

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

GRUPO DE TRABAJO ESPECIAL PARA FORTALECER EL DIÁLOGO ENTRE CIENTÍFICOS,
ADMINISTRADORES Y OTROS INTERESADOS SOBRE LA EVALUACIÓN DE
ESTRATEGIAS DE ORDENACIÓN (GRUPO DE TRABAJO SOBRE EEO)

1ª REUNIÓN INFORMAL

(por videoconferencia)

11 de febrero de 2026

DOCUMENTO MSE-03-04

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE
ORDENACIÓN DEL ATÚN PATUDO EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Haikun Xu y Mark N. Maunder
Comisión Interamericana del Atún Tropical

1. INTRODUCCIÓN

Se desarrolló un paquete en R de código abierto (IATTCMSE) para realizar la evaluación de estrategias de ordenación (EEO) para los atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental (OPO) y está disponible al público en <https://github.com/HaikunXu/IATTCMSE>. El paquete ha sido rigurosamente probado para el atún patudo en el OPO usando el conjunto de modelos de referencia incluidos en la evaluación de referencia de 2024 (SAC-15-02). Este informe presenta resultados preliminares para apoyar las discusiones en el segundo taller sobre EEO.

Desde la reunión anterior del Grupo de Trabajo sobre EEO (GTEEO), celebrada en diciembre de 2025, se han realizado análisis y simulaciones adicionales para abordar los comentarios recibidos durante dicha reunión. Estos comentarios se dividen en tres grandes categorías: indicadores de desempeño, reglas de control de extracción (RCE) y especificaciones de la EEO. En respuesta a los comentarios sobre los indicadores de desempeño, se actualizó el código de EEO para generar cantidades relacionadas con el rendimiento máximo sostenible (RMS), lo que permite calcular la probabilidad de que la biomasa reproductora rebase $50\%S_{RMS}$ y la probabilidad de que la población permanezca en el cuadrante verde de la gráfica de Kobe ($S > S_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$). La captura de palangre proyectada y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se comparan con los niveles históricos. La captura de palangre total proyectada también se comparó con la cuota de palangre total actual especificada en la resolución C-21-04. También se estudió la inclusión explícita de un punto de referencia límite ($50\%S_{RMS}$) en la RCE y se evaluaron sus efectos sobre el desempeño de la EEO. Con respecto a las especificaciones de la EEO, se incorporó el error de implementación en el módulo de ordenación para evaluar su influencia en los resultados de las simulaciones.

Además de abordar los comentarios de la reunión anterior, el personal evaluó el desempeño de las ocho RCE candidatas identificadas como prioritarias en la reunión anterior para facilitar la finalización del conjunto de RCE que se probarán para el atún patudo en el OPO.

2. MARCO DE LA EEO

2.1. Modelos operativos

Los modelos operativos (MO) utilizados en la EEO consisten en los 36 modelos de referencia incluidos en el análisis de riesgos de 2024 (conjunto de modelos de evaluación de poblaciones). Para los fines de la EEO, estos modelos se actualizaron en 2025 incorporando un año adicional de datos para reflejar mejor la condición actual de la población y las condiciones de pesca. Los modelos de referencia abordan tres fuentes principales de incertidumbre dentro de un marco jerárquico: (1) incertidumbre en el ajuste inadecuado a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera con selectividad asintótica supuesta, (2) incertidumbre en la tasa de progresión del esfuerzo en la pesquería palangrera, e (3) incertidumbre en la inclinación de la relación población-reclutamiento.

Hipótesis de nivel 1: Se utilizan cuatro estructuras de modelos para abordar el ajuste inadecuado a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera con selectividad asintótica supuesta: (1) ignora el problema (Fix); (2) estima la curva de crecimiento con distribución a priori de L_{inf} (Gro); (3) estima una curva de selectividad en forma de domo para la pesquería palangrera con selectividad asintótica supuesta (Sel); y (4) estima el escalador del vector de mortalidad natural (Mrt). Los cuatro modelos tienen la misma ponderación.

Hipótesis de nivel 2: Se consideran tres tasas anuales de aumento de la capturabilidad del patudo en la pesquería de palangre (0%, 1% y 2%) para representar la incertidumbre en la progresión del esfuerzo. Considerando que el patudo es la principal especie objetivo de la pesquería palangrera de Japón en el OPO, se espera que su capturabilidad en esta pesquería aumente debido a los avances en la habilidad y tecnología de pesca. Con base en las recomendaciones del Panel de Revisión ([RVMTT-01-RPT](#)), se sugirió un incremento anual del 1%, con un 0% y un 2% incluidos para abordar esta incertidumbre. Cada tasa anual tiene la misma ponderación.

Hipótesis de nivel 3: Se incluyen tres valores de inclinación (1.0, 0.9 y 0.8) para abordar la incertidumbre de la forma de la relación población-reclutamiento. Los tres valores de inclinación están ponderados con base en la opinión de expertos a partir del análisis de riesgos de la última evaluación de referencia ([SAC-11 INF-F](#)).

2.2. Modelos de estimación

El modelo de estimación (ME) utilizado en la EEO es la versión ASPM_Rdevs+ del modelo de referencia de base (Fix-1-1), elegido para garantizar una convergencia rápida. ASPM_Rdevs+ se refiere al modelo de producción estructurado por edad que incluye desviaciones del reclutamiento y se ajusta al índice de abundancia así como a los datos de composición por talla para el índice de abundancia (selectividad en forma de domo supuesta) y para una pesquería de palangre (selectividad asintótica supuesta).

Las estimaciones de mortalidad por pesca y cociente de biomasa reproductora dinámica (dSBR) del ME se ajustan al sesgo utilizando los valores de los años terminales del conjunto de MO. Específicamente, se aplican factores de ajuste de escala de 0.833 y 1.163 a la mortalidad por pesca y a dSBR, respectivamente, cuando se implementa la RCE. Estos factores se calculan como la razón entre las estimaciones terminales ponderadas de todos los MO y la estimación terminal del ME. Este enfoque ajusta las estimaciones del ME para que sean consistentes con el conjunto de MO.

3. RESULTADOS

3.1. Indicadores de desempeño

Se calcularon varios indicadores de desempeño adicionales en respuesta a los comentarios del GTEEO. Según la RCE del personal, la probabilidad de que la biomasa reproductora traspase $50\%S_{RMS}$ (un punto

de referencia límite candidato destinado a tener una probabilidad muy baja de ser traspasado) es del 100% (Figura 1). La probabilidad de que la población se mantenga en el cuadrante verde de la gráfica de Kobe ($S > S_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$) es del 92% (Figura 2). La CPUE palangrera japonesa proyectada es aproximadamente el doble del promedio histórico observado durante 2017-2019 (Figura 3).

3.2. Cuota de captura de palangre

Según la RCE del personal, se proyecta que la captura total promedio de palangre se aproxime a la cuota total actual de palangre especificada en la resolución [C-21-04](#) (Figura 4). Las cuotas anuales de China, Japón, Corea, Taipéi Chino y Estados Unidos son de 2,507 t, 32,372 t, 11,947 t, 7,555 t y 750 t, respectivamente, lo que suma aproximadamente 55,000 t. Dada la variabilidad interanual en el reclutamiento y la captura, existe una alta probabilidad de que la captura total de palangre rebase la cuota actual en algunos años en el futuro si el esfuerzo de palangre cambia a un ritmo similar al esfuerzo de cerco.

