

## 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 y la toma de decisiones para la adopción de un procedimiento de ordenación (MP) en la 24ª 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 tres tipos de CMP, según lo acordado por la Subcomisión 4 en octubre de 2024. 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. El CMP SPSSFox se mantiene sin cambios. Además de representar los enfoques tanto empíricos como basados en modelos, los CMP restantes están recomendados por el SCRS porque cubren una 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. En el apéndice D se incluyen descripciones detalladas de los CMP y fórmulas para calcular los TAC.

Esta tabla describe los tipos de CMP:

	[...]	MCC9	MCC11	SPSSFox	[...]
<b>Tipo</b>	[...]	Empírico	Empírico	Modelo	[...]
<b>Índice</b>	[...]	Combinado	Combinado	Combinado	[...]
<b>Escalas</b>	[...]	9	11	N/A	[...]
<b>TAC mínimo</b>	[...]	4000 t	4609 t	N/A	[...]
<b>Límite de estabilidad</b>  (cambio máximo autorizado entre los ciclos de ordenación)	[...]	Ninguno	Ninguno	Límite $\pm$ 25 %	[...]
<b>Período de referencia</b>	[...]	2017-2019	2017-2019	N/A	[...]
<b>Descripción</b>	[...]	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 $100 * SB_{RMS}$ a $40 * SB_{RMS}$	[...]

Los CMP MCC tiene variantes de calibración b y c. Los CMP con "calibración b" se calibran para cumplir al menos el 60 % de probabilidad de estar en el cuadrante verde de Kobe para cada década a lo largo del periodo de proyección de 30 años. Los CMP con "calibración c" se calibran para cumplir al menos el 70 % de probabilidad de estar en el cuadrante verde de Kobe para la primera década del periodo de proyección y al menos el 60 % de PGK para las dos décadas siguientes de la proyección. Para el CMP SPSSFox, solo queda la "calibración b". Por tanto, hay un total de cinco 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 está disponible la opción del 90 % de probabilidad. No obstante, todos los CMP alcanzan el umbral mínimo de seguridad con un 100 % de probabilidad de no incumplir el LRP.

Los CMP utilizan un ciclo de ordenación de 3 años y, en las pruebas, no produjeron cambios de TAC entre 1 y 200 t entre ciclos de ordenación (los cambios de TAC de 0 t era lo habitual para el resto de CMP). 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 cinco 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**).

[...]

[...]

[...]

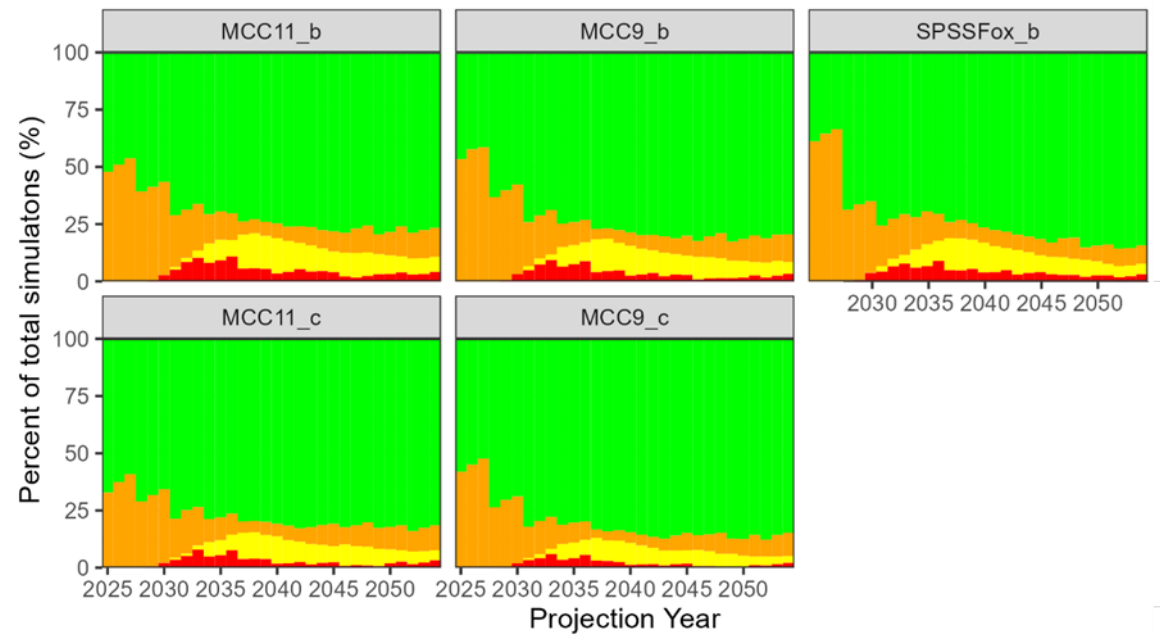
### Pruebas de robustez

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.

