

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN PUERTOS

CUADERNILLO II
**EFFECTOS DEL
CAMBIO CLIMÁTICO**



CONTENIDO

1. PROYECTO ECCLIPSE: VISIÓN GENERAL

2. EFECTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN VALENCIA

2.1. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA

2.2. EVOLUCIÓN DE LAS OLAS DE CALOR

2.3. EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

2.4. EVOLUCIÓN DEL VIENTO

2.5. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE
DEL AGUA DEL MAR (SST)

2.6. EVOLUCIÓN DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

2.7. EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE (H_s)

3. RESULTADOS DEL OLEAJE EN VALENCIA

1. PROYECTO ECCLIPSE: VISIÓN GENERAL

EVALUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN PUERTOS DEL SUDOESTE DE EUROPA

El OBJETIVO GENERAL del proyecto es **analizar el impacto del cambio climático en puertos** del espacio SUDOE y **desarrollar herramientas y modelos de predicción temprana** que les permitan **desarrollar estrategias de prevención y actuación** para hacer frente a las amenazas derivadas del cambio climático.

Financiado por:



Presupuesto: 1.045.253 €

Financiación: 783.940 €

Plazo: 36 meses del 01/10/2019 al 30/04/2023

Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

Antecedentes:

Área Mediterránea
Puerto de Valencia
Gran puerto europeo
Parámetros críticos: - Olas de calor - Tormentas - Vientos

Área Atlántica
Puerto de Aveiro
Puerto en estuario
Parámetros críticos: - Olas de calor - Corrientes

Área Cantábrica
Puerto de Burdeos
Puerto fluvial en estuario
Parámetros críticos: - Nivel del mar - Precipitaciones (sequías, avenidas)

Coordinado por:



Socios:



Asociado:



2. EFECTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN VALENCIA

Para poder evaluar los efectos del cambio climático en nuestro entorno necesitamos hacer uso de modelos climáticos que nos faciliten la evolución esperada de las variables meteorológicas en el futuro. Sin embargo, las predicciones de los modelos climáticos actuales cubren zonas geográficas demasiado grandes como para que puedan ser útiles en la toma de decisiones, lo que hace necesario desarrollar modelos a escala local que permitan conocer con mucha más precisión las variaciones de cada una de las variables y tomar decisiones más ajustadas a la realidad climática que se puede esperar, por ejemplo, en las costas valencianas.

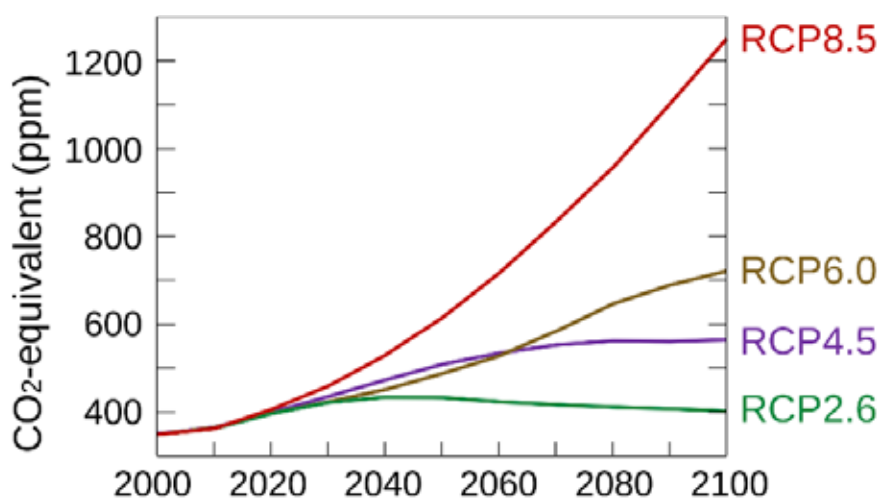


Ilustración 1 Representative Concentration Pathways IPCC5

En ECCLIPSE se han desarrollado modelos climáticos para Valencia, Sagunto y Gandía en los escenarios (Representative Concentration Pathways-RCP) RCP 4.5 y RCP 8.5, los cuales implican mayor o menor emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En este sentido, se puede considerar que el RCP 4.5 (más optimista) ya se ha superado en la actualidad, por lo que se recomienda prestar mayor atención al RCP 8.5. Las proyecciones de valores representadas en forma de pluma, incluyen la mediana (valor intermedio) como trazo grueso, y la incertidumbre que asumen los diferentes modelos. La incertidumbre se puede evaluar en los gráficos en su extremo como la línea más fina que flanquea la línea gruesa central de cada color.



2.1. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA



La Comunitat Valenciana es una región costera del Mar Mediterráneo, y como tal disfruta del clima mediterráneo asociado, con temperaturas suaves todo el año gracias al papel del mar, y precipitaciones irregulares e intensas. La evolución de las temperaturas máxima y mínima está muy ligada a la influencia marina a lo largo del año, que su vez se ve influenciada por el viento, determinado por la temperatura marina y las situaciones atmosféricas a gran escala. El papel del viento es determinante más aún si cabe en la zona costera de los tres puertos. Los cambios futuros en las situaciones que lo originan son clave para entender los resultados.

La brisa es un mecanismo refrigerador que aparece para igualar la temperatura entre dos zonas, en este caso tierra y mar. Su dirección suele ser de SE en el golfo, lo que hace que València por ejemplo suela gozar del efecto refrescante de las brisas marítimas a diferencia de otras zonas del sur como Alzira o Xàtiva, más escondidas tras el relieve. Los residentes costeros de València conocen que la brisa que entra en mayo no es la misma que entra en agosto, más cálida y húmeda y que no refresca apenas. Esto es así porque la diferencia de temperatura entre la tierra y el mar es menor según éste se va calentando. Un mar futuro cada vez más cálido y por más tiempo hará que la brisa sea más débil, facilitando que los episodios de calor sean más largos e intensos.

