



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

Estudio de las medidas de adaptación al cambio climático de los Puertos de Interés General de la Comunidad Valenciana

ANEJO 2

Cambio Climático en la Comunidad Valenciana

*Autor: Alejandro Folch Ruiz
Tutora: M. Esther Gómez Martín
Cotutor: Jorge Molines Llodrá*

Valencia, septiembre de 2022

ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL ANEJO.....	3
2. INTRODUCCIÓN	3
3. PARÁMETROS CLIMÁTICOS MÁS RELEVANTES.....	3
3.1. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	3
3.1.1. Temperatura máxima	3
3.1.2. Temperatura mínima.....	4
3.1.3. Temperatura media.....	4
3.1.4. Importancia	4
3.2. PRECIPITACIÓN	4
3.2.1. Importancia	5
3.3. VIENTO.....	5
3.3.1. Importancia	5
3.4. NIVEL DEL MAR.....	5
3.4.1. Importancia	6
3.5. OLEAJE	6
3.6. TORMENTAS.....	6
3.6.1. Formación	7
3.6.2. Importancia	7
4. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE BASE	8
4.1. FUENTES DE INFORMACIÓN	8
4.2. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	9
4.2.1. Incremento de las temperaturas	9
4.2.2. Alargamiento de los veranos.....	10
4.2.3. Aumento de la cantidad de noches tórridas.....	10
4.2.4. Incremento en el número de días de ola de calor.....	11
4.2.5. <i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	11
4.3. PRECIPITACIÓN	12
4.3.1. Disminución de las precipitaciones.....	12
4.3.2. <i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	12
4.4. VIENTO.....	13
4.4.1. Estabilidad	13
4.4.2. <i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	13
4.5. NIVEL DEL MAR.....	13
4.5.1. Aumento del nivel del mar.....	13
4.6. OLEAJE	14

4.6.1.	Estabilidad	14
4.7.	TORMENTAS.....	15
4.7.1.	Temporales marítimos recientes	15
5.	CONDICIONES CLIMÁTICAS FUTURAS	18
5.1.	ESCENARIOS DE EMISIONES	18
5.1.1.	<i>Representative Concentration Pathways (RCP)</i>	19
5.1.2.	<i>Shared Socio-Economic Pathways (SSP)</i>	20
5.1.3.	Combinación de escenarios	21
5.1.4.	Equivalencias entre escenarios SSP y RCP.....	22
5.1.5.	Consideraciones	23
5.2.	HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN	24
5.3.	FUENTES DE INFORMACIÓN	24
5.4.	TEMPERATURA ATMOSFÉRICA.....	24
5.4.1.	Aumento de las temperaturas máximas y mínimas	24
5.4.2.	Mayor número de días cálidos	25
5.4.3.	Aumento en la duración de las olas de calor	25
5.4.4.	<i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	26
5.5.	PRECIPITACIÓN	27
5.5.1.	Disminución moderada de las precipitaciones.....	27
5.5.2.	Lluvias torrenciales e inundaciones.....	28
5.5.3.	<i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	28
5.6.	VIENTO.....	30
5.6.1.	Disminución ligera de la velocidad media del viento.....	30
5.6.2.	<i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	30
5.7.	NIVEL DEL MAR.....	31
5.7.1.	Aumento del nivel del mar.....	31
5.7.2.	<i>IPCC Working Group I Interactive Atlas</i>	32
5.8.	OLEAJE	32
5.8.1.	Estabilidad con ligera tendencia a disminuir.....	32
5.9.	TORMENTAS.....	32
5.9.1.	Aumento de la frecuencia y severidad de los fenómenos extremos	33
6.	BIBLIOGRAFÍA	33

1. OBJETIVO DEL ANEJO

La finalidad de este anejo es conocer y analizar, por una parte, el clima actual y las tendencias de las últimas décadas y, por otra parte, los cambios proyectados en el clima futuro en el contexto de la Comunidad Valenciana.

2. INTRODUCCIÓN

El clima terrestre está caracterizado por una serie de variables. En su conjunto proporcionan la evidencia empírica para apoyar la ciencia del clima a predecir con garantías el cambio futuro. En general, se emplean para orientar las medidas de mitigación y adaptación, evaluar los riesgos climáticos, atribuir los fenómenos climáticos a causas subyacentes y apoyar los servicios climáticos.

La **región mediterránea** alberga una diversidad biológica y una riqueza sociocultural excepcionales, procedentes de tres continentes. La naturaleza del Mar Mediterráneo semicerrado y la compleja topografía implican características fisiográficas y ecológicas únicas.

La región ha sufrido continuos **cambios en las actividades humanas** a lo largo de varios milenios, y en la actualidad alberga a más de **500 millones de personas** con una alta concentración de asentamientos urbanos e infraestructuras industriales cerca del nivel del mar. La región es el principal destino turístico del mundo y constituye un sitio de paso de una de las rutas marítimas más transitadas.

El cambio climático interactúa fuertemente con otros problemas medioambientales en la cuenca mediterránea, derivados de la urbanización, el cambio de uso del suelo, la sobrepesca, la contaminación, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas terrestres y marinos (IPCC WGII, 2022).

Las variables climáticas objeto de análisis se consideran relevantes en el ámbito portuario, y su variación debida al cambio climático se considera relevante para el desarrollo futuro de los puertos de interés general de la Comunidad Valenciana.

3. PARÁMETROS CLIMÁTICOS MÁS RELEVANTES

Hay una serie de variables climáticas que determinan los cambios en el clima. Las Autoridades Portuarias ya deberían ser conscientes de algunos parámetros y procesos climáticos de relevancia, debido a episodios pasados que han causado daño o disrupción en la actividad portuaria. A continuación, se describen y justifican los parámetros más relevantes a estudiar:

3.1. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

La temperatura atmosférica es uno de los elementos constitutivos del clima que se refiere al **grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados**, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos de clima (Wikipedia, 2022b).

3.1.1. Temperatura máxima

Es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual). También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta). En condiciones normales sin considerar otros elementos del clima:

- Las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde.

- Las temperaturas máximas mensuales suelen alcanzarse durante julio o agosto en la zona templada del hemisferio norte y en enero o febrero en el hemisferio sur.
- Las temperaturas máximas absolutas dependen de muchos factores, sobre todo de la insolación, de la continentalidad, de la mayor o menor humedad, de los vientos y de otros.

3.1.2. Temperatura mínima

Se trata de la menor temperatura alcanzada en un lugar en un día, en un mes o en un año y también la mínima absoluta alcanzada en los registros de temperaturas de un lugar determinado. En condiciones normales:

- Las temperaturas mínimas diarias se alcanzan en horas del amanecer.
- Las temperaturas mínimas mensuales se registran en enero o febrero en el hemisferio norte y en julio o agosto en el hemisferio sur.
- Las temperaturas mínimas absolutas dependen de numerosos factores.

