

Esta publicación es parte de la ayuda  
PTQ2020-011287, financiada por  
MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la  
Unión Europea NextGenerationEU/PRTR



# Manual de Uso

ALBA DE LA VARA

Esta publicación es parte de la ayuda PTQ2020-011287, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR





# Índice

<b><u>1. Inicio</u></b>	4
<u>1.1. Introducción</u>	4
<u>1.2. Contacto</u>	4
<u>1.3. Funcionalidades</u>	5
<hr/>	
<b><u>2. Metodología</u></b>	5
<u>2.1. Modelos climáticos empleados</u>	5
<u>2.2. Tratamiento de datos</u>	6
<u>2.3. Cálculos realizados</u>	7
<hr/>	
<b><u>3. Acceso a la web del proyecto</u></b>	11
<u>3.1. Pantalla de Inicio</u>	11
<u>3.2. Menú de navegación, proyecto, herramienta, documentación y contacto</u>	11
<u>3.3. La herramienta</u>	12
<u>3.3.1. Acceso a la herramienta</u>	12
<u>3.3.2. Descarga de información</u>	13
<u>3.3.3. Interpretación de los gráficos descargados</u>	13
<u>3.3.4. Consideraciones importantes</u>	16
<u>Escalas de color</u>	16
<u>Corrientes</u>	16
<u>Número de días con condiciones de verano, precipitación intensa y olas de calor</u>	18
<hr/>	
<b><u>4. Glosario de términos y abreviaturas</u></b>	22
<u>Referencias</u>	23
<u>Financiación</u>	23
<u>Agradecimientos</u>	24

# 1. Inicio

## 1.1. Introducción

La región Mediterránea es considerada por la comunidad científica como un hotspot del cambio climático debido a que proporciona una señal climática cálida amplificada (Giorgi, 2006). Además, esta región es altamente favorable al desarrollo de eventos meteorológicos extremos (ej. olas de calor terrestres y marinas, ciclones de características tropicales también conocidos como medicanes o precipitaciones torrenciales). En las próximas décadas los modelos climáticos proyectan un aumento de la frecuencia y/o intensidad de estos eventos (Darmaraki et al., 2019; González-Alemán et al., 2019; IPCC, 2019). Estos factores hacen que las costas Mediterráneas densamente pobladas, como el litoral oriental español, sean susceptibles de sufrir impactos negativos en la economía azul, con las consiguientes pérdidas socioeconómicas. Cabe destacar que la economía azul, definida como aquellas actividades económicas vinculadas a mares y océanos, constituye una fuente esencial de riqueza y prosperidad para el Mediterráneo, ya que proporciona oportunidades de crecimiento, empleo e inversiones. En concreto, la acuicultura, la pesca y el turismo costero, son sectores relevantes de la economía azul por su contribución al desarrollo social y económico en el litoral Mediterráneo español. Por lo tanto, el desarrollo de una visión estratégica para el desarrollo sostenible de estos sectores, dependientes de las condiciones climáticas, así como la garantía de políticas y acciones dirigidas a la promoción de la economía azul son de vital importancia en el contexto actual de cambio climático.

El proyecto ECOAZUL-MED tiene como objetivo general la generación, por primera vez, de una herramienta web de uso público que proporcione información climática procedente de simulaciones climáticas regionales acopladas de alta resolución espacial que permita anticipar los efectos del Cambio Climático en la acuicultura, la pesca y el turismo asumiendo diferentes escenarios de emisiones para los próximos 40 años en el litoral Mediterráneo español. Esto permitirá poner a disposición de empresas, administración pública y otros agentes implicados información climática relevante que permita la planificación de estas actividades económicas y ponga de manifiesto la necesidad de innovación en las mismas para la adaptación al Cambio Climático y su potencial mitigación en las próximas décadas en el litoral español, siendo esto fundamental para asegurar su desarrollo sostenible.

El valor añadido de este proyecto frente a otros similares radica en tres pilares: (i) la utilización de modelos climáticos regionales acoplados de alta resolución, que hace que la reducción de escala (downscaling) sea dinámica y coherente desde un punto de vista físico, lo cual no ocurre cuando se utilizan modelos globales y el downscaling es estadístico o cuando para la reducción de escala se utilizan modelos regionales únicamente atmosféricos u oceánicos; (ii) se trabaja tanto con variables oceánicas como con variables atmosféricas sobre tierra; (iii) se presta atención a fenómenos meteorológicos extremos con capacidad de provocar fuertes daños socioeconómicos como las olas de calor y precipitación intensa.

El presente documento describe las funcionalidades de la herramienta web generada en el marco del proyecto ECOAZUL-MED, que proporciona información climática con el fin de anticipar los efectos del cambio climático en la acuicultura, la pesca y el turismo costero asumiendo diferentes escenarios de emisiones para los próximos 40 años en el litoral Mediterráneo español.

## 1.2. Contacto

ECOAZUL-MED ha sido desarrollado por Alba de la Vara en la empresa Kveloce en el marco de la Ayuda Torres Quevedo PTQ2020-011287.



[adelavara@kveloce.com](mailto:adelavara@kveloce.com)



+34 963 25 02 93

## 1.3. Funcionalidades

La herramienta web ECOAZUL-MED:

- Pone a disposición de la sociedad información procedente de simulaciones climáticas relativa a (i) la temperatura de la superficie del mar; (ii) la salinidad de la superficie del mar; (iii) las corrientes marinas (dirección y velocidad) hasta una profundidad de 1000 m; y (iv) las olas de calor marinas, para la componente marina. Por otro lado (i) la temperatura máxima del aire a 2 metros; (ii) la humedad relativa del aire; (iii) la precipitación; (iv) la precipitación intensa; y (v) olas de calor atmosféricas, para la componente atmosférica.
- Ofrece la información deseada para dos escenarios RCP (**Representative Concentration Pathway**) de cambio climático del **IPCC**: RCP4.5 y RCP8.5. Se escoge el RCP4.5 por ser un escenario de estabilización y el RCP8.5 por ser un escenario más extremo, por lo que se espera que proporcione una señal de cambio climático amplificada (ver Figura 1S del Suplemento).
- Da información para el intervalo temporal que abarca desde 2025 hasta 2064.
- Ofrece datos promediados con una frecuencia estacional y mensual para el periodo temporal escogido por el usuario, así como la robustez de los resultados obtenidos.
- Permite visualizar de los resultados de forma gráfica.

# 2. Metodología

## 2.1. Modelos climáticos empleados

Para generar los datos que ofrece la herramienta se han utilizado variables procedentes de un conjunto (ensemble) de cuatro modelos regionales acoplados (Regional Climate System Models; RCSM's): CNRM-RCSM4, LMDZ-MED, COSMOMED y ROM, cuya configuración viene detallada en la Tabla 1. Estos datos han sido proporcionados por cuatro institutos diferentes que participan en la iniciativa de modelización coordinada de la región Mediterránea **Med-CORDEX**. Las simulaciones proporcionan datos desde 1950 hasta 2005 para los experimentos históricos y desde 2006 hasta 2100 para las proyecciones futuras, asumiendo los escenarios RCP (Representative Concentration Pathways) del **IPCC** RCP4.5 y RCP8.5. Por un lado, se escoge el RCP4.5 porque corresponde con un escenario de estabilización y, por lo tanto, se espera que sea el más realista. Por otro, se toma el RCP8.5 porque es el más radiativo y proporciona una señal climática más amplificada (ver Figura 1G de la sección Glosario de términos y abreviaturas). Todos los modelos utilizan condiciones de contorno de **CMIP5** (quinta fase del proyecto de intercomparación de modelos acoplados). La configuración de estas simulaciones se presenta en los artículos correspondientes, mostrados en la Tabla 1, y los resultados de las mismas se han utilizado en trabajos previos (ej. Darmaraki et al., 2019). Como periodo control se toma el intervalo de 30 años que se extiende desde 1976 hasta 2005. El periodo temporal futuro presentado en la herramienta abarca desde 2025 hasta 2064 y se analiza de forma decadal (2025-2034; 2035-2044; 2045-2054; 2055-2064).