3.3. Punto de referencia límite

Para evaluar el efecto de incorporar explícitamente un punto de referencia límite en la RCE, se añadió un valor de $50\%S_{RMS}$ a una RCE candidata (Figura 5). En los 36 MO, la razón promedio de $50\%S_{RMS}$ con respecto a la biomasa reproductora en ausencia de pesca (S_0) se aproxima a 0.1. En consecuencia, la RCE modificada especifica una mortalidad por pesca cero cuando $dSBR < 0.1$, una disminución lineal de la mortalidad por pesca hasta cero cuando $dSBR$ está entre 0.3 y 0.1, y una mortalidad por pesca igual al objetivo cuando $dSBR$ rebasa 0.3. La incorporación del punto de referencia límite aumenta la pendiente de la RCE entre los valores de $dSBR$ de 0.1 y 0.3, lo que resulta en medidas de ordenación más conservadoras (Figura 5).

3.4. Error de implementación

En el OPO, la pesquería cerquera se gestiona mediante controles del esfuerzo que se supone están linealmente relacionados con el número de días que la pesquería está abierta. Sin embargo, factores como la capacidad de la flota, los umbrales individuales por buque para el patudo, la abundancia de atunes barrilete y aleta amarilla, y el número de dispositivos agregadores de peces (plantados) activos, pueden causar que la mortalidad por pesca del atún patudo se desvíe de esta relación lineal teórica. Para tener en cuenta estas desviaciones, se incorporó el error de implementación en las simulaciones de la EEO, modelado como un error distribuido lognormalmente sin sesgo y con una desviación estándar de 0.1.

La inclusión del error de implementación tiene un efecto notable en los resultados de la EEO. Produce una trayectoria promedio de $dSBR$ más optimista en la mayoría de los años, probablemente debido a los efectos asimétricos de las desviaciones de la mortalidad por pesca (Figura 6), y genera trayectorias de $dSBR$ más extremas que pueden influir en los indicadores de desempeño relacionados con la seguridad, como la probabilidad de traspasar los puntos de referencia límite.

3.5. Límite para cambios en la veda

Todas las RCE candidatas propuestas por el GTEEO incluyen un límite de 10 días para los cambios en la duración de la veda entre ciclos de ordenación consecutivos. Además, estas RCE especifican que el límite se elimina cuando la población está por debajo del punto de control para permitir una respuesta rápida a la reducción. Se evaluó el desempeño de tres RCE que incorporan este límite que depende de la condición de la población (Tabla 1).

En la primera RCE, la población se mantiene consistentemente por encima del punto de control, por lo que se aplica el límite de 10 días a lo largo de los siete ciclos de ordenación. La segunda RCE es ligeramente más conservadora, lo que resulta en que en ocasiones la población se sitúa por debajo del punto de control y se elimina temporalmente el límite. Da lugar a algunas vedas largas que rebasan los 100 días (Figura

7). La tercera RCE es la más conservadora de las tres candidatas y, dado que el dSBR actual estimado (aproximadamente 0.25) está por debajo del punto de control (0.3), se elimina el límite en el primer ciclo, lo que aumenta la duración de la veda de 72 días a más de 130 días (Figura 7). Aunque la población se recupere posteriormente por encima del punto de control, la veda sigue siendo excesivamente conservadora porque las reducciones se limitan a 10 días por ciclo, lo que impide una convergencia rápida hacia el nivel objetivo. En general, la eliminación completa del límite cuando la población está por debajo del punto de control provoca inestabilidad en la ordenación en el caso de la RCE2 e inflexibilidad en el de la RCE3.

También se probó un límite asimétrico alternativo de 10 días cuando la población está por encima del punto de control y de 20 días cuando está por debajo. Este enfoque permite respuestas más rápidas a la reducción al tiempo que preserva la estabilidad. Para la RCE2, el límite asimétrico produce cambios mínimos en el dSBR pero mejora la estabilidad en la duración de la veda (Figura 8). En el caso de la RCE3, permite que la población alcance el nivel objetivo en dos ciclos, superando sustancialmente el escenario sin límite debajo del punto de control (Figura 8).

3.6. Comparación de ocho RCE candidatas

Las ocho RCE candidatas identificadas como prioritarias en la reunión anterior (Figura 9) se compararon utilizando un número muy limitado de iteraciones (72 por RCE) con fines ilustrativos. Todas las RCE suponen que el error de implementación tiene una distribución lognormal sin sesgo y una desviación estándar de 0.1, y que el límite asimétrico de 10/20 días se aplica cuando la población está por encima/por debajo del punto de control, respectivamente.

Se calculó una gama de indicadores de desempeño para cada RCE (Tabla 2). Todas las RCE dan como resultado una probabilidad del 100% de que la población permanezca por encima de los dos puntos de referencia límite duros ($0.077\%S_0$ y $50\%S_{RMS}$), y una probabilidad cercana al 100% ($>97.4\%$) de permanecer por encima del punto de referencia límite blando ($20\%dSBR$). La probabilidad de permanecer en el cuadrante verde de la gráfica de Kobe rebasa el 94.2% para todas las RCE. La RCE del personal (F30-S20) es la más agresiva, y da lugar a la menor duración promedio de la veda (41 días; Figura 11) y a la mayor captura promedio total (104.281 t; Figura 12). Por el contrario, la RCE más conservadora (F40-S40) produce la veda promedio más larga (87 días) y la captura promedio más baja (97.285 t). En todas las RCE, la variabilidad interanual de las capturas totales es de aproximadamente el 8%, y la variación promedio de la duración de la veda entre ciclos es de unos 10 días.

4. DISCUSIÓN

Cuota de captura de palangre

Los resultados de las simulaciones indican que se espera que la CPUE palangrera del patudo alcance aproximadamente el doble del promedio histórico observado durante 2017-2019. Dado que el patudo es la principal especie objetivo de la pesquería palangrera del OPO tropical, son posibles aumentos en el esfuerzo de pesca en respuesta a una mayor abundancia y rentabilidad. Incluso sin incrementos en el esfuerzo, las simulaciones sugieren una probabilidad sustancial de que la captura palangrera futura podría, al menos en una porción de los años futuros, rebasar la cuota especificada en la resolución [C-21-04](#). El GTEEO deberá seguir discutiendo esta cuestión cuando desarrolle la estrategia de extracción.

Punto de referencia límite

Los resultados preliminares de las ocho RCE candidatas indican una probabilidad cero de traspasar los dos puntos de referencia límite duros propuestos por el GTEEO ($0.077\%SBR$ y $50\%S_{RMS}$). Si se utiliza un límite asimétrico en los cambios de veda para permitir respuestas rápidas a la reducción antes de alcanzar los puntos de referencia límite, puede que no sea necesaria la inclusión explícita de un punto de referencia

límite en la RCE. Además, la incorporación de un punto de referencia límite aumenta el número de parámetros de la RCE (por ejemplo, el punto de referencia límite y su mortalidad por pesca asociada), complicando aún más las negociaciones en torno a la estrategia de extracción del atún patudo en el OPO.

