

## MSE para el pez espada del Atlántico norte: Resultados finales y guía de decisiones

*Este documento presenta los resultados finales de la evaluación de la estrategia de ordenación (MSE) del pez espada del Atlántico norte. La intención es facilitar los debates en la reunión de la Subcomisión 4 del 8 de octubre de 2024 y la toma de decisiones para la adopción de un procedimiento de ordenación (MP) en la 24<sup>a</sup> reunión extraordinaria de la Comisión en noviembre de 2024.*

### Actualizaciones de 2024

El Grupo de especies de pez espada del SCRS ha realizado una serie de actualizaciones y mejoras en la evaluación de estrategias de ordenación (MSE) del pez espada del Atlántico norte en 2024. Se incluyen la revisión del índice combinado, el recondicionamiento de los modelos operativos (OM) basándose en datos de capturas e índices actualizados, el desarrollo de los OM de robustez adicionales (para un total de 7 OM de robustez), y la modificación de los procedimientos de ordenación candidatos (CMP) para mejorar el desempeño.

### Objetivos de ordenación e indicadores de desempeño (PI)

La MSE para el pez espada del norte incluye actualmente 10 indicadores de desempeño (PI) clave como referencia inicial para la evaluación de los objetivos de ordenación seleccionados por la Comisión. El **Apéndice A** muestra los objetivos de ordenación actuales y los indicadores de desempeño basados en las aportaciones recibidas de la Subcomisión 4 en 2023.

Es más, todos los indicadores de desempeño consideran el total admisible de capturas (TAC) como desembarques más descartes muertos.

### Procedimientos de ordenación candidatos

El Grupo de especies de pez espada del SCRS está trabajando en colaboración para desarrollar y probar una serie de CMP. Quedan cinco CMP, según lo acordado por la Subcomisión 4 en 2023. MCC9 y MCC11 son versiones modificadas de los CMP MCC desarrollados en 2023, actualizados para incluir más escalas para mejorar el desempeño en relación con el nuevo índice combinado. Los CMP CE y SPSSFox se mantienen sin cambios. Además de representar tanto a los CMP basados en modelos como a los empíricos, los cinco CMP restantes están recomendados por el SCRS porque cubren una amplia gama del espacio de compensación de factores del desempeño, utilizan una variedad de reglas de fijación de TAC y porque utilizan el índice combinado, que incluye los datos de cobertura geográfica y de flota más amplia.

Esta tabla describe los tipos de CMP:

	CE	MCC9	MCC11	SPSSFox	SPSSFox2
Tipo	Empírico	Empírico	Empírico	Modelo	Modelo
Índice	Combinado	Combinado	Combinado	Combinado	Combinado
Escalas	N/A	9	11	N/A	N/A
TAC mínimo	N/A	4000 t	4609 t	N/A	N/A
Límite de estabilidad (cambio máximo autorizado entre los ciclos de ordenación)	tope ±25 %	Ninguno	Ninguno	Límite ± 25 %	Límite de ±25 %, sin límite de reducción de TAC cuando la biomasa (B) estimada del MP es inferior a BRMS
Período de referencia	2016-2020	2017-2019	2017-2019	N/A	N/A
Descripción detallada	Intentos de mantener una tasa de explotación constante en el periodo de proyección, basándose en la tasa de explotación media de los últimos años históricos.	Su objetivo es mantener una captura mayoritariamente constante (MCC). El TAC se ajusta entre un conjunto de nueve escalas basadas en la ratio del índice medio de los tres años más recientes comparado con el índice medio de 2017–2019.	Similar a MCC9 pero el TAC se ajusta entre un conjunto de 11 escalas y hay un TAC mínimo diferente.	Un modelo de producción excedente de Fox con un HCR de palo de hockey en el que la mortalidad por pesca disminuye linealmente de $100*B_{RMS}$ a $40*B_{RMS}$	Como SPSSFox pero con una restricción de estabilidad bifurcada, como se describe en "Límite de estabilidad".

Cada uno de los 5 tipos de CMP tiene variantes de calibración b y c. Los CMP con "calibración b" y "calibración c" se calibran para cumplir al menos el 60 % o el 70 %, respectivamente, de probabilidad de estar en el cuadrante verde de Kobe para cada década a lo largo del periodo de proyección de 30 años. Por tanto, hay un total de diez variantes finales de CMP.

El umbral mínimo de seguridad exige que los CMP tengan una probabilidad superior al 85 % de no rebasar el punto de referencia límite (LRP, es decir,  $0.4*B_{RMS}$ ) en ningún momento del periodo de proyección. También están disponibles las opciones de 90 % y 95 % de probabilidad. Todos los CMP alcanzan el umbral mínimo de seguridad con un 100 % de probabilidad de no incumplir el LRP. A continuación, se compara el desempeño con respecto a otros objetivos de ordenación.

Los CMP utilizan un ciclo de ordenación de 3 años y, en las pruebas, no produjeron cambios de TAC inferiores a 200 t entre ciclos de ordenación. Todos los CMP utilizan un desfase de datos de dos años, lo que significa que el TAC calculado para el primer ciclo de ordenación (2025-2027) utiliza datos hasta 2022 inclusive.