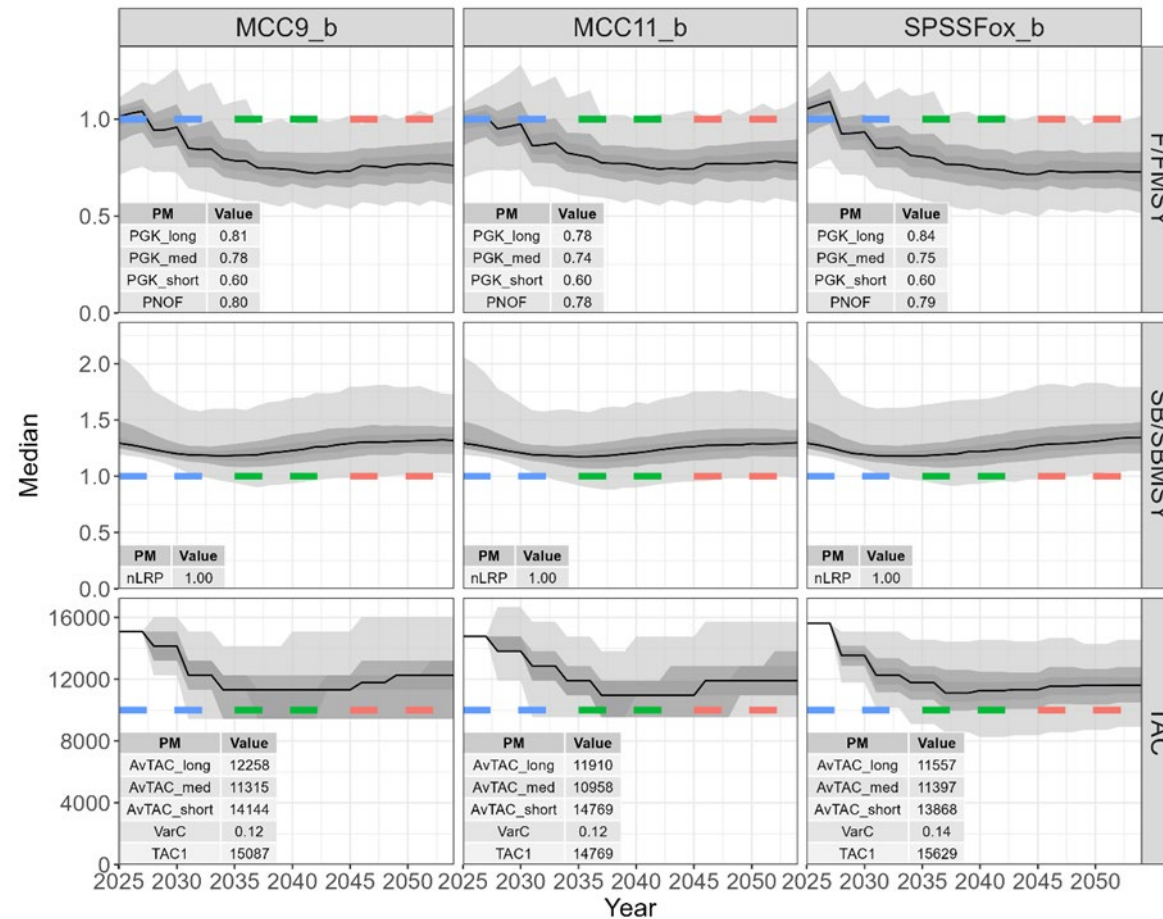
[...]

