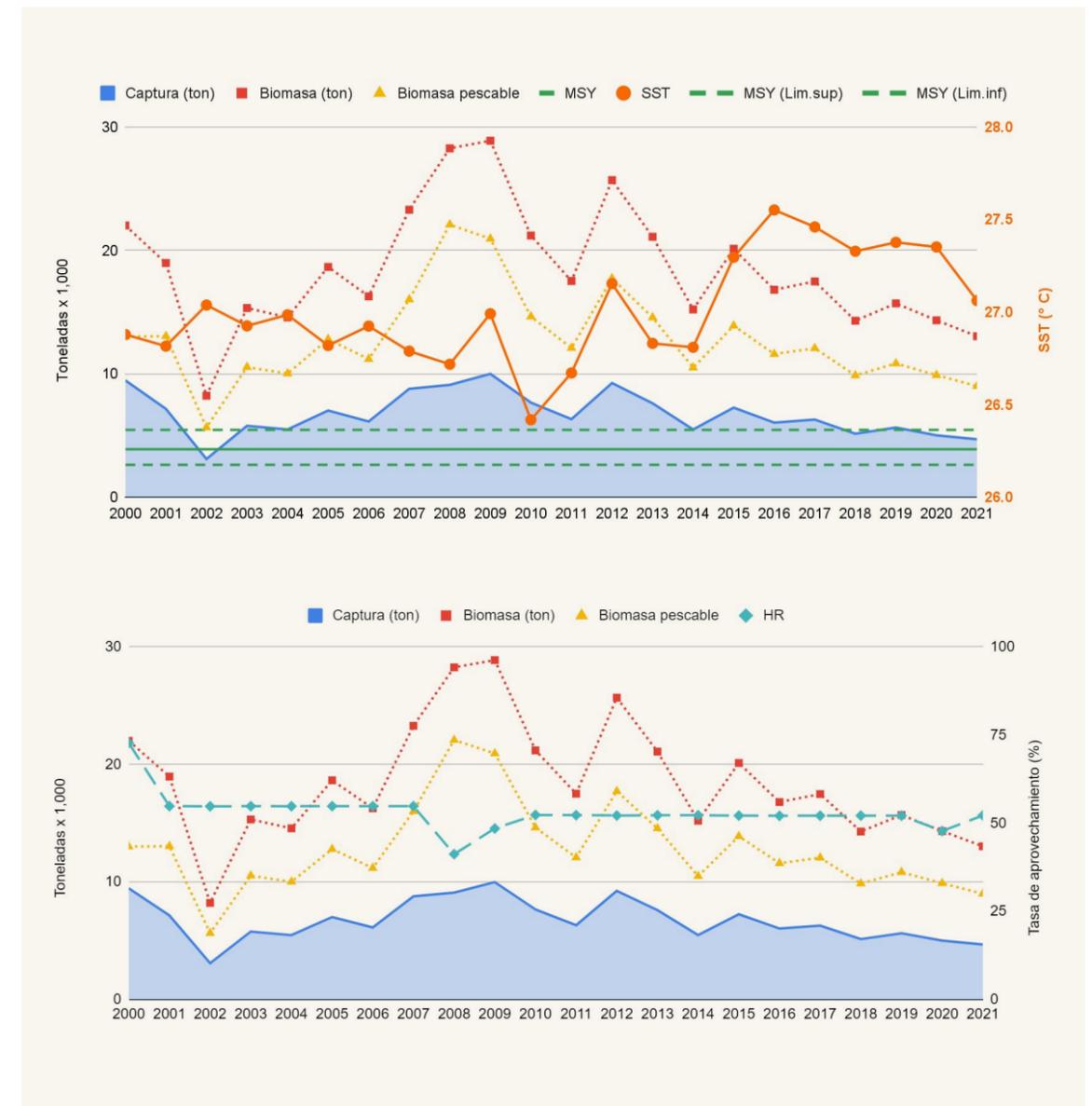


Figura 9. Captura, biomasa poblacional, biomasa pescable, máximo rendimiento sostenible de mero rojo y temperatura promedio anual (panel superior). Captura, biomasa poblacional, biomasa pescable y tasa de aprovechamiento (HR) anual de mero rojo.

A partir de los resultados anteriores se calculó el máximo rendimiento sostenible (MSY por sus siglas en inglés) y sus límites superior e inferior, así como la biomasa poblacional anual, la porción de la población que estaría disponible para ser capturada (biomasa pescable) y la tasa de aprovechamiento (HR). De acuerdo con estos cálculos, la captura de mero rojo ha sobrepasado el límite superior del MSY (5,457 ton) a lo largo de los 22 años analizados (Fig. 9). Sin embargo, la tasa de aprovechamiento calculada sobre la biomasa pescable se ha mantenido por debajo de 54% desde el máximo registrado de 72% en el año 2000 (Fig. 9).

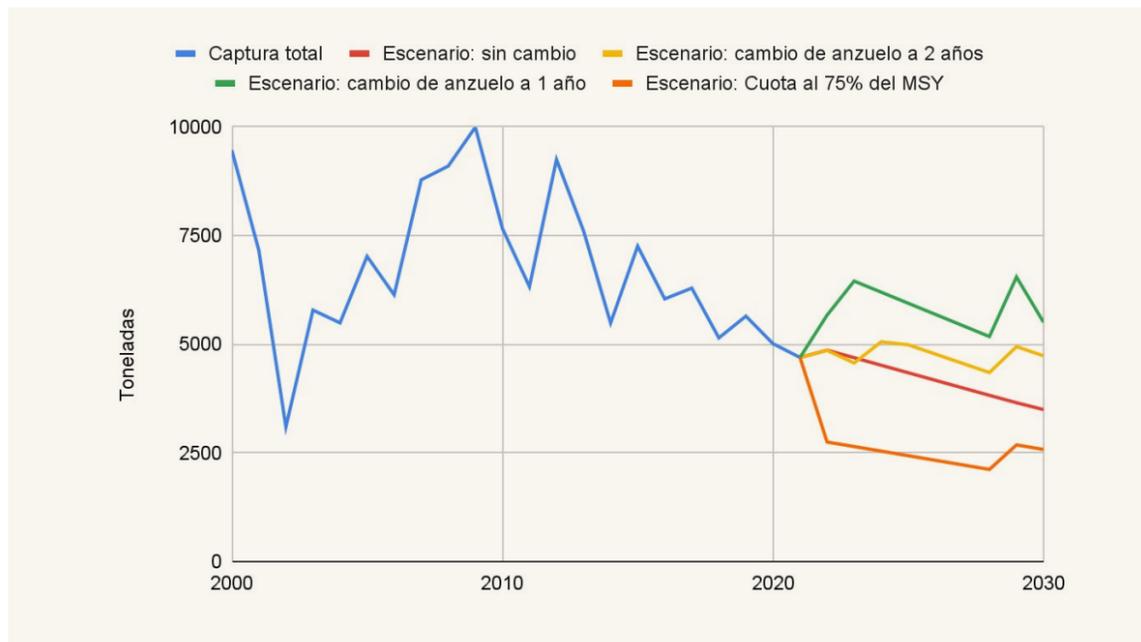


Figura 10. Captura total de mero rojo y proyecciones para los diferentes escenarios propuestos.

Proyecciones de captura, biomasa, esfuerzo y ganancias

Una vez establecida la línea base de capturas, esfuerzo, estructura de tallas, mortalidad natural y mortalidad por pesca, valor de la producción en playa y en exportaciones, patrones de temperatura superficial, así como los costos fijos de operación, se proyectaron las capturas, biomasa, valor de la producción, costos fijos y posibles ganancias provenientes únicamente de mero rojo; para el cálculo de ganancias no se incluyeron las especies asociadas.

Las posibles capturas se calcularon utilizando la ecuación de Baranov (1918)⁷, que requiere la mortalidad natural, la mortalidad por pesca y biomasa inicial. Para el primer cálculo de las capturas se utilizó el promedio para cada mes de la mortalidad natural y la mortalidad por pesca, se consideró el valor de la biomasa a diciembre de 2021 como la inicial. Con ese primer cálculo de capturas se recalculó la biomasa y mortalidad por pesca, para recalcular las capturas con los valores actualizados. Este procedimiento se repitió para todos los escenarios. También se realizaron proyecciones de la temperatura superficial para calcular la mortalidad natural (Anexo III y IV).

⁷ Baranov, F.I. 1918. On the question of the biological basis of fisheries. *Izvestiya*, 1: 81-128 (Traducido del ruso por W.E. Ricker, 1945).