### Resultados del desempeño de los CMP finales

Aquí se incluyen los resultados de desempeño clave de las diez variantes de los CMP finales. El conjunto completo de resultados está disponible en la [aplicación interactiva en línea](#) (véase «Otros recursos» más abajo).

### Modelos operativos (OM) de referencia

Para los OM de referencia, todos los CMP tenían una probabilidad de situar al stock en la zona verde del diagrama de Kobe (PGK)  $\geq 60\%$  en los periodos de tiempo corto (2025-2034), medio (2035-2044) y largo

(2044-2054), y una probabilidad del 100 % de no superar el punto de referencia límite (LRP) (**Figuras 1-4**).

El método CE tuvo un comportamiento diferente en comparación con los otros CMP, con el TAC más bajo en el periodo medio y la biomasa reproductora más alta al final del periodo de proyección (**Figuras 1, 3 y 4**). CE también presentó la mayor variabilidad media del TAC, con una media del 18 % y un máximo del 25 %.

MCC9 y MCC11 tuvieron la variabilidad media más baja en el TAC, con la mayoría de los cambios de TAC <20 % (**Figura 5**).

Los métodos SPSSFox y SPSSFox2 obtuvieron desempeños casi idénticos en todos los indicadores de desempeño (**Figura 1** y **Figura 5**).

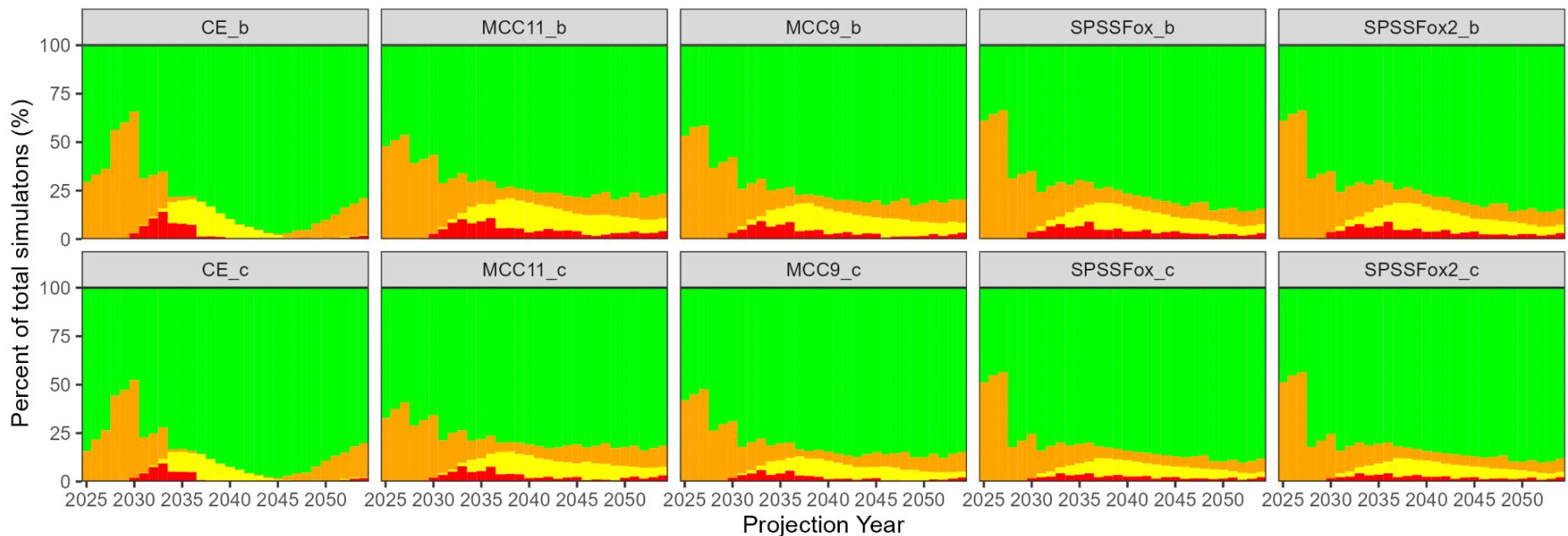
### Pruebas de robustez

La prueba de robustez OM 5, que evaluaba el impacto potencial del cambio climático mediante la simulación de desviaciones del reclutamiento inferiores a las previstas durante los primeros 15 años del periodo de proyección, fue la prueba más difícil para los CMP. En este escenario, los métodos CE tuvieron la mayor probabilidad de sobrepasar el LRP y dieron lugar a un descenso del TAC a lo largo del periodo de proyección (**Figuras B1-B3**).