MP	AvTAC_long	AvTAC_med	AvTAC_short	nLRP	PGK	PGK_med	PGK_short	PNOF	VarC	TAC1
1 MCC9_b	12,258	11,315	14,144	1.00	0.73	0.78	0.60	0.80	0.12	15,087
2 MCC9_c	11,794	10,887	13,609	1.00	0.80	0.84	0.70	0.85	0.12	14,516
3 MCC11_b	11,911	10,958	14,769	1.00	0.71	0.74	0.60	0.78	0.12	14,769
4 MCC11_c	11,523	11,523	14,289	1.00	0.77	0.80	0.70	0.83	0.12	14,289
5 SPSSFox_b	11,557	11,397	13,869	1.00	0.73	0.75	0.60	0.79	0.14	15,629

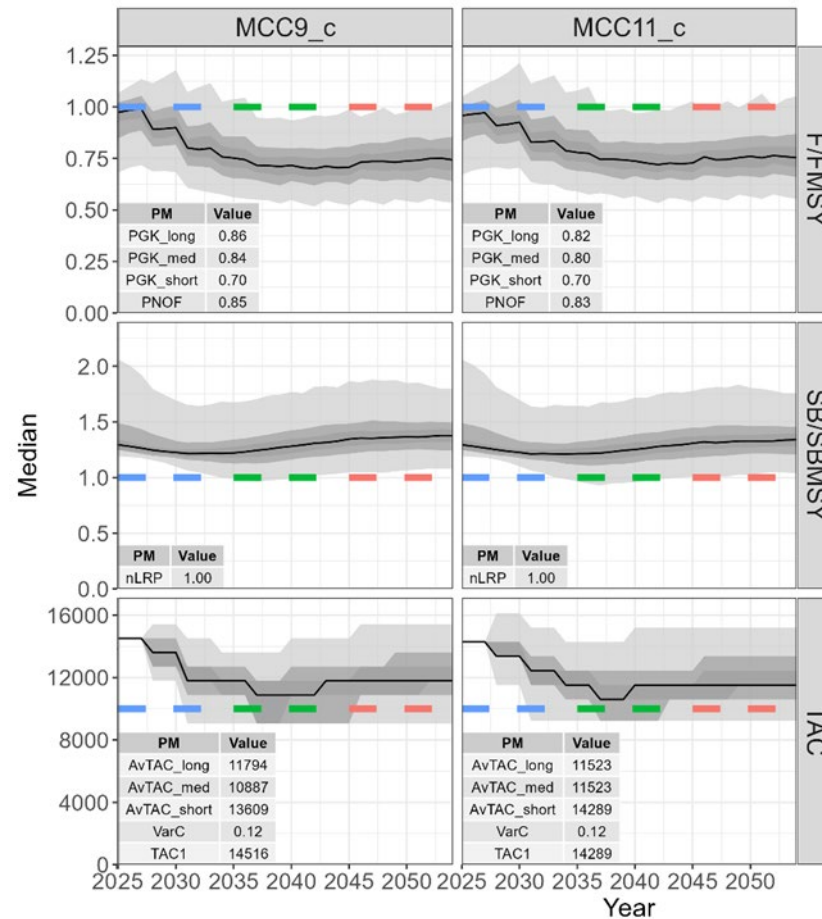
**Figura 1.** Tabla de tipo patchwork con los resultados de los 5 CMP restantes con respecto a los indicadores clave de desempeño del conjunto de modelos operativos de referencia. Los CMP se enumeran por orden alfabético. Véase el **Apéndice A** para las descripciones de los indicadores de desempeño. El indicador de desempeño de nLRP es la probabilidad de no superar el punto de referencia límite; esta modificación del indicador 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.