Error de implementación

Los resultados demuestran que el error de implementación tiene efectos asimétricos sobre el dSBR y puede producir trayectorias más extremas. Dado que la mortalidad por pesca está influenciada por factores que van más allá de las medidas formales de ordenación (es decir, la veda de la pesquería), la inclusión del error de implementación aumenta el realismo y la robustez de los resultados de la EEO. Una cuestión que queda por discutir es la magnitud adecuada del error de implementación. No existe una estimación cuantitativa de ello para las pesquerías cerqueras del OPO en este momento.

Límite para cambios en la veda

Las simulaciones muestran que la eliminación total del límite de los cambios en la veda cuando la población está por debajo del punto de control puede dar lugar a resultados indeseables, como vedas excesivamente largas y una gestión demasiado conservadora tras la recuperación de la población. En cambio, un límite asimétrico de 10 días por encima y 20 días por debajo del punto de control equilibra la capacidad de respuesta y la estabilidad. Con este enfoque, es posible reaccionar más rápidamente a la reducción y, una vez recuperada la población, las medidas de ordenación pueden volver al nivel anterior en un plazo máximo de dos ciclos de ordenación.

Reglas de control de extracción candidatas

Las ocho RCE candidatas evaluadas abarcan una amplia gama de estrategias de extracción, con puntos objetivo entre 0.3 y 0.4 y puntos de control entre 0.2 y 0.4. Estas RCE difieren notablemente en cuanto a la duración promedio de la veda (41-87 días) y la captura total anual promedio (97.285-104.281 t). Sin embargo, las diferencias entre las RCE en la variabilidad de la captura total anual son relativamente pequeñas, probablemente porque en todas las candidatas se aplica el mismo límite asimétrico a los cambios de ordenación (10 días por encima y 20 días por debajo del punto de control). La exploración de un contraste más amplio en la variabilidad de la captura requeriría escenarios alternativos de límites para las vedas de la pesquería.

TABLAS

TABLE 1. Harvest control rules tested for the cap for closure change.

TABLA 1. Reglas de control de extracción probadas con respecto al límite de cambios en la veda.

Componente	RCE1	RCE2	RCE3
F_{max}	$F_{30\%}$	$F_{40\%}$	$F_{30\%}$
$S_{control}$	$S_{20\%}$	$S_{30\%}$	$S_{30\%}$
Cambio máximo en la veda ($S > S_{control}$)	10 días	10 días	10 días

BORRADOR

TABLE 2. Performance indicators for each harvest control rule summarized across all iterations, simulation years, and operating models. From left to right: HCR specifications, average annual total catch (mt), average annual variability in annual total catch (%), probability of spawning biomass ratio > 0.077 (%), probability of dynamic spawning biomass ratio > 0.2 (%), probability of dynamic spawning biomass > 50% dynamic spawning biomass at the level of maximum sustainable yield (%), probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (%), and average closure (day).

TABLA 2. Indicadores de desempeño para cada regla de control de extracción resumidos en todas las iteraciones, años de simulación y modelos operativos. De izquierda a derecha: especificaciones de la RCE, captura total anual promedio (t), variabilidad anual promedio de la captura total anual (%), probabilidad de cociente de biomasa reproductora > 0.077 (%), probabilidad de cociente de biomasa reproductora dinámica > 0.2 (%), probabilidad de biomasa reproductora dinámica > 50% biomasa reproductora dinámica al nivel del rendimiento máximo sostenible (%), probabilidad de estar en el cuadrante verde de la gráfica de Kobe (%), y veda promedio (día).

RCE	Cap- tura	Var. anual prom. en cap- tura	Prob. SBR > 0.077	Prob. dSBR > 0.2	Prob. S > 50%SMSY	Prob. cuadrante verde Kobe	Veda
F30-S20	104281	7.9	100	97.4	100	94.2	41
F30-S30	103829	7.9	100	97.8	100	94.7	45
F35-S20	102677	8.0	100	98.4	100	95.5	52
F35-S25	102587	8.0	100	98.4	100	95.5	53
F35-S30	99609	7.9	100	98.8	100	96.8	74
F40-S20	99410	8.0	100	98.8	100	96.7	74
F40-S30	97940	8.0	100	99.1	100	97.4	84
F40-S40	97285	8.1	100	99.2	100	97.4	87

FIGURAS

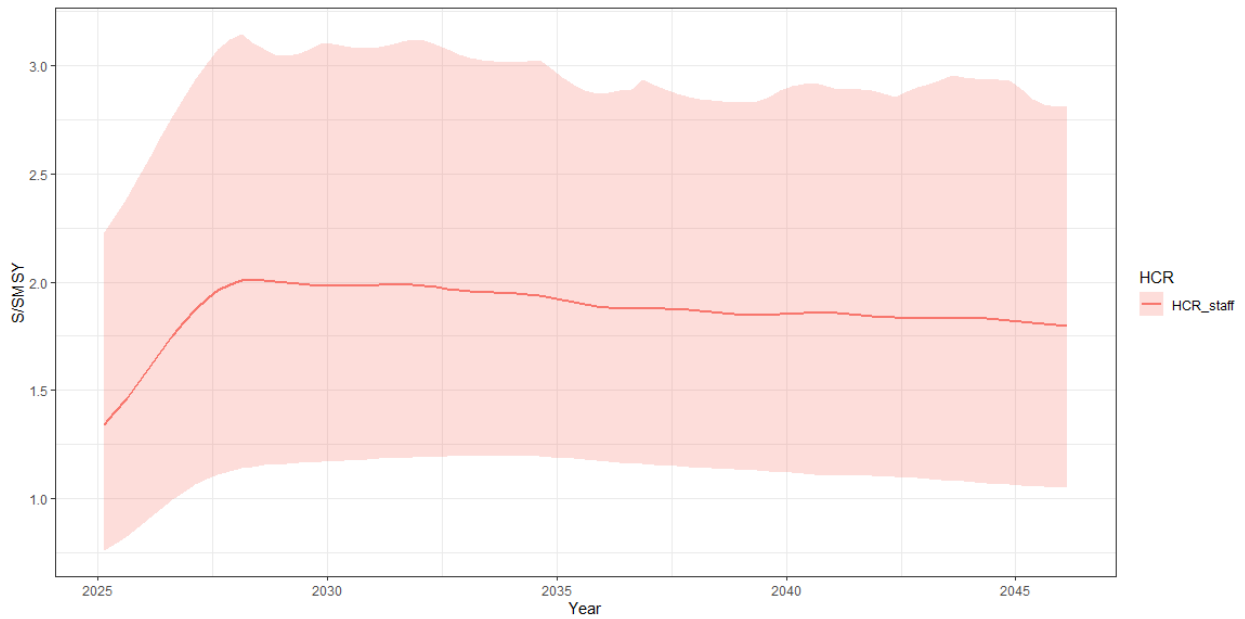


FIGURE 1. The ratio of spawning biomass to the spawning biomass at maximum sustainable yield for bigeye in the eastern Pacific Ocean. The red line and ribbon represent the mean value and the 80% confidence interval, respectively.