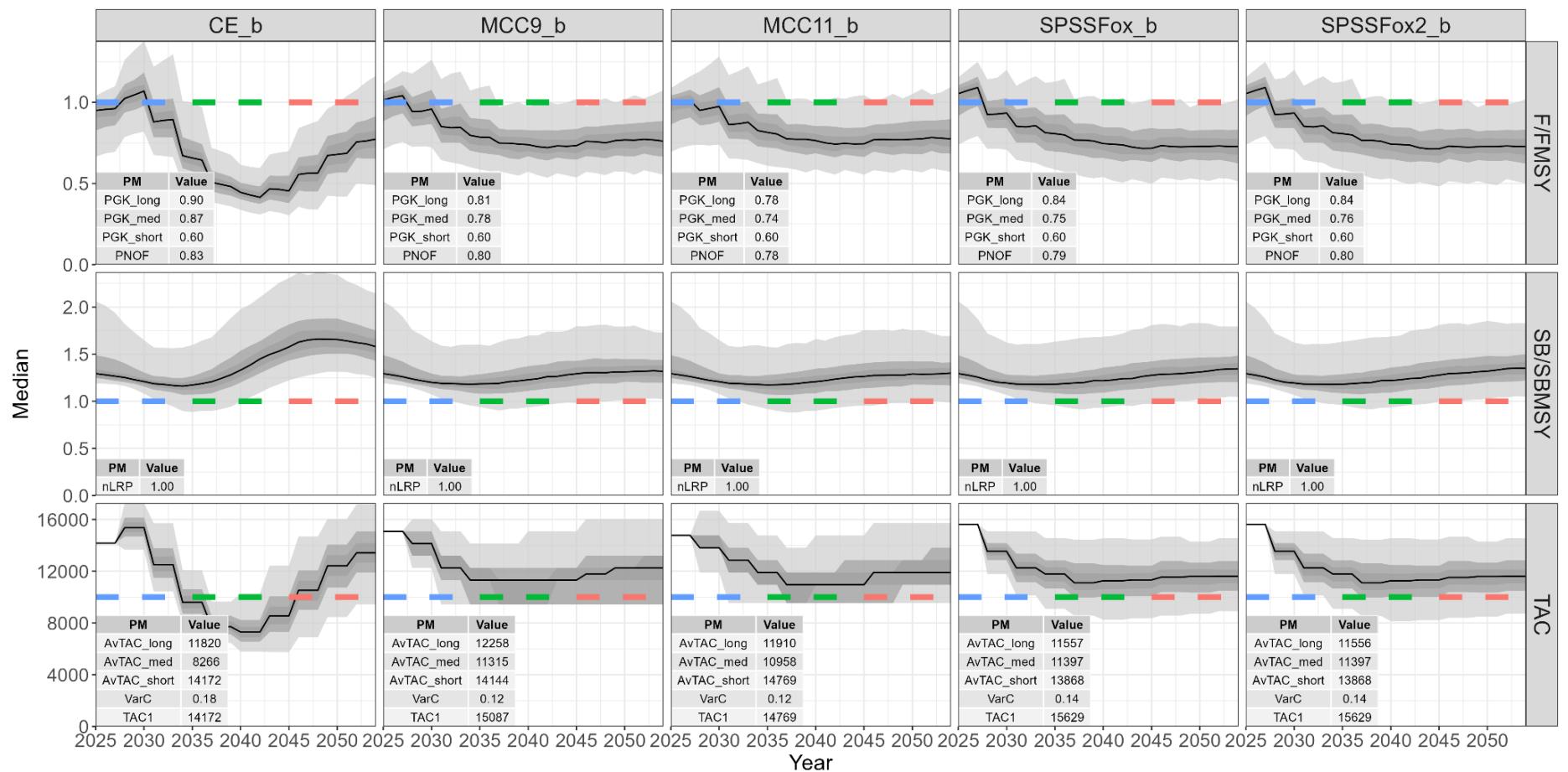
SPSSFox2, que no tenía una restricción sobre el cambio en el TAC cuando el modelo de evaluación estimaba que la biomasa estaba por debajo de  $B_{RMS}$ , tenía el PGK más elevado y la menor probabilidad de sobrepesca (**Figuras B1 y B2**). En respuesta al descenso de la biomasa a principios del periodo de proyección, este CMP redujo el TAC al nivel más bajo de todos los CMP. La restricción de no aumentar el TAC más de un 25 % impidió que el TAC aumentara rápidamente a niveles más altos una vez que la biomasa se hubiera recuperado, y la biomasa al final del periodo de proyección se había recuperado hasta más del doble de  $B_{RMS}$  mientras que el TAC se mantenía a niveles relativamente bajos (**Figuras B2 y B3**).

MP	AvTAC_long	AvTAC_med	AvTAC_short	nLRP	PGK	PGK_med	PGK_short	PNOF	VarC	TAC1
1 CE_b	11,820	8,266	14,172	1.00	0.79	0.87	0.60	0.83	0.18	14,172
2 CE_c	11,934	8,241	13,846	1.00	0.84	0.91	0.70	0.87	0.18	13,846
3 MCC9_b	12,258	11,315	14,144	1.00	0.73	0.78	0.60	0.80	0.12	15,087
4 MCC9_c	11,794	10,887	13,609	1.00	0.80	0.84	0.70	0.85	0.12	14,516
5 MCC11_b	11,911	10,958	14,769	1.00	0.71	0.74	0.60	0.78	0.12	14,769
6 MCC11_c	11,523	11,523	14,289	1.00	0.77	0.80	0.70	0.83	0.12	14,289
7 SPSSFox_b	11,557	11,397	13,869	1.00	0.73	0.75	0.60	0.79	0.14	15,629
8 SPSSFox_c	11,531	11,336	13,370	1.00	0.81	0.83	0.70	0.85	0.13	14,952
9 SPSSFox2_b	11,556	11,397	13,869	1.00	0.73	0.76	0.60	0.80	0.14	15,629
10 SPSSFox2_c	11,522	11,336	13,370	1.00	0.81	0.83	0.70	0.85	0.13	14,952