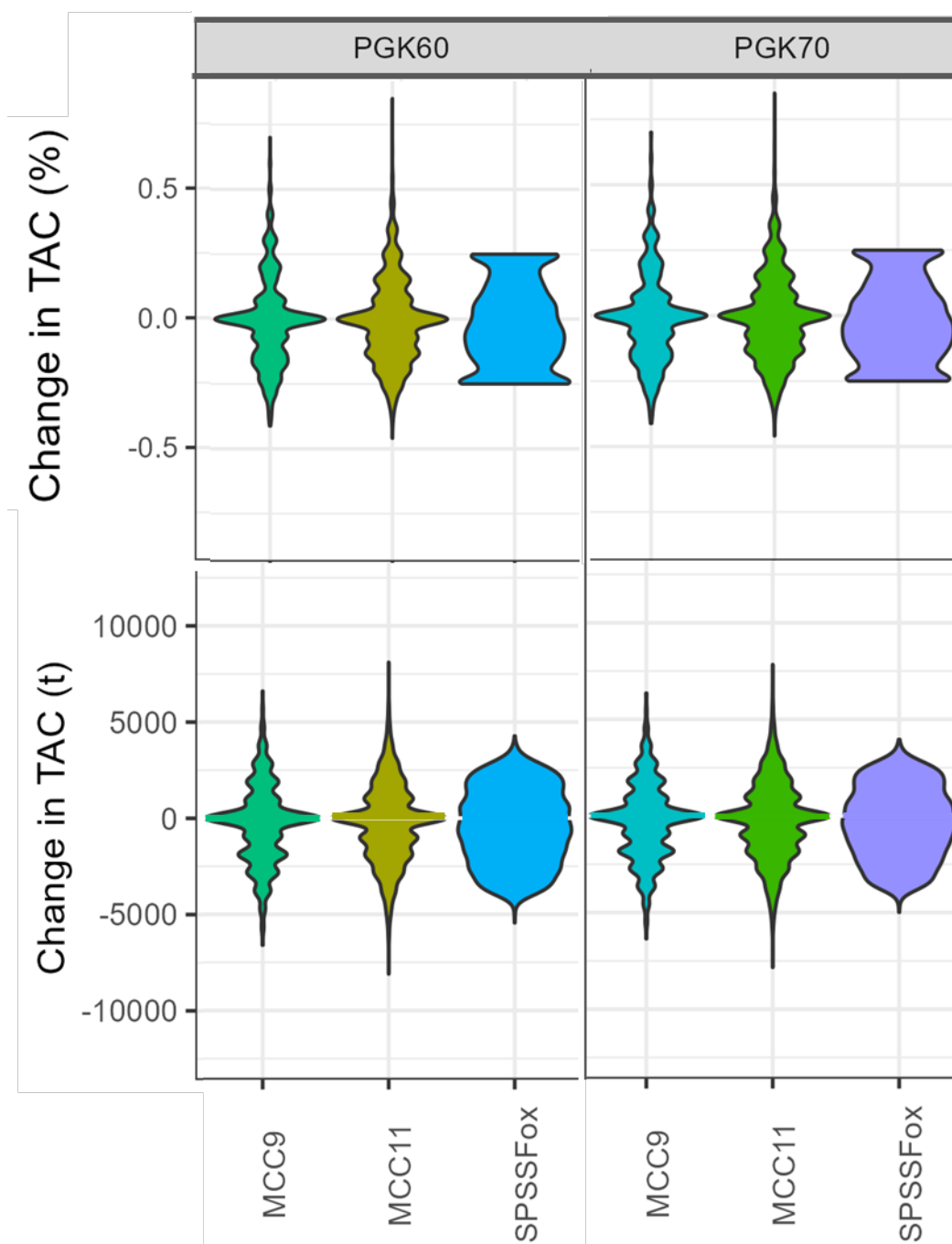
**Figura 2.** Diagrama temporal de Kobe que muestra el porcentaje (eje vertical) de simulaciones de todos los modelos operativos de referencia que se sitúan en cada uno de los cuadrantes de Kobe en cada año de proyección (eje horizontal). El verde indica que el stock no está sobrepescado ni experimentando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



**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  $\underline{C}MP$  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 CMP MCC 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). La fila superior es la variación del TAC expresada en porcentaje y la inferior en toneladas.

## 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. La Subcomisión 4 indicó que el umbral mínimo debería situarse al menos en el 60 %. Las opciones del 70 % siguen estando disponibles para los CMP MCC.
- Umbral mínimo aceptable para el objetivo de seguridad. Las opciones son del 85 % o 90 % de probabilidades de que el stock se sitúe por debajo de  $B_{LIM} (0,4 * B_{RMS})$  en cualquier punto del periodo de evaluación de 30 años. Esto equivale a una probabilidad máxima del 15 % o 10 %, respectivamente, de superar el  $B_{LIM}$ , según la formulación del objetivo de ordenación.
  - Obsérvese que todos los CMP de la lista restringida tienen 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 periodos de ordenación. Las opciones son 25 % (SPSSFox) o sin límite (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 tres CMP: dos de ellos con dos calibraciones disponibles ("b" y "c"), MCC9 y MCC11, el CMP SPSSFox tiene una calibración disponible (la calibración "b").
- 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 para el periodo de corto plazo y deben tener como mínimo un 60 % de PGK para los periodos de medio y largo plazo.
- 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 acondicionamiento 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).