FIGURA 1. La razón entre la biomasa reproductora y la biomasa reproductora en el rendimiento máximo sostenible para el patudo en el Océano Pacífico oriental. La línea roja y la cinta representan el valor promedio y el intervalo de confianza del 80%, respectivamente.

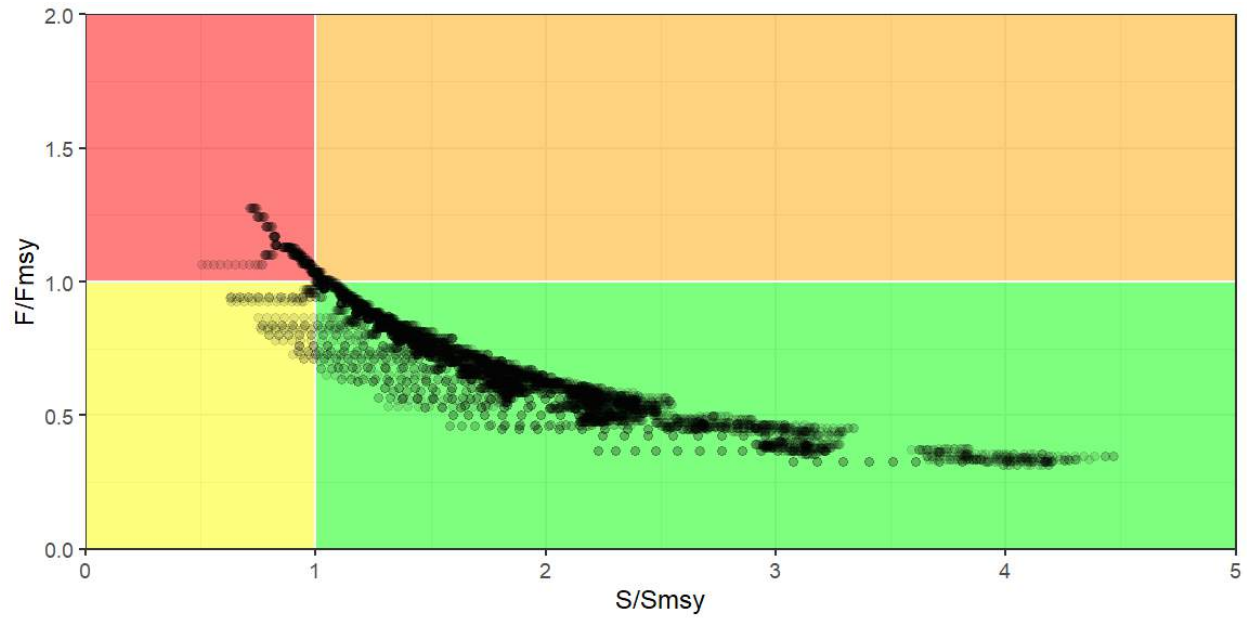


FIGURE 2. The Kobe plot for bigeye simulated under the staff's harvest control rule in the MSE.

FIGURA 2. La gráfica de Kobe para el patudo simulado bajo la regla de control de extracción del personal en la EEO.

BORRADOR



FIGURE 3. The historical (black line) and projected (red line and ribbon) Japanese longline CPUE for bigeye in the eastern Pacific Ocean. The horizontal dashed line represents the average value for 2017-2019 and the six vertical dashed lines mark the boundary of the seven management cycles.

FIGURA 3. La CPUE palangrera japonesa histórica (línea negra) y proyectada (línea roja y cinta) de patudo en el Océano Pacífico oriental. La línea horizontal discontinua representa el valor promedio para 2017-2019 y las seis líneas verticales discontinuas marcan el límite de los siete ciclos de ordenación.

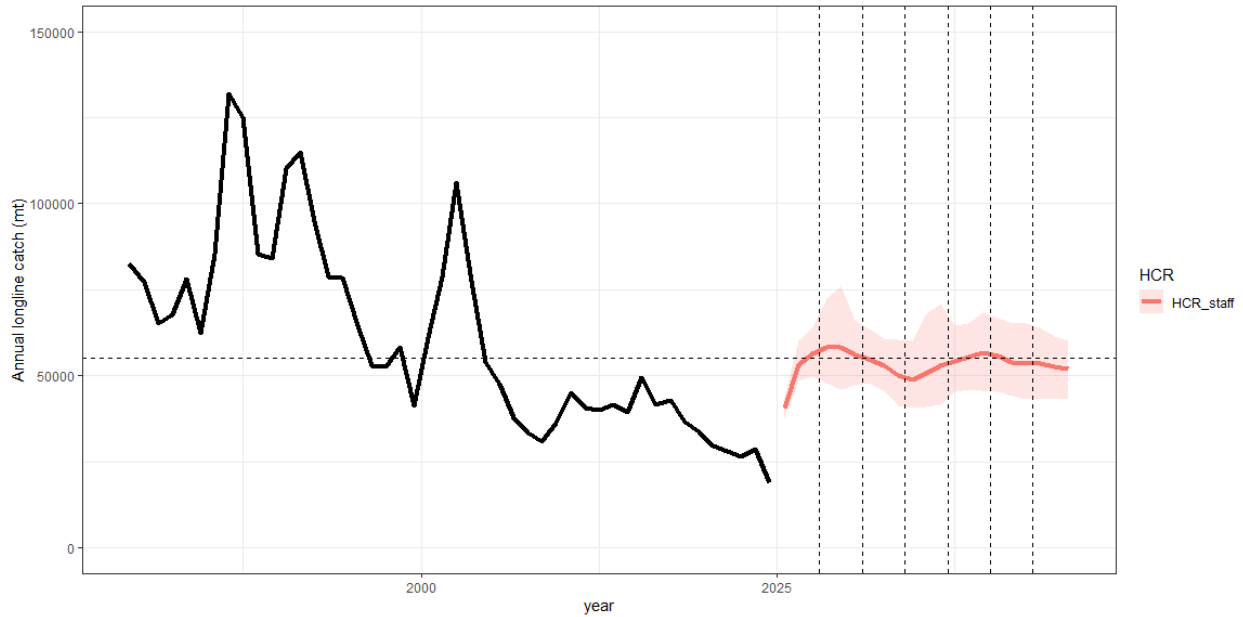


FIGURE 4. The historical (black line) and projected (red line and ribbon) annual longline catch for bigeye in the eastern Pacific Ocean. The horizontal dashed line represents the total longline catch quota specified in [C-21-04](#) and the six vertical dashed lines mark the boundary of the seven management cycles.

FIGURA 4. Captura palangrera anual histórica (línea negra) y proyectada (línea roja y cinta) de patudo en el Océano Pacífico oriental. La línea horizontal discontinua representa la cuota total de captura de palangre especificada en la res. [C-21-04](#) y las seis líneas verticales discontinuas marcan el límite de los siete ciclos de ordenación.