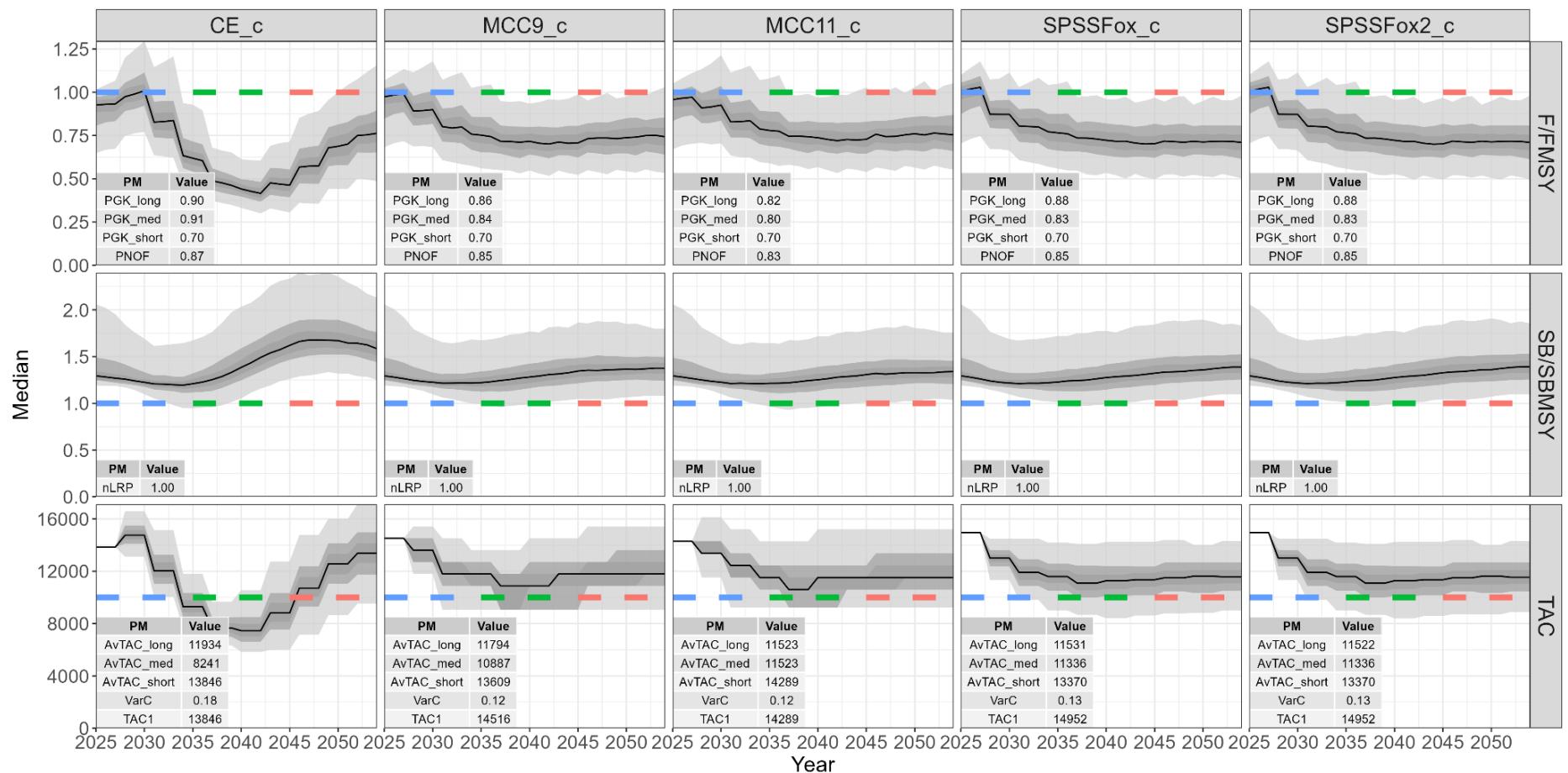
**Figura 1.** Tabla de tipo patchwork con los resultados de los 5 CMP restantes (cada uno con dos opciones de calibración del estado): PGK=60 % - "b", o 70 % - "c") con respecto a los indicadores clave de desempeño del conjunto de modelos operativos de referencia. Los CMP se enumeran por orden alfabetico. Véase el **Apéndice A** para las descripciones de los indicadores de desempeño. El indicador de desempeño de nLRP es la probabilidad de no superar el punto de referencia límite; esta modificación del indicador del desempeño de LRP significa que los valores más altos son mejores para todos los indicadores excepto VarC. Un sombreado más oscuro indica un mejor desempeño, pero algunos de los valores son muy similares, a pesar de la diferencia de sombreado.