Los resultados para las temperaturas máximas muestran de forma evidente y significativa un ascenso sostenido y acentuado en los valores termométricos a lo largo de las próximas décadas. En el escenario más probable, el RCP 8.5, se espera que a finales de año la temperatura media anual en las máximas haya aumentado hasta en 4°C, con unas notables consecuencias en cuanto a disconfort térmico.

Estos incrementos se encuentran perfectamente en consonancia con el aumento de la temperatura del mar Mediterráneo ya observada y prevista, y comentada más adelante. En el contexto de cambio climático cabe esperar que siga en esta misma línea o incluso con un ritmo de calentamiento mayor.

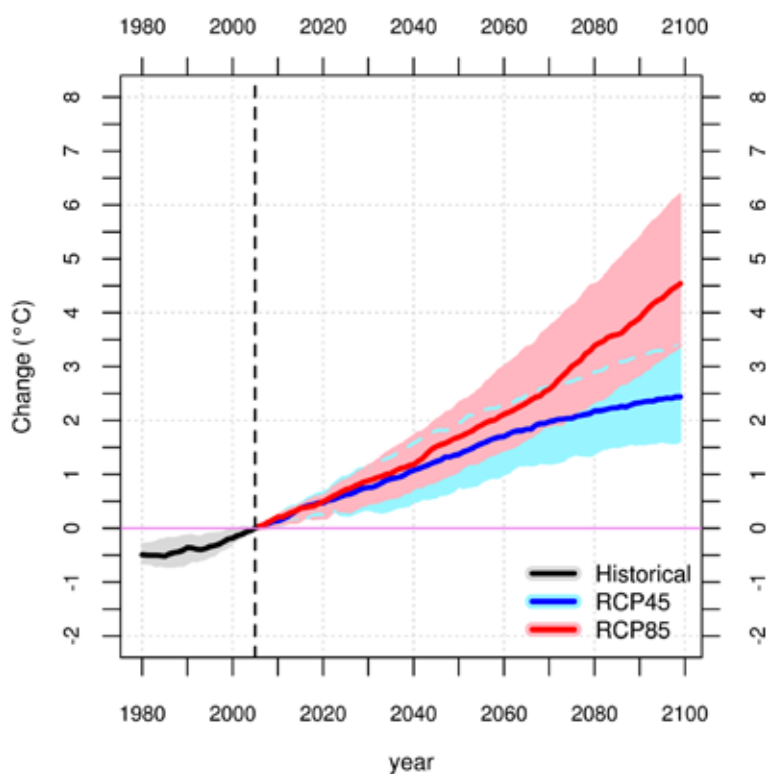


Ilustración 2 Evolución prevista de la temperatura máxima

2.2. EVOLUCIÓN DE LAS OLAS DE CALOR

¿QUÉ SON LAS OLAS DE CALOR Y SUS CONSECUENCIAS?



Para la AEMet se establece como “Ola de calor” en una zona un episodio de al menos tres días consecutivos donde, como mínimo, el 10% de las estaciones registran máximas superiores al 95% de todas las máximas registradas en los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000.

Para que se establezca una ola de calor debemos sufrir situaciones de calor excepcional, normalmente originadas por la configuración atmosférica y reforzada por la larga e intensa insolación veraniega, a veces agravadas por factores locales como el viento y su interacción con el relieve.

Por todo ello, y siguiendo a la tendencia de calentamiento general ya comentada, como se aprecia en los gráficos que describen las proyecciones climáticas, se espera tanto un aumento del número de olas de calor al año como de la temperatura máxima durante las mismas.

2.2. EVOLUCIÓN DE LAS OLAS DE CALOR

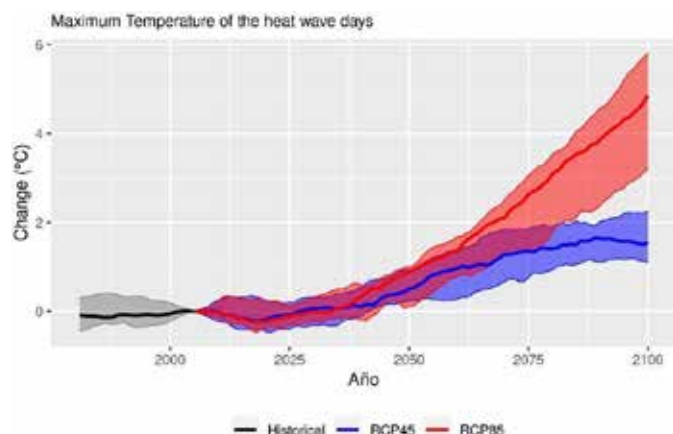


Ilustración 3 Intensidad de olas de calor

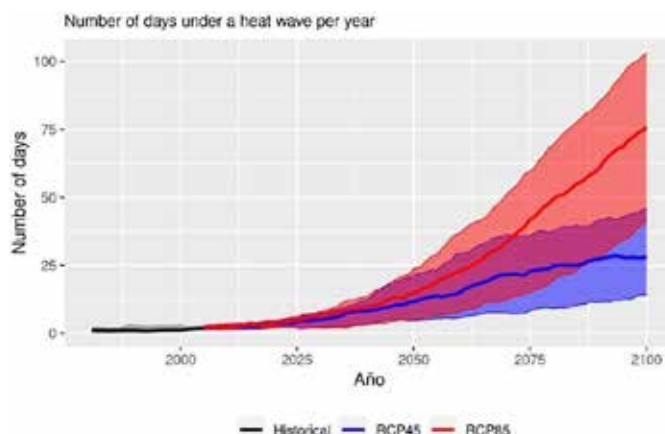


Ilustración 4 Duración de las olas de calor

En el caso de la intensidad de las olas de calor (gráfico izquierdo), los valores máximos de temperatura esperados durante los picos de las olas de calor en el Puerto de València podrían, en el escenario RCP 8.5, llegar a ascender hasta 5°C (por encima de 40°C) en 2100 desde los valores históricos.