3.1.3. Temperatura media

Se trata de los promedios estadísticos obtenidos entre las temperaturas máximas y mínimas. Con las temperaturas medias mensuales (promedio de las temperaturas medias diarias a lo largo del mes) se obtiene un gráfico de las temperaturas medias de un lugar para un año determinado. Y con estos mismos datos referidos a una sucesión de muchos años (30 o más) se obtiene un promedio estadístico de la temperatura en dicho lugar.

Estos últimos datos, junto con el promedio de las lluvias mensuales de ese mismo lugar ofrecen los datos necesarios para la elaboración de un gráfico climático, normalmente identificado como climograma.

3.1.4. Importancia

La temperatura es un factor que determina las condiciones de trabajo en el exterior, como en las terminales de un puerto, especialmente en los meses de verano. Los trabajadores pueden estar expuestos a unas temperaturas que afecten a su salud, impidiendo el desarrollo de sus actividades en plenas facultades, teniendo efectos indirectos. Por otro lado, un aumento de la temperatura o la aparición de olas de calor de mayor duración producirán un mayor consumo energético en las instalaciones portuarias.

Además, fuera de los límites del puerto el aumento prolongado de la temperatura y la falta de precipitación provocarán sequías, que a su vez también pueden limitar la exportación de determinados productos agrícolas en los puertos.

3.2. PRECIPITACIÓN

La precipitación es cualquier forma de **hidrometeoro** que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye únicamente la **lluvia, llovizna, nieve, aguanieve y granizo**. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre se denomina pluviosidad, o monto pluviométrico (Wikipedia, 2022c).

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, aportando agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y favoreciendo la vida en nuestro planeta de todos los seres vivos que requieren agua para vivir.

La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación, donde las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad.

Por las características de la zona a analizar, los datos de precipitación obtenidos corresponderán a las lluvias. La lluvia se mide en mm, que correspondería al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable y que equivale a litros de agua por metro cuadrado de terreno (l/m^2).

3.2.1. Importancia

Una fuerte precipitación pone a prueba los sistemas de drenaje de las terminales. Normalmente está acompañada de fuertes viento y oleaje, en forma de temporal. Por lo tanto, el drenaje debe estar correctamente dimensionado para evitar un agotamiento de la capacidad que cause inundaciones en las terminales. Además, los equipos necesitan tener sus instalaciones eléctricas correctamente selladas para evitar filtraciones de agua. Estos sucesos pueden tener un impacto en la operativa portuaria, condicionando, por ejemplo, la visibilidad.

3.3. VIENTO

El viento es el **flujo del aire** a gran escala en la atmósfera terrestre. En la atmósfera, el viento es el movimiento en masa del aire de acuerdo con las diferencias de presión atmosférica. Por lo tanto, se puede definir como la compensación de las diferencias de presión atmosférica entre dos puntos.

Los vientos se suelen denominar según su **fuerza** y **dirección** desde la que soplan:

- Los aumentos repentinos de la velocidad del viento durante un tiempo corto reciben el nombre de ráfagas.
- Los vientos fuertes de duración intermedia (aproximadamente un minuto) se llaman turbonadas.
- Los vientos de larga duración tienen diversos nombres según su fuerza media como, brisa, temporal, tormenta, huracán o tifón.

El viento se puede producir en diversas escalas: desde flujos tormentosos que duran decenas de minutos hasta brisas locales generadas por el distinto calentamiento de la superficie terrestre y que duran varias horas, e incluso globales, que son el fruto de la diferencia de absorción de energía solar entre las distintas zonas geoastronómicas de la Tierra (Wikipedia, 2022g).

3.3.1. Importancia

El viento suele venir acompañado de precipitación, en forma de temporal. De esa manera se pueden superar ciertos umbrales que imposibiliten el correcto desarrollo de la actividad portuaria, por ejemplo, en la operación de grúas portacontenedores. Además, es la principal fuente generadora de **oleaje**.

3.4. NIVEL DEL MAR

El nivel del mar es considerado como la combinación de tres factores: el nivel medio del mar, la marea astronómica y la marea meteorológica, es decir, la sobreelevación generada por fenómenos atmosféricos.

La **marea astronómica** es un fenómeno dirigido por las acciones atractivas del sol y la luna que produce un movimiento periódico de ascenso y descenso de las aguas del mar. La **marea meteorológica** aparece como consecuencia de la presión atmosférica o la acción del viento. Los cambios en las tormentas junto con el aumento del nivel medio del mar, ambos como consecuencia del cambio climático, tendrán un papel importante a la hora de modificar la frecuencia y magnitud de los niveles extremos del mar.

Otra gran preocupación es el aumento de los niveles del mar extremos debido al aumento de tormentas y a las mayores olas que se superponen sobre el nivel medio del mar en aumento.

Es importante señalar que el nivel medio del mar es una variable de cambio lento pero continuo en el tiempo. Las mayores influencias que actúan sobre el nivel del mar son de largo plazo, y van acompañadas de un sustancial retraso entre la causa y efecto.

El **nivel del mar relativo** tiene en cuenta la suma de las **componentes global, regional y local** de la subida del nivel del mar. La componente global depende de la masa y el volumen de agua presente en las cuencas oceánicas (Fraile Jurado & Fernández Díaz, 2016).

La componentes regional y local tienen que ver con los modos naturales de variabilidad del clima y los movimientos verticales de la corteza terrestre, entre los que se encuentran los movimientos tectónicos, el ajuste por isostasia glacial y la subsidencia inducida por causas naturales o antropogénicas (Losada Rodríguez et al., 2014).

3.4.1. Importancia

Según el informe *Demografía de la Población Costera en 2020*, elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el 40% de la población española está censada en municipios costeros, pese a que estas localidades apenas suponen el 10% del total de la superficie nacional (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022).

Se trata de un valor elevado que sitúa a la población que vive en esta franja litoral en una situación de vulnerabilidad frente a los peligros que entraña el cambio climático, vinculados a la subida del nivel del mar junto con los fenómenos extremos.

3.5. OLEAJE

El oleaje es la **alteración de la superficie del mar** producida por la actuación continua del **viento** sobre una superficie durante un periodo de tiempo determinado. Por ejemplo, cuando se produce un temporal y soplan fuertes vientos, éstos transmiten energía al mar generando el oleaje.

En la zona de generación, el oleaje se propaga en direcciones aleatorias e independientes, cuya interferencia da lugar a un aspecto desordenado y caótico de la superficie. Este tipo de oleaje se denomina **mar de viento** o tipo sea. Cuando el oleaje abandona esa zona, mediante procesos de dispersión radial y frecuencial, se va ordenando en torno a ciertas direcciones y concentrado su energía en periodos más altos, de manera que llega a la costa de forma limpia y ordenada. En este caso se denomina **mar de fondo** o tipo *swell*. La franja costera absorbe la mayor parte de la energía transportada por el oleaje, que es finalmente disipada fundamentalmente por rotura.