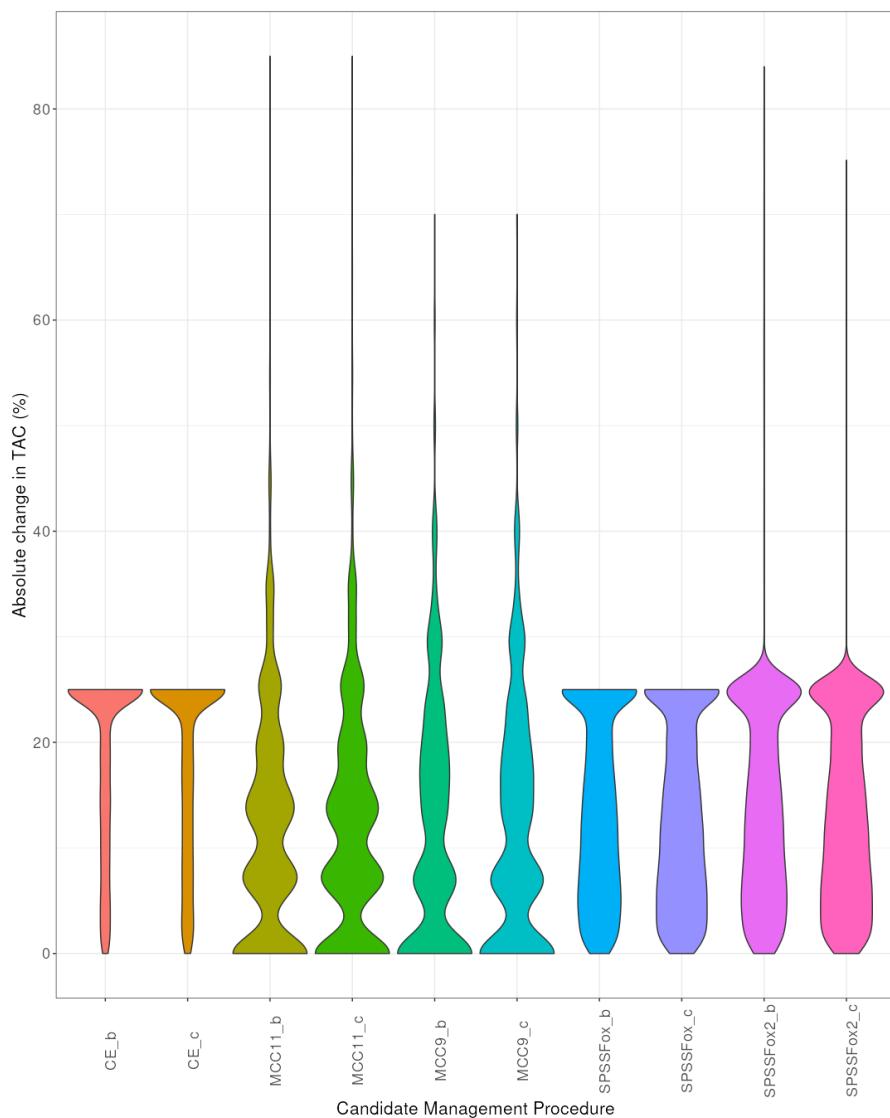
**Figura 2.** Diagrama temporal de Kobe que muestra el porcentaje (eje vertical) de simulaciones de todos los modelos operativos de referencia que se sitúan en cada uno de los cuadrantes de Kobe en cada año de proyección (eje horizontal). El verde indica que el stock no está sobreexpelado ni experimentando sobreexpelada. El naranja indica que el stock está experimentando sobreexpelada pero no está sobreexpelado. El amarillo indica que el stock está sobreexpelado pero no está experimentando sobreexpelada. El rojo indica que el stock está sobreexpelado y está experimentando sobreexpelada de manera continua.



**Figura 3.** Trayectoria de a) la mortalidad por pesca (F) en relación con  $F_{RMS}$  (fila superior), b) la biomasa reproductora (SB) con respecto a  $SB_{RMS}$  (fila central) y c) el TAC (en toneladas, fila inferior) para las calibraciones "b" de los 5 CMP finales. Los resultados se resumen en todos los modelos operativos de referencia. Las barras azules muestran el periodo corto, mientras que las verdes representan el medio y las rojas el largo.



**Figura 4.** Trayectoria de a) la mortalidad por pesca (F) en relación con FRMS (fila superior), b) la biomasa reproductora (SB) con respecto a SB<sub>RMS</sub> (fila central) y c) el TAC (en toneladas, fila inferior) para las calibraciones "c" de los 5 CMP finales. Los resultados se resumen en todos los modelos operativos. Las barras azules muestran el periodo corto, mientras que las verdes representan el medio y las rojas el largo.



**Figura 5.** Gráfico de violín para el cambio en el TAC entre ciclos de ordenación. La anchura del gráfico de violín indica la proporción de puntos de datos que hay en cada región del gráfico (es decir, las zonas anchas del gráfico indican un número relativamente grande de puntos de datos en esa región, mientras que las zonas estrechas del gráfico indican pocos puntos de datos).

### Guía de decisiones

Los siguientes puntos deberían reflejarse en el MP definitivo que adopte la Comisión en noviembre:

**a) Objetivos operativos de ordenación finales (véase el Apéndice A), que incluyen:**

- Umbral mínimo aceptable para el objetivo de Estado. Las opciones son del 60 % o 70 % de probabilidades de situarse en el cuadrante verde de la matriz de Kobe.
- Umbral mínimo aceptable para el objetivo de seguridad. Las opciones son del 85%, 90% o 95% de probabilidades de que el stock se sitúe por debajo de  $B_{LIM}$  ( $0,4 * BRMS$ ) en cualquier punto del periodo

de evaluación de 30 años. Esto equivale a una probabilidad máxima del 15 %, 10 % o 5 %, respectivamente, de superar el  $B_{LIM}$ , según la formulación del objetivo de ordenación.