INSTITUCIÓN	CNRM	LMD	CMCC	AWI/GERICS
<b>Características de los modelos</b>				
<b>Nombre RCSM</b>	CNRM-RCSM4	LMDZ-MED	COSMOMED	ROM
<b>GCM impulsor</b>	CNMR-CM5	IPSL-CM5A-MR	CMCC-CM	MPI-ESM-LR
<b>Modelo regional Mar Mediterráneo</b>	NEMOMED8	NEMOMED8	NEMO-MFS	MPIOM
<b>Resolución oceánica</b>	9-12 km	9-12 km	6-7 km	10-18 km
<b>Nº de niveles verticales z (océano)</b>	43	43	72	40
<b>Modelo atmosférico</b>	ALADIN-climate	LMDZ	CCLM	REMO
<b>Resolución atmosférica</b>	50 km	30 km	50 km	25 km
<b>Frecuencia del acoplamiento</b>	Diaria	Diaria	80 minutos	60 minutos
<b>Simulaciones numéricas</b>				
<b>Spin-up</b>	130 años	40 años	25 años	56 años
<b>Condiciones iniciales</b>	MEDATALAS	MEDATLAS	MEDATLAS	MEDATLAS
<b>Control</b>	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005
<b>rcp4.5</b>	2006-2100	2006-2100	-	2006-2099
<b>rcp8.5</b>	2006-2100	2006-2100	2006-2099	2006-2099
<b>Referencias</b>	Sevault et al. (2014)	L´ Hévéder et al. (2013)	Cavicchia et al. (2015)	Sein et al. (2015)

Tabla 1. Resumen de las simulaciones utilizadas en este trabajo. Se pueden encontrar más detalles sobre las condiciones iniciales del MEDATLAS en Rixen et al. (2005). GCM hace referencia Global Climate Model (Modelo Climático Global)

## 2.2. Tratamiento de datos

Debido a que las variables tienen una diferente resolución espacial (horizontal y/o vertical) en función del modelo (ver Tabla 1), se llevan a cabo una serie de interpolaciones a una malla común de tras la descarga de cada una de ellas:

- Para todas las variables se lleva a cabo una interpolación horizontal a una malla común que tiene una resolución espacial de aproximadamente 10 km. Para llevar a cabo esta bajada de escala, que es necesaria dadas las aplicaciones de servicios climáticos de la herramienta, usamos el paquete de operadores de datos climáticos (**CDO**). En concreto, el operador REMAPDIS, que utiliza 4 valores de origen de forma predeterminada para interpolar el valor de destino. Por lo tanto, el operador REMAPDIS es en realidad la implementación del método de ponderación de distancia inversa (IDW) con 4 puntos de origen y la potencia establecida en 1.

- Las corrientes marinas, además de interpolarse a una malla horizontal común, se **interpolan verticalmente** para tener estas variables disponibles en unos niveles verticales comunes. Para ello se realiza una interpolación lineal mediante el operador **INTLEVEL** a 50, 500 y 1000 metros de profundidad, los niveles verticales que ofrece la herramienta para el caso de las corrientes.

## 2.3. Cálculos realizados

Todos resultados presentados en la herramienta se han calculado utilizando los promedios de los modelos del ensemble (ver Tabla 1). En concreto, los modelos que se han tenido en cuenta para cada caso son:

- **Control (1976-2005):** CNRM-RCSM4, LMDZ-MED, COSMOMED, ROM.
- **Escenario RCP4.5 (2025-2064):** CNRM-RCSM4, LMDZ-MED, ROM.
- **Escenario RCP8.5 (2025-2064):** CNRM-RCSM4, LMDZ-MED, COSMOMED, ROM.

La robustez asociada a los resultados obtenidos se contempla calculando el número de modelos del conjunto que dan un cambio futuro con respecto al periodo control de un determinado signo, en este caso, el número de modelos cuyo cambio futuro (futuro menos control) tiene un signo positivo. Esto quiere decir que, si el conjunto de modelos proyecta un aumento de una determinada variable, cuantos más modelos proyecten un cambio de este signo, más robusta será la señal y viceversa. Si el cambio es negativo, cuanto menor sea el número de modelos que proyectan un aumento, más robusta la señal. Es importante recordar que en el escenario RCP4.5 se utiliza un conjunto de 3 modelos y en el RCP8.5 un conjunto de 4.

A continuación, se describen las variables y postprocesos incluidos en la herramienta, así como la variable de partida y la información calculada para realizar los gráficos disponibles en la herramienta.

### 1. Temperatura máxima del aire:

#### Variable de partida:

- Temperatura máxima diaria del aire a 2 metros (°C).

#### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales para el periodo control (1976-2005) de la temperatura máxima diaria del aire a 2 metros, en °C.
- Cambio estacional y mensual, en °C, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal).
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

### 2. Olas de calor atmosféricas (índice HWF);

#### Variable de partida:

- Temperatura máxima diaria del aire a 2 metros (°C).

### **Información calculada:**

- Promedios estacionales y mensuales (abril-mayo y septiembre-octubre) para el periodo control (1976-2005) del número de días que en dicho periodo temporal cumplen el criterio de ola de calor. Ésta se define como un período de al menos 6 días consecutivos durante los cuales la temperatura máxima diaria está por encima del percentil 90 calculado con el periodo control utilizando una media móvil de 5 días. Los resultados se dan en número de días por periodo. Es importante remarcar que, el número de días de una estación (sumatorio del número de días de los meses correspondientes), es aproximadamente 90, dependiendo de la misma.
- Cambio estacional y mensual, en número de días, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal). Los resultados vienen dados en número de días por periodo.
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

### **3. Días con condiciones de verano:**

#### **Variable de partida:**

- Temperatura máxima diaria del aire a 2 metros (°C).

#### **Información calculada:**

- Promedios estacionales y mensuales (abril-mayo y septiembre-octubre) para el periodo control (1976-2005) del número de días con condiciones de verano en el periodo. Se definen días de verano como aquellos en los que la temperatura diaria máxima del aire a 2 metros supera 25°C. Los resultados se dan en número de días por periodo. Es importante remarcar que, el número de días de una estación (sumatorio del número de días de los meses correspondientes), es aproximadamente 90, dependiendo de la misma.
- Cambio estacional y mensual, en número de días, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal). Los resultados vienen dados en número de días por periodo.
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

### **4. Precipitación acumulada diaria:**

#### **Variable de partida:**

- Precipitación acumulada diaria (mm/día).

#### **Información calculada:**

- Promedios estacionales y mensuales para el periodo control (1976-2005) de la precipitación diaria acumulada, en mm/día.
- Cambio estacional y mensual, en mm/día, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal).
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 5. Precipitación intensa:

### Variable de partida:

- Precipitación acumulada diaria (mm/día).

### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales (abril-mayo y septiembre-octubre) para el periodo control (1976-2005) del % de días que en dicho periodo temporal la precipitación acumulada diaria excede el percentil 90 calculado con el periodo control. Para el calculo del percentil 90 se excluyen los valores de precipitación inferiores a 0.1 mm/día. Los resultados se dan en % de días por periodo.
- Cambio estacional y mensual, en % de días por periodo, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal).
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 6. Humedad relativa del aire:

### Variable de partida:

- Humedad relativa del aire (%).

### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales para el periodo control (1976-2005) de la humedad relativa del aire, en %.
- Cambio estacional y mensual, en partes por unidad (pu), para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal).
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 7. Temperatura de la superficie del mar:

### Variable de partida:

- Temperatura de la superficie del mar (°C).

### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales para el periodo control (1976-2005) de la temperatura de la superficie del mar, en °C.
- Cambio estacional y mensual, en °C, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal).
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 8. Salinidad de la superficie del mar:

### Variable de partida:

- Salinidad de la superficie del mar, unidades prácticas de salinidad (psu).

### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales para el periodo control (1976-2005) de la salinidad de la superficie del mar, en psu.
- Cambio estacional y mensual, en psu, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal).
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 9. Corrientes marinas:

### Variable de partida:

- Componentes u y v de la velocidad de las corrientes marinas de 0 a 1000 m (m/s), ofrecidas a 50, 500 y 1000 m de profundidad.

### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales para el periodo control (1976-2005) de la dirección (flechas) y módulo de la velocidad de las corrientes (colores), en m/s.
- Cambio estacional y mensual para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal) de la dirección y el módulo de la velocidad resultante (m/s) en el futuro.
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 10. Olas de calor marinas:

### Variable de partida:

- Temperatura diaria de la superficie del mar (°C).

### Información calculada:

- Promedios estacionales y mensuales (abril-mayo y septiembre-octubre) para el periodo control (1976-2005) del número de días que en dicho periodo temporal cumplen la condición de ola de calor. Esta se define como un período de al menos 5 días consecutivos durante los cuales la temperatura de la superficie del mar diaria está por encima del percentil 90, calculado con el periodo control utilizando una media móvil de 5 días. Los resultados se dan en número de días con condiciones de ola de calor por periodo. Es importante remarcar que, el número de días de una estación (sumatorio del número de días de los meses correspondientes), es aproximadamente 90, según la estación.

- Cambio estacional y mensual, en número de días con condiciones de olas de calor, para los diferentes periodos futuros con respecto al periodo control (anomalía decadal)
- Robustez de dichos resultados, en número de modelos.

## 3. Acceso a la web del proyecto

Introduzca en su navegador la siguiente dirección para acceder a la web del proyecto, a través de la cual se accede a la herramienta web para la descarga de información climática:

**<https://ecoazul.endesarrollo.com.es/el-proyecto/>**

**La herramienta es libre, por lo que tendrá acceso a todas las funcionalidades de la misma de forma gratuita.**

### 3.1. Pantalla de Inicio

Ésta presenta los elementos que se pueden visualizar en la Imagen 1.

En la **barra superior** se encuentra la información de contacto (número de teléfono y correo electrónico).

En el **lateral superior izquierdo** tenemos el logo del proyecto. Pulsando en él se vuelve a la pantalla de inicio.

En el **lateral superior derecho** encontramos un menú con cuatro botones de navegación: proyecto, herramienta, documentación y contacto. Estos los describiremos en detalle más adelante.

En el **bloque central de la pantalla** se encuentra, en primer lugar, una breve descripción del proyecto y un acceso directo al bloque informativo “proyecto” y, en segundo lugar, un acceso directo a la “herramienta”, desde la cual podremos descargar información.

En la **zona inferior central**, se presenta una sección de noticias relacionadas con el proyecto ECOAZUL-MED.

En el **lateral inferior izquierdo** se encuentra el logo de Kveloce, empresa en la cual se ha realizado el proyecto, así como la información de contacto.

En el **lateral inferior derecho**, tenemos los logos de las entidades financiadoras de este proyecto.

### 3.2. Menú de navegación: proyecto, herramienta, documentación y contacto

En el lateral superior derecho encontramos en menú de navegación los bloques que se describen a continuación:

- **El proyecto:** haciendo clic aquí, accedemos a un bloque informativo sobre el mismo que incluye sus objetivos, una breve descripción de los sectores involucrados, información sobre la señal climática en la zona de estudio, la relevancia de las medidas de adaptación, metodología y el valor añadido del proyecto ECOAZUL-MED frente a otros.

- **Herramienta:** en este caso, accedemos a la herramienta climática desde la que descargar información. Este bloque se describirá posteriormente en detalle en la Sección 3.3. **Antes de proceder a la descarga de datos se recomienda que lea el presente Manual de Usuario en detalle.**
- **Documentación:** permite la descarga de documentación relacionada con el proyecto. En particular, el presente Manual de Usuario, Materiales Divulgativos realizados durante el proyecto (infografías, un documento de recomendaciones políticas, un documento sobre posibles impactos socioeconómicos asociados con las condiciones climáticas derivadas de este estudio) y Materiales Científicos (pósters y resúmenes de comunicaciones presentadas en congresos, artículos científicos).
- **Contacto:** ofrece la posibilidad de ponerse en contacto con los responsables del proyecto para resolver dudas de cualquier índole.



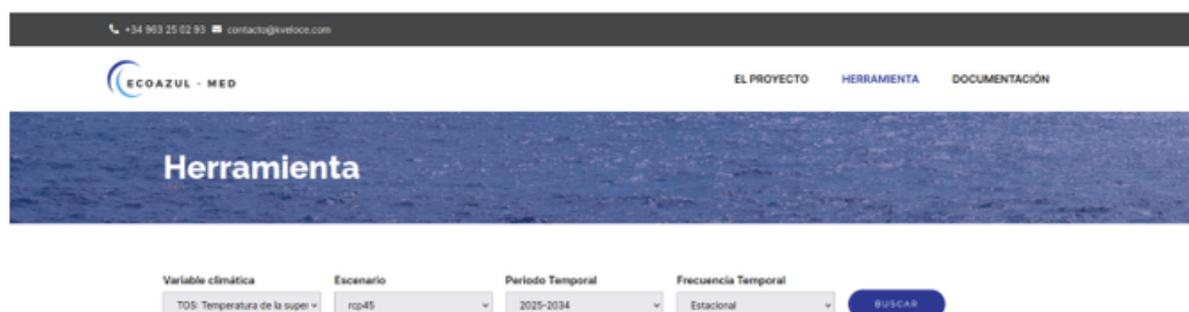
Imagen 1. Configuración de la Pantalla de Inicio

## 3.3. La herramienta

### 3.3.1. Acceso a la herramienta

Para acceder a la misma, debe hacer clic en el botón “HERRAMIENTA” localizado en el lateral superior derecho, o bien, desde la pantalla de inicio, en el botón “IR A LA HERRAMIENTA”.

Aquí aparecerá el siguiente menú:



### 3.3.2. Descarga de información

Aquí el usuario debe, en primer lugar, utilizar los menús desplegables y hacer clic sobre las opciones que desee:

- **Información climática:** temperatura de la superficie del mar, salinidad de la superficie del mar, corrientes marinas, olas de calor marinas, humedad relativa del aire, temperatura máxima del aire a 2 metros, precipitación diaria acumulada, días con condiciones de verano (la máxima diaria excede 25°C), olas de calor atmosféricas.
- **Escenario:** los disponibles son, como se ha mencionado anteriormente, RCP4.5 y RCP8.5.
- **Periodo temporal:** el periodo de interés debe ser decadal y se extiende desde 2025 hasta 2034, siendo las décadas disponibles 2025-2034, 2035-2044, 2045-2054, 2055-2064.
- **Frecuencia temporal:** ésta puede ser estacional o mensual.

A continuación, debe pulsar el botón “CALCULAR”, para proceder a la descarga del gráfico o gráficos correspondiente(s).

Es importante recordar que de forma previa a la descarga e interpretación de gráficos se recomienda leer detalladamente el presente Manual de Usuario. Se puede acceder al mismo pulsando en la opción “Ver Manual de Usuario”.

### 3.3.3. Interpretación de los gráficos descargados

A continuación, se explica la estructura, así como contenido de los gráficos, en función de si su frecuencia es estacional o mensual.