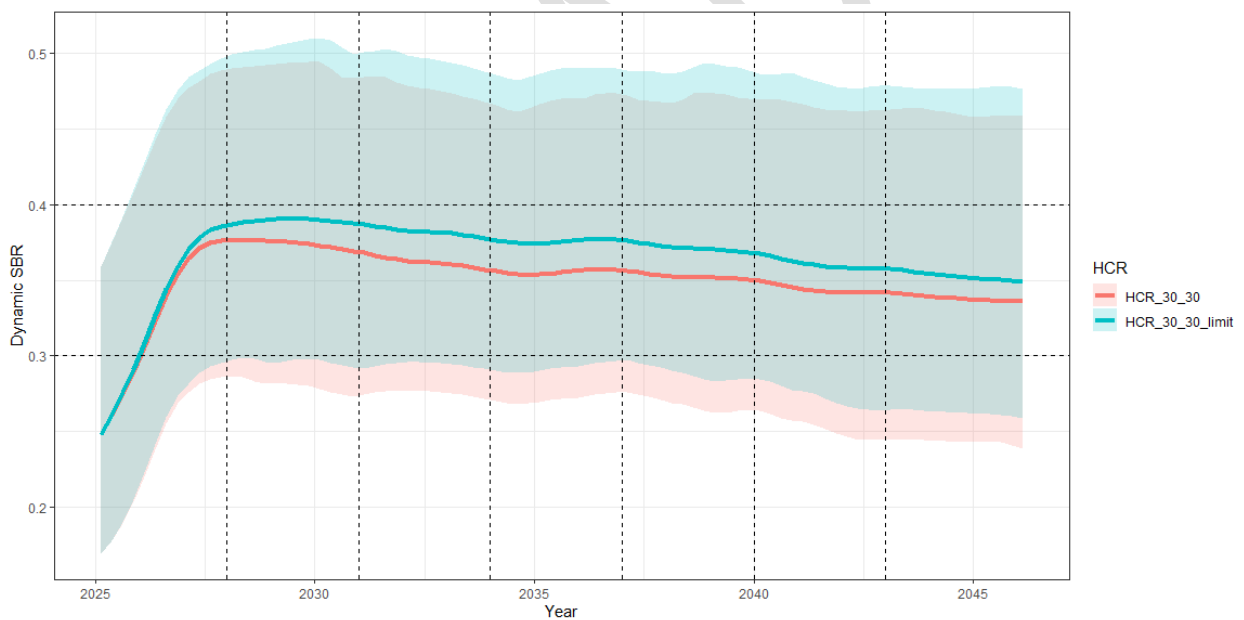
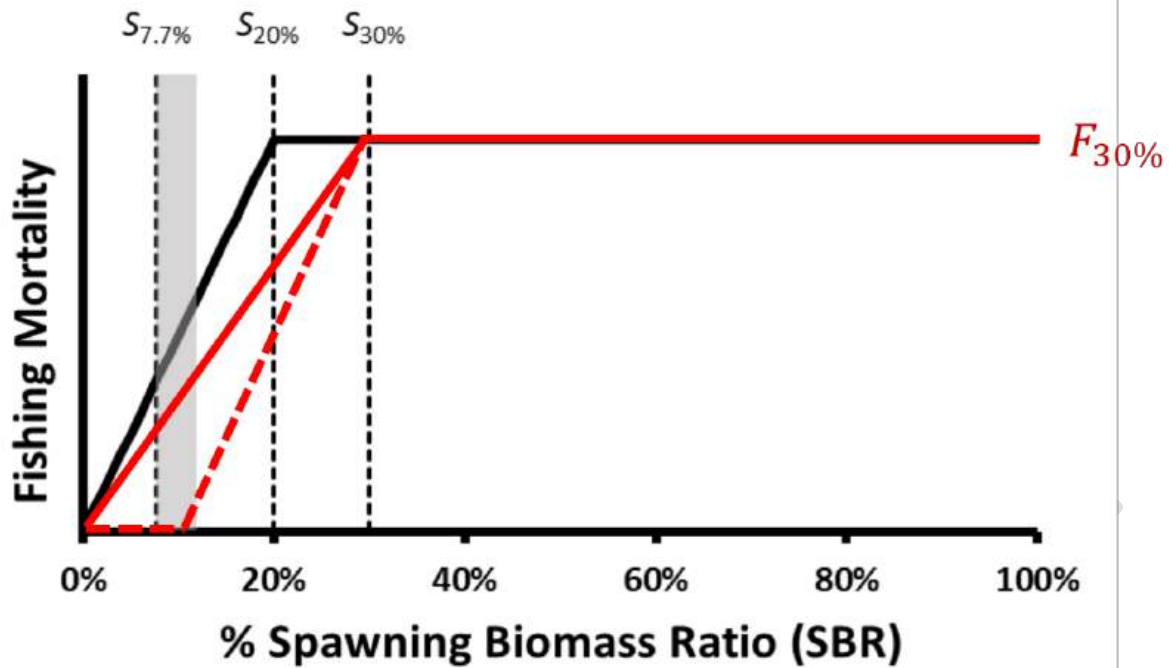


FIGURE 5. Comparison of simulated dynamic spawning biomass ratio under two similar harvest control rules (red solid line vs red dashed line in the top panel), only one of which includes a limit reference point of $0.5S_{MSY}/S_0$ (i.e., 0.1).

FIGURA 5. Comparación del cociente de biomasa reproductora dinámica simulado bajo dos reglas de control de extracción similares (línea continua roja vs línea discontinua roja en el panel superior), solo una de las cuales incluye un punto de referencia límite de $0.5S_{RMS}/S_0$ (es decir, 0.1).

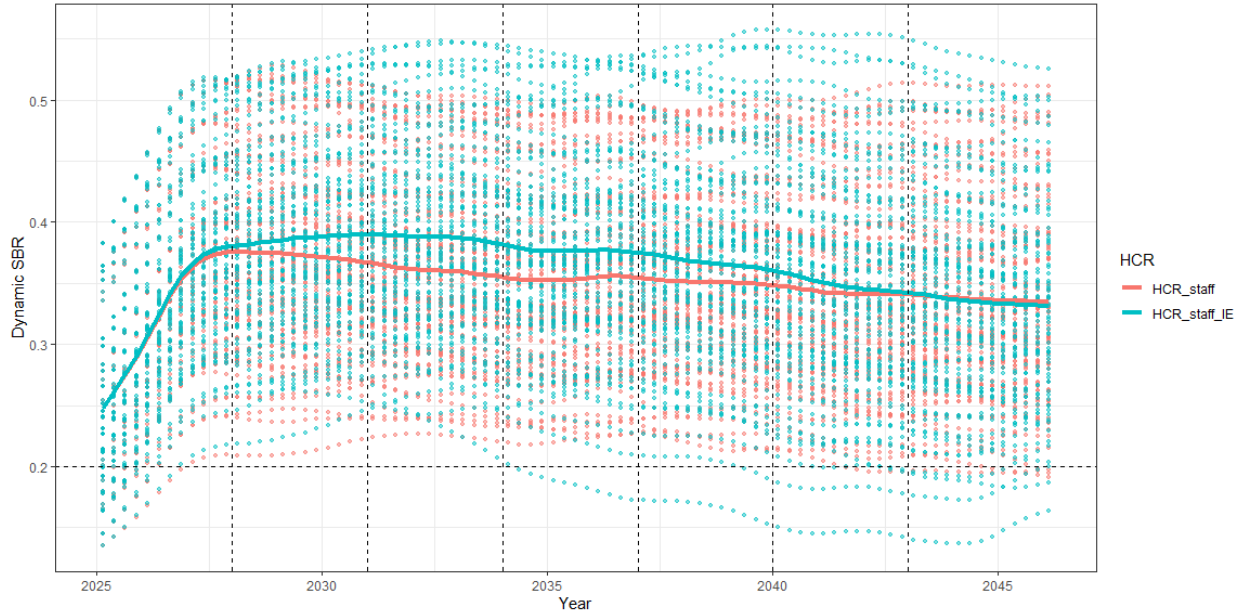


FIGURE 6. Dynamic spawning biomass ratio for bigeye in the eastern Pacific Ocean simulated under identical harvest control rule and recruitment deviations with (blue) and without (red) implementation error. Dotted lines represent individual iterations and solid lines represent the average across all iterations.

