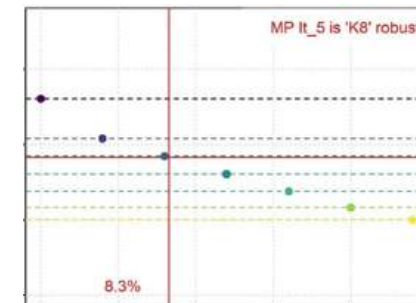
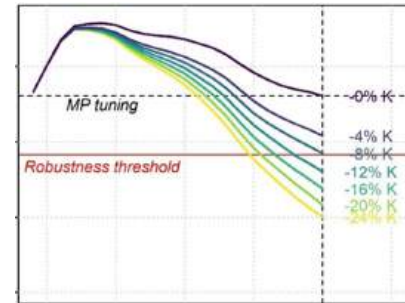


# Desarrollando la Prueba Climática: La Robustez Climática como un Atributo de los Procedimientos de Gestión

Tom Carruthers



8 de abril de 2026

IATTC 2º Taller sobre Cambio Climático



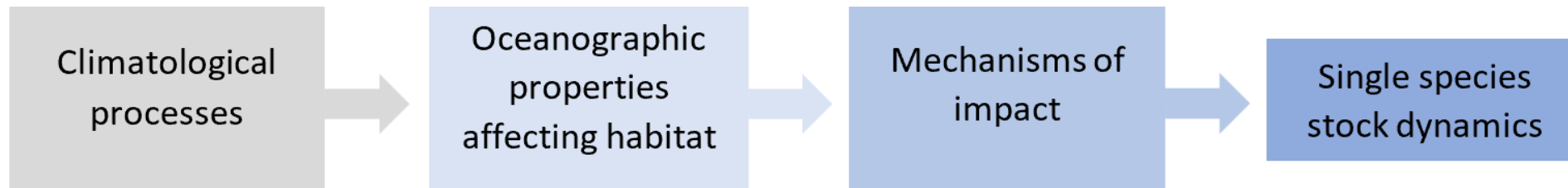
Presentación de  
PowerPoint  
traducida con IA

# Contenido

1. El Problema
2. Simplificación
3. Una solución: métricas, no modelos operativos
4. Métodos
5. Resultados
6. Discusión y Conclusiones

# 1. El Problema

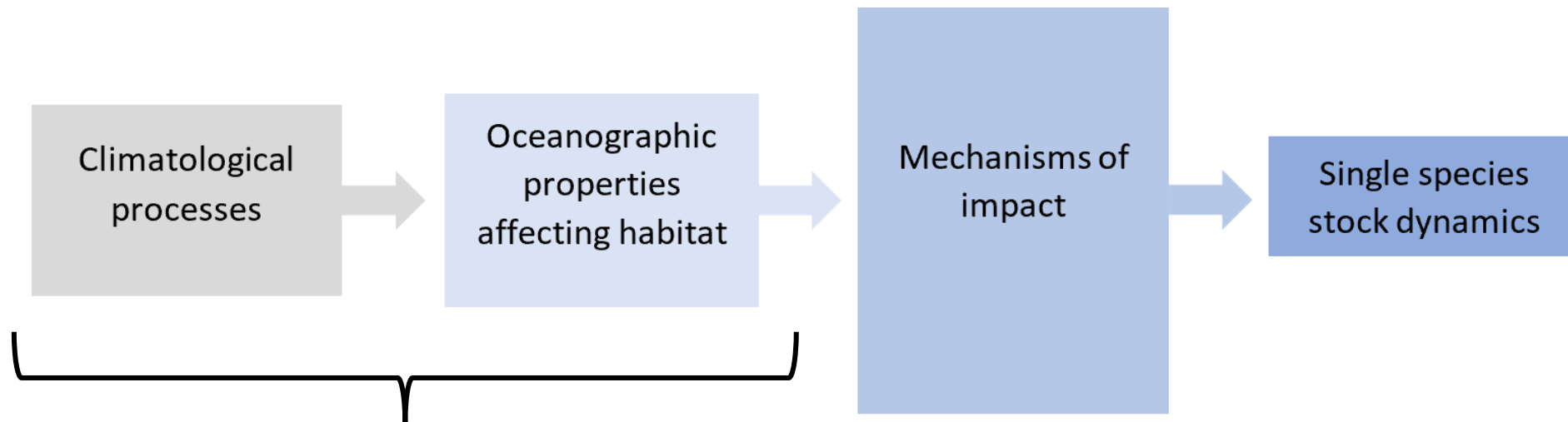
- Se espera que las comunidades marinas experimenten un aumento en los impactos de factores relacionados con el cambio climático.
- Hay una necesidad de prácticas de gestión pesquera que sean robustas ante las condiciones ambientales cambiantes, la dinámica de poblaciones y pesquerías.
- La predicción de los impactos cuantitativos es altamente incierta y la credibilidad relativa de los escenarios es desconocida. Las predicciones son el producto de varios modelos teóricos, para los cuales el apoyo empírico varía:



Si la incertidumbre científica sobre los impactos del clima en las poblaciones de peces es inevitablemente muy alta, ¿debería esto necesariamente obstruir el progreso en el establecimiento de prácticas de gestión pesquera robustas?

## 2. Simplificación

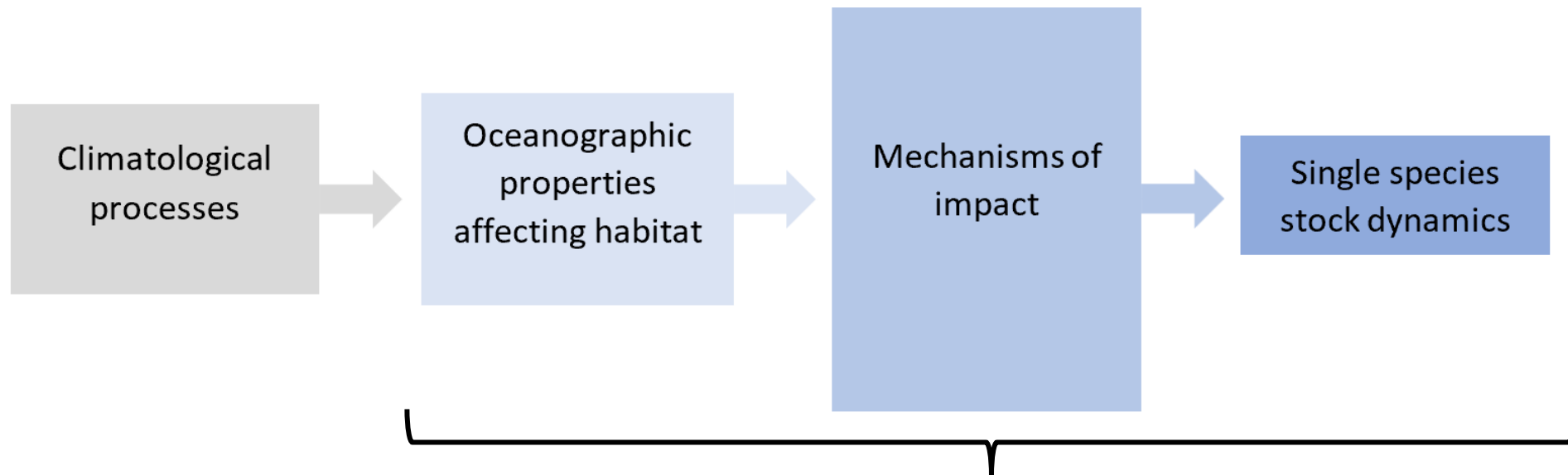
- Un documento anterior (SCRS/2024/104) revisó la literatura sobre ciencia climática – océano / pesquerías y resumió las vías de impactos en poblaciones individuales comenzando con procesos climatológicos.