En el gráfico derecho se cuantifica la duración en número de días en los que se esperan anualmente olas de calor en la zona. Así, para el escenario más probable, pasa de los 3-5 días de ola de calor que se vienen produciendo a principios de siglo hasta los más de 40 días del escenario más probable para finales de siglo, siendo el aumento más notorio a partir de mediados de siglo.

Así mismo, se puede observar en el gráfico lateral cómo la frecuencia de eventos de ola de calor también aumentará, pudiéndose pasar desde los 0,5 eventos anuales históricos hasta los 4 eventos de mediana según el escenario más probable a finales de siglo.

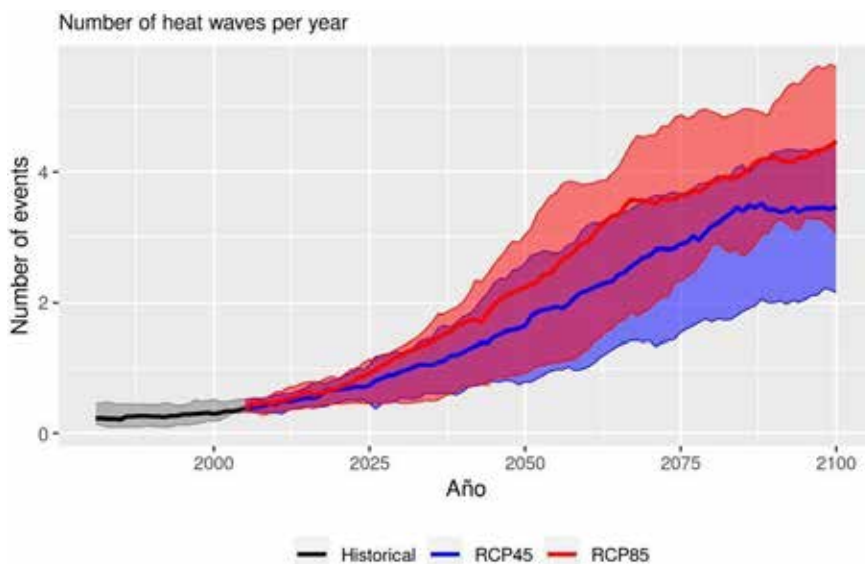


Ilustración 5 Frecuencia de eventos de ola de calor

La interpretación práctica de estos gráficos se puede resumir en que, con muy alta probabilidad, las temperaturas irán subiendo a lo largo de todo el siglo, ayudando a que la intensidad, duración y frecuencia de las olas de calor sea mucho mayor, sobre todo en la segunda mitad del siglo, con todas las implicaciones prácticas que ello conlleva. Estas son fundamentalmente la incompatibilidad con el confort térmico para llevar a cabo las tareas cotidianas al aire libre, aumento considerable del consumo energético, y la inversión energética y de equipamiento en interiores para mantener las temperaturas en unos rangos más confortables.

2.3. EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

El régimen de precipitaciones en València es el propio del clima Mediterráneo, con una marcada estación seca, como es el verano, y unas precipitaciones más presentes en otoño y primavera, aunque muy concentradas en pocos días al año y alcanzando intensidad fuerte o torrencial en dichos días. Esto es debido a la posición en la que se encuentra la región respecto a la circulación general atmosférica y frente a la costa del cálido Mediterráneo. En estas latitudes los vientos predominantes son de componente poniente, sin apenas precipitaciones, y durante el verano toda la Península Ibérica se encuentra bajo el influjo del Anticiclón de las Azores con largos episodios de estabilidad y ausencia de precipitaciones. Sin embargo, a veces la circulación favorece un régimen de vientos marítimos (levante) y que haya cierta inestabilidad, generando la aparición de lluvias. Cuanta más energía tenga la atmósfera a su disposición, entornos más cálidos y húmedos, más capacidad tendrá de precipitar lluvia en cortos espacios de tiempo.



Lo que se observa en las proyecciones climáticas es que este comportamiento típicamente mediterráneo tenderá a agudizarse, incrementándose la duración de los periodos de anticiclón subtropical de verano, y por lo tanto de ausencia de lluvia. Además, aumentará la intensidad de las precipitaciones en los días de lluvia por el incremento de la temperatura del mar Mediterráneo. Ambos extremos podrán incrementar los problemas tanto de escasez como de exceso de agua a lo largo de las próximas décadas.



*Se espera una disminución del número de días de lluvia,
al tiempo que las lluvias torrenciales aumentarán.*

2.3. EVOLUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

La gráfica inferior izquierda analiza la evolución prevista de los cambios porcentuales de la cantidad de precipitación caída a lo largo de las próximas décadas. Pese a la disminución de días de lluvia, el aumento de intensidad de las mismas se prevé que pueda compensar el total anual registrado. Aún y así el aprovechamiento y almacenamiento del agua caída de una forma aún más irregular y súbita será más complicado de conseguir.