FIGURA 6. Cociente de biomasa reproductora dinámica para el patudo en el Océano Pacífico oriental simulado bajo reglas de control de extracción idénticas y desviaciones de reclutamiento con (azul) y sin (rojo) error de implementación. Las líneas punteadas representan iteraciones individuales y las líneas continuas representan el promedio de todas las iteraciones.

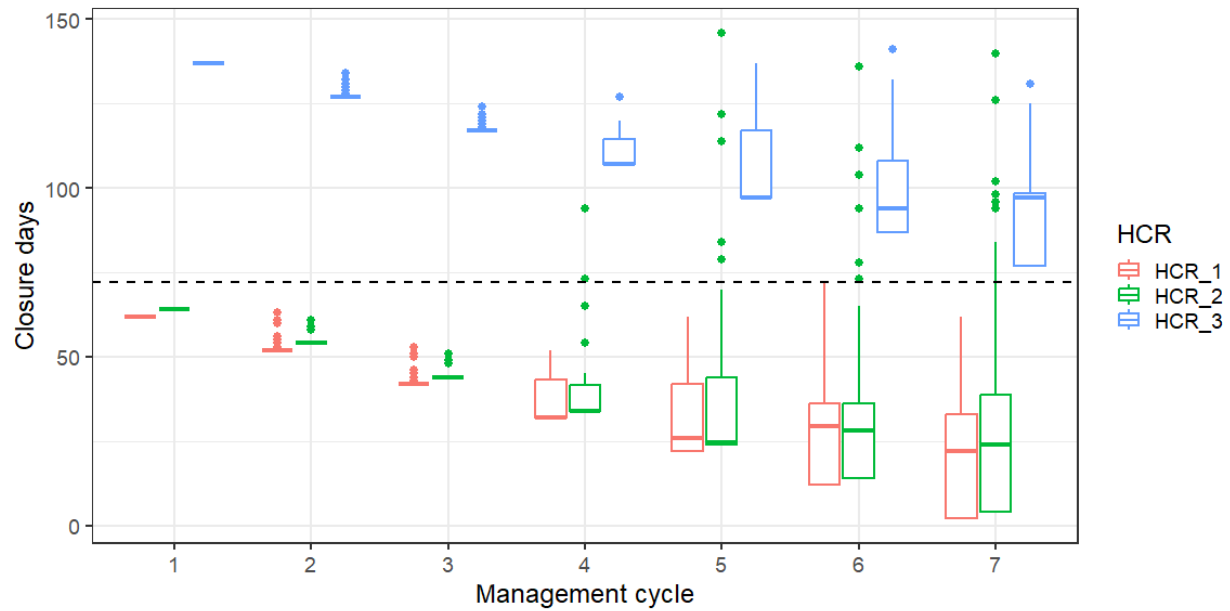


FIGURE 7. Boxplot for the number of closure days predicted for the seven management cycles under the three harvest control rules listed in Table 1.

FIGURA 7. Diagrama de caja del número de días de veda previstos para los siete ciclos de ordenación bajo las tres reglas de control de extracción que figuran en la Tabla 1.

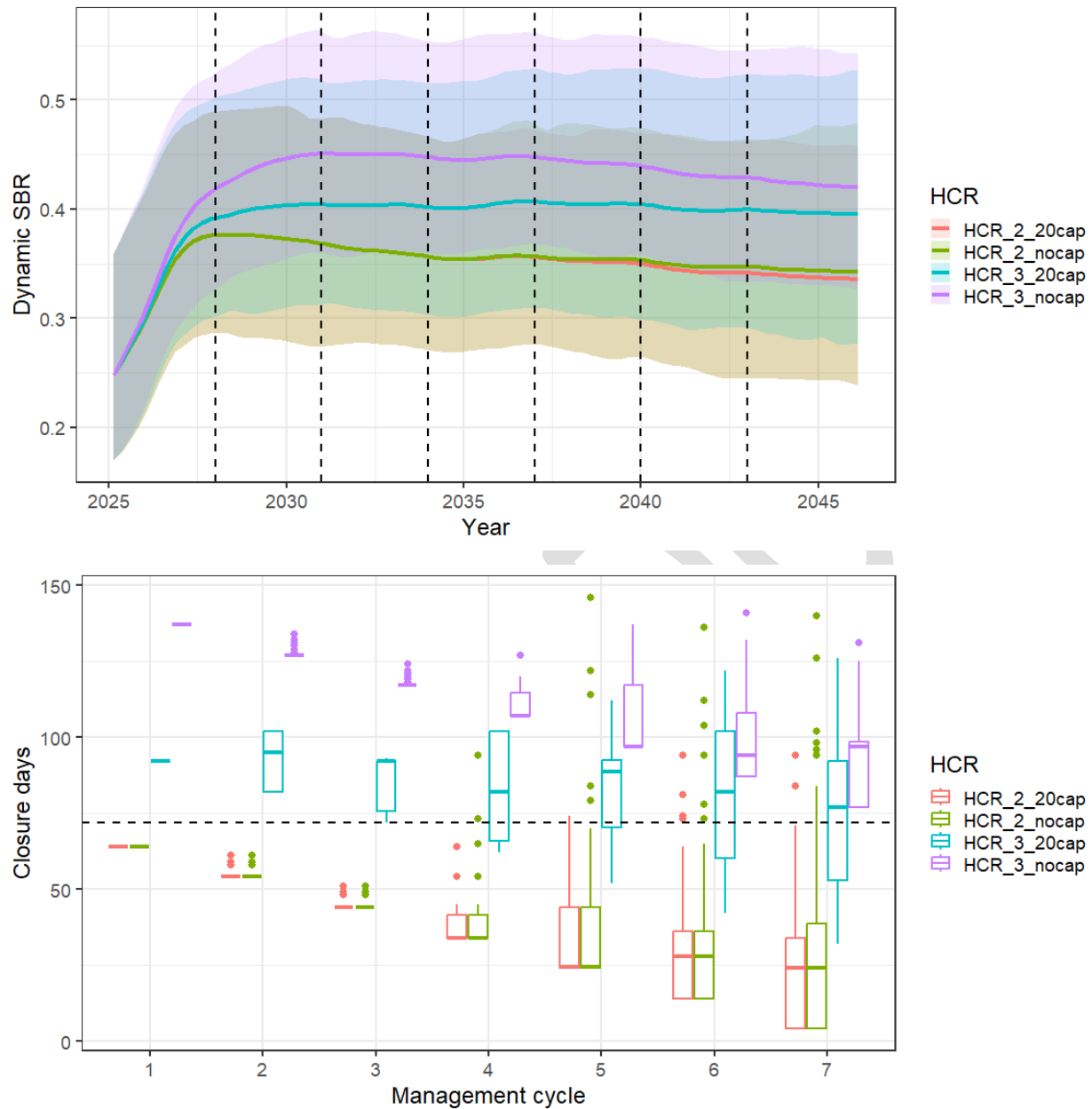


FIGURE 8. Comparison of dynamic spawning biomass ratio (top) and closure days (bottom) simulated for the second and third harvest control rules in table 1 under either a 20-day cap or no cap for the stock below the control point.