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.

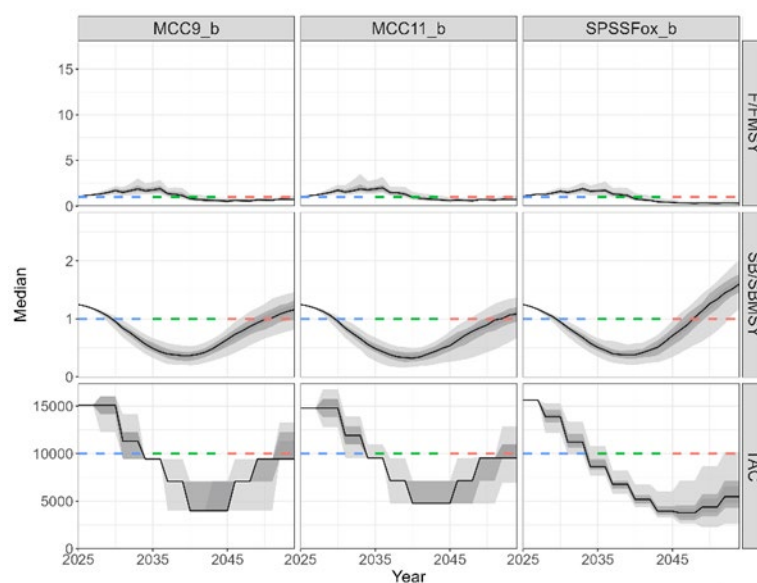
<b>Objetivos de ordenación</b>	<b>Indicadores de desempeño clave correspondientes</b>
<b>Estado</b> El stock debería tener un <u>60 % o más</u> de probabilidades de situarse en el cuadrante verde de la matriz de Kobe.	<b>PGK<sub>SHORT</sub></b> : Probabilidad de situarse en el cuadrante verde de Kobe (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 <u>[10, 15]%</u> o menos de probabilidades 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><sup>1</sup></b> : 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>TAC1</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 <u>25 %</u> . No hay ningún límite de estabilidad en cuanto al cambio del TAC entre ciclos de ordenación].	<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 10 % equivale a un umbral nLRP del 90 %.

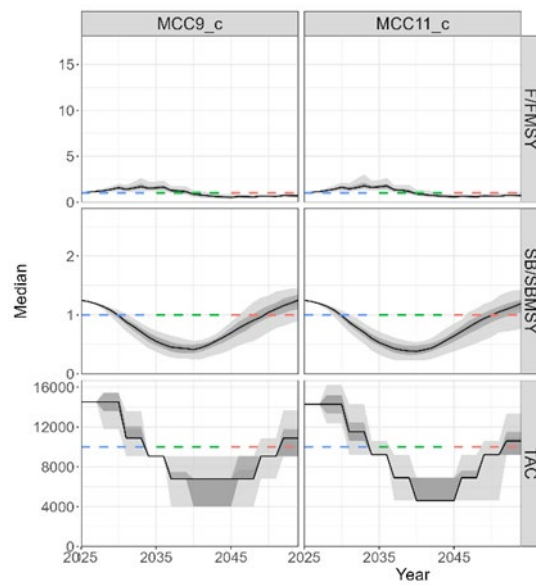
### Resultados de los CMP para el escenario de robustez R5 - efectos del cambio climático en el reclutamiento

MP	AvTAC_long	AvTAC_med	AvTAC_short	nLRP	PGK	PGK_med	PGK_short	PNOF	VarC	TAC1
1 MCC9_b	9,429	7,072	14,144	0.39	0.13	0.00	0.01	0.47	0.22	15,087
2 MCC9_c	9,072	6,804	13,609	0.51	0.16	0.00	0.04	0.50	0.20	14,516
3 MCC11_b	7,146	7,146	14,769	0.34	0.10	0.00	0.02	0.44	0.19	14,769
4 MCC11_c	9,219	6,914	14,289	0.46	0.15	0.00	0.07	0.48	0.19	14,289
5 SPSSFox_b	4,327	6,426	13,668	0.40	0.21	0.00	0.00	0.49	0.21	15,629

**Figura B1.** Tabla de tipo patchwork con los resultados de los 5 CMP restantes 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  $F_{RMS}$  (arriba) de la biomasa reproductora del stock (SB) con respecto a  $SB_{RMS}$  (centro) y del total admisible de capturas (TAC) para las calibraciones "b" de los CMP según la prueba de robustez 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.