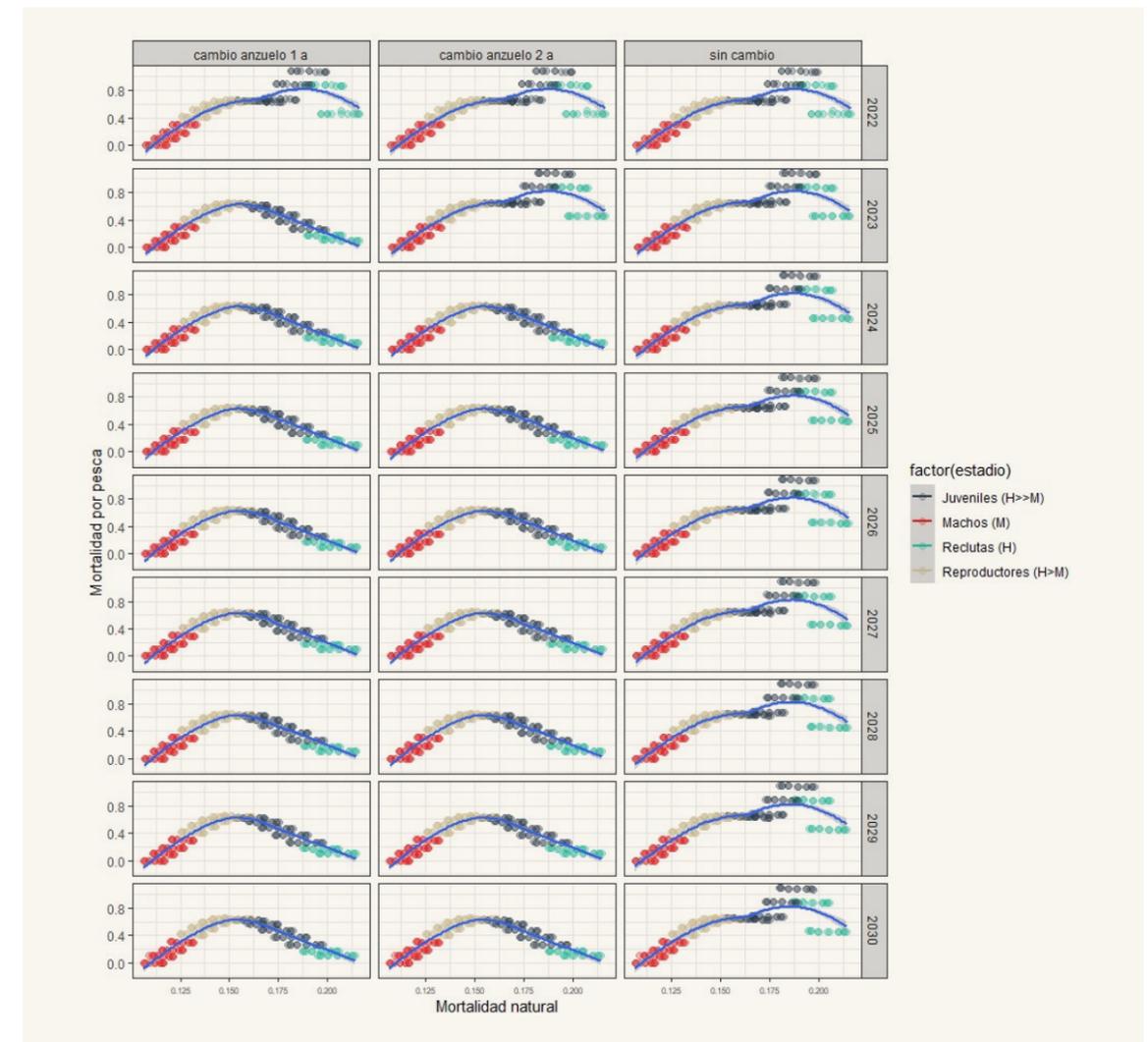


Figura 11. Relación entre la mortalidad natural y la mortalidad por pesca para las proyecciones por escenario.

Las proyecciones de captura bajo los escenarios sin cambio y cuota de captura fueron las más bajas, con una disminución de 25 y 45% con respecto a las capturas de 2021 (Fig. 10). Las proyecciones de captura bajo los escenarios de cambio de anzuelo a dos y un año presentaron incrementos entre 0.8 y 17%, respectivamente (Fig. 10).

Proyección de la mortalidad natural y mortalidad por pesca por escenario

La relación entre mortalidad natural y mortalidad por pesca por escenario deja ver claramente el efecto sobre la población el cambiar el tamaño del anzuelo y así incrementar la talla promedio de captura, comparado con el escenario sin cambios. Con esta

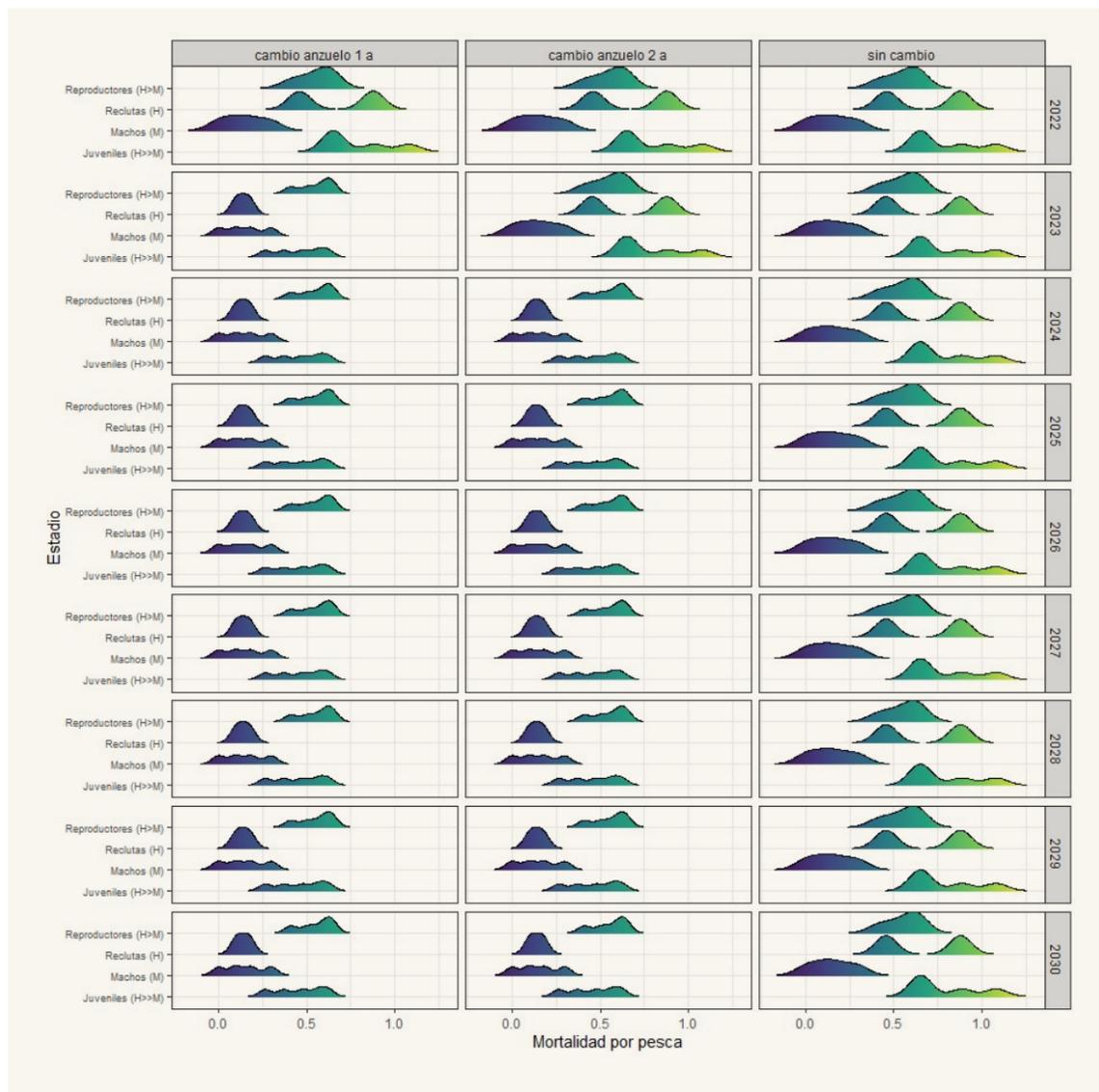


Figura 12. Función de densidad de probabilidad de la mortalidad por pesca por estadio de desarrollo bajo los diferentes escenarios.

medida se disminuye la mortalidad por pesca de reclutas y juveniles, permitiéndoles crecer para integrarse al menos a un evento reproductivo antes de formar parte de las capturas. Al mismo tiempo, las capturas presentan un incremento ya que se están capturando menos peces de mayor tamaño, que significa más biomasa capturada en menos organismos (Fig. 11). Ya que la mortalidad natural y por pesca para el escenario de la cuota son similares al escenario sin cambio, sólo se presentan los resultados de este último para estos parámetros.