El oleaje es un proceso bastante complejo de estudiar y generalmente se utilizan parámetros agregados que lo caractericen, como la **altura de ola**, el **período** o la **dirección**. El análisis estadístico de estos parámetros permite conocer el clima marítimo de una zona, que son las condiciones de largo plazo de la dirección, frecuencia, energía y eventos extremos de las olas.

3.6. TORMENTAS

Una tormenta es un fenómeno meteorológico asociado al **desarrollo vertical de nubosidad acompañado de descargas eléctricas (rayos), precipitación y rachas de viento intensas en superficie**. Las descargas eléctricas pueden ser nube-nube, nube-tierra y nube-ionosfera (Wikipedia, 2022e).

3.6.1. Formación

Para que una tormenta se forme es necesario que un centro de baja presión se desarrolle con un sistema de alta presión que lo rodea. El contraste térmico y otras propiedades de las masas de aire húmedo dan origen al desarrollo de fuertes movimientos ascendentes y descendentes produciendo fuertes lluvias y vientos en la superficie e, incluso, descargas eléctricas (iAgua, 2022).

Las tormentas tienen un ciclo de vida que generalmente comprende tres fases. Conviene previamente exponer qué son los cúmulos. Se trata de un tipo de nube que exhibe considerable desarrollo vertical, tiene bordes claramente definidos y un aspecto similar al algodón. Los cúmulos pueden formarse solos, en filas o en grupos. Dependiendo de los efectos de otros factores atmosféricos, como la inestabilidad, la humedad y el gradiente térmico, los cúmulos son precursores de otros tipos de nubes, como el cumulonimbo (Wikipedia, 2022f).

- **Fase de cúmulo:** el cúmulo se empieza a desarrollar y está más caliente que el exterior, produciéndose fuertes corrientes ascendentes que impiden que la precipitación llegue al suelo. Se forma el cumulonimbo.
- **Fase de madurez:** las gotas ya no se sostienen y caen en forma de chubascos produciéndose también las descargas eléctricas. Fuertes vientos descendentes llegan a la superficie y hacen bajar la temperatura.
- **Fase de disipación:** ya no hay corrientes ascendentes que aporten humedad a las capas altas. Cesa la precipitación y las rachas violentas de viento. La temperatura interior de la nube se iguala a la del exterior y se disipa.

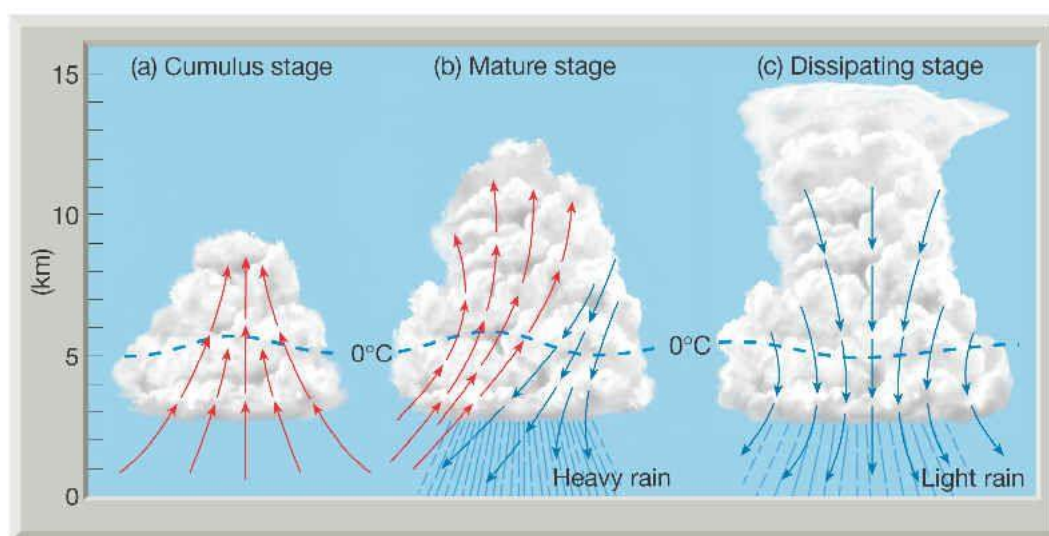


Figura 1. Fases de una tormenta. Fuente: (Tiempo.com, Meteored, 2014).

3.6.2. Importancia

La importancia de este fenómeno viene dada por el **solapamiento o agrupación con otros fenómenos**: la subida del nivel del mar junto con fuerte viento y precipitación, en forma de temporal marítimo. En estos eventos suelen producirse un oleaje de gran intensidad que registra una altura de ola significativa elevada, con olas que pueden ser incluso el doble de esta y que podrían provocar graves daños tanto en la costa como en las infraestructuras portuarias.

4. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE BASE

Existen diversas fuentes de datos históricos observados, medidos o modelados de forma retrospectiva proporcionan la base de **referencia** con la que se pueden evaluar las posibles implicaciones del futuro cambio climático.

El análisis de la información histórica para los parámetros y procesos climáticos recientemente expuestos permite:

- Comprender los patrones o tendencias recientes existentes, incluyendo la determinación de si estos pueden estar relacionados con el cambio climático, y cómo, si es que lo están, ya están impactando en los activos, operaciones o sistemas críticos.
- Comparar los valores históricos con las tendencias proyectadas, lo que ayuda a tomar decisiones sobre una vía de adaptación adecuada o a hacer planes de inversión en medidas de adaptación.
- Reconocer cuándo es probable que se supere un determinado umbral, lo que a su vez desencadenará la adopción de medidas de adaptación, la preparación de la siguiente fase de aplicación o el cambio a un método diferente.
- Comprender algunas de las características de los fenómenos extremos históricos.

La información se proporcionará en forma de valores medios para el conjunto de la Comunidad Valenciana. Posteriormente se muestra el espacio aproximado para obtener los resultados.

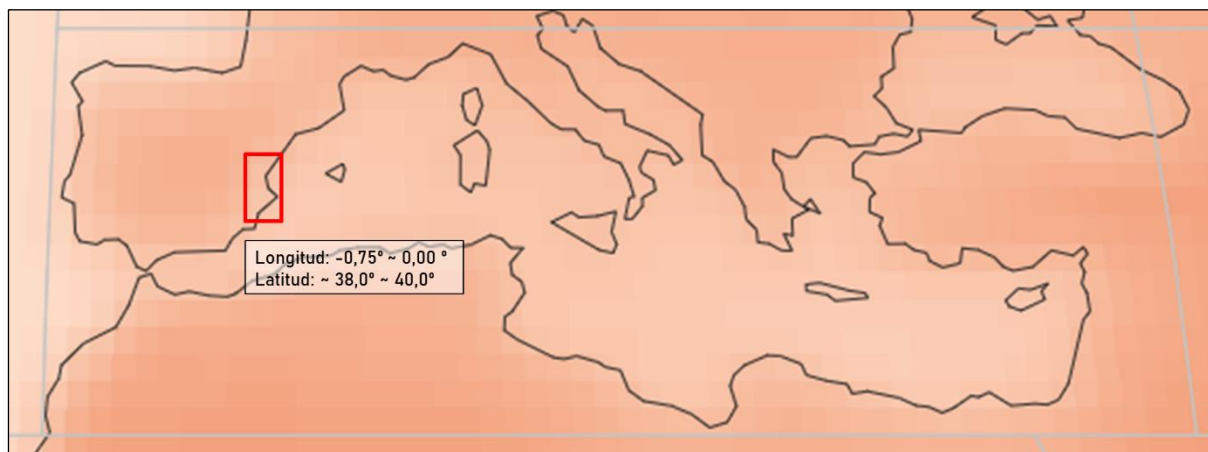


Figura 2. Región Mediterránea. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

4.1. FUENTES DE INFORMACIÓN

Una amplia gama de autoridades internacionales, nacionales y regionales, instituciones científicas y académicas, y otras organizaciones recogen y analizan los datos climáticos pertinentes.