**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 medio 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 plazo (rojo).

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	Actividad					Datos de entrada	
		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	1		x			x		x
2026						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).

## Descripción y fórmulas para el cálculo de los TAC de pez espada del Atlántico norte empleando el MP [MCC9, MCC11, SPSSFox]

### MCC9

El procedimiento de ordenación MCC9 (captura mayoritariamente constante con 9 niveles) es empírico y utiliza un único dato: el índice de abundancia combinado del pez espada del Atlántico norte ("el índice combinado"). El objetivo del MP MCC9 es que las capturas se mantengan lo más constantes posibles y sólo aumentar el TAC si el índice combinado aumenta sustancialmente y sólo disminuir el TAC si el índice combinado disminuye sustancialmente. Este MP está calibrado para alcanzar un [60%, 70%] de PGK (es decir,  $SB \geq SBRMS$  y  $F \leq FRMS$ ) en [cada uno de los tres periodos temporales de proyección de 10 años (corto = años 1-10; medio = años 11-20; largo = años 21-30)/el periodo temporal corto (años 1-10) y al menos el 60 % en los periodos temporales medio (años 11-20) y largo (años 21-30)].

### *Índice de abundancia*

El índice combinado utiliza datos de captura y esfuerzo de 7 CPC de ICCAT y se basa tanto en los datos de captura y esfuerzo de la Tarea 2 como en los registros detallados de captura y esfuerzo obtenidos directamente de algunas CPC, que suman más del 95 % de la captura anual en el Atlántico norte. El año inicial del índice es 1963. Los valores del índice se expresan en kilogramos de capturas de pez espada por 1000 anzuelos. Este índice basado en modelos utiliza una distribución de errores de Tweedie y variables explicativas categóricas: año, trimestre, zona espacial, una variable de objetivo y una variable de clase de tamaño.

A continuación, los valores anuales previstos se estandarizan con una media de 1 para toda la serie temporal. Estos valores se definen como I.

### *Especificaciones del MP*

Este MP utiliza un ciclo de ordenación de 3 años de duración. El TAC base (captura constante) es de 12.600 t, una aproximación de la captura constante que daría como resultado al menos un 60 % de PGK y también alcanzaría un nLRP < [15%, 10%].

Un TAC base ( $TAC_{base}$ ) se calcula como sigue:

$$TAC_{base} = \theta 12.600$$

donde  $\theta$  es el parámetro de calibración que permite alcanzar la PGK deseada a corto plazo. El parámetro de calibración para MCC9 en [60 % de PGK es 0,7483/70 % de PGK es 0,7200].

El TAC base se modifica comparando la relación entre la media actual de 3 años del índice combinado ( $I_{curr}$ ) y una media histórica de 3 años del índice combinado ( $I_{base}$ ):

$$I_{rat} = \frac{I_{actual}}{I_{base}}$$

Ibase se calcula como la media del índice combinado de 2017-2019. El valor de  $I_{rat}$  se utiliza para determinar cuánto debe aumentarse o reducirse el TACbase, en caso de que deba aumentarse o reducirse.

Si  $I_{rat}$  es inferior a 0,5, el total admisible de capturas (TAC) se fija en 4.000 t; en caso contrario, el TAC para el siguiente ciclo de ordenación se calcula del siguiente modo:

$$TAC_{y+1} = TAC_{base} \Delta_{TAC}$$

donde  $\Delta_{TAC}$  se calcula como sigue:

$$\Delta_{TAC} = \begin{cases} 1.7 & \text{if } I_{rat} \geq 1.7 \\ 1.6 & \text{if } 1.6 \leq I_{rat} < 1.7 \\ 1.5 & \text{if } 1.5 \leq I_{rat} < 1.6 \\ 1.4 & \text{if } 1.4 \leq I_{rat} < 1.5 \\ 1.3 & \text{if } 1.3 \leq I_{rat} < 1.4 \\ 1.2 & \text{if } 1.2 \leq I_{rat} < 1.3 \\ 1.0 & \text{if } 0.75 \leq I_{rat} < 1.2 \\ 0.75 & \text{if } 0.5 \leq I_{rat} < 0.75 \end{cases}$$