FIGURA 8. Comparación del cociente de biomasa reproductora dinámica (arriba) y los días de veda (abajo) simulados para la segunda y tercera regla de control de extracción de la Tabla 1 con un límite de 20 días o sin límite para la población por debajo del punto de control.

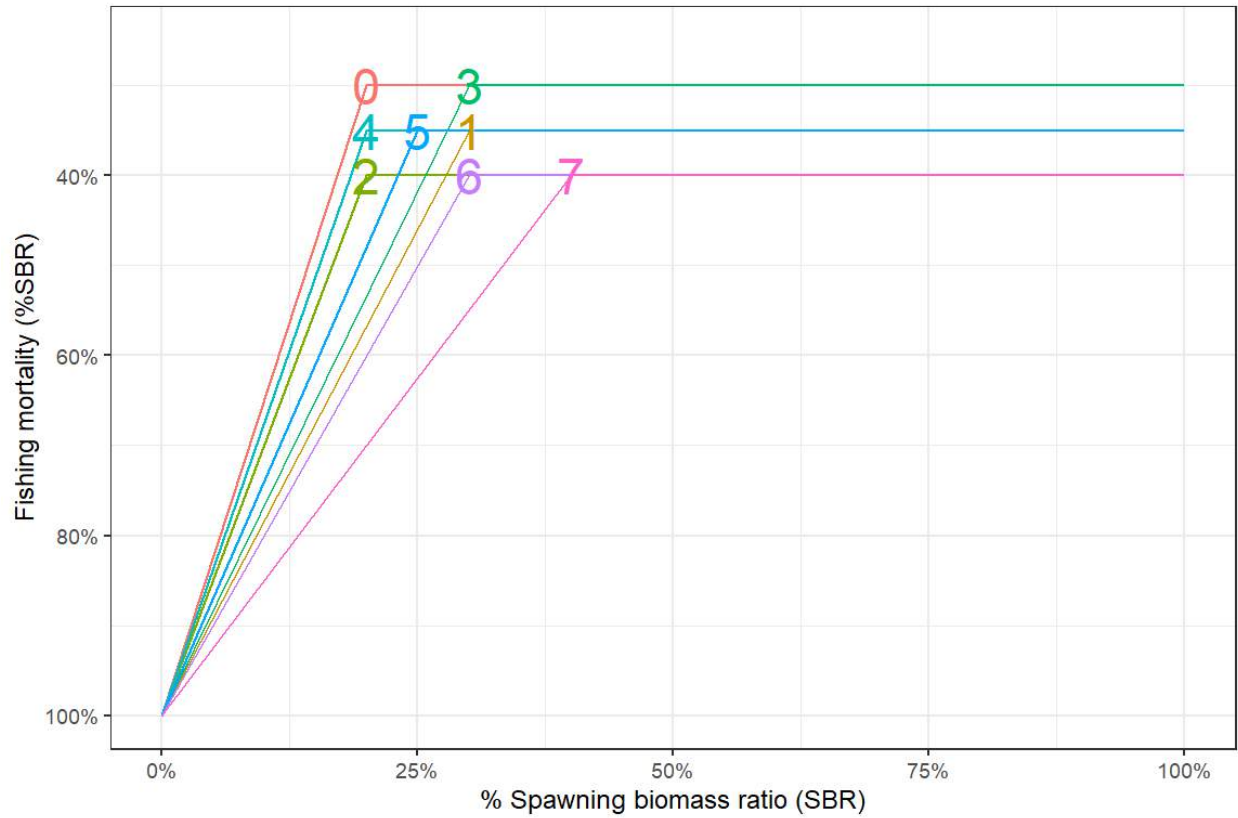


FIGURE 9. The eight candidate harvest control rules identified for prioritization in the previous MSEWG meeting.

FIGURA 9. Las ocho reglas de control de extracción candidatas identificadas como prioritarias en la reunión anterior del GTEEO.

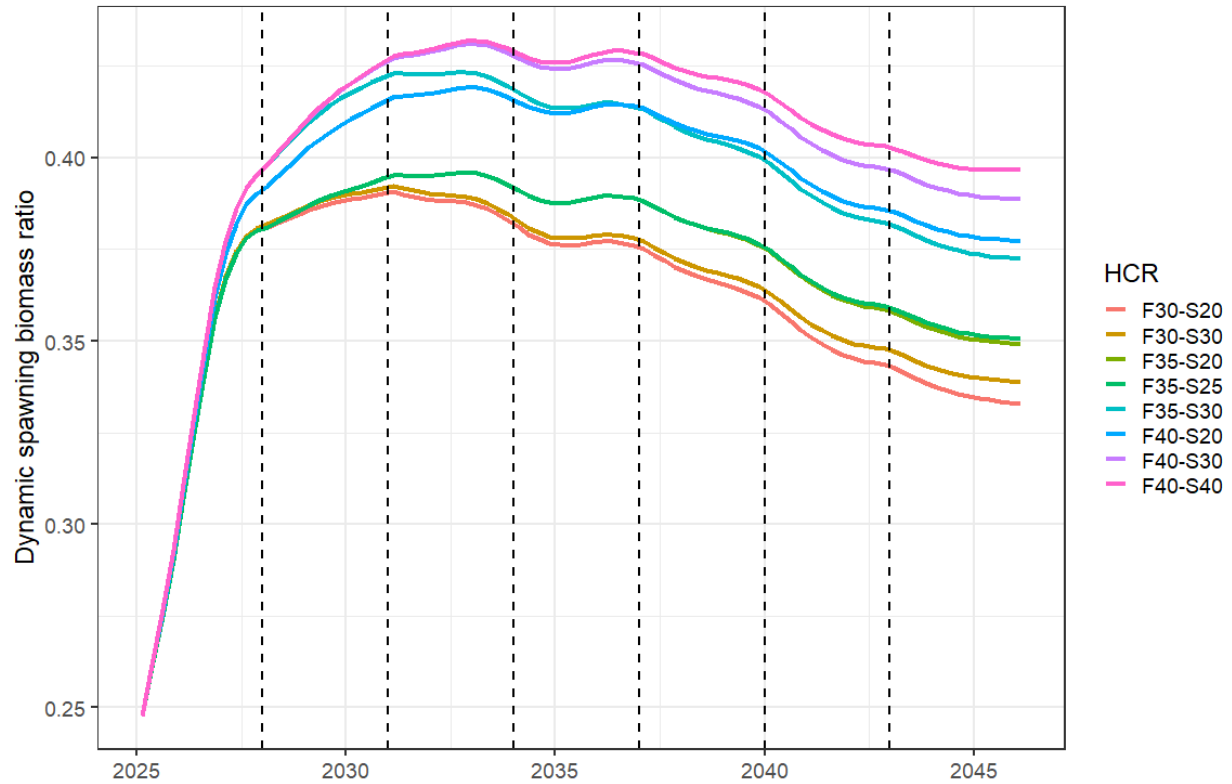


FIGURE 10. Average dynamic spawning biomass ratio simulated for bigeye under each candidate harvest control rule.