Climatological process	Oceanographic properties affecting habitat
Thermal regime	Currents / mixing / stratification (Cai et al. 2005, Wu et al. 2012, Li et al. 2015) Dissolved oxygen concentration (Stendardo and Gruber 2012) Macronutrients (Dickson et al. 1996) Water temperature (Sarmiento et al. 2004, Brickman et al. 2018, Loder and Wang 2015) pH (Feely et al. 2009)
Atmospheric CO <sub>2</sub>	Dissolved oxygen concentration pH (Ganachaud et al. 2011, Caldeira & Wickett 2003)
Atmospheric circulation / aeolian inputs	Micronutrients Currents / mixing / stratification (Sydemann et al. 2014)

## 2. Simplificación

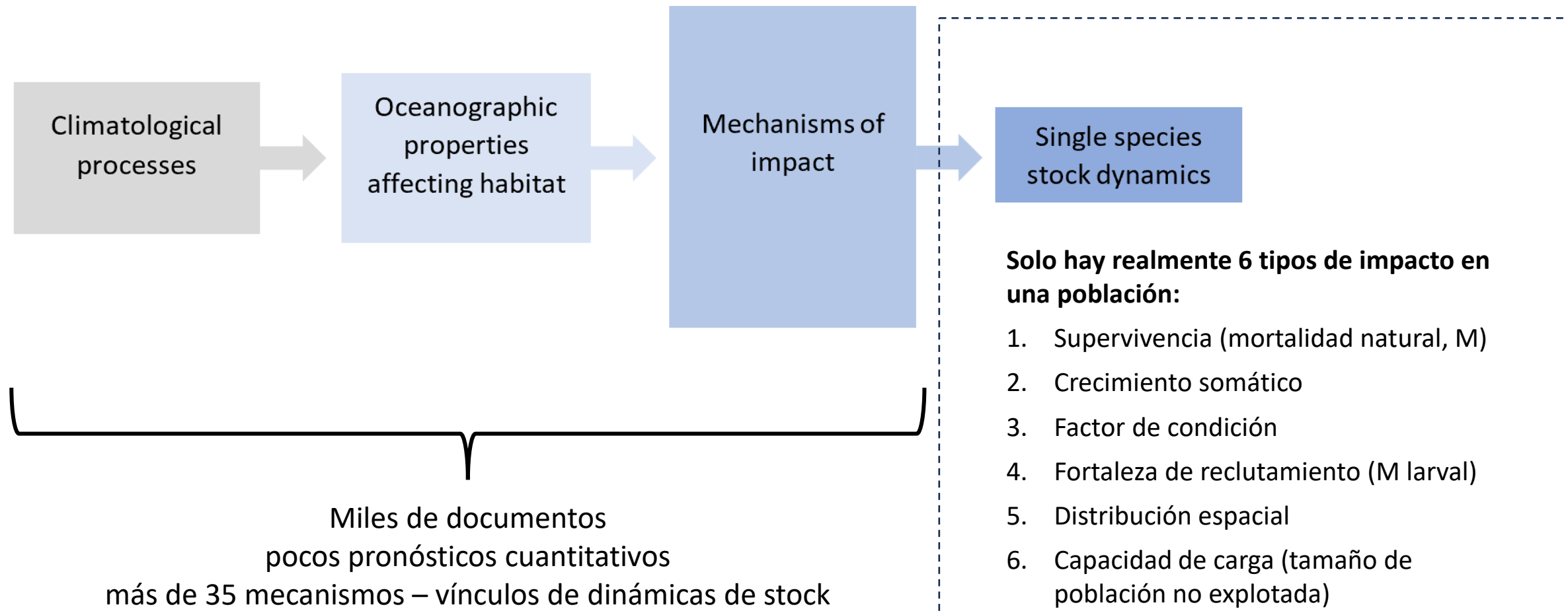
- Un documento anterior (SCRS/2024/104) revisó la literatura sobre ciencia climática – océano / pesquerías y resumió las vías de impactos en poblaciones individuales comenzando con procesos climatológicos.



Oceanographic properties affecting habitat	Mechanism	Relevant operating model dynamics
Currents / mixing / stratification	Larval dispersal	Recruitment strength
	Prey availability (Beaugrand and Kirby 2010)	Somatic growth (Perry et al. 2005)
	Vulnerability to fishing gear	Catchability
Water temperature	Physiological stress - thermotaxis	Spatial distribution & phenology (Edwards and Richardson 2004, Perry et al. 2005, Nye et al. 2009, Last et al. 2011, Bell et al. 2011, Erauskin-Extramiana et al. 2019,2020, Tanaka et

### 3. Simplificación

- Un documento anterior (SCRS/2024/104) revisó la literatura sobre ciencia climática – océano / pesquerías y resumió los caminos hacia los impactos en poblaciones individuales comenzando con procesos climatológicos.