En este estudio se van a combinar los datos de los siguientes organismos para tener una continuidad en los resultados ofrecidos.

- **Agencia Estatal de Meteorología.** Se utilizará la información recogida por las estaciones meteorológicas.
- **IPCC Working Group I Interactive Atlas.** Se trata de una nueva herramienta para realizar análisis espaciales y temporales de gran parte de la información sobre el cambio climático observado y proyectado, en la que se basa la contribución del Grupo de Trabajo I al **Sexto Informe de Evaluación**. Los datos que se proporcionan

corresponden a **información regionalizada**, extraídos de los modelos **CMIP6** y **CORDEX Europa**.

Por lo tanto, con el objetivo de realizar una ratificación de los datos, se emplearán ambas fuentes de información para obtener datos que puedan ser contrastados.

4.2. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

4.2.1. Incremento de las temperaturas

La temperatura media en España ha aumentado alrededor de 1,7 °C desde la época preindustrial. El diagrama de Hawkins representa la evolución de las temperaturas medias anuales entre 1901 y 2018, revelando una tendencia ascendente, especialmente nítida a partir de la década de los setenta.

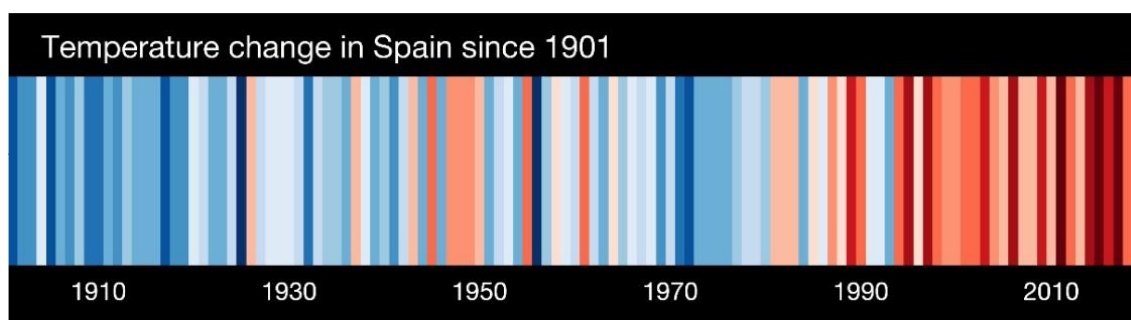


Figura 3. Temperaturas medias anuales para España para el periodo 1901-2019. La gradación de azul a rojo indica el incremento de temperatura. Fuente: (Institute for Environmental Analytics, s. f.).

Según el *Resumen Anual Climatológico (2021)* realizado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el ascenso de la temperatura es especialmente intenso durante la última década, un dato consistente con el hecho de que los años más cálidos se hayan registrado en su mayoría en el siglo XXI. A esto se añade que una gran parte de los extremos históricos de temperaturas máximas se están concentrando en el último decenio.

El año 2020 fue muy cálido, con una temperatura media en la España peninsular de 14,2 °C, valor que supera en 0,5 °C al valor medio anual (periodo de referencia 1981-2010). Se ha tratado del décimo año más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, y del octavo más cálido del siglo XXI. Además, ha sido el octavo año seguido con una temperatura media anual por encima del valor medio. En la Comunidad Valenciana, las anomalías tomaron valores próximos a +1 °C.

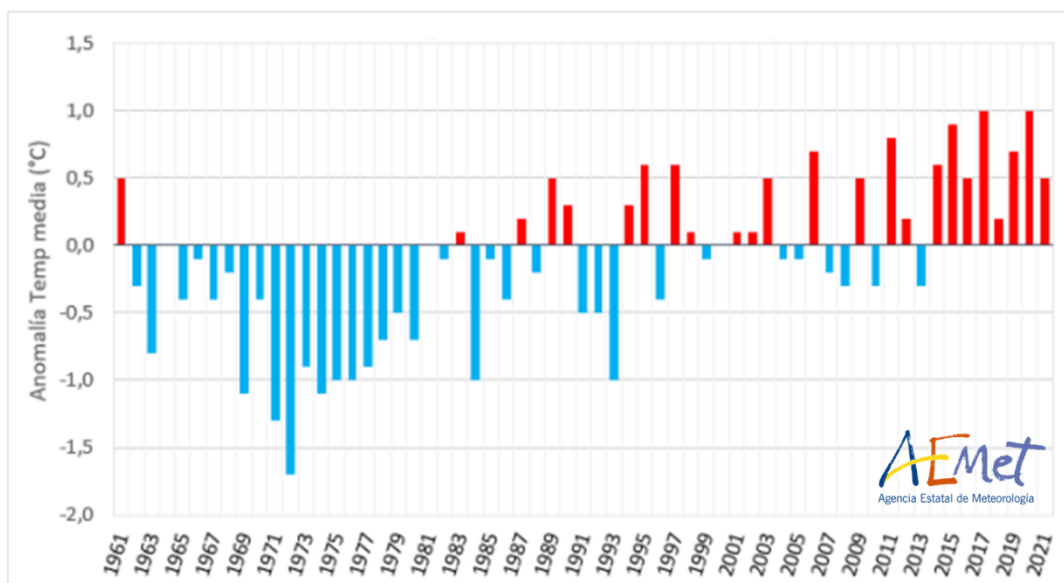


Figura 4. Anomalías de temperatura media anual en España peninsular (periodo de referencia 1981-2010).
Fuente: (AEMET, 2021).

4.2.2. Alargamiento de los veranos

El ascenso de la temperatura está siendo especialmente relevante en el verano. Por otra parte, el verano se ha alargado unos nueve días de media por década. En concreto, los veranos actuales abarcan prácticamente cinco semanas más que a comienzos de la década de los ochenta.

4.2.3. Aumento de la cantidad de noches tórridas

Las noches tórridas, definidas como aquellas en las que la temperatura mínima es igual o superior a 25 °C, se han multiplicado por 10 desde el año 1984 en las 10 capitales españolas más pobladas. Este aumento del estrés térmico ha afectado a una población potencial de más de nueve millones de personas (alrededor del 20 % de la población).