- Obsérvese que todos los CMP de la lista restringida cumplen el umbral del objetivo de seguridad más estricto (95 %), teniendo un 100 % de probabilidades de no caer por debajo del punto de referencia límite en todo el conjunto de OM de referencia.
- Porcentaje máximo aceptable de variación del TAC entre períodos de ordenación. Las opciones son 25 % (CE, SPSSFox), 25 % sin límite en la disminución del TAC cuando la biomasa (B) estimada del MP es inferior a BRMS (SPSSFox2), o sin límite de variación del TAC (MCC9 y MCC11).
- Los resultados del desempeño relativo de los CMP se muestran en **las figuras 1-5** y pueden ayudar a tomar estas decisiones.

#### b) Tipo de CMP final

- Quedan cinco CMP: cada uno con dos calibraciones ("b" y "c") CE, MCC9, MCC11, SPSSFox y SPSSFox2.
- Las variantes "b" de los CMP se ajustan al 60 % de PGK para cada década del periodo de proyección de 30 años, mientras que las variantes "c" de los CMP se ajustan al 70 % de PGK.
- Cada CMP utiliza el índice combinado.
- Todos los CMP cumplen los objetivos mínimos operativos de estado y de seguridad, pero con un desempeño variable en las compensaciones de rendimiento y estabilidad.
- Los resultados de desempeño relativo se muestran en las figuras 1-5. El Apéndice B contiene los resultados del CMP para el escenario de robustez R5 (efectos del cambio climático en el reclutamiento, denominado R3b en 2023). Dado que el rendimiento de todos los CMP es bueno para el conjunto de OM de referencia, es posible que la Subcomisión 4 desee prestar más atención a los OM de robustez más complejos, como el R5.

#### c) Calendario de implementación del MP

- Un elemento clave del proceso de implementación del MP es el proceso de su examen. Dicho examen puede producirse a intervalos regulares y programados o tras la declaración de circunstancias excepcionales. En la mayoría de los casos, esa revisión no constituiría una revisión completa de la estructura del OM, el recondicionamiento completo de los OM o cambios sustanciales en los CMP, aunque ofrece esa oportunidad en caso necesario. En la mayoría de los casos, estos exámenes podrían implementar revisiones de los índices o mejoras relativamente menores a los OM o a los MP; de hecho, el resultado puede dejar el MP sin cambios. En el **Apéndice C** se incluye la propuesta de calendario de implementación del MP para su examen y aprobación por parte de la Subcomisión 4. El calendario incluye los requisitos de datos para cada paso, así como un calendario para la revisión de los supuestos del modelo de la MSE.

### Otros recursos

[Página de bienvenida de la MSE para el pez espada del Atlántico norte](#)

[Aplicación Shiny interactiva de la MSE para el pez espada del Atlántico norte](#) (incluye resultados preliminares)

[Material divulgativo sobre MSE de Harveststrategies.org](#) (en múltiples idiomas).

**Apéndice A**

Objetivos de ordenación actuales e indicadores del desempeño correspondientes basados en las aportaciones recibidas en las reuniones de la Subcomisión 4 de 2023. Es más, todos los indicadores del desempeño calculan el TAC como desembarques más descartes muertos. El texto entre corchetes señala los puntos de decisión que quedan.

<b>Objetivos de ordenación</b>	<b>Indicadores de desempeño clave correspondientes</b>
<b>Estado</b> El stock debería tener un [60, 70] % o más de probabilidad de situarse en el cuadrante verde de la matriz de Kobe.	<b>PGK<sub>SHORT</sub></b> : Probabilidad de situarse en el cuadrante verde de Kobe (es decir, $SB \geq SB_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$ ) en los años 1-10. <b>PGK<sub>MED</sub></b> : Probabilidad de situarse en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (es decir, $SB \geq SB_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$ ) en los años 11-20. <b>PGK<sub>ALL</sub></b> : Probabilidad de situarse en el cuadrante verde de Kobe (es decir $SB \geq SB_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$ ) en los años 1-30. <b>PNOF</b> : Probabilidad de no sobrepesca ( $F < F_{RMS}$ ) durante los años 1-30
<b>Seguridad</b> Debería haber un [5, 10, 15] % o menos de probabilidad de que el stock se sitúe por debajo de $B_{LIM}$ ( $0,4 * SB_{RMS}$ ) en cualquier punto del periodo de evaluación de 30 años.	<b>LRP<sub>ALL</sub></b> <sup>1</sup> : Probabilidad de sobrepasar el punto de referencia límite (a saber, $SB < 0,4 * SB_{RMS}$ ) en los años 1-30.
<b>Rendimiento</b> Maximizar los niveles de captura totales.	<b>TAC<sub>1</sub></b> : TAC en el primer ciclo de ordenación (años 2025-27) <b>AvTAC<sub>SHORT</sub></b> : Mediana del TAC (t) durante los años 1-10 <b>AvTAC<sub>MED</sub></b> : Mediana del TAC (t) durante los años 11-20 <b>AvTAC<sub>LONG</sub></b> : Mediana del TAC (t) durante los años 21-30
<b>Estabilidad</b> Cualquier incremento o descenso en el TAC entre periodos de ordenación debería ser inferior al [25] %. [Probar también la no limitación de estabilidad y la estabilidad bifurcada cuando $SB < SB_{RMS}$ .]	<b>VarC</b> : Media de la variación del TAC (%) entre ciclos de ordenación en los años 1-30