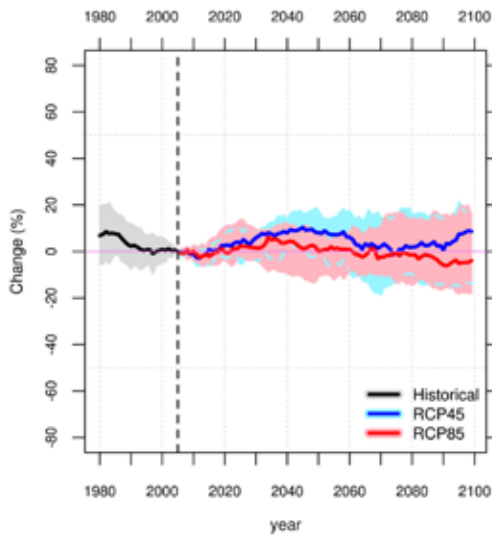


Ilustración 6 Evolución cantidad de precipitación anual

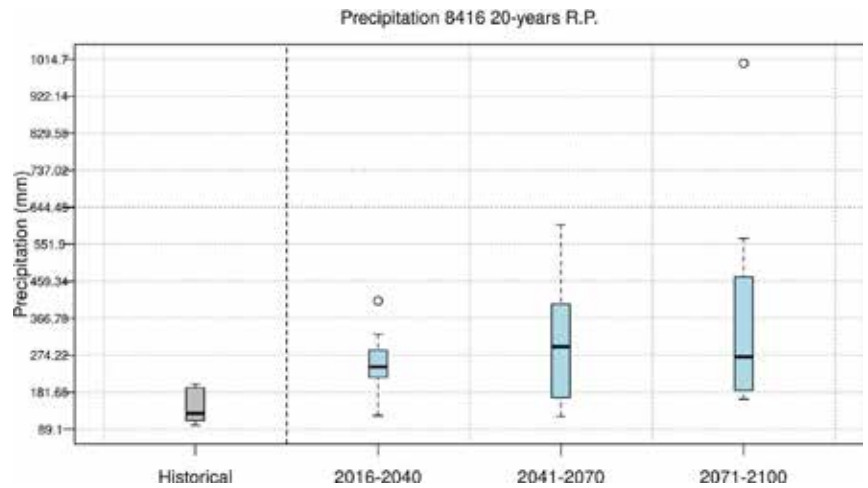


Ilustración 7 Evolución de la precipitación prevista en 24 horas

En la gráfica superior derecha, podemos cuantificar la evolución de las cantidades de precipitación para episodios de 24h. Así pasamos de que para un periodo de retorno de 20 años la mediana se sitúa de alrededor de los 100mm, según los datos históricos, al entorno de los 250mm a partir de la década del 2040.



2.4. EVOLUCIÓN DEL VIENTO

Como podemos interpretar del gráfico superior derecho, los resultados obtenidos con los modelos climáticos respecto a la evolución del viento en las próximas décadas no arrojan una tendencia clara hacia grandes variaciones en cuanto a las rachas de viento medias anuales.

Basándonos en los gráficos inferiores podemos observar que tanto el viento medio como las rachas de viento para periodos de retorno de 20 años, se mantendrán o bajarán muy ligeramente durante las próximas décadas, esperándose valores en el orden de los 50-60km/h para el viento medio y 70/80km/h para las rachas.

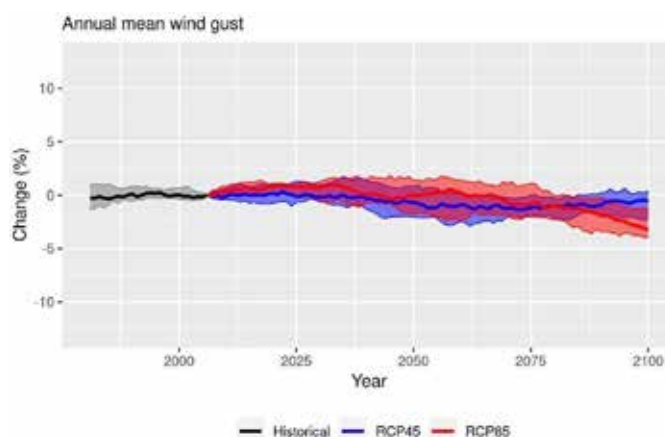


Ilustración 8 Variación de las rachas de viento

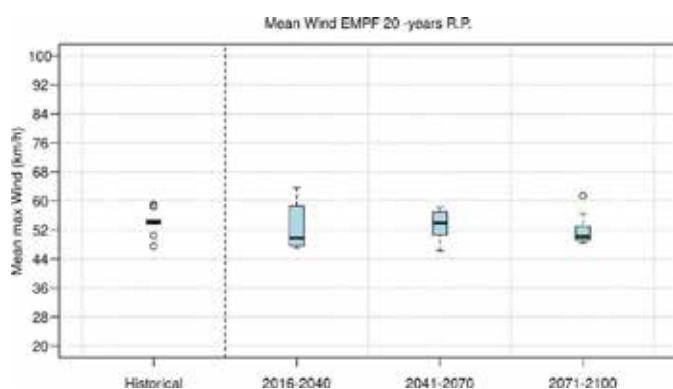


Ilustración 9 Evolución de la velocidad media del viento

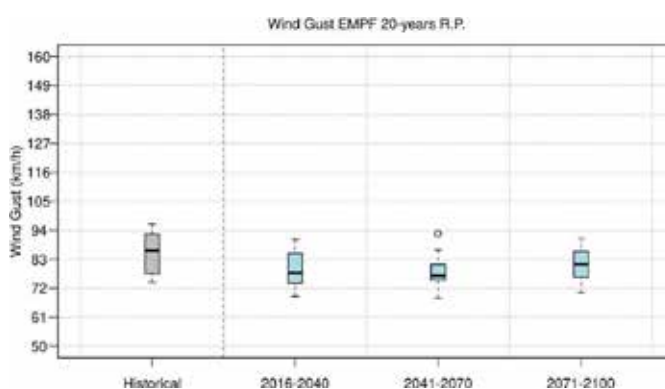


Ilustración 10 Evolución de la velocidad de las rachas de viento

2.5. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA DEL MAR (SST)