Con base en las proyecciones de 2022 a 2030, la probabilidad de disminuir la mortalidad por pesca para reclutas y juveniles en los escenarios de cambio de anzuelo a

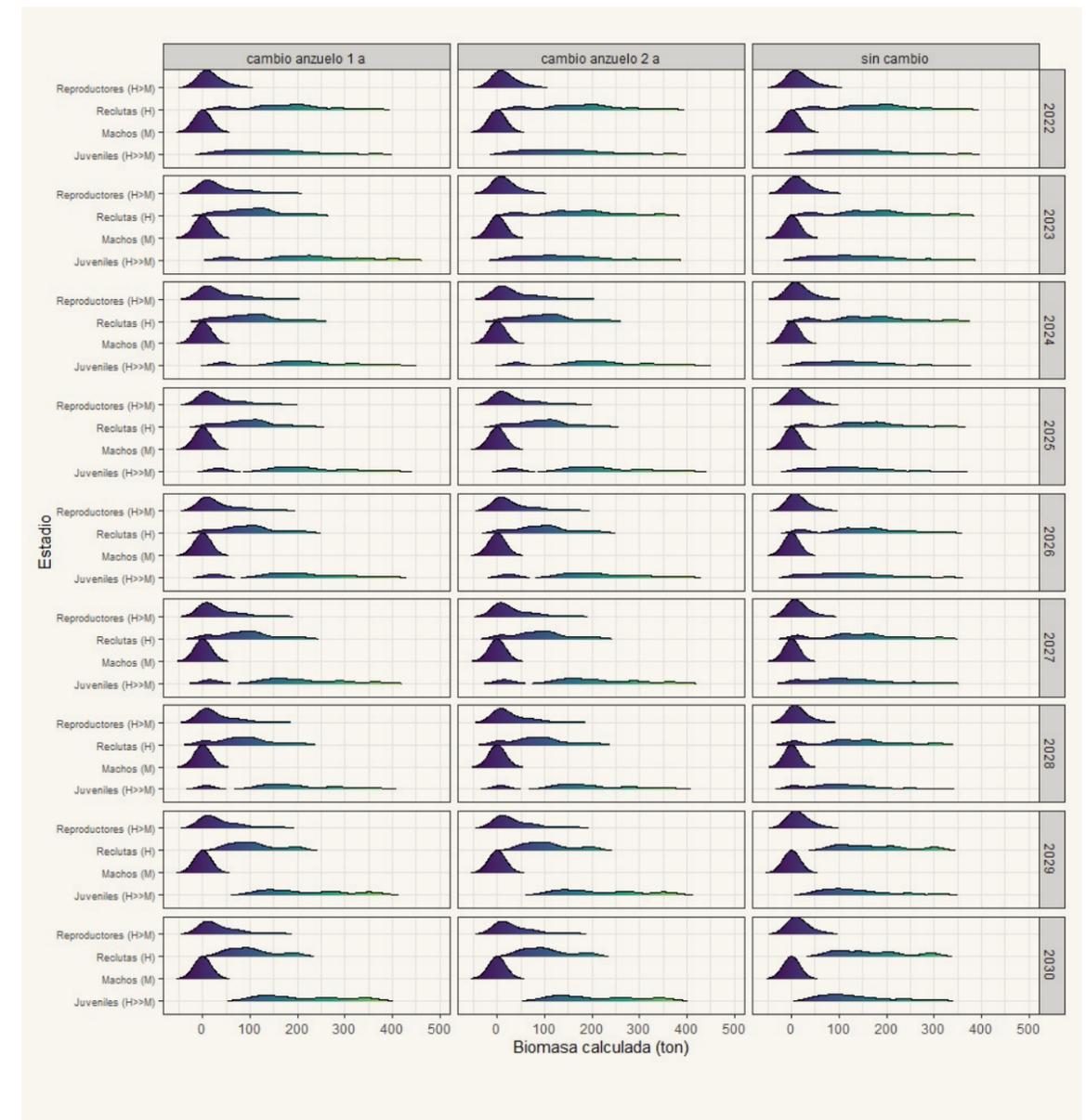


Figura 13. Función de densidad de probabilidad de la biomasa calculada por estadio de desarrollo bajo los diferentes escenarios.

2 y 1 año es mayor que en el escenario sin cambios o cuota, ya que en estos dos últimos casos se mantiene la mortalidad por pesca alta sobre reclutas y juveniles (Fig. 12).

Proyección de la biomasa de mero rojo por escenario

De igual manera, la probabilidad de que la biomasa por estadio de desarrollo se incrementa es mayor para los escenarios de cambio de anzuelo a 2 y 1 año comparado con el escenario sin cambio (Fig. 13).

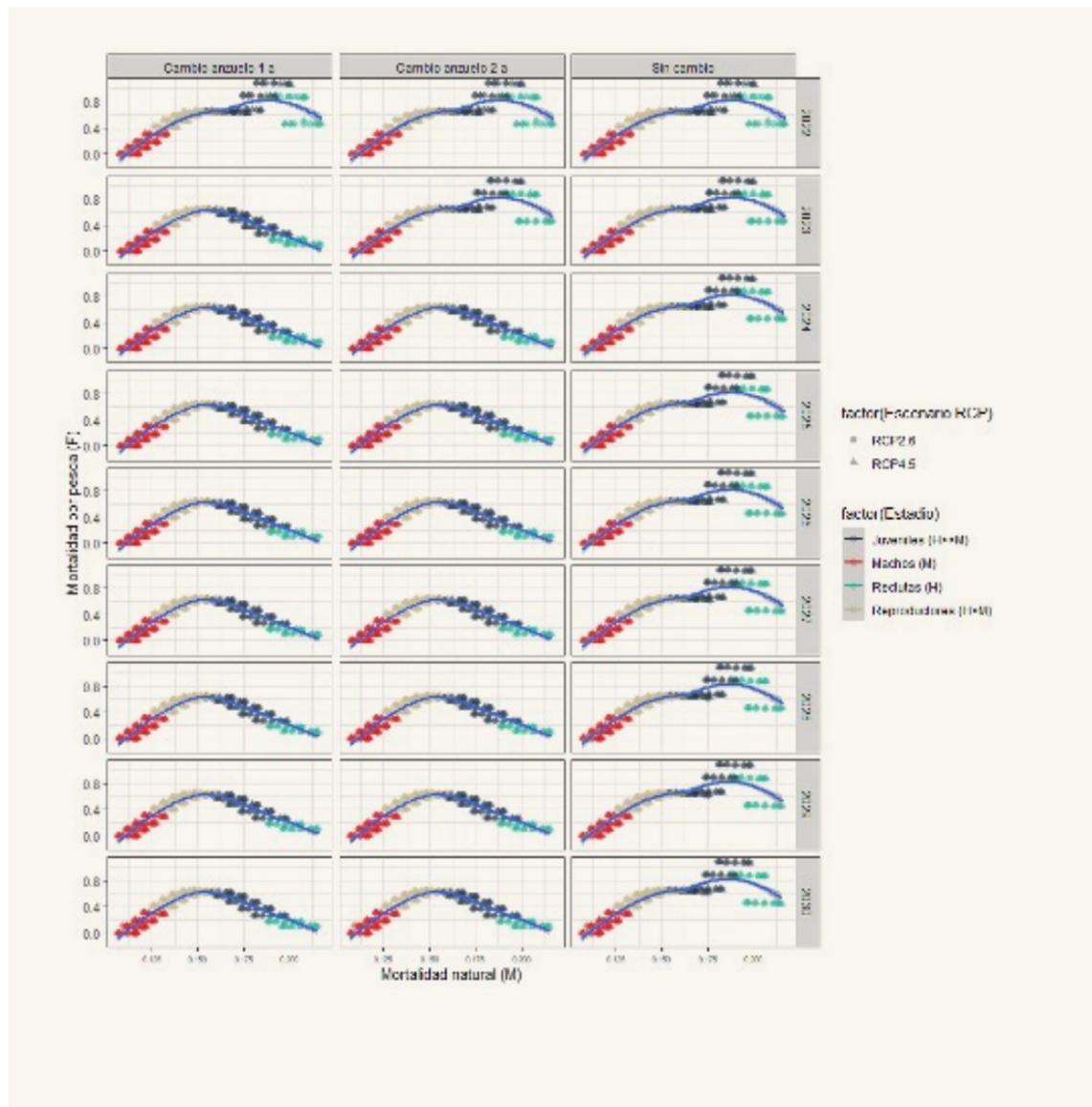
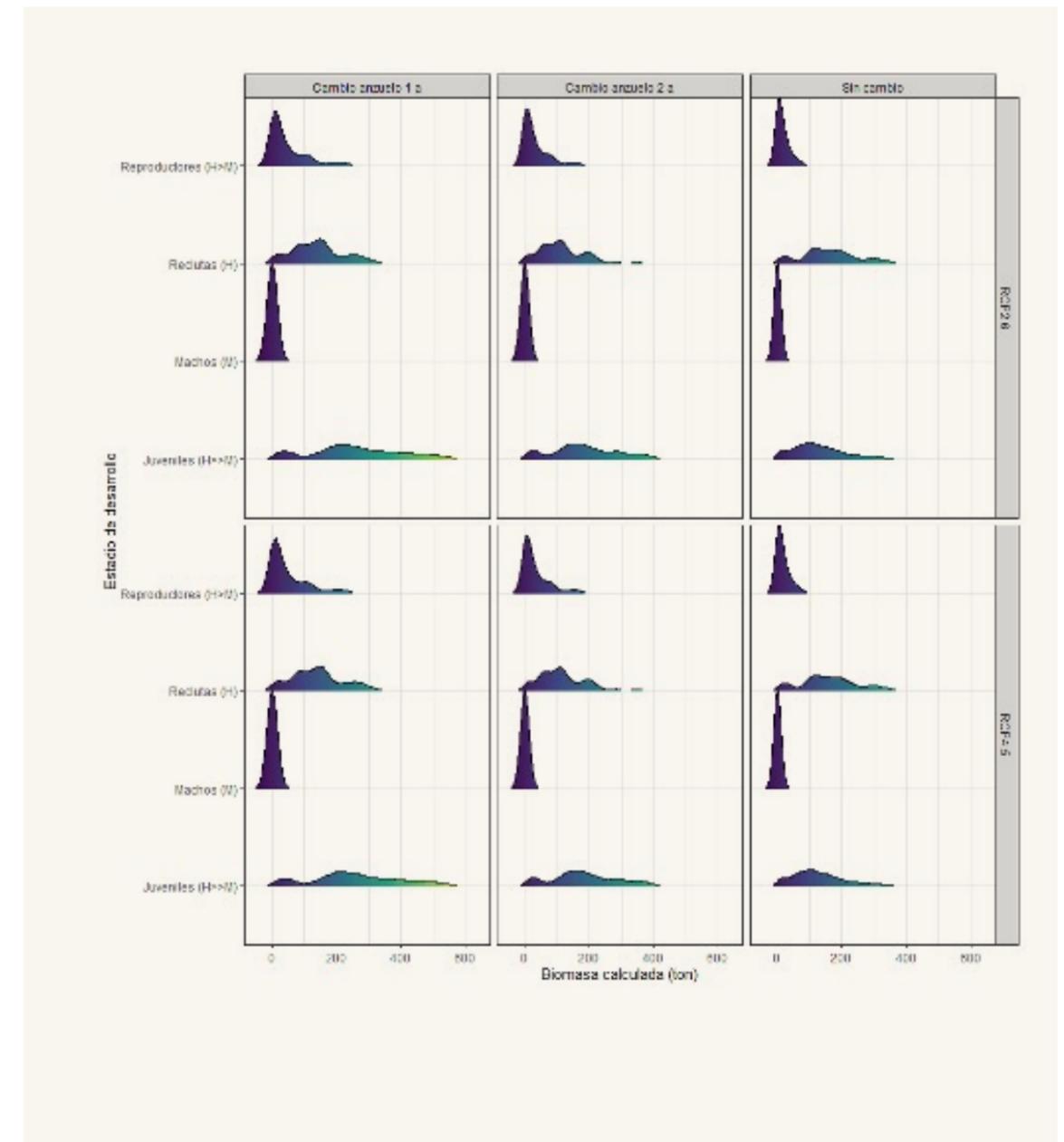