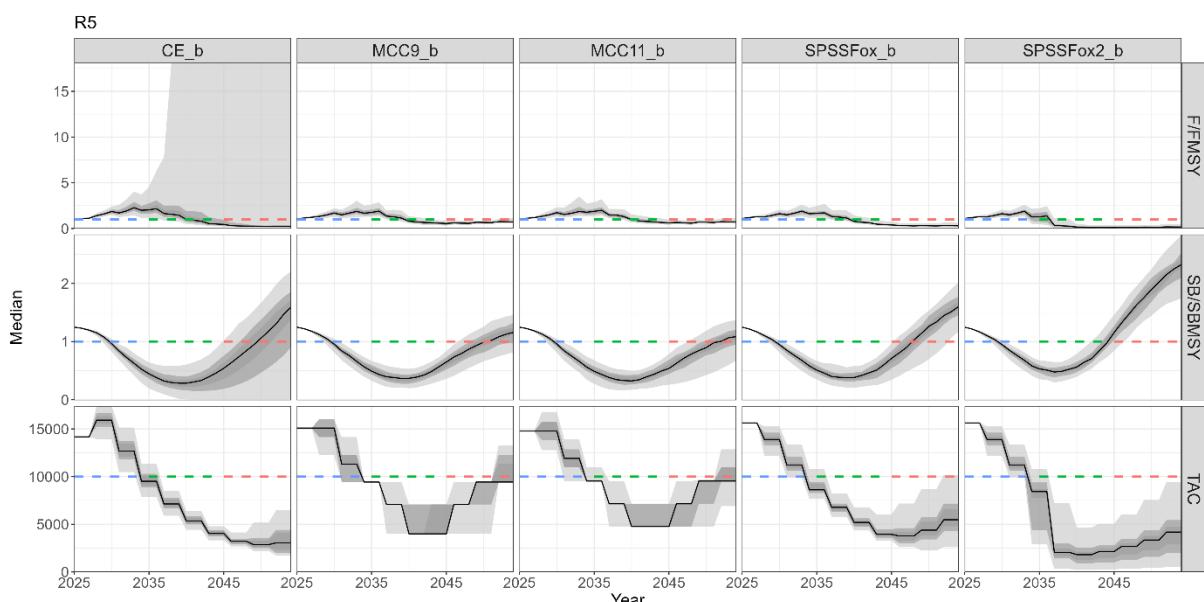
<sup>1</sup> nLRP (no sobrepasa el LRP) se utiliza cuando es más apropiado que los valores más altos de los indicadores de desempeño indiquen un resultado "más seguro", como en los gráficos de compensación. Por ejemplo, un umbral LRP del 15 % equivale a un umbral nLRP del 85%.

## Apéndice B

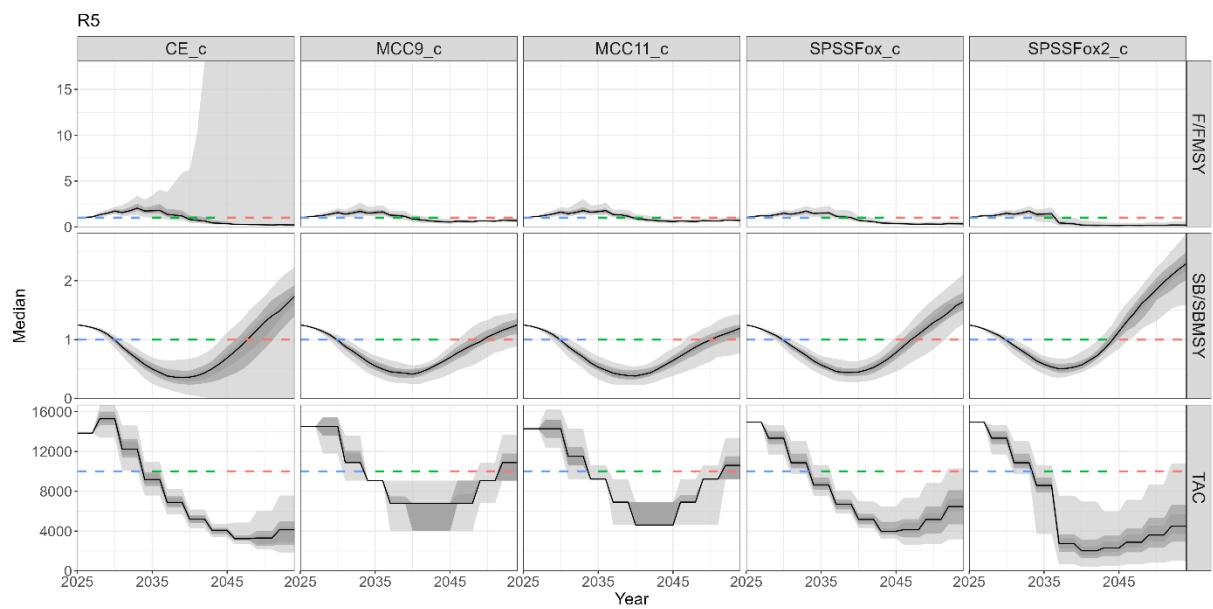
## Resultados de los CMP para el escenario de robustez R5 - efectos del cambio climático en el reclutamiento