Según un estudio reciente del Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), la temperatura media del agua superficial del mar Mediterráneo ha subido desde 1982 y hasta 2021 un total de 1,43°C. Este aumento ya observado es sensiblemente mayor al predicho por los modelos climáticos que vemos en la siguiente gráfica, calculados bajo las condiciones de los estándares de forzamiento climático y escenarios de emisiones del IV informe del IPCC. Es por esto por lo que se puede considerar como muy probable que a finales del presente siglo la temperatura media del agua del mar Mediterráneo se encuentre al menos 4°C más alta de lo que se encontraba a finales del siglo pasado, considerando por tanto el escenario A2 como el más plausible de todos los contemplados en el siguiente gráfico.

Es muy importante tener en consideración que este aumento es de la temperatura media. Así, debido a la capacidad de retener el calor del agua por su capacidad calorífica intrínseca, aunque el ascenso se produce de forma más importante durante el verano y el otoño, este incremento también se ve reflejado en menor medida a lo largo de los meses invernales y en primavera.

Evolución hasta 2100 (B1-A1B-A2)

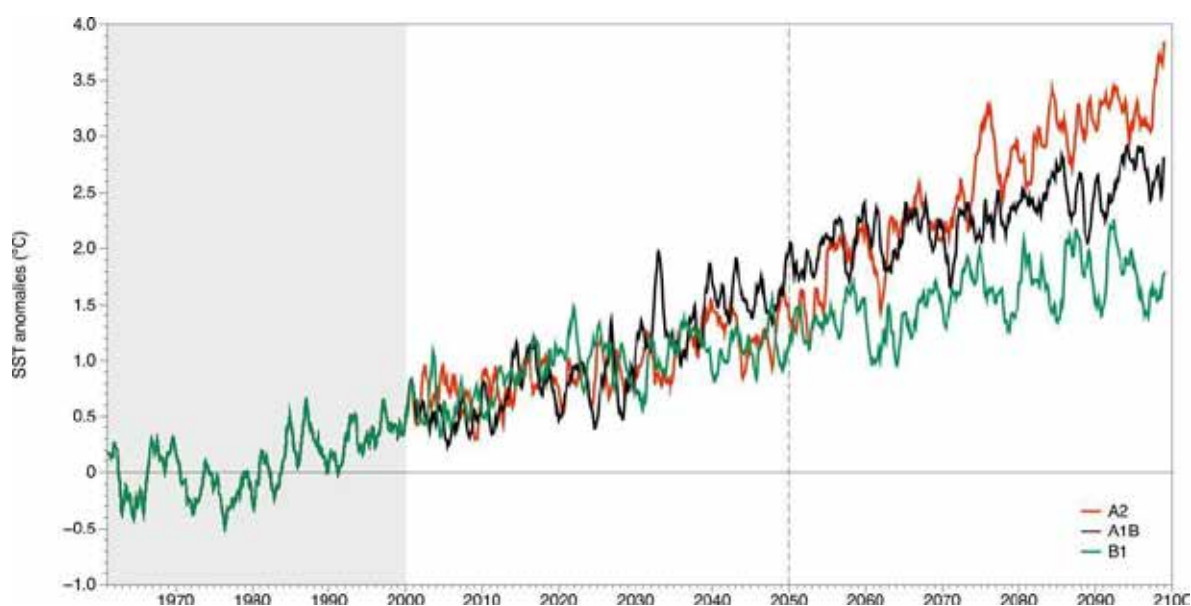


Ilustración 11 Media de temperatura en superficie del agua de mar en la cuenca Mediterránea

La temperatura del agua del mar Mediterráneo, como hemos anticipado para cada variable climática, va a tener un papel fundamental en los eventos meteorológicos extremos que se desarrollen a lo largo de las próximas décadas. Un mar Mediterráneo más cálido implica mayor energía en forma de calor sensible, que puede ser transmitida a la atmósfera agudizando el impacto de los fenómenos meteorológicos extremos, incluso ayudando a que puedan producirse fenómenos más virulentos en épocas del año en las que históricamente no se han prodigado. Respecto a las consecuencias directas que puede tener el aumento de la temperatura del agua, hay que poner especial énfasis en la afectación grave que puede tener este incremento sobre los ecosistemas marítimos, con importantes pérdidas de biodiversidad y por ende a la pesca. Así mismo, aquellos mecanismos de refrigeración que usen agua de mar como fuente de refrigeración también se verán afectados, puesto que serán especialmente sensibles a esta subida y no solo en los meses de verano u otoño.

2.6. EVOLUCIÓN DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

En las siguientes dos figuras, también con modelos del cuarto informe del IPCC, podemos ver como se espera que suba el nivel del agua tanto para Atlántico como para Mediterráneo, además de las contribuciones que se producirían para alcanzar dicho ascenso. Así, el nivel total de ascenso se ve influenciado por los incrementos de volumen del agua debido al deshielo global, la variación de las condiciones de temperatura y salinidad (nivel estérico) y por la presión atmosférica.