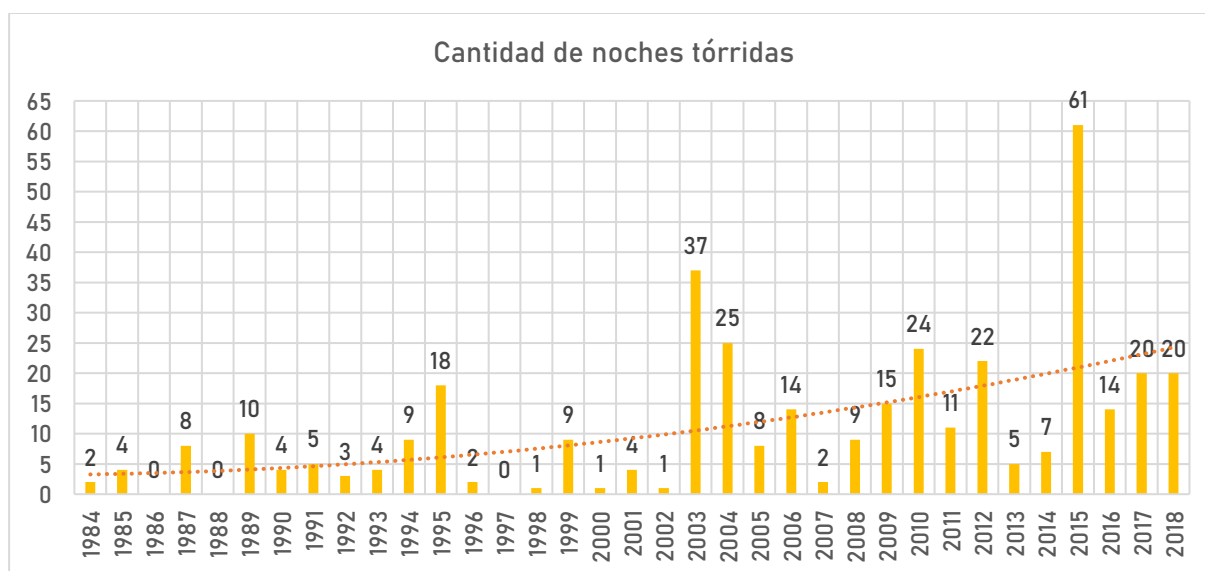


Figura 5. Evolución del número anual de noches tórridas desde 1984 hasta 2018 para el conjunto de las 10 capitales españolas más pobladas. Fuente: (Agencia Estatal de Meteorología, 2019).

4.2.4. Incremento en el número de días de ola de calor

De acuerdo con los datos proporcionados por AEMET, desde 1984, se ha duplicado el número de días al año que se superan los umbrales de temperatura de ola de calor en la España peninsular, mientras que los episodios fríos se han reducido un 25 %. Además, las olas de calor registradas en junio, cuando tienen más consecuencias sobre la salud, al no estar el cuerpo aún aclimatado al calor, son ahora 10 veces más frecuentes que en los años 1980 y 1990 del siglo XX (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

4.2.5. IPCC Working Group I Interactive Atlas

Según la información recogida por los modelos del Atlas del IPCC, seguidamente se muestran datos históricos de la temperatura media del aire y la cantidad de días con temperaturas elevadas (superiores a 35°C). Se trata de valores medios en la Comunidad Valenciana, para tener una referencia y realizar una posterior evaluación.

- Temperatura media del aire (°C)

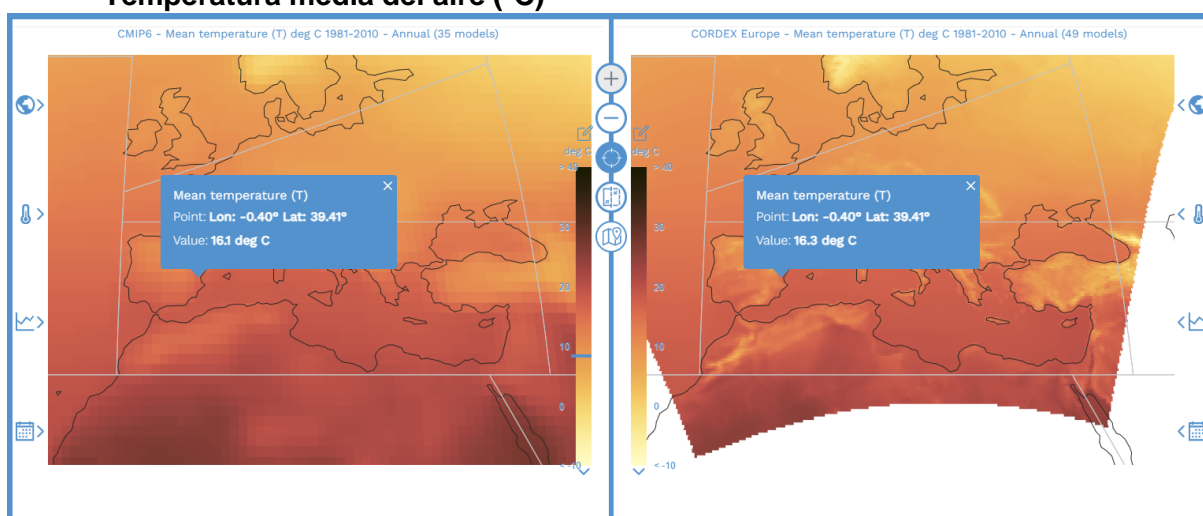


Figura 6. Temperatura media (1981-2010). Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

- Días con temperaturas superiores a los 35 °C

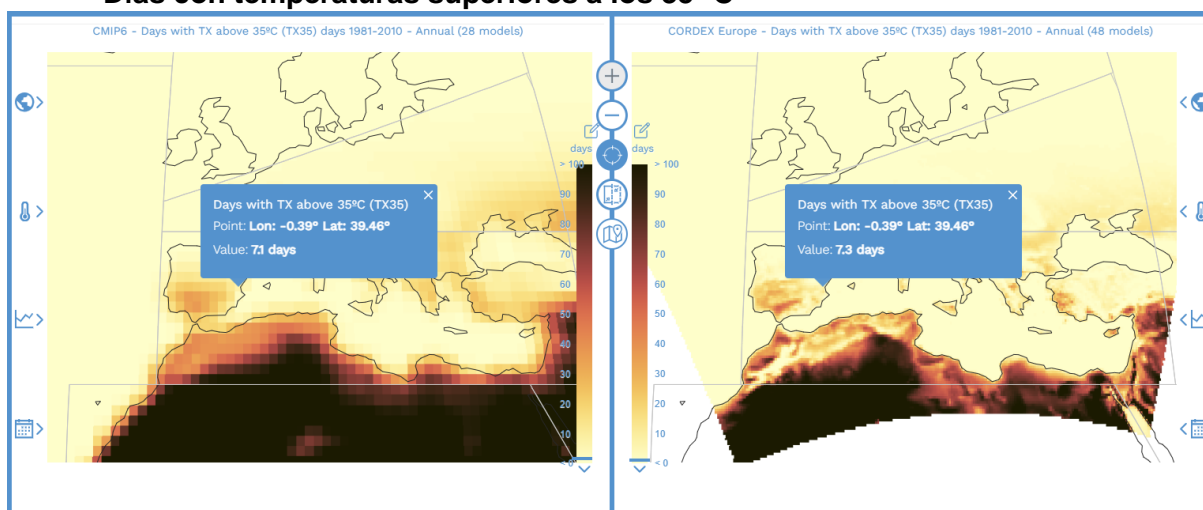


Figura 7. Cantidad de días con temperaturas superiores a los 35 °C (1981-2010). Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