FIGURA 10. Promedio del cociente de biomasa reproductora dinámica simulado para el patudo bajo cada regla de control de extracción candidata.

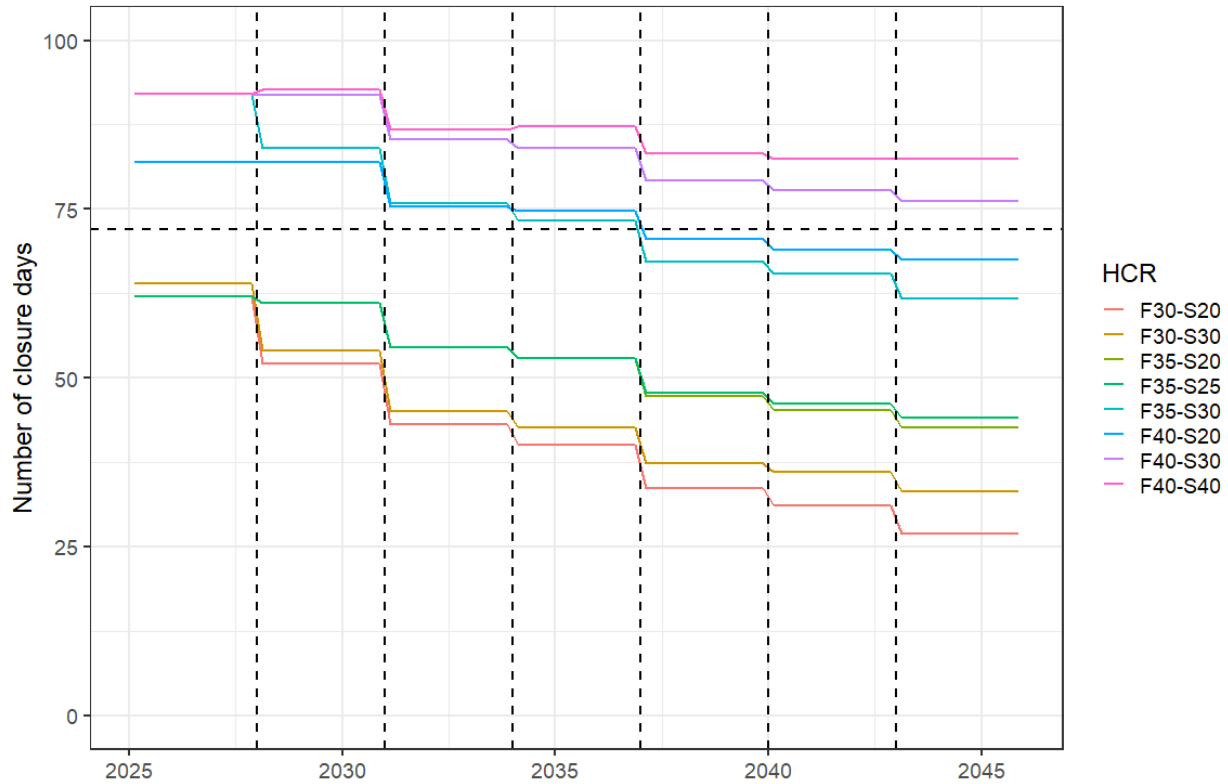


FIGURE 11. Average number of closure days simulated for bigeye under each candidate harvest control rule.

FIGURA 11. Número promedio de días de veda simulados para el patudo bajo cada regla de control de extracción candidata.

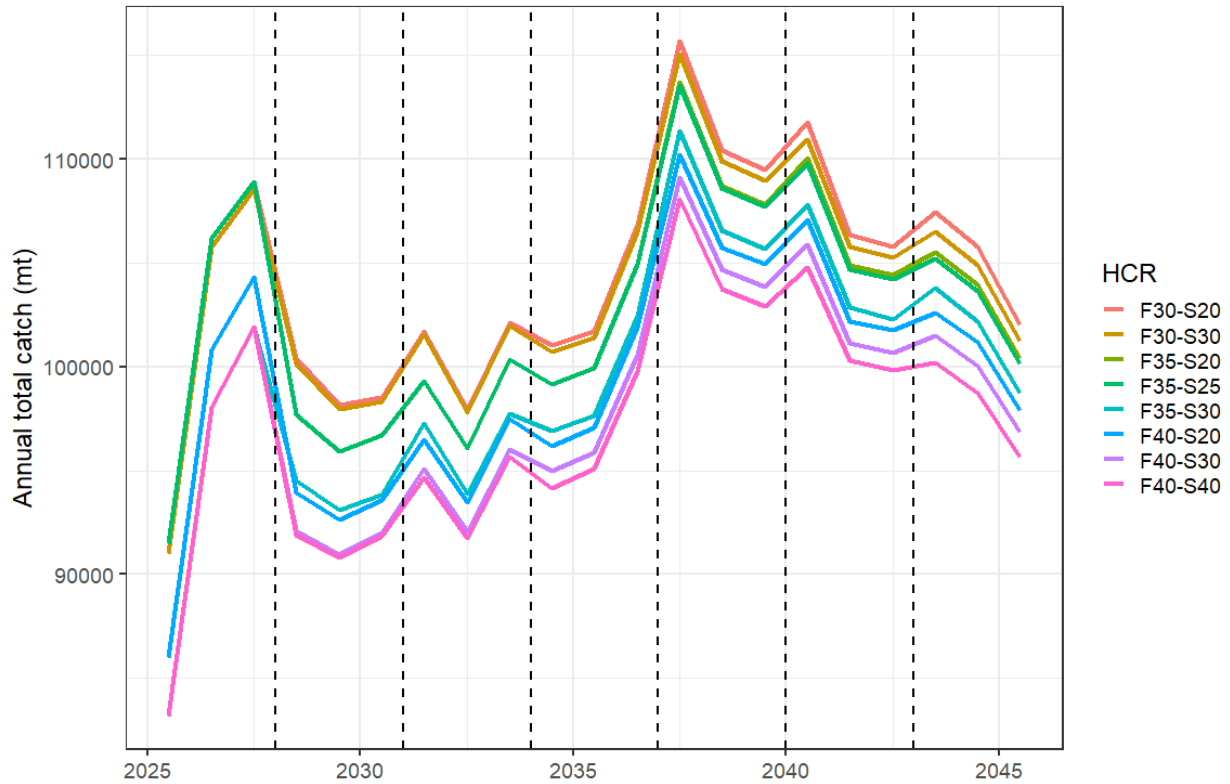


FIGURE 12. Average annual total catch (mt) simulated for bigeye under each candidate harvest control rule.

FIGURA 12. Captura total anual promedio (t) simulada para el patudo bajo cada regla de control de extracción candidata.