MP		AvTAC_long	AvTAC_med	AvTAC_short	nLRP	PGK	PGK_med	PGK_short	PNOF	VarC	TAC1
1	CE_b	3,244	6,457	14,172	0.30	0.17	0.01	0.06	0.39	0.23	14,172
2	CE_c	3,411	6,266	13,846	0.39	0.23	0.01	0.11	0.48	0.22	13,846
3	MCC9_b	9,429	7,072	14,144	0.39	0.13	0.00	0.01	0.47	0.22	15,087
4	MCC9_c	9,072	6,804	13,609	0.51	0.16	0.00	0.04	0.50	0.20	14,516
5	MCC11_b	7,146	7,146	14,769	0.34	0.10	0.00	0.02	0.44	0.19	14,769
6	MCC11_c	9,219	6,914	14,289	0.46	0.15	0.00	0.07	0.48	0.19	14,289
7	SPSSFox_b	4,327	6,426	13,668	0.40	0.21	0.00	0.00	0.49	0.21	15,629
8	SPSSFox_c	5,001	6,482	13,146	0.58	0.24	0.00	0.03	0.53	0.21	14,952
9	SPSSFox2_b	2,977	2,544	13,668	0.64	0.35	0.08	0.00	0.63	0.29	15,629
10	SPSSFox2_c	3,493	3,201	13,146	0.78	0.35	0.07	0.03	0.62	0.27	14,952

**Figura B1.** Tabla de tipo patchwork con los resultados de los 5 CMP restantes (cada uno con dos opciones de calibración del estado): PGK=60 % - "b", o 70 % - "c") frente a los indicadores clave de desempeño para el modelo operativo de robustez 5 (efectos del cambio climático en el reclutamiento). Los CMP se enumeran por orden alfabético. Véase el Apéndice A para las descripciones de los indicadores de desempeño. El indicador de desempeño de nLRP es la probabilidad de no superar el punto de referencia límite; esta modificación del indicador de desempeño de LRP significa que los valores más altos son mejores para todos los indicadores, excepto VarC. Un sombreado más oscuro indica un mejor desempeño, pero algunos de los valores son muy similares, a pesar de la diferencia de sombreado.



**Figura B2.** Trayectoria de la mortalidad por pesca (F) con respecto a FrMS (arriba), de la biomasa reproductora (SB) con respecto a SB<sub>RMS</sub> (centro) y del total admisible de capturas (TAC) para las calibraciones "b" de los CMP según la prueba de solidez frente al cambio climático R5 (presenta un descenso del reclutamiento en los primeros quince años, seguido de una vuelta al reclutamiento medio durante el resto del periodo de proyección). La línea de tendencia negra oscura muestra el valor de la mediana de SB, mientras que los tonos de gris cada vez más claros muestran los percentiles 50, 60 y 90, respectivamente. La línea horizontal de color muestra el objetivo de SB<sub>RMS</sub> a corto (azul), medio (verde) y largo (rojo) plazo.



**Figura B3.** Trayectoria de la mortalidad por pesca (F) con respecto a  $F_{RMS}$  (arriba), de la biomasa reproductora (SB) con respecto a  $SB_{RMS}$  (centro) y del total admisible de capturas (TAC) para las calibraciones "c" de los CMP según la prueba de solidez frente al cambio climático R5 (presenta un descenso del reclutamiento en los primeros quince años, seguido de una vuelta al reclutamiento medio durante el resto del periodo de proyección). La línea de tendencia negra oscura muestra el valor de la mediana de SB, mientras que los tonos de gris cada vez más claros muestran los percentiles 50, 60 y 90, respectivamente. La línea horizontal de color muestra el objetivo de  $SB_{RMS}$  a corto (azul), medio (verde) y largo (rojo) plazo .

Apéndice C

**Propuesta de calendario para la provisión de datos, la actualización de los MP, las evaluaciones para circunstancias excepcionales, las evaluaciones de stock y el examen de MP/MSE.**

Año	Ciclo de ordenación	<i>Actividad</i>					<i>Datos de entrada</i>	
		Ejecución del MP	Asesoramiento sobre MP implementado	Evaluación de stock	Revisión de la MSE	Evaluación de circunstancias excepcionales	Índice combinado <sup>3</sup>	Indicadores de circunstancias excepcionales
2024		x					x	
2025			x			x		x
2026	1					x		x
2027		x				x	x	x
2028	2		x	[x]		x		x
2029				x		x		x
2030		x			[x]	x	x	x
2031	3		x			x		x
2032						x		x
2033		x				x	x	x

<sup>3</sup> El índice combinado puede actualizarse todos los años, en función de los requisitos establecidos en el protocolo de circunstancias excepcionales (ECP).