## 2. Simplificación









Single species  
stock dynamics

**La dirección 'problemática' también se conoce como:**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Supervivencia (mortalidad natural, $M$ ) | Decreciente (aumento de $M$ )                           |
| 2. Crecimiento somático                     | Decreciente (por ejemplo, declives en $K$ y $L_{inf}$ ) |
| 3. Factor de condición                      | Decreciente (declives en peso por edad)                 |
| 4. Fuerza de reclutamiento ( $M$ larval)    | Decreciente   |
| 5. Distribución espacial                    | Contracción del rango, hacia la pesca                   |
| 6. Capacidad de carga                       |   |
| 7. (tamaño de población no pescada)         | Decreciente   |

### 3. Una solución: Métricas no Modelos Operativos

Performance rating			
	Cloud: 8	Dusk: 7	Storm: 7
	Cloud: 9	Dusk: 8	Storm: 8
	Cloud: 7	Dusk: 8	Storm: 4

Pero podemos probar el rendimiento



### 3. Una solución: Métricas no Modelos Operativos

Climate Test:	'M' Increasing natural mortality rate	'R' Decreasing recruitment strength	'K' Decreasing somatic growth	'C' Decreasing condition factor	'Q' Range contraction – increasing catchability	'S' Decreasing carrying capacity
Management Procedure 1						
Management Procedure 2						
Management Procedure 3						

## 4. Métodos

Convertido la evaluación de existencias SS3 Base 2022 para el Atún Ojo Grande Atlántico en un modelo operativo OpenMSE.

Creado tres arquetipos de procedimiento de gestión (siguiendo los tipos adoptados / probados para el atún rojo y el pez espada y MSEs en otros lugares)

(Io) Índice objetivo (más TAC si el índice está por encima del nivel objetivo, menos TAC si el índice está por debajo del nivel objetivo)

(Ir) Índice de relación ( $TAC = \theta \times \text{índice}$ )

(Pi) Pendiente del índice (más TAC si el índice está aumentando, menos TAC si el índice está disminuyendo)

Creado dos derivados de cada arquetipo de MP:

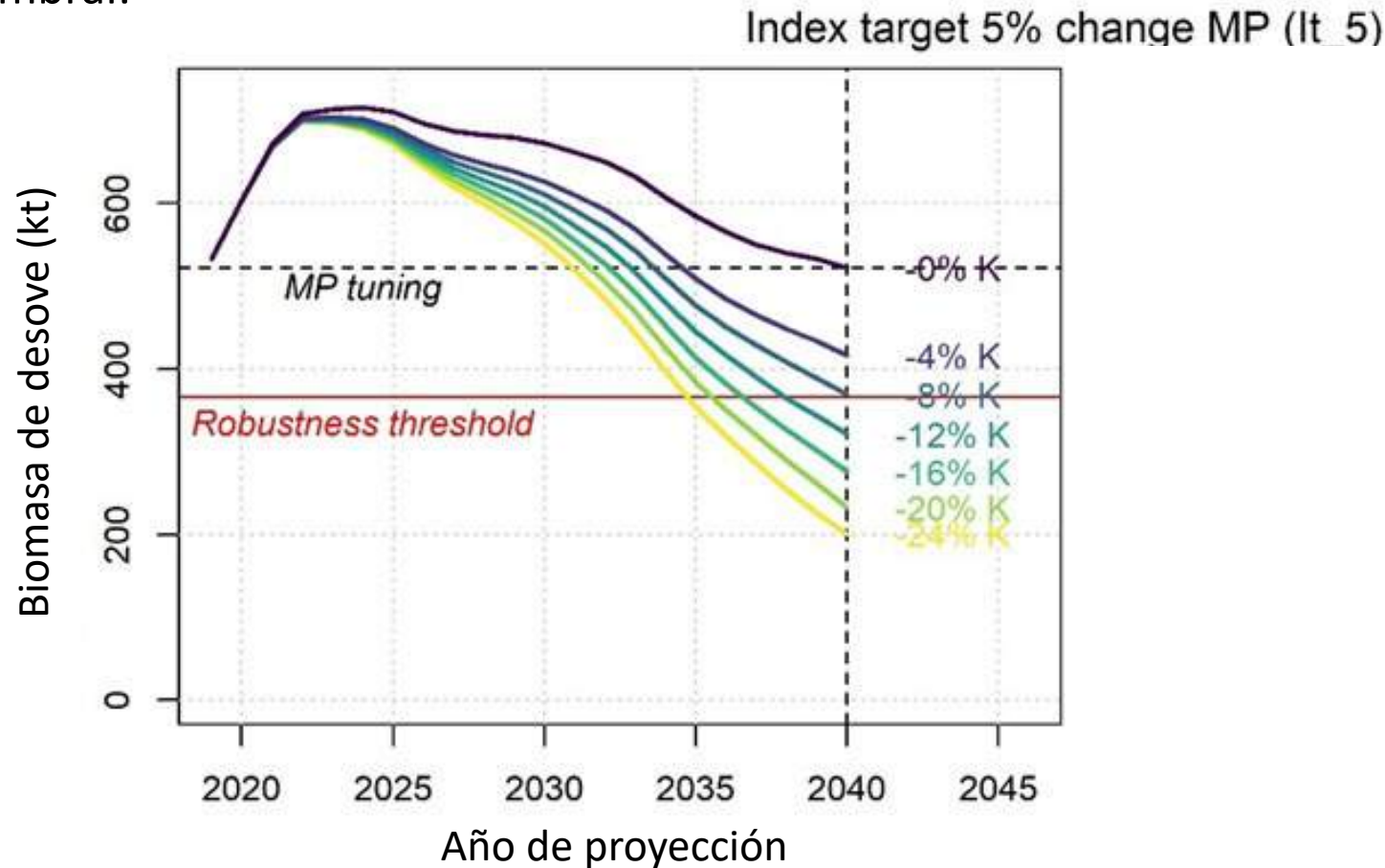
(\_5) Máximo del 5% de cambios en TAC entre años ( $It_5, Ir_5, Is_5$ )

(\_10) Máximo del 10% de cambios en TAC entre años ( $It_{10}, Ir_{10}, Is_{10}$ )

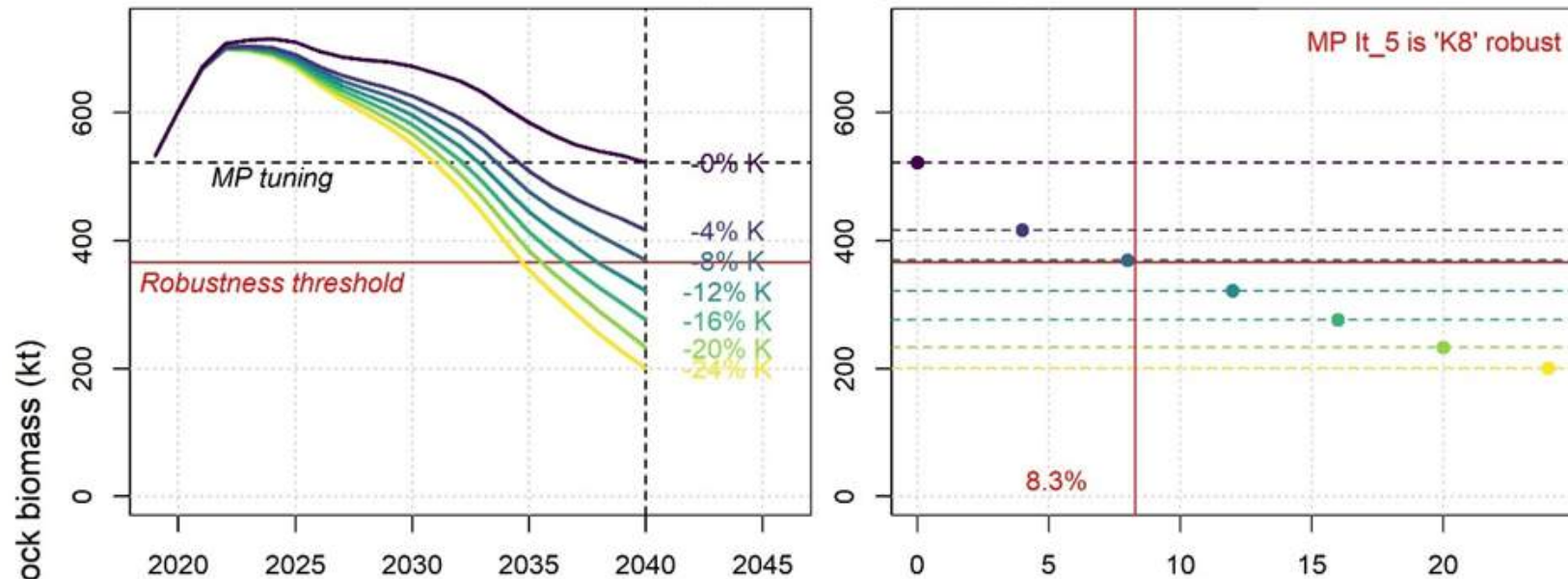
Se probaron estos 6 MPs para escenarios futuros de aumento de la tasa de mortalidad natural (M), disminución de la fuerza de reclutamiento (R), disminución del crecimiento somático (K) y disminución del factor de condición (C)