### **MCC11**

El procedimiento de ordenación MCC11 (captura mayoritariamente constante con 11 niveles) es empírico y utiliza un único dato: el índice de abundancia combinado del pez espada del Atlántico norte ("*el índice combinado*"). El objetivo del MP MCC11 es que las capturas se mantengan lo más constantes posibles y sólo aumentar el TAC si el índice combinado aumenta sustancialmente y sólo disminuir el TAC si el índice combinado disminuye sustancialmente. Este MP se calibra para lograr un [60%, 70%] de PGK (es decir,  $SB \geq SB_{RMS}$  y  $F \leq F_{RMS}$ ) en [cada uno de los tres periodos de proyección de 10 años (corto = años 1-10; medio = años 11-20; largo = años 21-30)/el periodo corto (años 1-10) y al menos el 60 % en los periodos medio (años 11-20) y largo (años 21-30)].

### **Índice de abundancia**

El índice combinado utiliza datos de captura y esfuerzo de 7 CPC de ICCAT y se basa tanto en los datos de captura y esfuerzo de la Tarea 2 como en los registros detallados de captura y esfuerzo obtenidos directamente de algunas CPC, que suman más del 95 % de la captura anual en el Atlántico norte. El año inicial del índice es 1963. Los valores del índice se expresan en kilogramos de capturas de pez espada por 1000 anzuelos. Este índice basado en modelos utiliza una distribución de errores de Tweedie y variables explicativas categóricas: año, trimestre, zona espacial, una variable de objetivo y una variable de clase de tamaño.

A continuación, los valores anuales previstos se estandarizan con una media de 1 para toda la serie temporal. Estos valores se definen como  $I$ .

### **Especificaciones del MP**

Este MP utiliza un ciclo de ordenación de 3 años de duración. El TAC base (captura constante) es de 12.600 t, una aproximación de la captura constante que daría como resultado al menos un 60 % de PGK y también alcanzaría un nLRP < [15%, 10%].

Un TAC base ( $TAC_{base}$ ) se calcula como sigue:

$$TAC_{base} = \theta 12,600$$

donde  $\theta$  es el parámetro de calibración que permite alcanzar la PGK deseada a corto plazo. El parámetro de calibración para MCC11 en [60% de PGK es 0,7562/70% de PGK es 0,7316].

El  $TAC_{base}$  se modifica comparando la relación entre la media actual de 3 años del índice combinado ( $I_{curr}$ ) y una media histórica de 3 años del índice combinado ( $I_{base}$ ):

$$I_{rat} = \frac{I_{curr}}{I_{base}}$$

El  $I_{base}$  se calcula como la media del índice combinado de 2017-2019. El valor de  $I_{rat}$  se utiliza para determinar cuánto debe aumentarse o reducirse el  $TAC_{base}$ , en caso de que deba aumentarse o reducirse.

El TAC para el siguiente ciclo de ordenación se calcula como sigue:

$$TAC_{y+1} = TAC_{base} \Delta_{TAC}$$

donde  $\Delta_{TAC}$  se calcula como sigue:

$$\Delta_{TAC} = \begin{cases} 1.85 & \text{if } I_{rat} \geq 1.85 \\ 1.75 & \text{if } 1.75 \leq I_{rat} < 1.85 \\ 1.65 & \text{if } 1.65 \leq I_{rat} < 1.75 \\ 1.55 & \text{if } 1.55 \leq I_{rat} < 1.65 \\ 1.45 & \text{if } 1.45 \leq I_{rat} < 1.55 \\ 1.35 & \text{if } 1.35 \leq I_{rat} < 1.45 \\ 1.25 & \text{if } 1.25 \leq I_{rat} < 1.35 \\ 1.15 & \text{if } 1.15 \leq I_{rat} < 1.25 \\ 1.00 & \text{if } 0.75 \leq I_{rat} < 1.15 \\ 0.75 & \text{if } 0.5 \leq I_{rat} < 0.75 \\ 0.5 & \text{if } I_{rat} < 0.5 \end{cases}$$

### SPSSFox

El procedimiento de ordenación SPSSFox utiliza un modelo de producción de excedente espacio-estado, suponiendo una curva de producción de Fox, para fijar el TAC (**Figura D1**). Utiliza el índice de abundancia combinado del pez espada del Atlántico norte ("el índice combinado") como indicador de abundancia. Este MP está



calibrado para conseguir un 60% de PGK (es decir,  $SB \geq SB_{RMS}$  y  $F \leq F_{RMS}$ ) en cada uno de los tres periodos de proyección de 10 años (corto = años 1-10; medio = años 11-20; largo = años 21-30).