Figura 14. Relación entre la mortalidad natural y la mortalidad por pesca (panel izquierdo); función de densidad de probabilidad de la biomasa calculada por estadio de desarrollo para los diferentes escenarios proyectados bajo los escenarios de cambio climático RCP2.6 y RCP4.5 (panel derecho).

Escenarios de cambio climático y escenarios pesqueros

Para los escenarios de cambio climático, el cambio en la temperatura de las proyecciones con respecto a la temperatura entre 2000 y 2021, no se observaron diferencias en los patrones de las proyecciones para cada escenario en cuanto a la relación entre la mortalidad natural y la mortalidad por pesca, así como la biomasa calculada por estadio de desarrollo (Fig. 14).



Proyección de biomasa de especies asociadas por escenario

Adicionalmente, se proyectaron escenarios de biomasa para las especies asociadas a mero rojo más importantes. Debido a la relación positiva entre mero rojo y todas las otras especies (con excepción de cherna), todo el ensamble de especies presenta un incremento de biomasa con el incremento de biomasa de mero. En el caso de negrilla y huachinango, la recuperación es más pronunciada que con el resto de las especies (Fig. 15). En el caso de la cherna, los escenarios donde mero presenta una disminución de biomasa (escenarios sin cambio y cuota), cherna presenta un incremento en biomasa (Fig. 15).

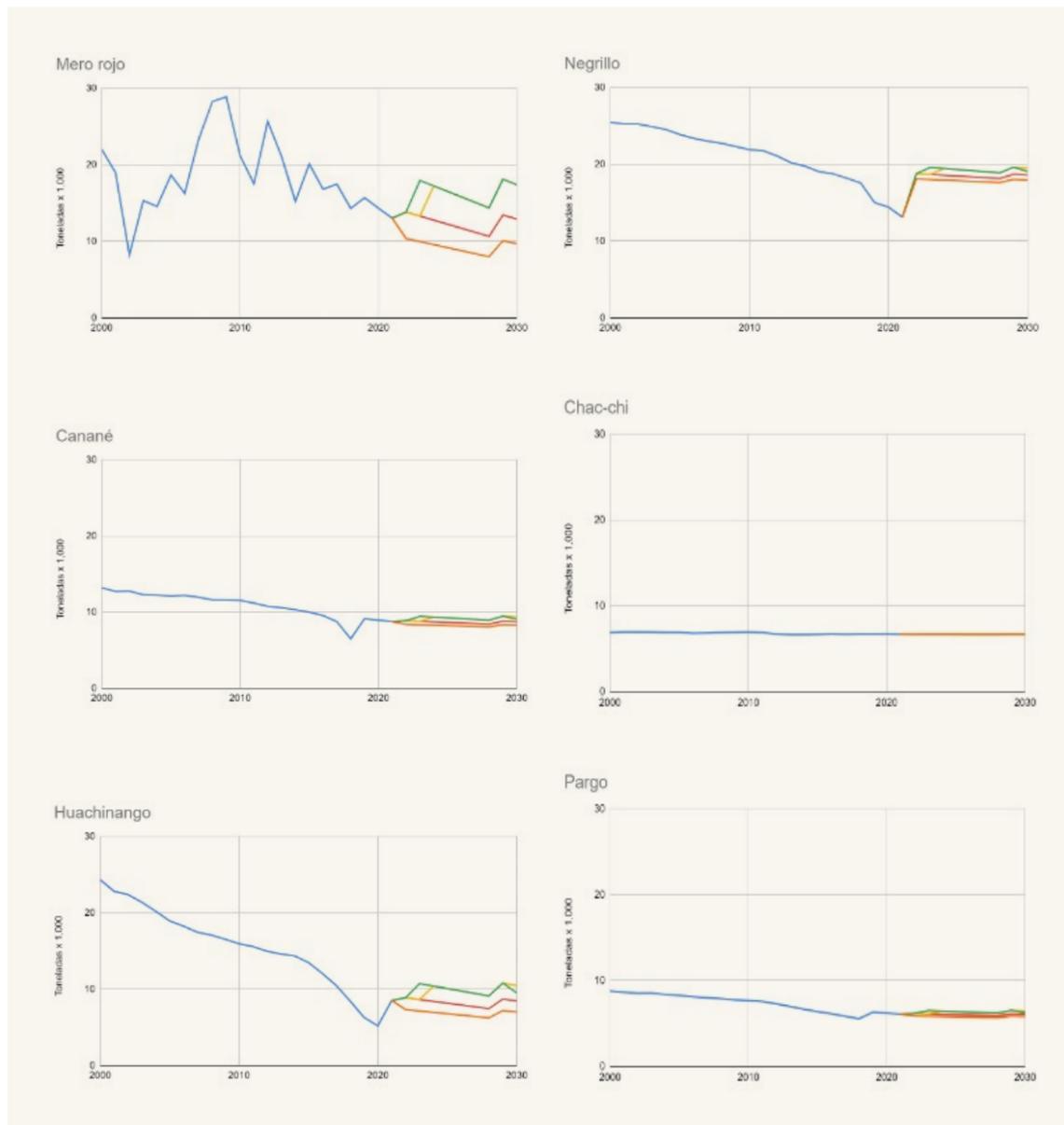


Figura 15. Biomasa poblacional calculada y escenarios proyectados a 2030 para mero rojo y las principales especies asociadas.