La tabla siguiente recoge los datos observados en las figuras anteriores. No se aprecia gran diferencia entre los modelos.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	REFERENCIA
--------------------	--------	------------

Temperatura media del aire (°C)	CMIP6	1981-2010	16,1
	CORDEX Europe	1981-2010	16,3
Días con temperaturas superiores a 35 °C	CMIP6	1981-2010	7,1
	CORDEX Europe	1981-2010	7,3

Tabla 1. Resumen de resultados de temperatura. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

4.3. PRECIPITACIÓN

4.3.1. Disminución de las precipitaciones

El volumen global de las precipitaciones se ha reducido moderadamente, pero se están produciendo cambios significativos en su reparto anual, con una tendencia al adelanto de las lluvias de primavera y a la reducción de las lluvias de verano.

4.3.2. IPCC Working Group I Interactive Atlas

Según la información recogida por los modelos del Atlas del IPCC, seguidamente se muestran datos históricos de la precipitación total y precipitación máxima diaria. Se trata de valores medios en la Comunidad Valenciana, para tener una referencia y realizar una posterior evaluación.

- Precipitación total (mm/día)

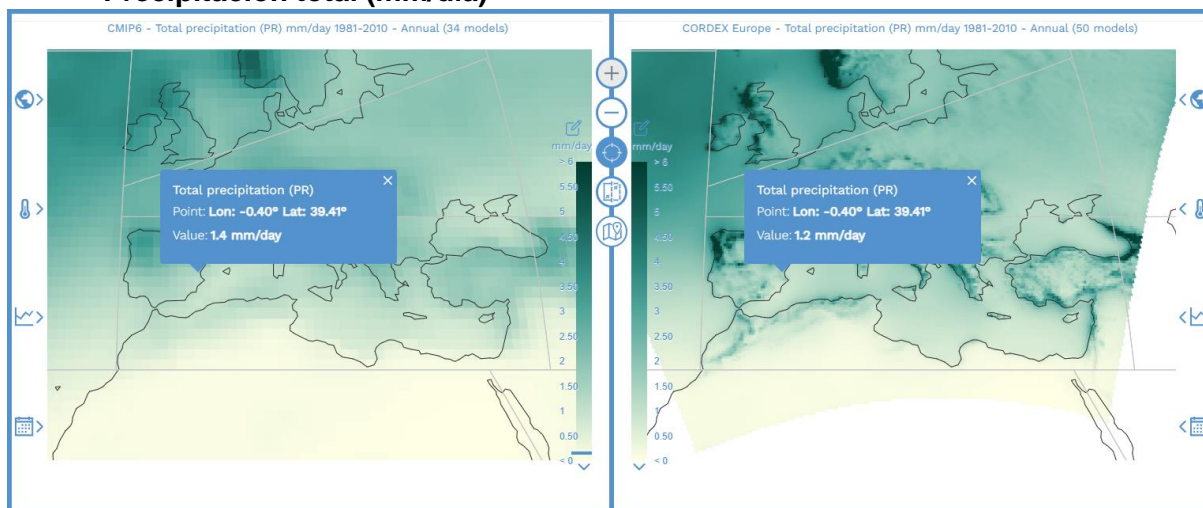


Figura 8. Precipitación total (1981-2010). Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

- Precipitación máxima diaria (mm)

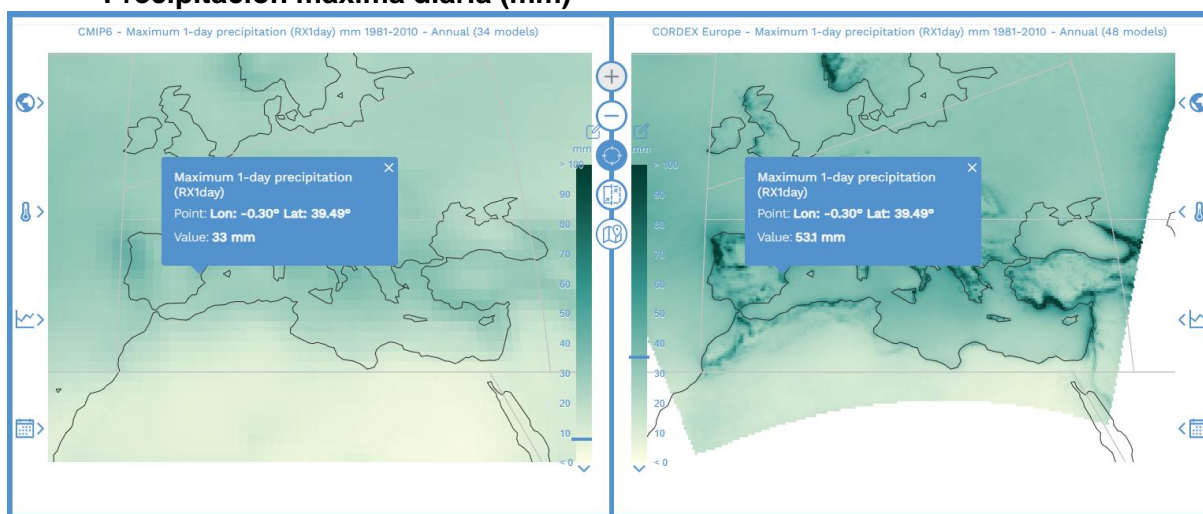


Figura 9. Precipitación máxima diaria (1981-2010). Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

La tabla siguiente recoge los datos observados en las figuras anteriores. En relación con la precipitación máxima diaria hay diferencia entre los modelos porque la rejilla del *CORDEX Europe* tiene más nodos.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	REFERENCIA	
Precipitación total (mm/día)	CMIP6	1981-2010	1,4
	CORDEX Europe	1981-2010	1,2
Precipitación máxima diaria (mm)	CMIP6	1981-2010	33
	CORDEX Europe	1981-2010	53,1

Tabla 2. Resumen de resultados de precipitación. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

4.4. VIENTO

4.4.1. Estabilidad

El viento es una variable que generalmente no ha experimentado cambios en las últimas décadas a nivel de la Región Mediterránea y en concreto, en la Comunidad Valenciana.