### **Índice de abundancia**

El índice combinado utiliza datos de captura y esfuerzo de 7 CPC de ICCAT y se basa tanto en los datos de captura y esfuerzo de la Tarea 2 como en los registros detallados de captura y esfuerzo obtenidos directamente de algunas CPC, que suman más del 95 % de la captura anual en el Atlántico norte. El año inicial del índice es 1963. Los valores del índice se expresan en kilogramos de capturas de pez espada por 1000 anzuelos. Este índice basado en modelos utiliza una distribución de errores de Tweedie y variables explicativas categóricas: año, trimestre, zona espacial, una variable de objetivo y una variable de clase de tamaño.

A continuación, los valores anuales previstos se estandarizan con una media de 1 para toda la serie temporal. Estos valores se definen como  $I$ .

### **Especificaciones del MP**

Este MP utiliza un ciclo de ordenación de 3 años de duración. El índice combinado se emplea para realizar un seguimiento de los cambios relativos en la población. Se genera un índice suavizado aplicando el suavizador de la mediana móvil de Tukey (función de R stats::smooth).

Se utiliza el modelo de producción de excedente espacio-estado del paquete SAMtool (SAMtool::SP\_SS) para calibrarlo al índice suavizado y a las capturas declaradas. La función R SP\_SS se ejecuta con los siguientes argumentos:

- prior=list(r=c(0,21, 0,1))
- inicio=lista(n=1)
- fix\_n=TRUE

La siguiente regla de control de capturas se utiliza para fijar la tasa de explotación objetivo ( $E_{\text{targ}}$ ):

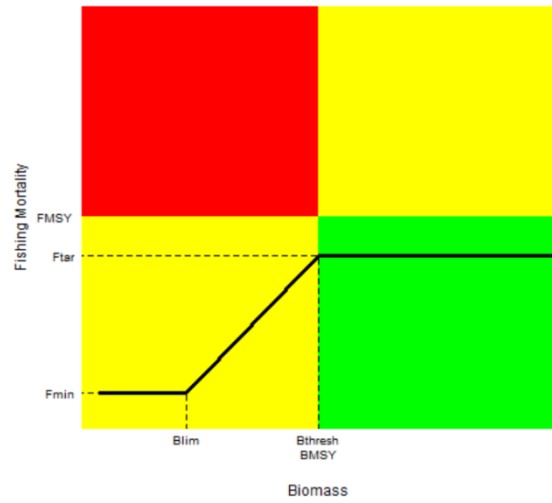
$$E_{\text{targ}} = \begin{cases} E_{\text{prop}} & \text{if } B_{\text{curr}} \geq B_{\text{thresh}} \\ E_{\text{prop}} \left( -0.367 + 1.167 \frac{B_{\text{curr}}}{B_{\text{thresh}}} \right) & \text{if } B_{\text{thresh}} > B_{\text{curr}} > B_{\text{lim}} \\ E_{\text{min}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

donde  $E_{\text{prop}}$  es la tasa de captura propuesta, calculada como  $\theta 0.15$  donde  $\theta$  es el parámetro de calibración ( $\theta$  para un 60 % de PGK es 0,5939),  $B_{\text{curr}}$  es la biomasa estimada a partir del modelo de producción de excedente,  $B_{\text{thresh}}$  es la biomasa estimada correspondiente al rendimiento máximo sostenible,  $B_{\text{lim}}$  es  $0,4B_{\text{thresh}}$  y  $E_{\text{min}}$  es  $0,1E_{\text{prop}}$ .

Por último, el total admisible de captura (TAC) para el año siguiente se calcula como sigue:

$$TAC_{y+1} = E_{\text{targ}} B_{\text{curr}}$$

El TAC está sujeto a una restricción por la que no puede variar más de un 25 % de un ciclo de ordenación al siguiente.



**Figura D1.** Forma gráfica de la regla de control de captura SPSSFox.