- **Frecuencia estacional:** en este caso, el gráfico tendrá una estructura como la que se muestra a continuación en la Figura 1.

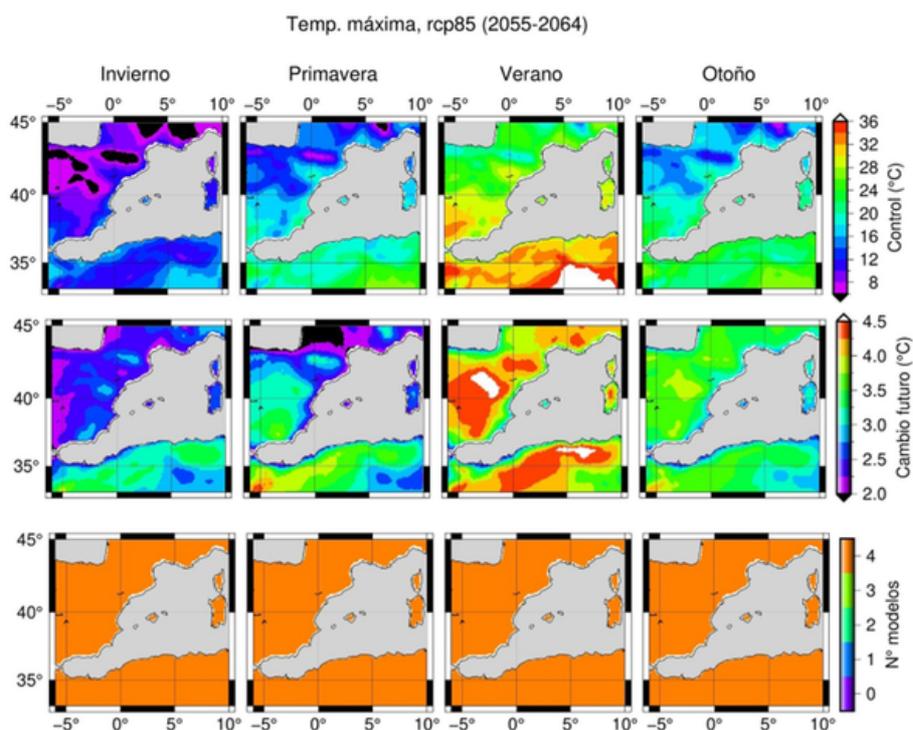


Figura 1. Disposición de elementos en un gráfico con información estacional de la temperatura máxima del aire a 2 metros

La Figura 1 muestra, para el escenario RCP8.5: En la primera fila, el **promedio estacional** de la temperatura máxima del aire a 2 metros, en °C, para el periodo **control (1976-2005)**. En la segunda fila, el **cambio estacional futuro** de la temperatura máxima del aire a 2 metros, en °C, para la década 2055-2064 con respecto al periodo control (valor futuro menos valor control), donde un signo positivo indica un aumento futuro de la temperatura. En la tercera fila, se presenta el **número de modelos del conjunto que proyectan un cambio de signo positivo**. En los gráficos estacionales, el invierno viene definido por los meses de diciembre, enero y febrero; primavera por marzo, abril y mayo; verano por junio, julio y agosto; otoño por septiembre, octubre y noviembre.

Es importante tener en cuenta que la totalidad de los cálculos realizados se han llevado a cabo teniendo en cuenta el conjunto de modelos mencionados en la Tabla 1 (**en el escenario RCP4.5 son 3 y en el RCP8.5 son 4**). En este caso, por lo tanto, el color naranja extendido en toda la zona de interés nos indica que todos los modelos (los 4 modelos del conjunto) proyectan un aumento de la temperatura máxima del aire a 2 metros, independientemente de la estación, por lo que el incremento proyectado es robusto. En el caso en que haya un descenso en los valores futuros en alguna variable climática, los resultados serán más robustos cuanto menor sea el número de modelos que proyectan un aumento y el acuerdo será máximo cuando, en este caso, ningún modelo proyecte un aumento (número de modelos en el gráfico sea igual a 0).

- Frecuencia mensual: en este caso, el gráfico tendrá una estructura como la que se muestra a continuación en la Figura 2.

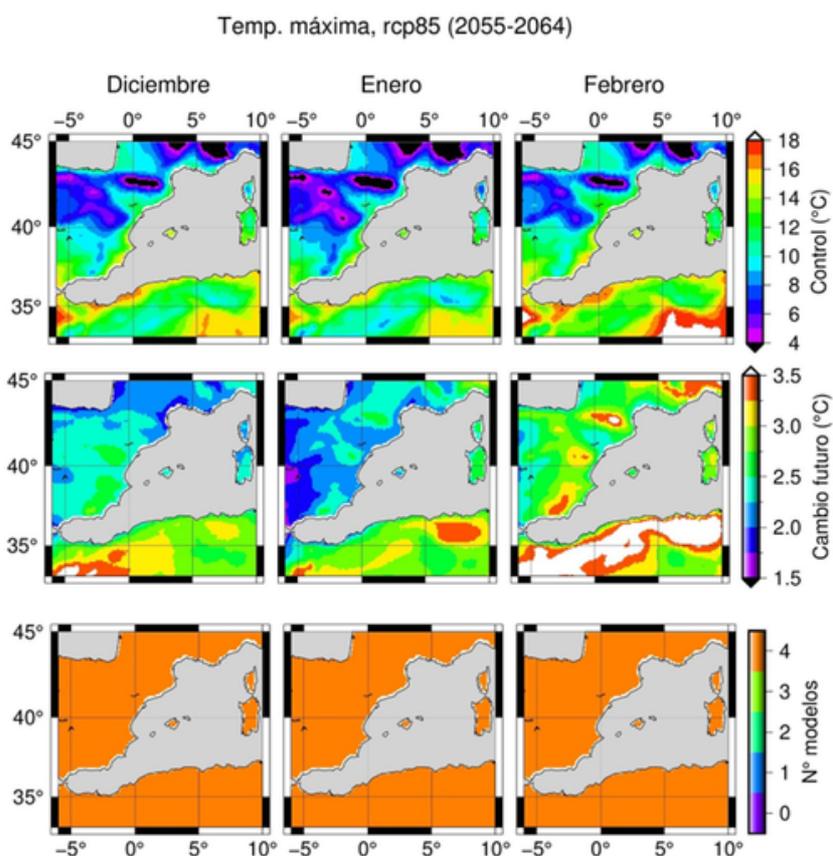


Figura 2. Disposición de elementos en un gráfico con información mensual relativa a la temperatura máxima del aire a 2 metros para los meses de invierno

La Figura 2 es equivalente a la Figura 1, pero con valores calculados para los meses de invierno (diciembre, enero y febrero). El usuario puede acceder también a los datos de los meses de invierno (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril y mayo), verano (junio, julio y agosto) y otoño (septiembre, octubre y noviembre), tal y como se muestra en las Figuras 3, 4 y 5, que se presentan a continuación.