La contribución por el deshielo es homogénea para todos los océanos, pero existe una gran variabilidad espacial en cuanto a su componente estérica, es decir los valores de salinidad y temperatura oceánicas, pero en cualquier caso las tendencias al alza al final del periodo del gráfico (línea roja) indican que el ritmo de aumento de la temperatura, que por dilatación hace aumentar el volumen de agua, será superior al del incremento de la salinidad; que contribuye a disminuir el volumen de la columna de agua.

En cuanto a la contribución de la presión atmosférica no se aprecia una tendencia significativa en la contribución al ascenso del nivel del mar.

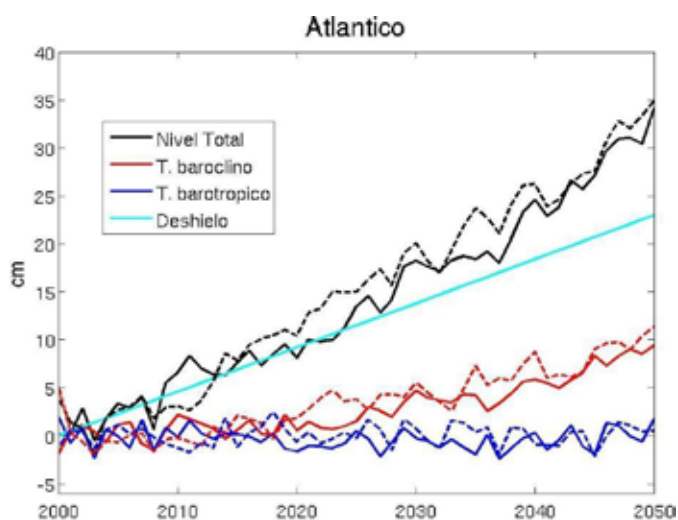


Ilustración 12 Subida del nivel del mar en el Atlántico

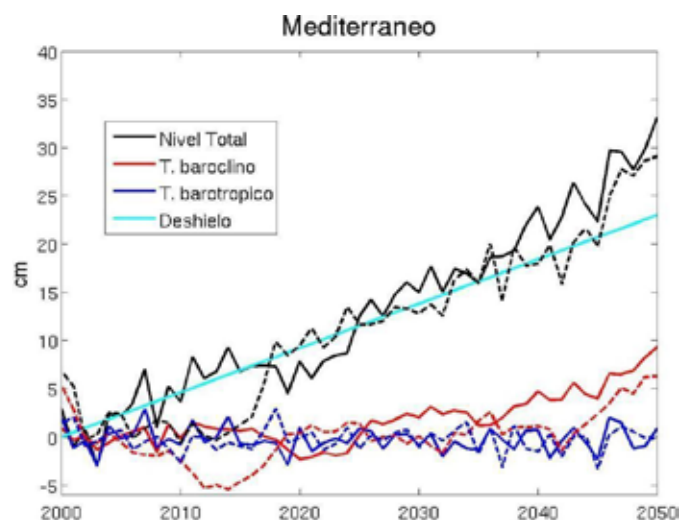


Ilustración 13 Subida del nivel del mar en el Mediterráneo

Así pues, el incremento del nivel medio del mar que se espera según el escenario A2 es de entre 25 y 35 cm para 2050, con unas consecuencias que sobre todo se podrán notar durante los temporales marítimos, donde las marejadas ciclónicas podrán generar impactos mucho mayores sobre las infraestructuras y ecosistemas costeros que si el nivel del mar se mantuviese en los valores de principios de siglo.

2.7. EVOLUCIÓN DE LA ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE (H_s)

TENDENCIAS ESTACIONALES Y TOTALES DE H_s MEDIA PARA EL SIGLO XXI (ESCENARIO A1B)

Esta variable denota el valor máximo que se espera que alcance el pico de una ola, entendido éste como la diferencia en altura entre la cresta de la ola y su parte más baja. Estos valores se asocian a situaciones de temporal marítimo extremos. En el caso del Mediterráneo occidental los modelos se corresponden a las simulaciones realizadas por cuatro modelos climáticos del IPCC IV con forzamientos atmosféricos diferentes, los cuales no ofrecen resultados lo suficientemente consistentes como para esperar unas tendencias muy claras, pese a ello los modelos arrojan estas conclusiones principales:

- Disminución de altura de ola significativa de un 9% (como máximo) para el promedio anual
- Disminución concentrada en otoño-invierno (-20%)
- Cerca de costa los cambios proyectados son algo menores, al menos en valor absoluto.

Esta reducción de la altura media de ola es previsiblemente debida a un aumento de las situaciones anticiclónicas y disminución de la circulación de levantes a lo largo del año. Pese a ello, temporales como el de Gloria, en enero de 2020, nos recuerda que los eventos extremos pueden suponer mayores problemas para las infraestructuras costeras y navegación que las situaciones promedio.



3. RESULTADOS DEL OLEAJE EN VALENCIA

El siguiente grafico muestra la rosa de oleaje para la simulación histórica (situación actual). La tabla recoge la variación porcentual de la rosa de oleaje para los distintos escenarios climáticos y franjas de tiempo. En general, se aprecia que hay una pequeña variación de la dirección de procedencia del oleaje, rolando un poco hacia el sur, si bien no se observa un cambio sustancial.