Proyecciones del esfuerzo pesquero por escenario

Para poder proyectar las ganancias a partir de las posibles capturas de mero rojo bajo los diferentes escenarios fue necesario proyectar el número de embarcaciones y días de pesca por flota. Se mantuvo la tendencia de la serie de tiempo de 2000 a 2021 con un incremento en las embarcaciones de la flota ribereña, así como una disminución en el número de embarcaciones de mediana altura. También se mantuvo la tendencia de mayor número de días pescados por parte de la flota ribereña (Fig. 16). Esta proyección

asegura que todos los involucrados en la captura de mero rojo, sin importar la flota, continuarán operando. Con base en las encuestas realizadas, la duración de un viaje de pesca de la flota de mediana altura varía entre 18 y 22 días, mientras que la flota ribereña realiza viajes de pesca con duración entre 1 y 3 días.

Proyecciones de posibles ganancias por escenario

Con la finalidad de representar de manera apropiada las variaciones en el valor del mero rojo en el mercado nacional y de exportación, se proyectaron ganancias a partir de la captura por cada escenario bajo tres valores por kilo de precio en playa (18, 24.60 y 60 pesos/kg), así como tres valores del precio en dólares por kilogramo de mero exportado (2.88, 9.5 y 14.06 USD/kg). Todos estos valores provienen de eliminar los valores mínimo y máximo absolutos registrados en las series de tiempo analizadas (Fig 17).

Una vez calculados los costos de operación para ambas flotas y el total del valor de la producción nacional más las exportaciones, se calcularon las posibles ganancias anuales para los diferentes escenarios proyectados. Los escenarios sin cambio y cuota de captura presentaron pérdidas entre 14 y 200 millones de pesos para todo el periodo proyectado, mientras que el escenario de cambio de anzuelo a 2 años presentó ganancias y pérdidas entre los diferentes años proyectados. El único escenario que mantuvo un balance positivo fue el de cambio de anzuelo a 1 año, con las ganancias de 401 MDP en 2029 y 354 MDP en 2030 (Fig. 18). En todos los escenarios, el valor mínimo de cualquiera de los mercados (nacional o de exportación) le representa pérdidas al sector que no se compensan con incrementar el esfuerzo para obtener más captura.

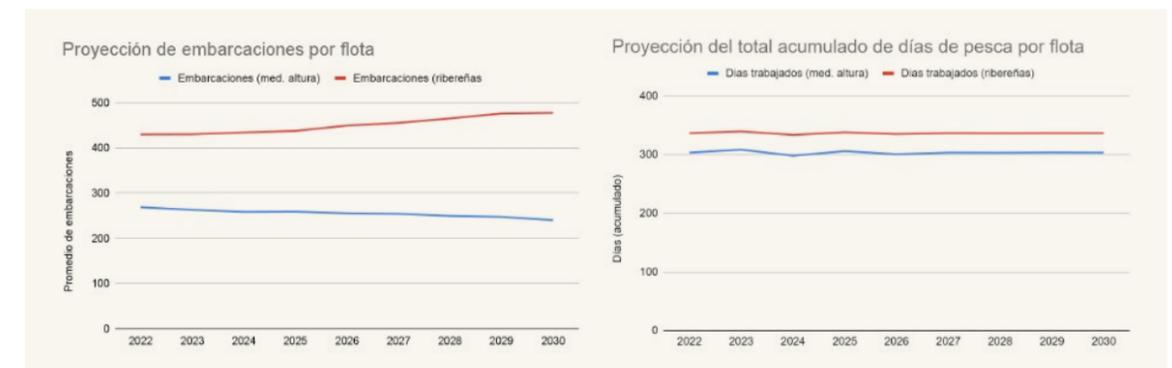


Figura 16. Proyección de embarcaciones y días de pesca por flota para el periodo 2022 a 2030.

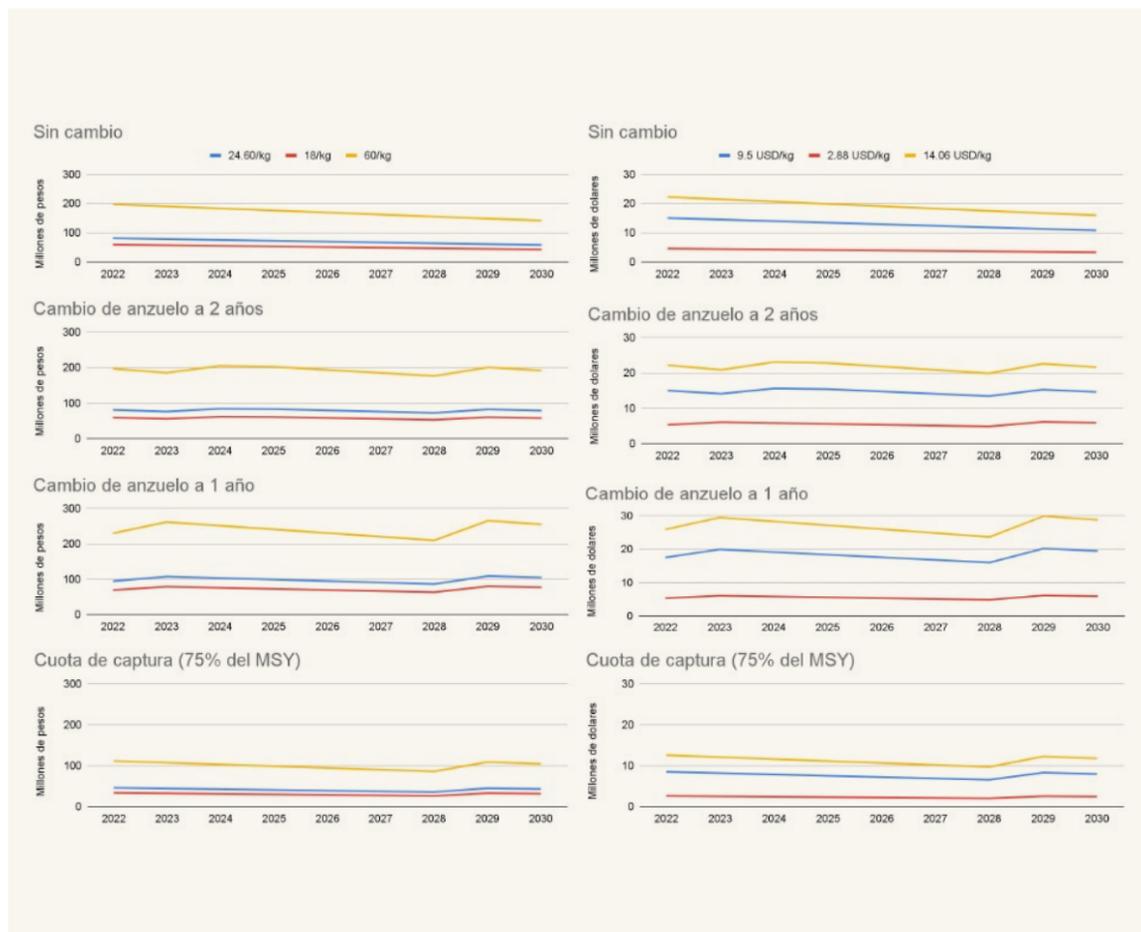
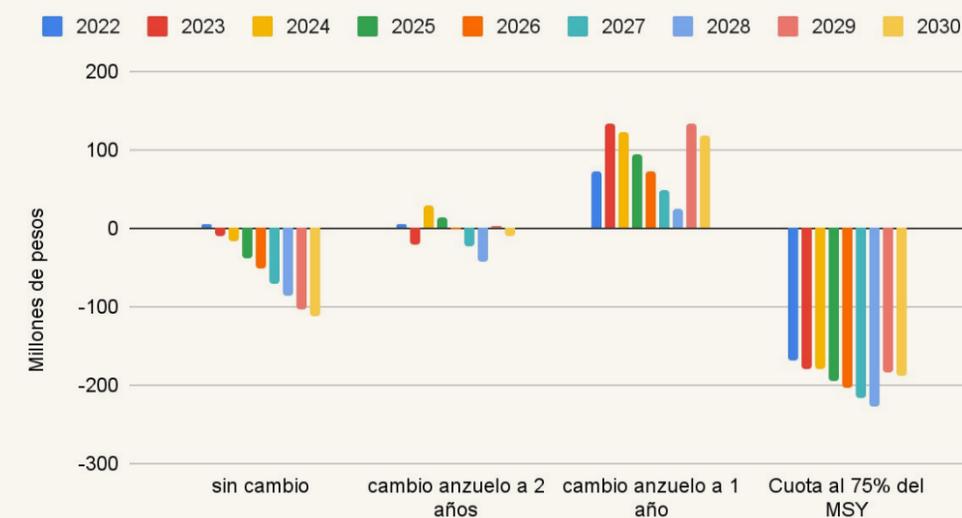


Figura 17. Valor de la producción nacional (67.52%) y exportación (32.48%) de mero rojo para diferentes precios de mercado bajo los escenarios proyectados.