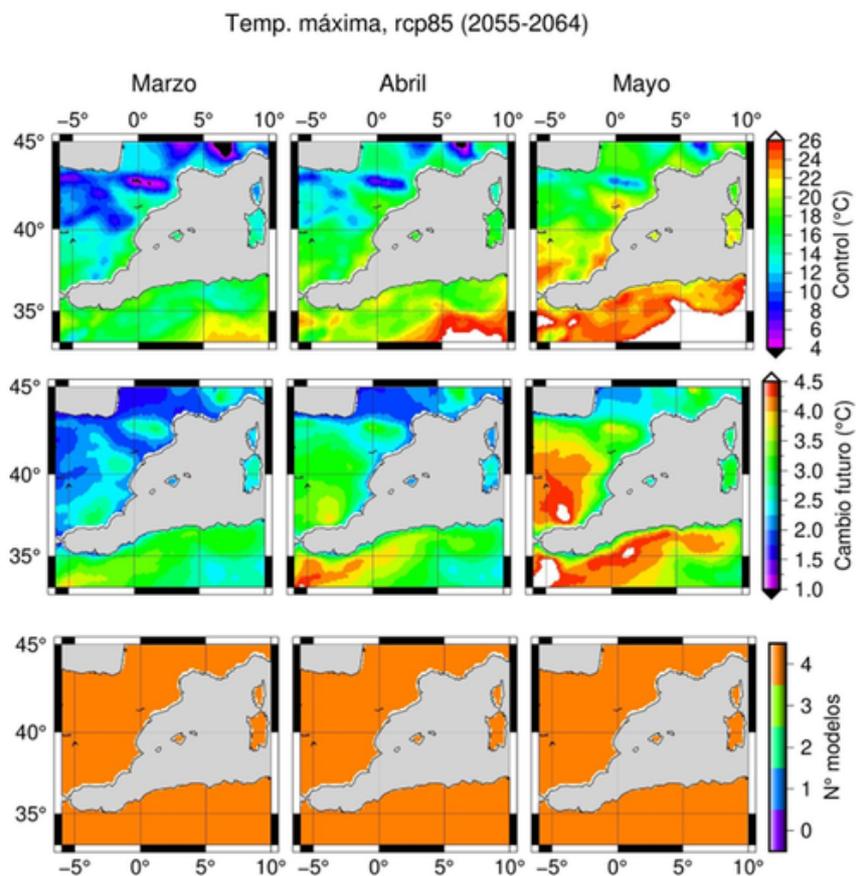


Figura 3. Disposición de elementos en un gráfico con información mensual relativa a la temperatura máxima del aire a 2 metros para los meses de primavera

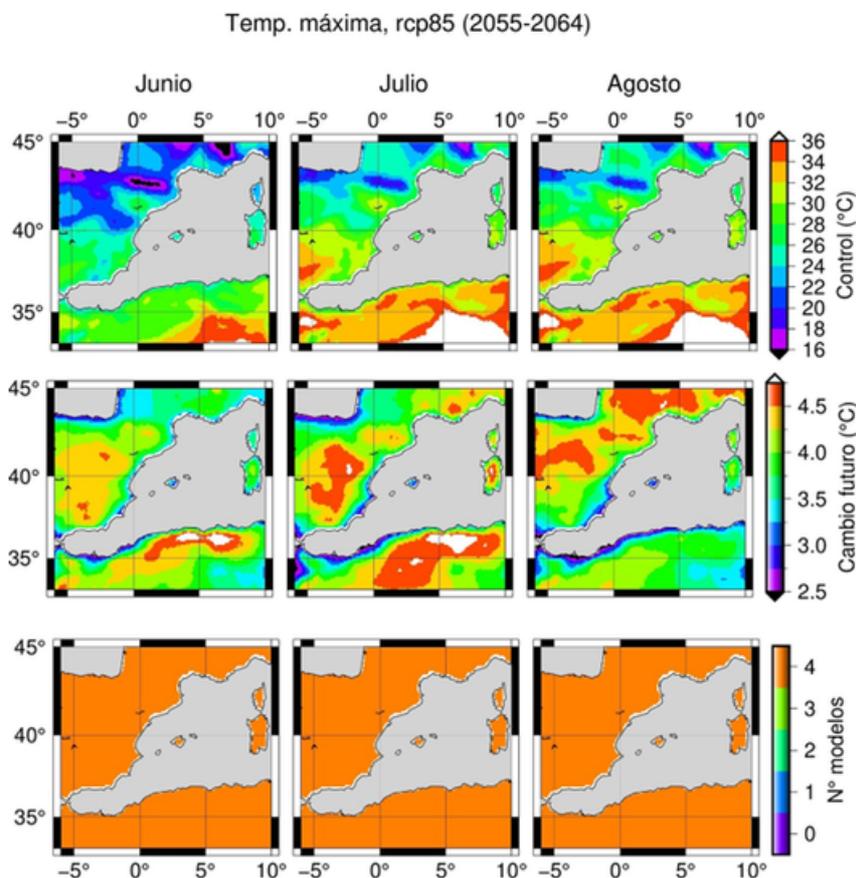


Figura 4. Disposición de elementos en un gráfico con información mensual relativa a la temperatura máxima del aire a 2 metros para los meses de verano

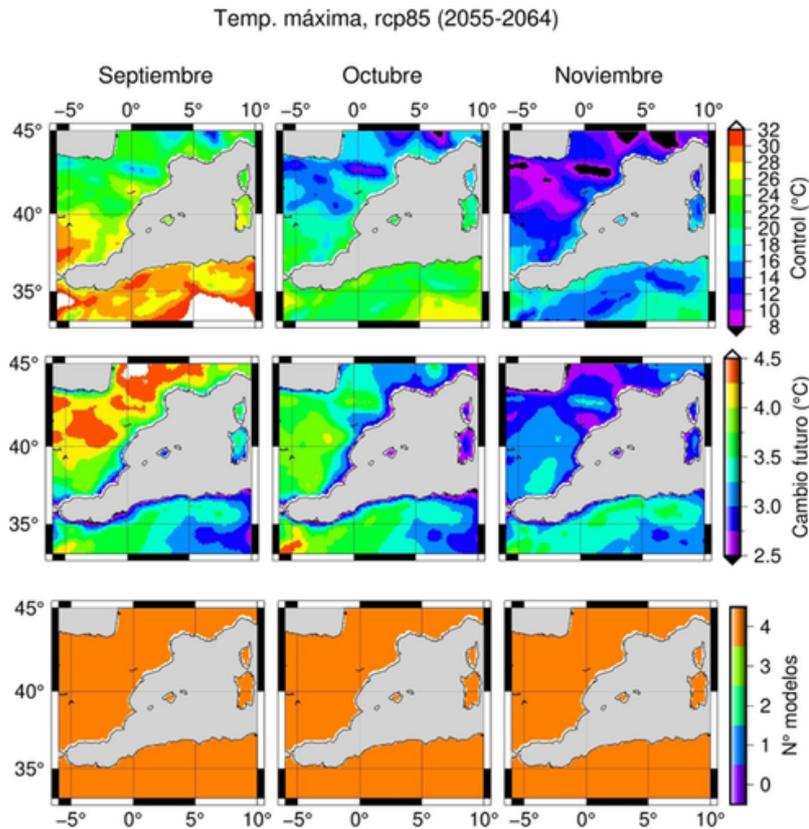


Figura 5. Disposición de elementos en un gráfico con información mensual relativa a la temperatura máxima del aire a 2 metros para los meses de otoño

### 3.3.4. Consideraciones importantes

#### Escalas de color

Algunas escalas de color localizadas en los gráficos tienen los extremos triangulares coloreados. Esto indica que los valores que queden fuera de los límites superior e inferior de dicha escala, respectivamente, aparecerán en el gráfico con el tono en el que está coloreado el triángulo del extremo correspondiente.

#### Corrientes

Para las corrientes, en el caso estacional, la figura 6 muestra, para el escenario RCP8.5 y la profundidad escogida (50 m): En la primera fila, el promedio estacional del módulo de la velocidad de las corrientes (colores, m/s) y su dirección (flechas) para el periodo control (1976-2005). En la segunda fila, el cambio estacional futuro del módulo de la velocidad para la década 2055-2064 con respecto al control (m/s) y la dirección de las corrientes en dicha década (no su cambio). En la tercera fila, se presenta el número de modelos del conjunto que proyectan un cambio de signo positivo (aumento) del módulo de la velocidad en el futuro. En este caso, en las zonas (fundamentalmente costeras) en las que el módulo de la velocidad descende en el futuro y hay una ralentización de las mismas, los resultados presentados serán más robustos cuanto menor sea el número de modelos que proyectan un aumento. En estas áreas, en su mayoría proyectan un aumento un modelo o ninguno de ellos. Esta misma estructura se aplica a los gráficos con datos mensuales.