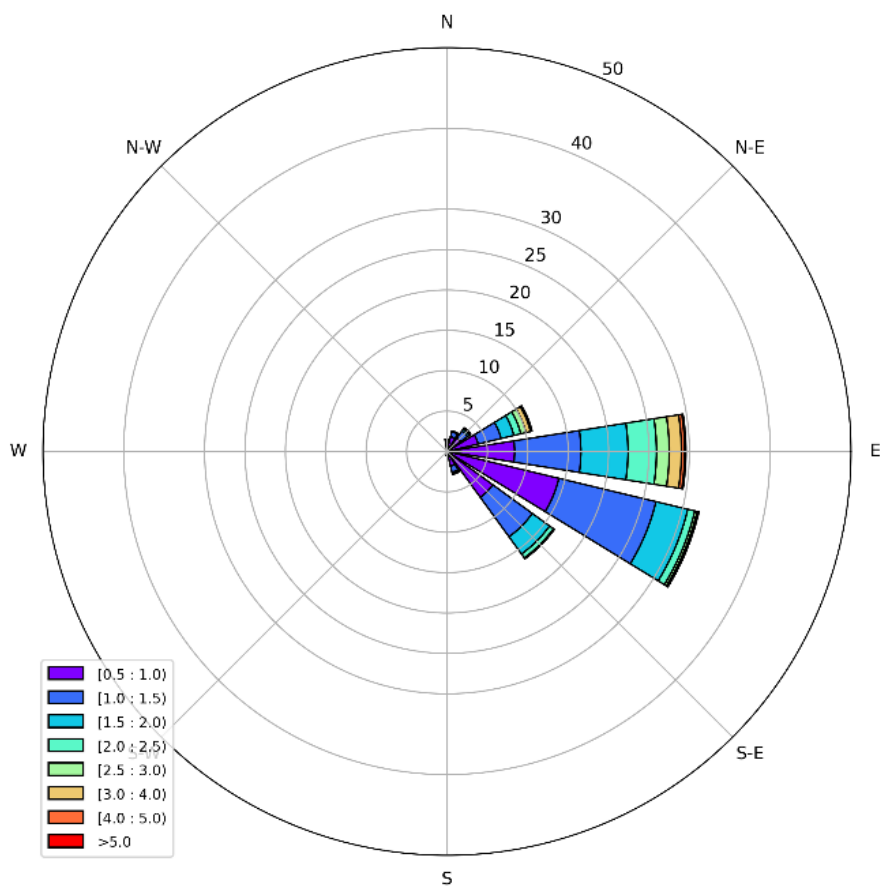


Ilustración 14 Rosa de las Olas cerca de la entrada del Puerto de Valencia

DIRECCIÓN	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2040-2060	2080-2100	2040-2060	2080-2100
NNE	-0,34 %	-0,43 %	-0,26 %	-0,53 %
NE	-0,46 %	-0,56 %	-0,25 %	-0,76 %
ENE	-0,21 %	-0,48 %	-0,57 %	-0,92 %
E	-0,69 %	-1,23 %	-1,22 %	-1,33 %
ESE	0,08 %	0,42 %	1,00 %	0,98 %
SE	2,30 %	2,85 %	1,60 %	2,85 %
SSE	-0,25 %	0,15 %	0,27 %	0,78 %
S	-0,30 %	-0,53 %	-0,42 %	-0,84 %
SSO	-0,12 %	-0,19 %	-0,14 %	-0,25 %

Tabla 1 Cambio relativo en la dirección media del oleaje para los diferentes escenarios y marcos temporales simulados. Puerto de Valencia

3. RESULTADOS DEL OLEAJE EN VALENCIA

En cuanto al régimen extremal, se han realizado varios análisis. Las siguientes graficas muestran la variación del oleaje asociado a distintos periodos de retorno. Se aprecia que hay un aumento en la altura de ola asociada a cada periodo de retorno. Eso quiere decir que los eventos extremos serán más intensos en el futuro.

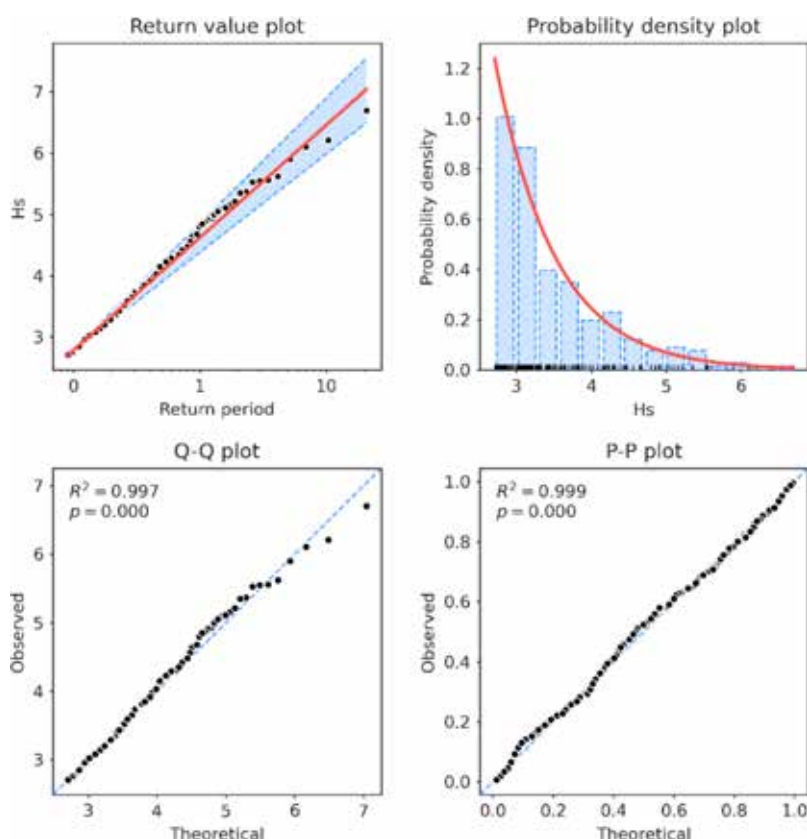


Ilustración 15 Resumen de régimen extremo cerca de la entrada del Puerto de Valencia.
Las bandas de confianza equivalen al 95%.