Tres de los cuatro escenarios proyectados presentaron pérdidas, siendo más pronunciadas en el escenario de cuota de captura ya que al disminuir la captura sin haber una modificación del precio de venta en el mercado nacional o de exportación, no resulta suficiente el volumen de cuota total asignado. El escenario de cambio de anzuelo a 2 años resultó con balance cero entre pérdidas y ganancias a lo largo del periodo proyectado, mientras que el escenario con mejores rendimientos económicos bajo los seis escenarios de mercado fue el cambio de anzuelo a 1 año (Fig. 18).

Debido a la magnitud de pérdidas registradas en los escenarios sin cambio, cambio de anzuelo a 2 años y cuota, no fue posible calcular la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) para cada uno de estos escenarios. El escenario de cambio de anzuelo a 1 año presentó una tasa interna de retorno de 30% para el periodo entre 2021 y 2030; el VPN calculado para este escenario fue 0, lo que indica que la tasa interna de retorno es correcta.

Posibles ganancias anuales por escenario



Balance económico por escenario (2022 - 2030)

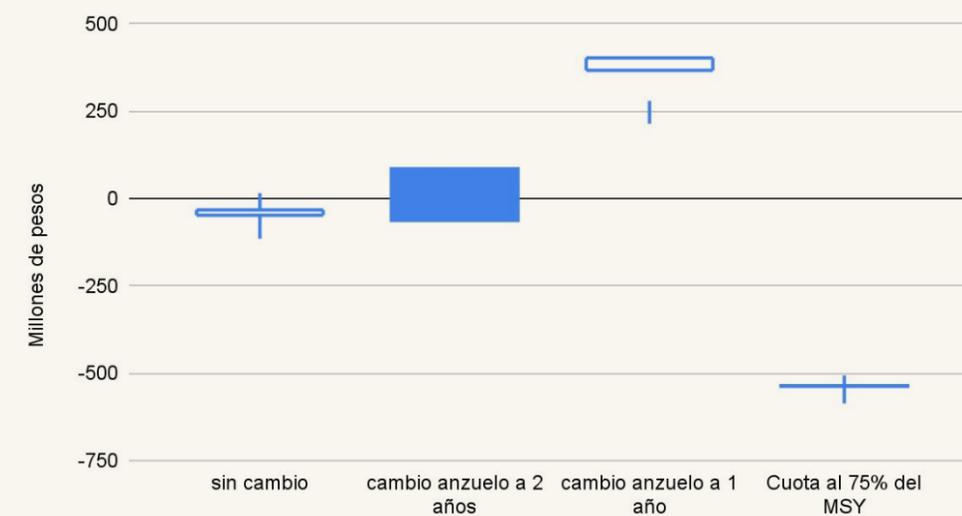


Figura 18. Cálculo de las ganancias anuales después de gastos de operación bajo los escenarios proyectados (panel superior); balance económico por escenario para el periodo proyectado (panel inferior).

Se calculó la tasa de cambio de las proyecciones de las ganancias anuales bajo los diferentes escenarios con respecto a las ganancias calculadas para 2021 y posteriormente con respecto al año anterior de la proyección. Las mayores tasas de cambio se observan para 2029 en el escenario de cambio de anzuelo a 1 año (Tabla I).

Año proyectado	Escenario			
	Sin cambio	Cambio anzuelo a 2 años	Cambio anzuelo a 1 año	Cuota al 75% del MSY
2022	-102	-102	-125	-41
2023	130	1188	39	25
2024	6	-47	-5	3
2025	277	-25	-9	21
2026	6	-106	-10	8
2027	6	62	-11	11
2028	2	15	-22	7
2029	0	-17	245	-28
2030	-4	52	-6	7

Tabla I. Tasa de cambio (%) de las ganancias por la captura proyectada de mero rojo por escenario.

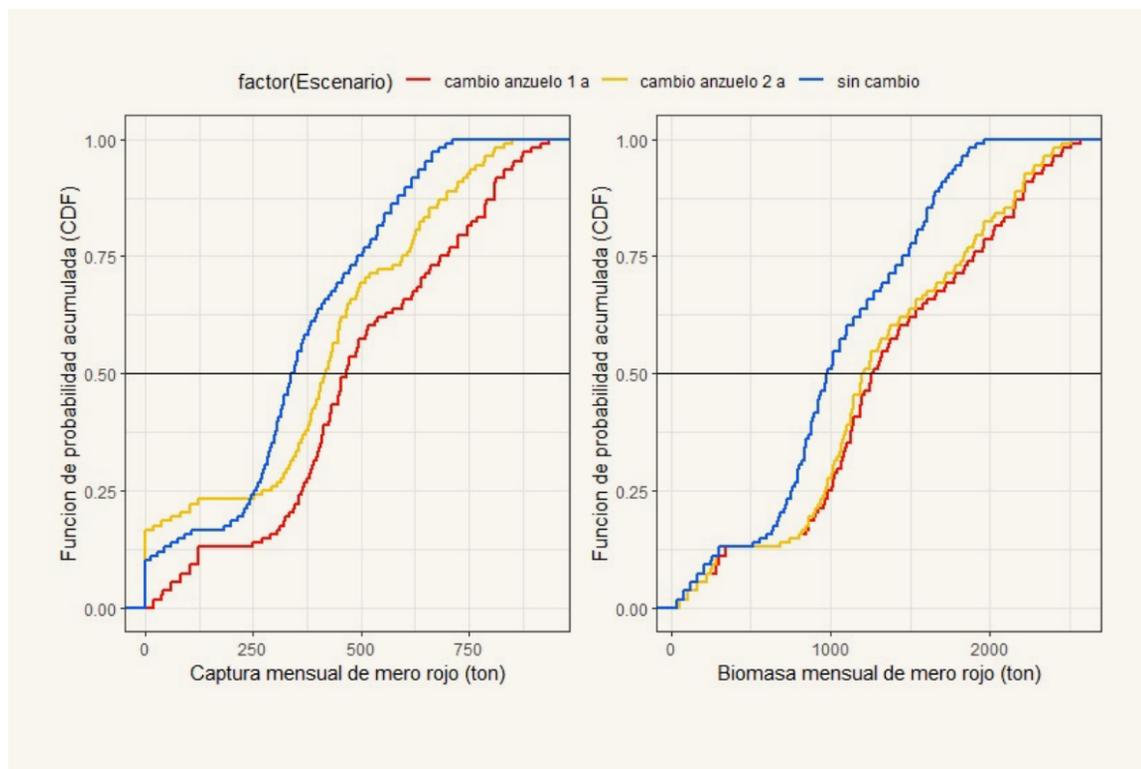


Figura 19. Función de probabilidad acumulada para la captura (panel izquierdo) y biomasa (panel derecho) mensuales de mero rojo para los escenarios proyectados de 2022 a 2030.

Cambio de anzuelo

El escenario con mejor desempeño biológico, económico y social fue el cambio de anzuelo a 1 año. Con base en la probabilidad acumulada, en este escenario la probabilidad de que las capturas sean mayores a 275 toneladas es mayor que los otros dos escenarios; para el caso de la biomasa, la probabilidad de que la biomasa mensual sea mayor a mil toneladas es mayor que para el escenario sin cambio (Fig. 19). De acuerdo a la normatividad vigente que limita el número de anzuelos que pueden ser utilizados por embarcación y arte de pesca, así como el número de embarcaciones menores y alijos que utilizan los anzuelos 10/0 a 12/0, se calcula un costo total de 18 millones de pesos, que representaría el cambio de más de 772 mil 532 anzuelos menores de 14/0. Considerando que esos anzuelos no capturan únicamente mero rojo, sino que también capturan especies adultas que no alcanzan tallas grandes, se propone permitir un máximo de 10% del total de anzuelos menores a 14/0. Esto representaría cambiar 695 mil 279 anzuelos con una inversión total de 16 millones 199,996 pesos. Si se decidiera a realizar el cambio de manera general, representaría una inversión de 1 millón 249,999 pesos mensuales para cambiar todos los anzuelos en el transcurso de 1 año. También se puede optar por realizar el cambio paulatino de los anzuelos a la misma tasa de recambio por pérdida, sin embargo optar por el camino largo representa una recuperación más lenta del stock de mero, las especies asociadas y las pérdidas económicas que la disminución del stock de mero rojo conllevan.