Aunque las flechas se han añadido para indicar la dirección de la corriente, su longitud es proporcional a la velocidad de la corriente. El escalado de las corrientes se ha realizado con el mismo criterio para cada profundidad concreta (50 m, 500 m, 1000 m). Esto quiere decir que la longitud de las flechas es comparable entre escenarios, meses y estaciones - siempre y cuando se haga para una misma profundidad.

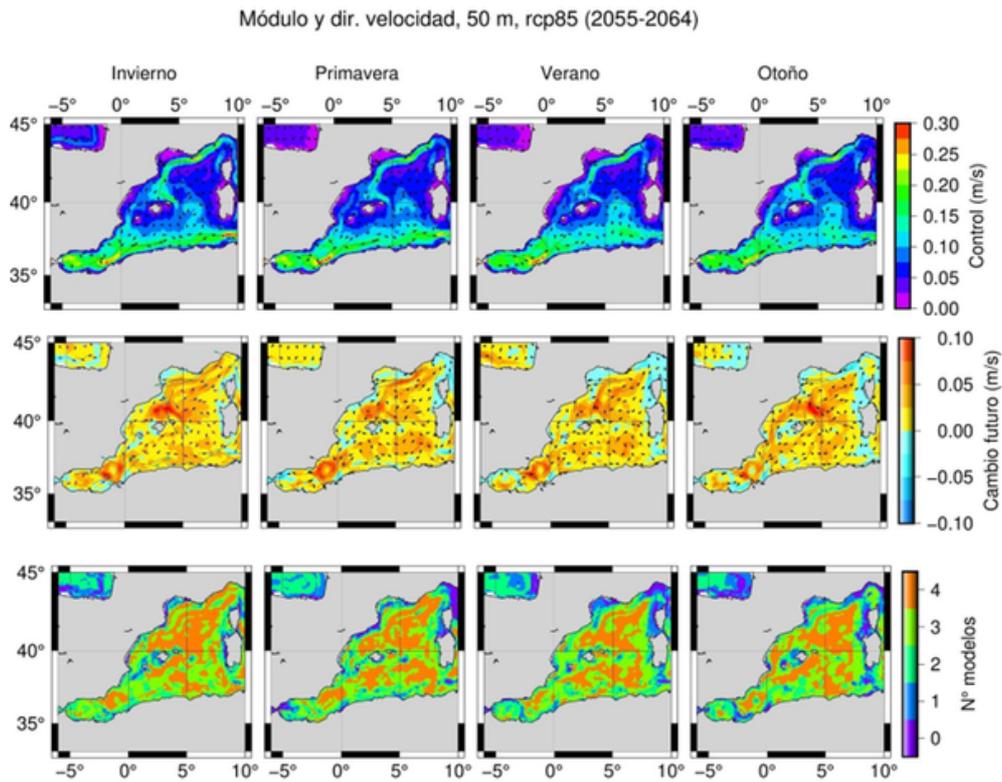


Figura 6. Disposición de elementos en un gráfico con información estacional relativa al módulo y velocidad de las corrientes a 50 m de profundidad

## Número de días con condiciones de verano, precipitación intensa y olas de calor

Es importante tener en cuenta que, para el número de días con condiciones de verano, precipitación intensa y olas de calor (tanto atmosféricas como marinas), se pueden descargar datos con frecuencia estacional y, en el caso de la frecuencia mensual, se dispone de gráficos en los que se muestran valores para los meses de abril-mayo y septiembre-octubre, tal y como se muestra en la Figura 7. Esto se debe a que esta información cobra una especial relevancia en los meses adyacentes al verano, por lo que el foco se pone en ellos.

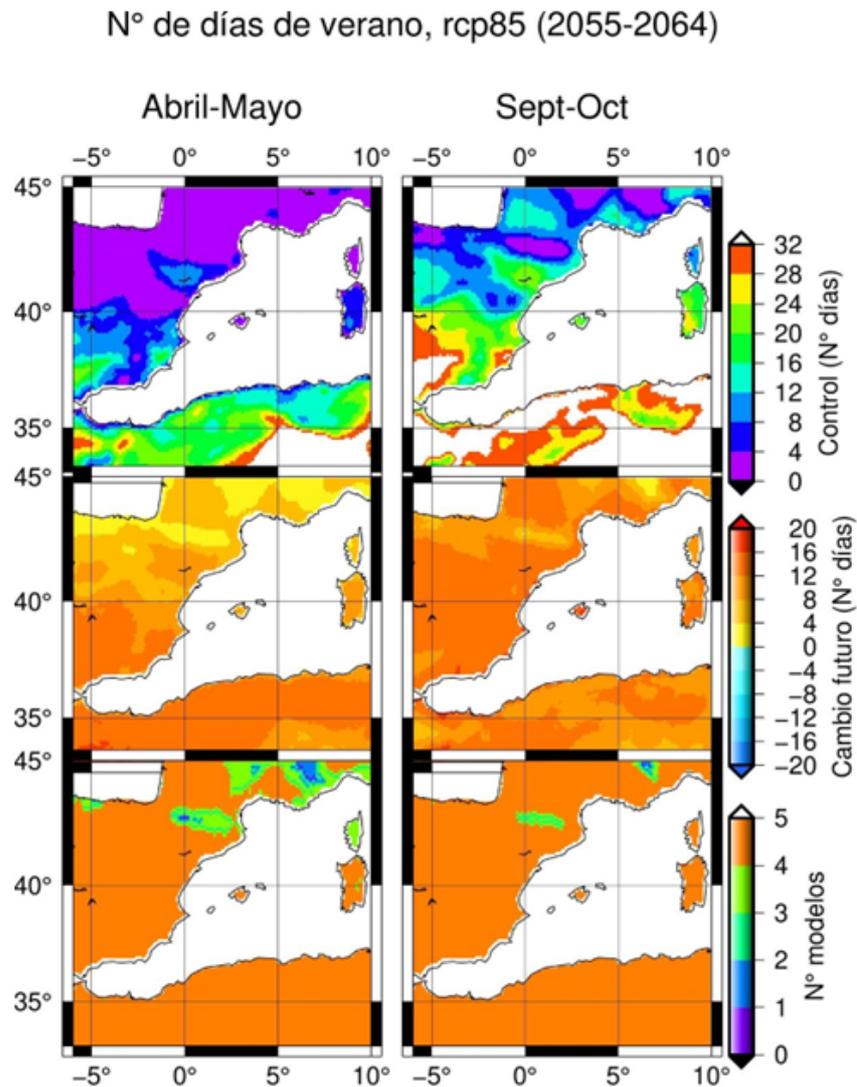


Figura 7. Disposición de elementos en un gráfico con información mensual relativa a los meses de abril-mayo y septiembre octubre, respectivamente

De forma similar a los casos anteriores, esta figura muestra, para el escenario RCP8.5: En la primera fila, el promedio estacional (abril-mayo y septiembre octubre, respectivamente) del número de días con condiciones de verano para el periodo control (1976-2005). En la segunda fila, el cambio estacional futuro para la década 2055-2064 relativo al periodo control. En la tercera fila, se presenta el número de modelos del conjunto que proyectan un cambio de signo positivo.

A continuación, en las Figuras 8, 9 y 10 se muestran los gráficos equivalentes para la precipitación intensa, olas de calor atmosféricas y marinas.