4.4.2. IPCC Working Group I Interactive Atlas

Como referencia, se toman los valores que expone el Atlas del IPCC. Se trata de valores medios en la Comunidad Valenciana, para tener una referencia y realizar una posterior evaluación.

- Velocidad del viento en superficie (m/s)

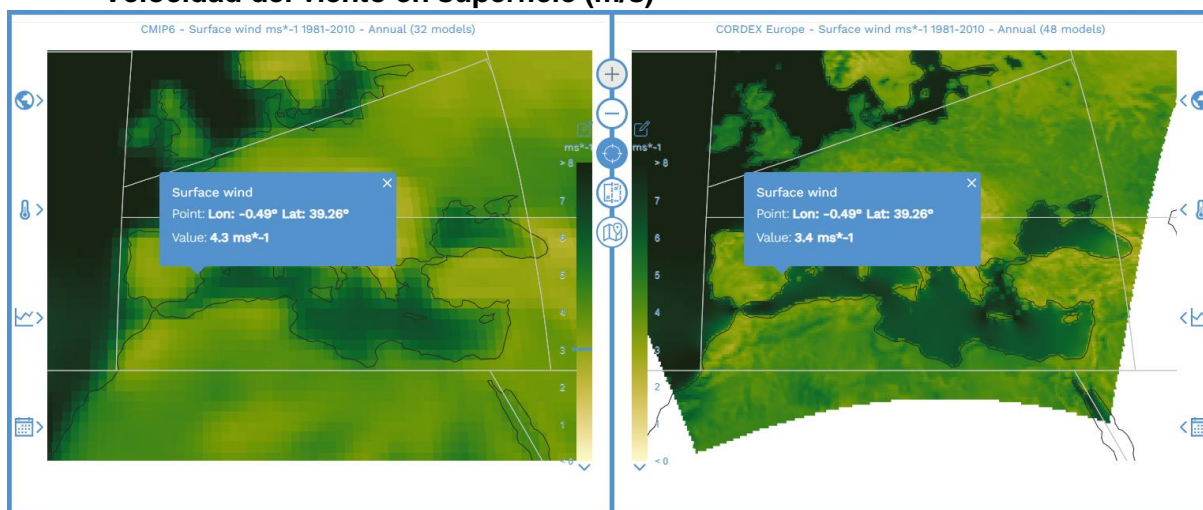


Figura 10. Velocidad del viento en superficie. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

La tabla siguiente recoge los datos observados en las figuras anteriores. La variación entre los valores de los modelos radica nuevamente en la mayor cantidad de nodos que tiene la rejilla del *CORDEX Europe*.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	REFERENCIA	VALOR
Velocidad del viento (m/s)	CMIP6	1981 – 2010	4,3
	Cordex Europe	1981 – 2010	3,4

Tabla 3. Resumen de resultados de viento. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

4.5. NIVEL DEL MAR

4.5.1. Aumento del nivel del mar

• Nivel del mar global

La subida del nivel del mar global es debida principalmente a dos factores: la **expansión térmica** del agua del mar y el **deshielo**. El aumento de la temperatura del agua comporta un

aumento de su volumen que da lugar a un aumento en el nivel. Por otra parte, el aumento de la temperatura contribuye al deshielo de glaciares y de las principales placas de hielo de la Antártida y Groenlandia.

Actualmente se conoce que un tercio de la subida del nivel del mar global en el periodo 1900-1990 está ocasionado por la expansión térmica de los océanos. Sin embargo, el proceso de calentamiento de los océanos es mucho más lento que en la atmósfera, de manera que la expansión térmica se produce décadas más tarde que el aumento de la temperatura del aire.

El ascenso del nivel del mar global entre 1880-2009 ha sido aproximadamente de 210 mm. El registro de cambios del nivel del mar a escala global se ha realizado mediante la reconstrucción de observaciones del nivel del mar (1880-2009) y los datos de satélite (desde 1993) (Losada Rodríguez et al., 2014).

- **Nivel del mar regional**

En los mares que rodean la costa española, el nivel medio del mar presenta una tendencia ascendente generalizada, con valores que oscilan entre los **1,5 mm/año del Mar Mediterráneo**. En concreto, el nivel medio del mar en el Mediterráneo ha subido $1,4 \pm 0,2$ mm anuales durante el siglo XX y se ha acelerado a $2,4 \pm 0,5$ mm anuales para el periodo 1993-2012 (IPCC WGII, 2022).

- **Nivel del mar local**

La subida del nivel del mar local se obtiene añadiendo los movimientos verticales de la corteza terrestre debidos a la subsidencia. En España, la subsidencia natural debida al aporte de sedimentos en las desembocaduras de ríos es especialmente notable en el Delta del Ebro y la desembocadura del río Guadalquivir. Por otro lado, acciones antropogénicas como la extracción de recursos del subsuelo (agua, gas o petróleo) o la urbanización masiva aceleran la tasa de subsidencia.

4.6. OLEAJE

4.6.1. Estabilidad

El oleaje sufre una variación a lo largo de la costa española. En el Mar Mediterráneo el clima marítimo es más suave y se caracteriza por alturas de ola media de 1-1,5 m y periodos de pico medios de 6 segundos (Losada Rodríguez et al., 2014).

En el caso del puerto de Valencia, la altura de ola significativa media mensual tiene un valor que oscila sobre los 0,5 m, considerando la información del punto SIMAR 2081113.

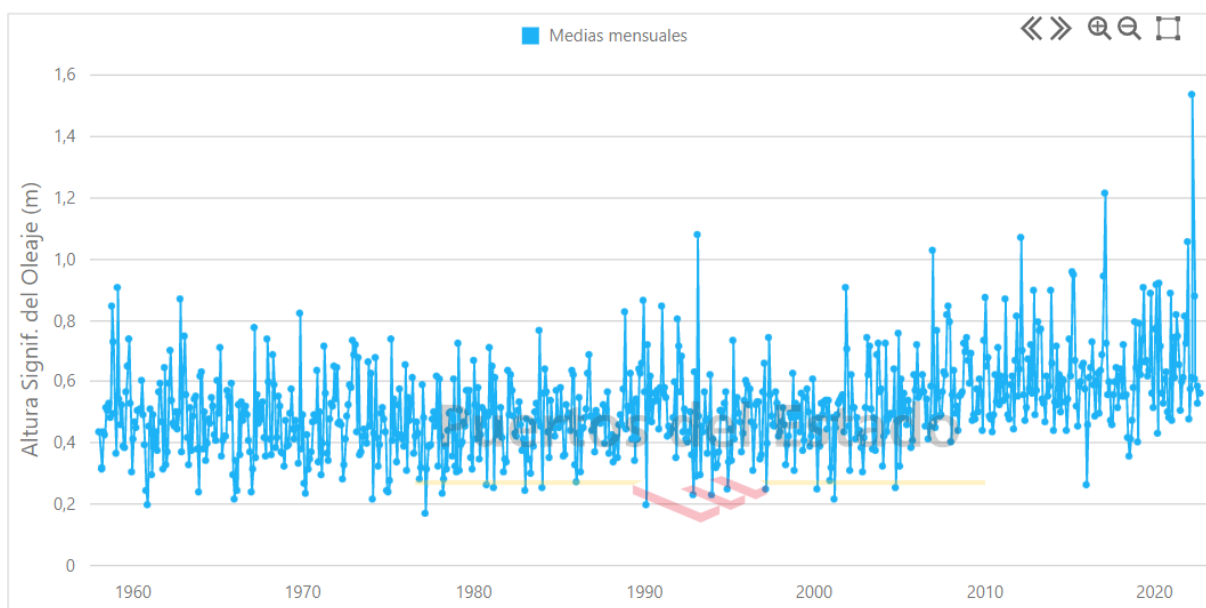


Figura 11. Altura de ola significativa media (mensual) 1958-2022 - Punto SIMAR 2081113. Fuente: (Puertos del Estado, s. f.).