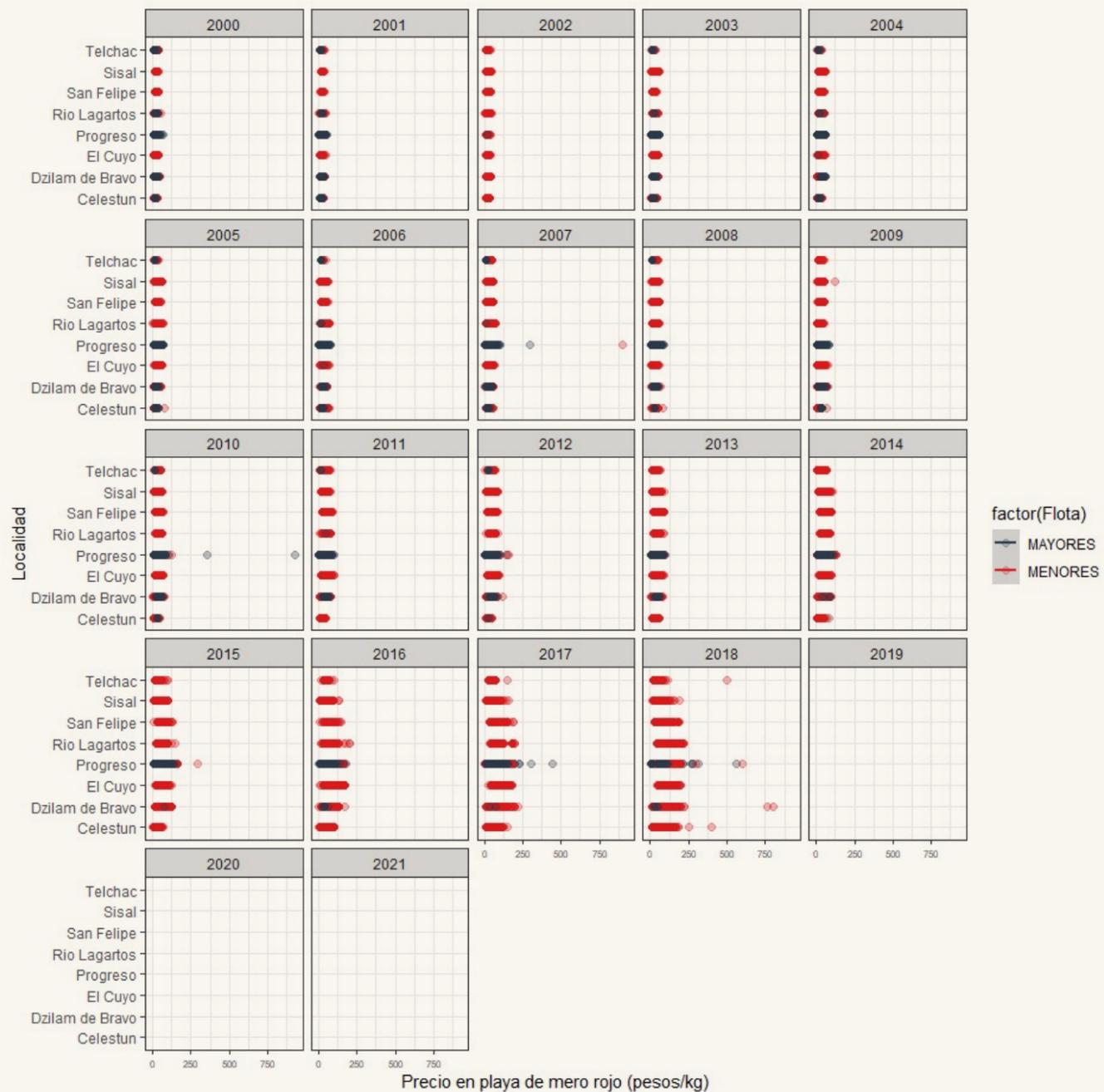
Anexos

Anexo I. Información histórica sobre la estructura de tallas de la captura de mero rojo.

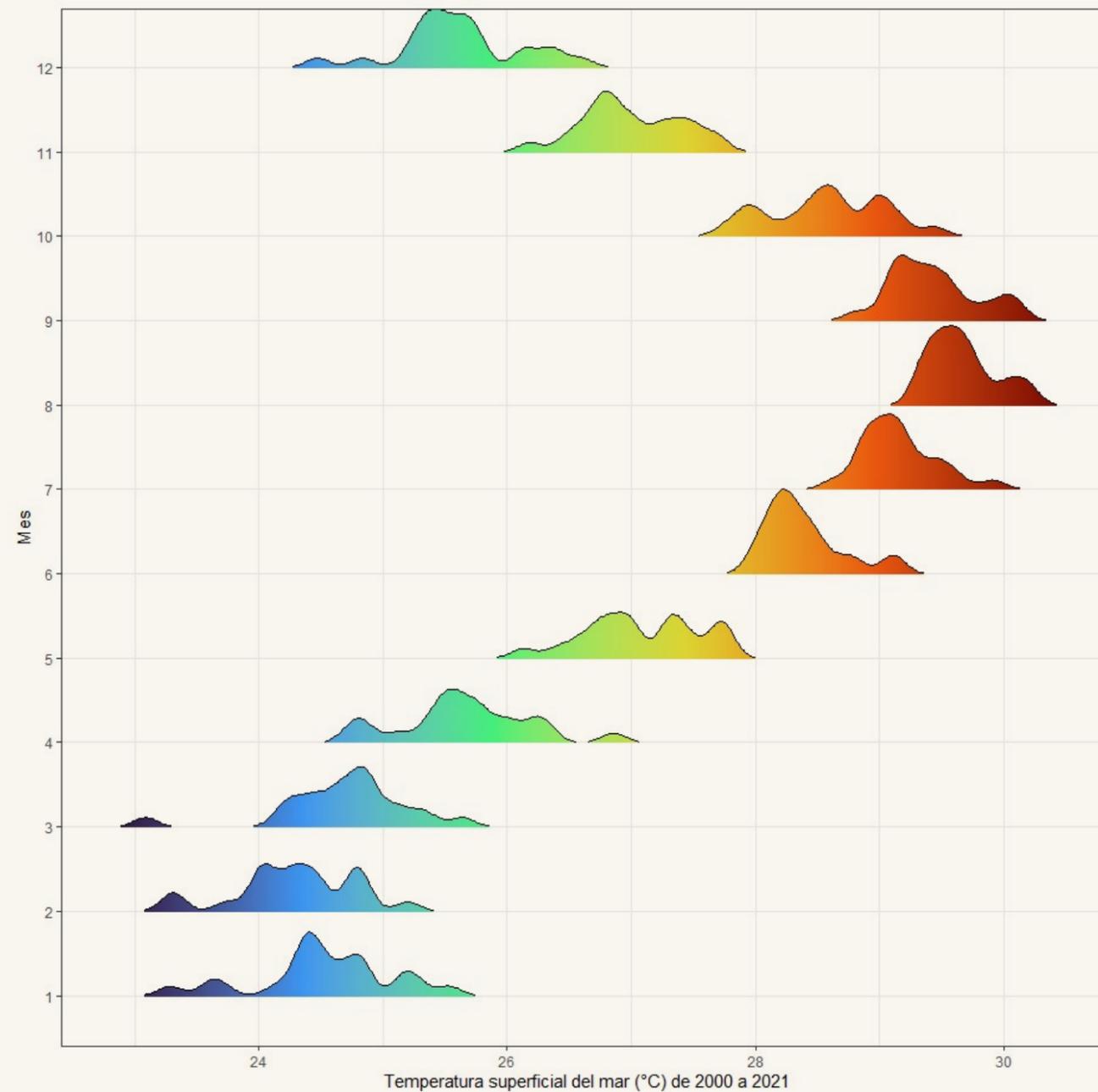


Año	Autor(es)	Información que contiene	Desglose de información	Formato
1976	Klima (FAO)	Mortalidad total (Z), mortalidad natural (M), grupo modal de la captura (en edad)	utilizada Z= 0.48 M= 0.15-0.24	Texto
1988	Salazar-Ruiz (tesis licenciatura)	Frecuencia de tallas de E. morio	Moda de captura= 2 años	
2001	Gimenez et al.	Frecuencia de tallas de E. morio	Número de individuos por intervalo de talla	
2007	Caballero-Arango et al.	Frecuencia de tallas de E. morio para diferentes periodos de tiempo (89-92; 96-98; 2003-2004)	Número de individuos por intervalo de talla	
2008	Lombardi-Carlson et al.	Frecuencia de tallas de E. morio para Florida y el Banco de Campeche	Número de individuos por sexo e intervalo de talla	
2009	DOF-24-03-2009	Medidas de los anzuelos autorizados para la pesquería de mero	Porcentaje del total de individuos por intervalo de talla	Texto
2011	Brulé et al.	Selectividad de los anzuelos autorizados para la pesquería de mero	Dispersión y curvas de selectividad por anzuelo	
2020	Christiansen et al.	Selectividad de los anzuelos 8/0, 11/0 y 15/0	Curvas de selectividad e intensidad de pesca proporcional al anzuelo	