### Precipitación intensa, rcp85 (2055-2064)

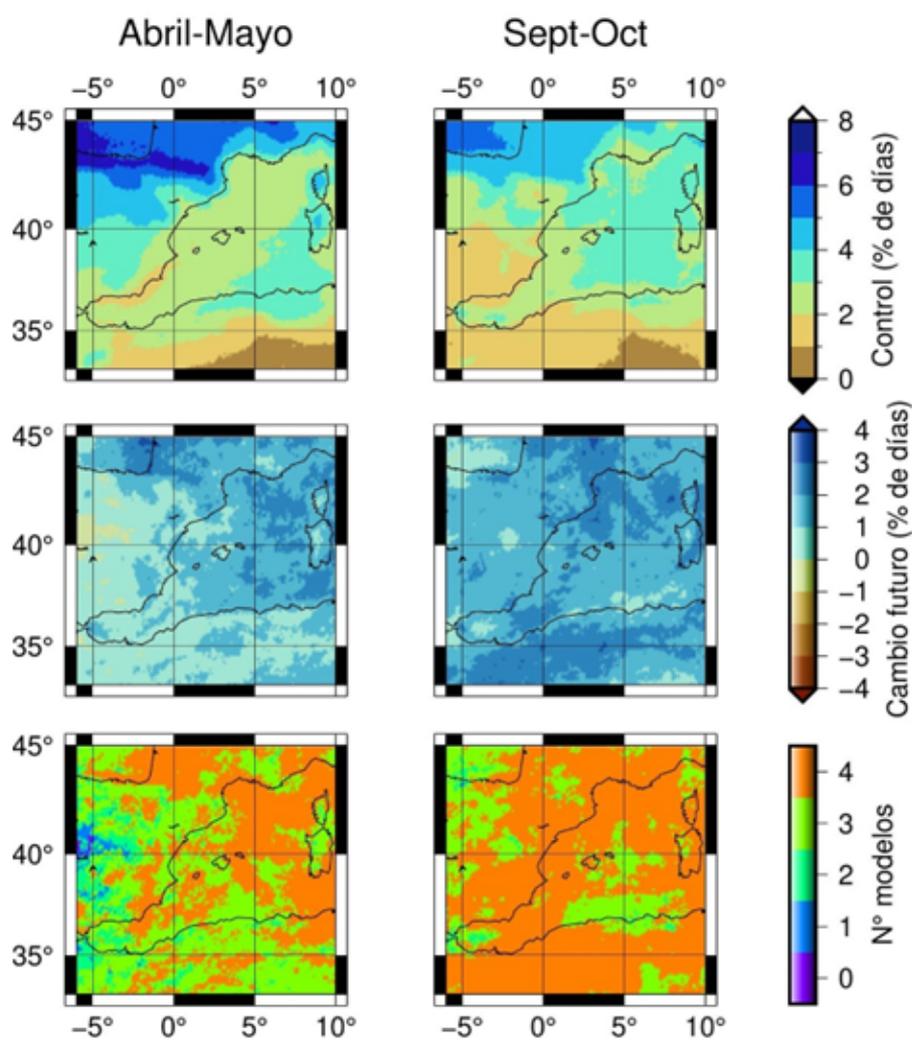


Figura 8. Equivalente a la Figura 7, pero para el caso del número de días con precipitación intensa

## Días de ola de calor, rcp85 (2055-2064)

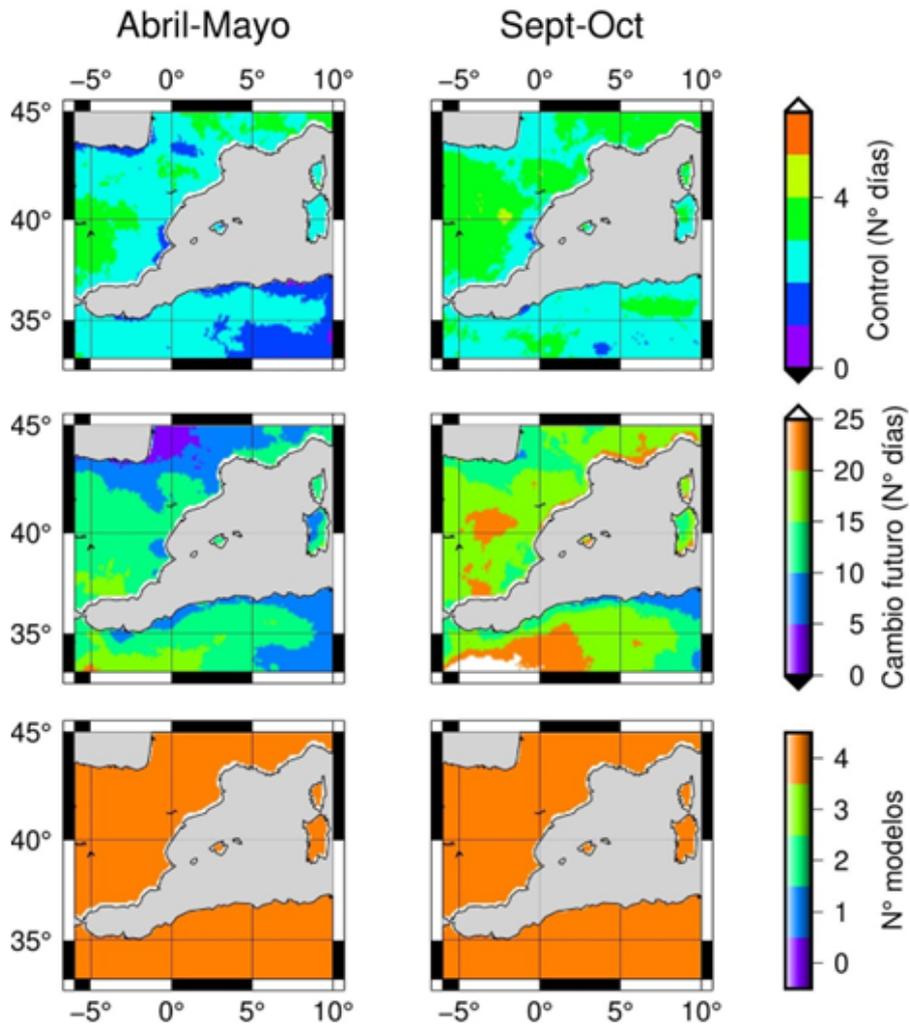


Figura 9. Equivalente a la Figura 7, pero para el caso del número de días de olas de calor atmosféricas