## 4. Métodos

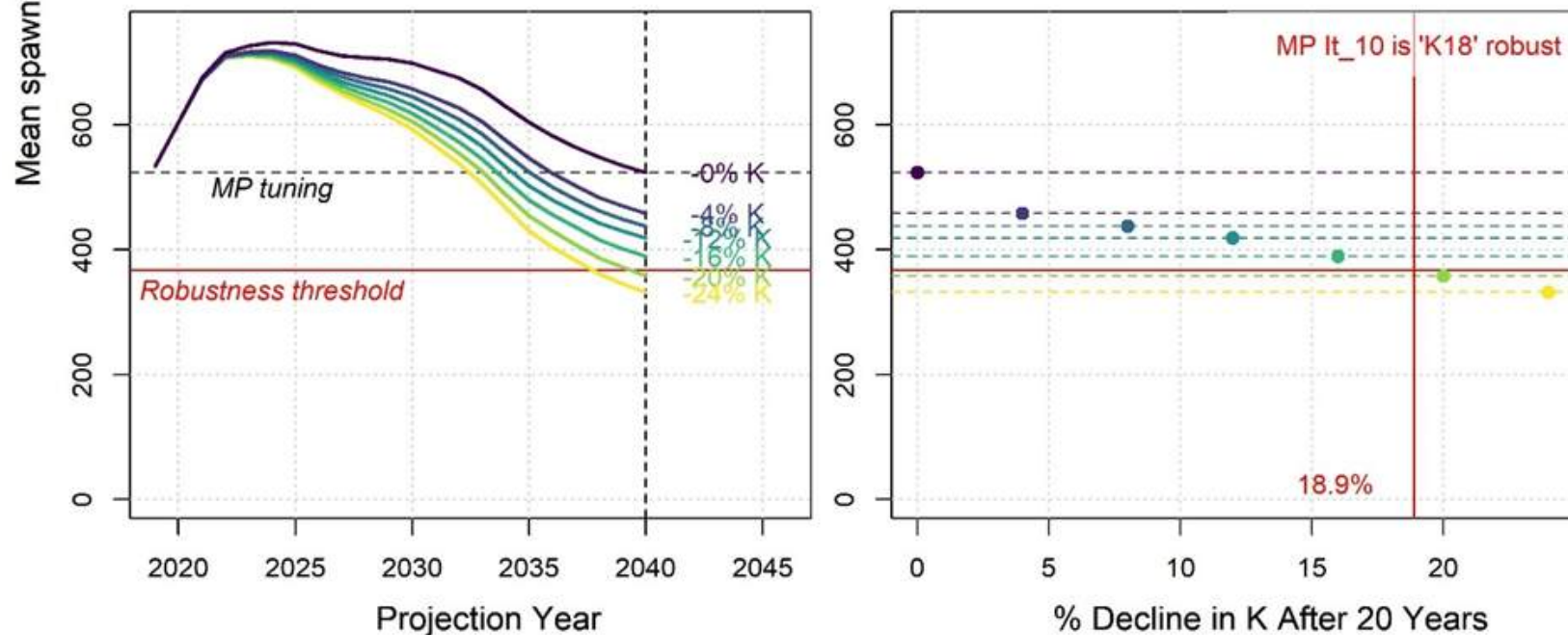
- Se definió un **umbral para 'robusto'** como una disminución en la biomasa de más del 30% después de 20 años proyectados
- Se ajustó una variedad de MPs empíricos a una tendencia de cero (plana) durante 30 años proyectados
- Se impusieron niveles crecientes de cada prueba climática y se registró el nivel donde el MP superó el umbral:



Index target 5% change MP (It\_5)



Index target 10% change MP (It\_10)



El objetivo del Índice MP es sustancialmente más robusto a los escenarios climáticos cuando permite cambios en la TAC del 10 %

## 5. Resultados

- El objetivo del Índice MP que permite un cambio en la TAC de hasta el 10 % fue consistentemente más ‘climáticamente robusto’ que los otros MP
- Se requerían cambios porcentuales más pequeños en M para superar el umbral (los MP eran más sensibles a M, luego a K, luego al reclutamiento, luego al factor de condición)
- La mayor variabilidad en la resiliencia climática ocurrió con respecto al factor de condición

Los números tabulados son el cambio porcentual en cada impacto antes de alcanzar el umbral de robustez. Los porcentajes más altos que están sombreados de verde representan una mayor robustez. El sombreado se escala por prueba climática (por columna) de acuerdo con la máxima robustez (porcentaje más alto)

**M** = aumento de la tasa de mortalidad natural

**R** = disminución de la fuerza de reclutamiento

**K** = disminución del crecimiento somático

**C** = disminución del factor de condición (peso a la edad)

Management Procedure	Climate Test			
	M	R	K	C
Index target 5% change	7	19	9	26
Index target 10% change	9	24	18	56
Index ratio 5% change	8	20	9	26
Index ratio 10% change	8	22	13	42
Index slope 5% change	7	18	6	20
Index slope 10% change	7	19	7	23

## 5. Resultados

### MSE del atún barrilete del Atlántico Occidental

El MP adoptado fue el más robusto >

Management Procedure	Climate Test			
	K ♦	C ♦	M ♦	R ♦
SPAH_CT	20	21	4	10
SP_CT	22	26	4	12
IR_CT	53		7	18

### MSE del pez espada del Atlántico Norte

El MP adoptado fue el más robusto >

Management Procedure	Climate Test			
	K ♦	C ♦	M ♦	R ♦
CE_b_CT	13	40	11	18
MCC11_b_CT	18	61	11	23

## 5. Discusión y Conclusiones

- ¿Deberíamos esperar pronósticos científicamente defendibles para taxones individuales y ubicaciones antes de desarrollar asesoramiento de gestión robusto al clima?
- Hay relativamente pocos tipos de impactos de especies individuales derivados de miles de artículos sobre posibles vías para los impactos climáticos.
- La ‘dirección problemática’ de los impactos es conocida.
- Cuantificar la robustez climática como un atributo de un procedimiento de gestión alivia la necesidad de un pronóstico científico defendible de los impactos.
- En esta demostración, un procedimiento de gestión fue consistentemente más robusto que los otros en múltiples pruebas climáticas.
- Expresar la robustez climática como un atributo de un procedimiento de gestión proporciona un lenguaje (por ejemplo, ‘M6 robusto’) para tener en cuenta la resiliencia climática en el asesoramiento táctico.

# Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por



Gracias a

Rebecca Scott  
Adrian Hordyk  
Quang Huynh  
Shana Miller

y

Grantly Galland

por sus comentarios sobre versiones anteriores de la Prueba  
Climática.