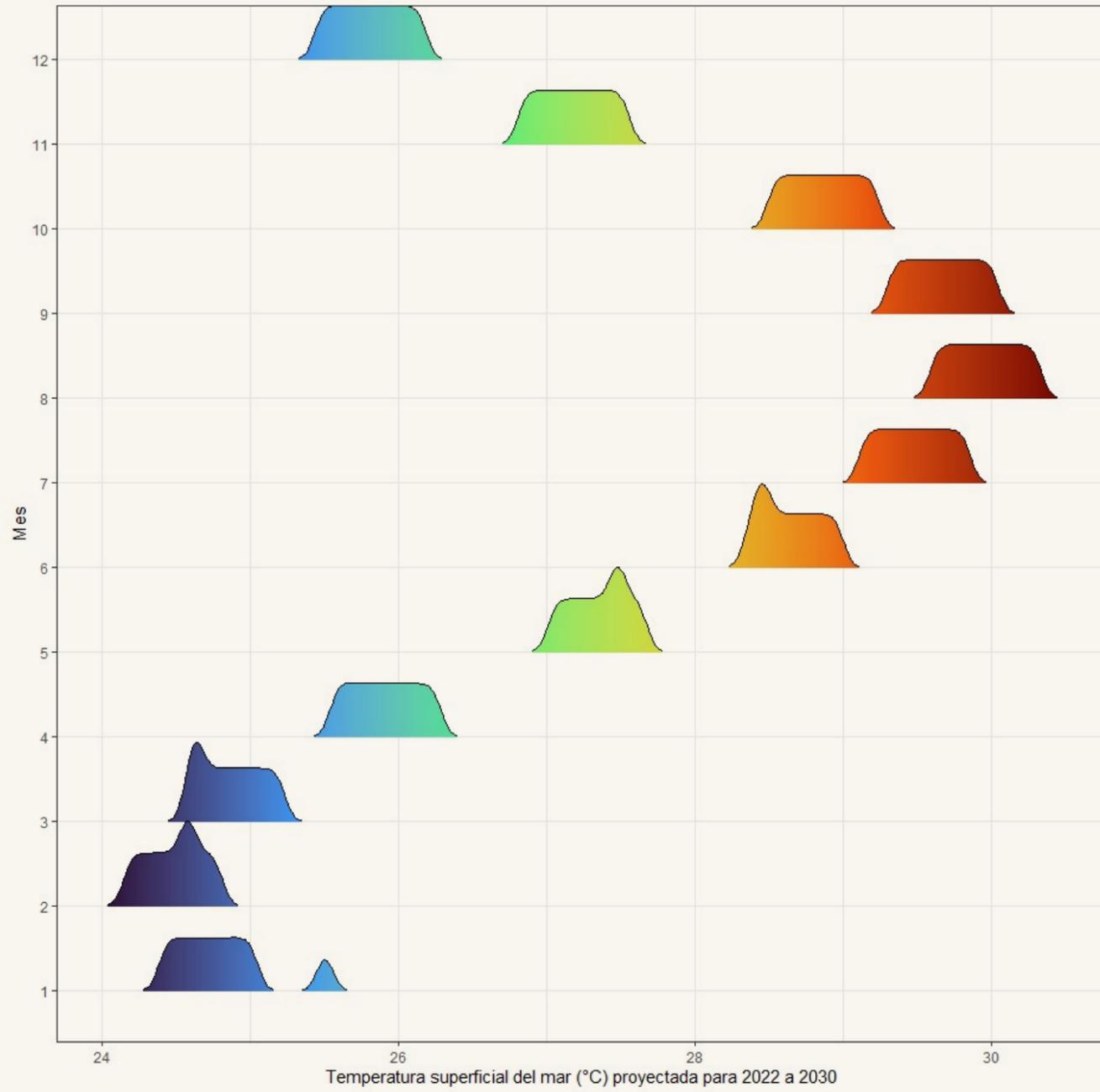
Anexo II. Valor en pesos por kilogramo de mero rojo por localidad registrado en avisos de arribo.



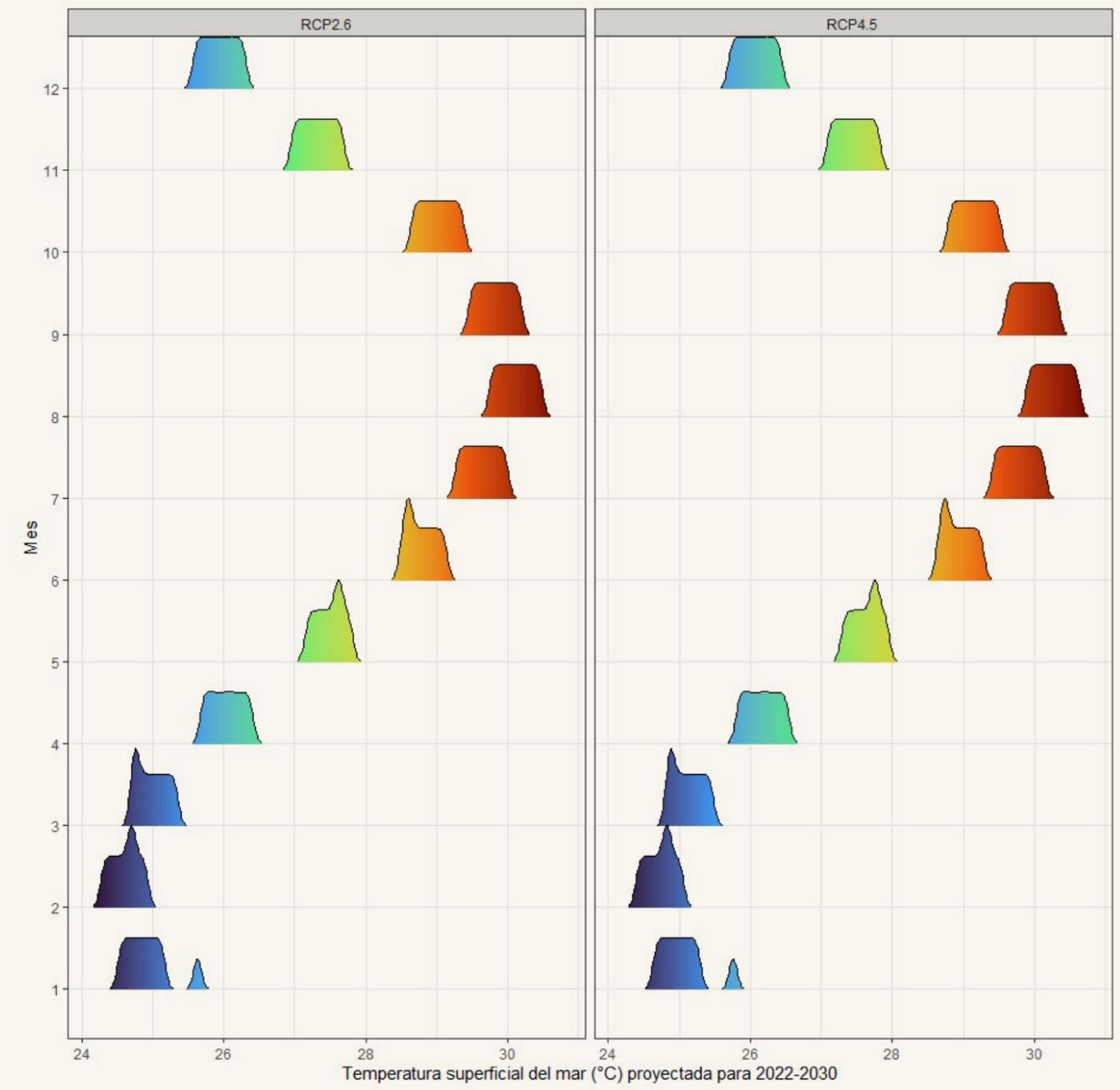
Anexo V. Función de densidad de probabilidad de la temperatura superficial empleada bajo los escenarios RCP2.6 y RCP4.5 de cambio climático empleados para los cálculos de mortalidad natural de las proyecciones de 2022 a 2030



Anexo VI. Función de densidad de probabilidad de la captura de mero rojo por localidad y flota para el periodo analizado.



Anexo V. Función de densidad de probabilidad de la temperatura superficial empleada bajo los escenarios RCP2.6 y RCP4.5 de cambio climático empleados para los cálculos de mortalidad natural de las proyecciones de 2022 a 2030.



Anexo VI. Función de densidad de probabilidad de la captura de mero rojo por localidad y flota para el periodo analizado.