## Días de ola de calor, rcp85 (2055-2064)

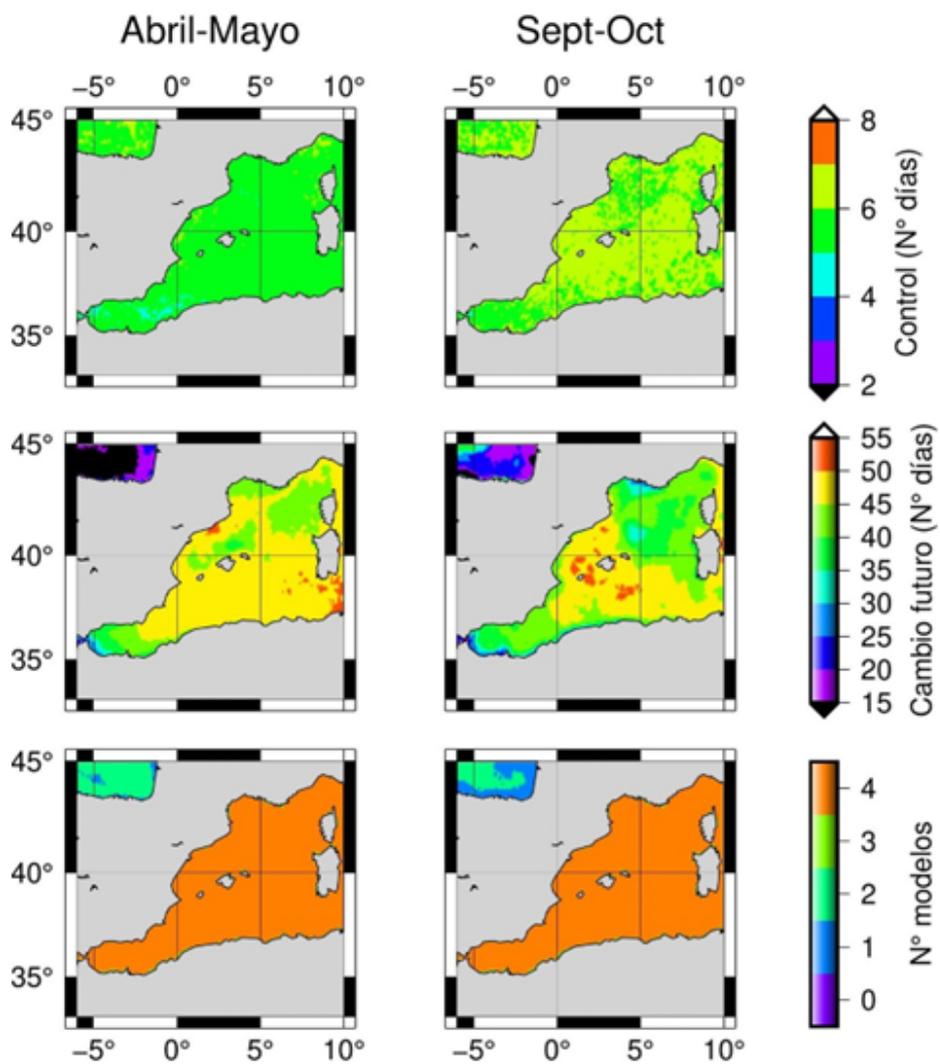


Figura 10. Equivalente a la Figura 7, pero para el caso de las olas de calor marinas

## 4. Glosario de términos y abreviaturas

- **CMIP5:** Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (<https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip5>).
- **Día con condiciones de verano:** aquel en el que la temperatura máxima diaria supera los 25°C.
- **IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change): El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.
- **Olas de calor atmosféricas** (HWFI; heat wave frequency index): una ola de calor se define como el periodo de al menos 6 días consecutivos en los que la máxima temperatura diaria excede el percentil 90 de la temperatura máxima.
- **Olas de calor marina:** período de al menos 5 días consecutivos durante los cuales la temperatura de la superficie del mar diaria está por encima del percentil 90.
- **Precipitación intensa:** se considera que se ocurre cuando la precipitación diaria supera el percentil 90 de precipitación diaria calculado para un periodo de referencia.
- **RCP (Representative Concentration Pathway):** hace referencia a las diferentes posibilidades de evolución de la concentración de gases de efecto invernadero adoptada por el IPCC (VER Figura 1G). Las posibilidades de evolución describen distintos futuros climáticos, todos ellos considerados posibles en función de las emisiones de gases de efecto invernadero en los próximos años.

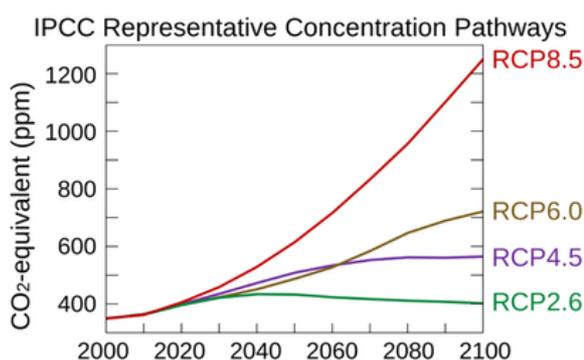


Figura 1S. Evolución de la concentración de CO<sub>2</sub> equivalente, en ppm, para los diferentes escenarios de emisiones hasta 2100.

## 5. Referencias

Cavicchia, L., Gualdi, S., Sanna, A., Oddo, P. et al., 2015. The regional ocean-atmosphere coupled model COSMO-NEMO\_MFS. CMCC Research Paper, RP0254.

Darmaraki, S., Somot, S., Sevault, F., Nabat, P., Narvaez, W. D. C., Cavicchia, L., Djurdjevic, V., Li, L., Sannino, G., Sein, D.V. (2019) Future evolution of marine heatwaves in the Mediterranean Sea. *Climate Dynamics*, 53(3), 1371-1392. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04661-z>.

Giorgi, F. (2006) Climate Change Hot-Spots. *Geophysical Research Letters*, 33(8). <https://doi.org/10.1029/2006GL025734>

González-Alemán, J.J., Pascale, S., Gutierrez-Fernandez, J., Murakami, H., Gaertner, M.A., Vecchi, G.A. (2019) Potential increase in hazard from Mediterranean hurricane activity with global warming. *Geophysical Research Letters*, 46(3), 1754-1764. <https://doi.org/10.1029/2018GL081253>.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

L'Hévéder, B., Li, L., Sevault, F., Somot, S., 2013. Interannual variability of deep convection in the Northwestern Mediterranean simulated with a coupled AORCM. *Clim. Dyn.* 41(3–4), 937–960. <https://doi.org/10.1007/s00382-009-0691-8>.

Rixen, M., Beckers, J.M., Levitus, S., Antonov, J., Boyer, T., Maillard, C, Fichaut, M., Balopoulos, E., Iona, S., Dooley, H. et al., 2005. The Western Mediterranean Deep Water: a proxy for climate change. *Geophys. Res. Lett.* 32(12). <https://doi.org/10.1029/2005GL022702>.

Sein, D.V., Mikolajewicz, U., Gröger, M., Fast, I., Cabos, W., Pinto, J.G., Hagemann, S., Semmler, T., Izquierdo, A., Jacob, D., 2015. Regionally coupled atmosphere-ocean-sea ice-marine biogeochemistry model ROM: 1. description and validation. *J. Adv. Model Earth Syst.* 7, 268–304. <https://doi.org/10.1002/2014MS000357>.

Sevault, F., Somot, S., Alias, A., Dubois, C., Lebeaupin-Brossier, C., Nabat, P., Adloff, F., Déqué, M., Decharme, B., 2014. A fully coupled Mediterranean regional climate system model: design and evaluation of the ocean component for the 1980–2012 period. *Tellus A: Dyn. Meteorol. Oceanogr.* 66, 23967. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v66.23967>.

## Financiación

Esta publicación es parte de la ayuda PTQ2020-011287, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR

# Agradecimientos

Agradecemos a las siguientes personas e instituciones su esfuerzo para compartir con nosotros los resultados de las simulaciones utilizadas para la generación de los gráficos ofrecidos en esta herramienta: Florence Sevault (CNRM), Laurent Li (Laboratoire de Météorologie Dynamique, IPSL), Giovanni Zizzi (Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, CMCC) y Dmitry Sein (Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, AWI).

Los cálculos aquí presentados se han llevado a cabo con CDO y las figuras con GMT. Damos las gracias a Paul Meijer por su ayuda con la utilización de GMT. También al equipo Kveloce por su apoyo durante todo el proyecto y a William Cabos y Claudia Gutiérrez por su consejo y ayuda en el procesado de datos.

También damos las gracias a Rubén Vázquez, por su ayuda con la generación de algunos ficheros utilizados para hacer comprobaciones sobre los datos. También, por supuesto, agradecemos la colaboración de todas aquellas personas e instituciones que han participado en las actividades participativas que hemos llevado a cabo durante el proyecto.