	RCP 4.5		RCP 8.5	
PERIODO DE RETORNO	2040-2060	2080-2100	2040-2060	2080-2100
1	-6 %	-6 %	-1 %	-2 %
2	0 %	-4 %	3 %	3 %
5	10 %	2 %	10 %	14 %
10	20 %	8 %	16 %	26 %
25	37 %	17 %	27 %	45 %
50	53 %	25 %	37 %	63 %
100	73 %	35 %	49 %	86 %
250	105 %	50 %	67 %	122 %
500	134 %	63 %	82 %	157 %

Tabla 2 Cambio relativo en los periodos de retorno de la altura de ola significativa para los diferentes escenarios y marcos temporales simulados. Puerto de Valencia

3. RESULTADOS DEL OLEAJE EN VALENCIA

También se ha estudiado la evolución de las tormentas que ocurren anualmente para analizar si aumentan o disminuyen, así como los valores que se registran. La gráfica muestra la distribución de las distintas tormentas. Se aprecia como en general la franja “central” (entre el primer cuartil y el tercero) tiene una altura de ola menor en todos los escenarios, pero los valores extremos son más altos. Esto significa que al año habrá quizás menos tormentas que sean capaces de provocar cierres o paradas operativas, pero cuando haya un evento extremo, tendrá más energía que los eventos extremos actuales.

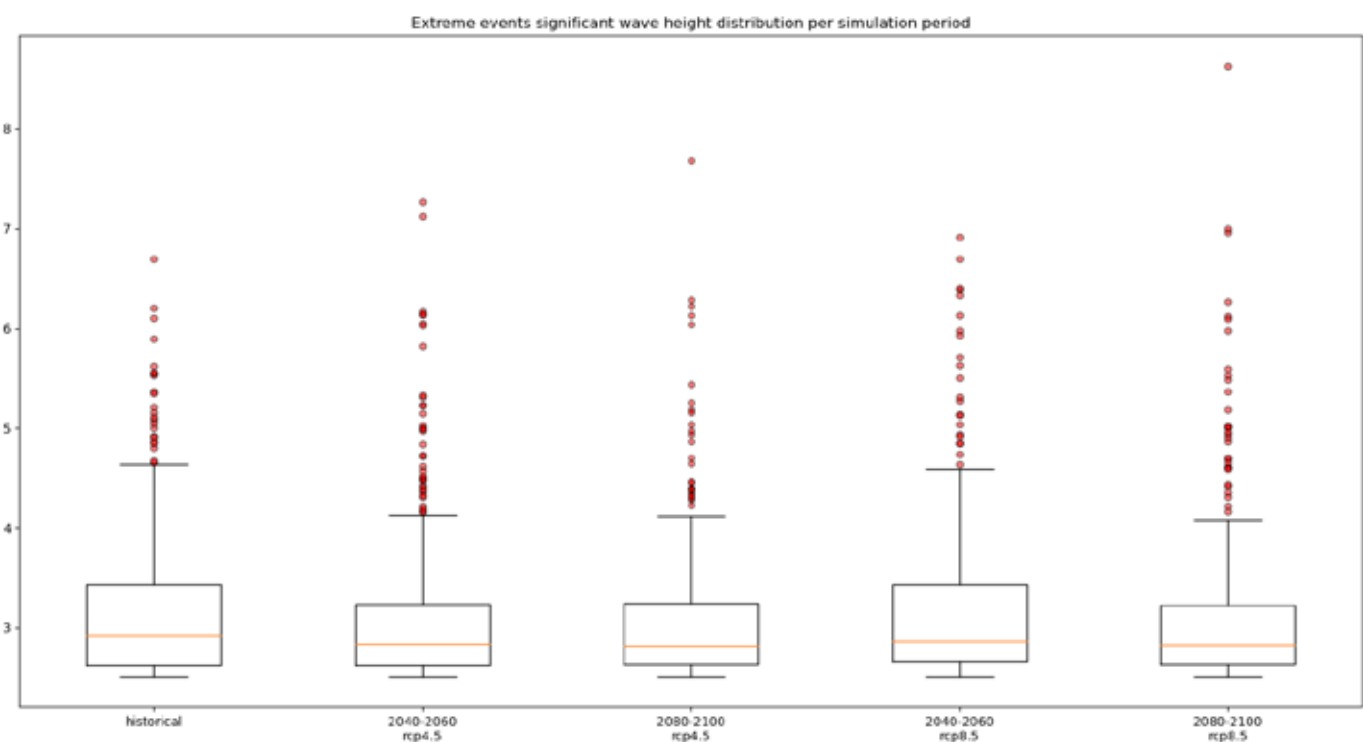


Ilustración 16 Distribución de la altura significativa de ola para tormentas. Zona costera de Valencia

	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2040-2060	2080-2100	2040-2060	2080-2100
Nº tormentas al año	-31 %	-29 %	-18 %	-24 %
Duración media	-4 %	-3 %	13 %	-1 %

Tabla 3 Variación relativa de la borrasca y de la duración media de la borrasca para los distintos escenarios y plazos simulados. Puerto de Valencia



Av. Muelle del Turia s/n · 46024 · Valencia · Spain
tel. +34 963 939 500 · fax +34 963 939 580
e-mail: bambiental@valenciaport.com · www.valenciaport.com