4.7. TORMENTAS

Las tormentas son episodios que agrupan los efectos de determinadas variables analizadas anteriormente. En esencia, se trata de fuertes vientos con precipitaciones intensas y forman parte de diferentes conceptos como la **DANA** (Depresión Aislada en Niveles Altos) o **gota fría, temporal**, o incluso ciclón tropical mediterráneo (*Mediterranean hurricane, medicane*).

Cuando suceden estos eventos, es muy probable que se produzca un **oleaje** de gran intensidad. Además, hay que sumar el constante **aumento** del **nivel del mar** que poco a poco va reduciendo el francobordo de los diques.

Por lo tanto, en una situación de aumento del nivel del mar debido al cambio climático, junto con pleamar, la reducción de francobordo en los diques sería considerable. El **peligro** radica en dicha **agrupación** junto con eventos extremos de oleaje vinculados a un temporal marítimo provocarán mayores caudales de rebase.

4.7.1. Temporales marítimos recientes

La presencia de un potente anticiclón con centro en el sur de Gran Bretaña acoplado con una borrasca mediterránea que se generó durante el domingo día 19 de **enero** de **2020** al sur de Ibiza, y que por su alto impacto fue nombrada como “Gloria”, generó un importante temporal de gregal (nordeste) sobre la Comunitat Valenciana, que provocó durante los días 19, 20, 21 y 22 de enero precipitaciones generalizadas, que fueron de nieve en cotas superiores a unos 500 metros al principio del episodio, rachas de viento muy fuertes y un **histórico temporal marítimo**.

Quizás el aspecto más significativo de esa situación fue el extraordinario temporal marítimo, que generó importantes impactos en la costa, afectando a numerosos edificios e infraestructuras públicas y privadas situadas en primera línea de playa, con olas que han llegado a registrar 8,44 m de altura de ola significativa en la boya de Puertos del Estado situada frente a Valencia, superando ampliamente el récord anterior de 6,45 m, registrado en 2017.

Con este máximo histórico, el mayor dato medido en el Mediterráneo occidental obtenido por la boya de Valencia, se puede estimar que se pudieron haber producido olas con altura máxima de hasta 13,5 metros.

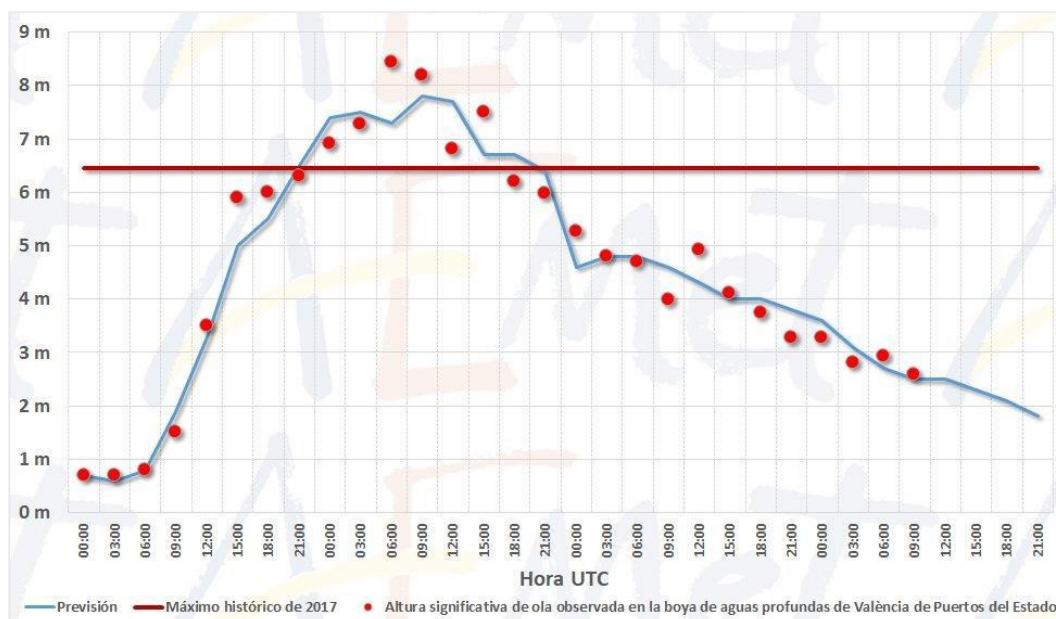


Figura 12. Altura de ola significativa prevista y observada (19, 20, 21 y 22 de enero de 2020). Fuente: (AEMET, 2020).

Como se puede apreciar en la imagen anterior, en la que se ha representado la evolución de la altura significativa de ola en la boya de aguas profundas de Puertos del Estado de València (puntos rojos) junto con las previsiones que se fueron haciendo y actualizando durante el temporal (línea azul), se llega a la conclusión de que las previsiones se ajustaron de manera muy aceptable a la realidad.

Por lo tanto, de acuerdo con las mismas previsiones, es probable que hubieran olas de más de 9 m que impactaran en el litoral Norte de Alicante y Sur de Valencia en la madrugada del día 20.

Además del de 2020, en el último medio siglo ha habido **cuatro temporales marítimos** muy violentos que han golpeado la costa de la Comunidad Valenciana:

- El de enero de 2017.
- Los dos consecutivos de noviembre de 2001, aunque el más adverso fue el del día 11.
- El del 28 de diciembre de 1980.

De los temporales del 2001 y posteriores hay registros de altura de olas en la boya de València de Puertos del Estado, y en todos ellos la altura significativa fue muy inferior a la de 2020.

En el conjunto de datos SIMAR de Puertos del Estado, que son datos simulados a través de modelos numéricos desde **1958** y que por tanto no proceden de medidas directas, se identifican **seis grandes temporales desde entonces**, entre los que se encuentran los cuatro citados anteriormente anteriores (el de 1980, los dos de 2001 y el de 2017), el actual de enero de 2020, otro en noviembre de 1967 y otro en diciembre de 2009.

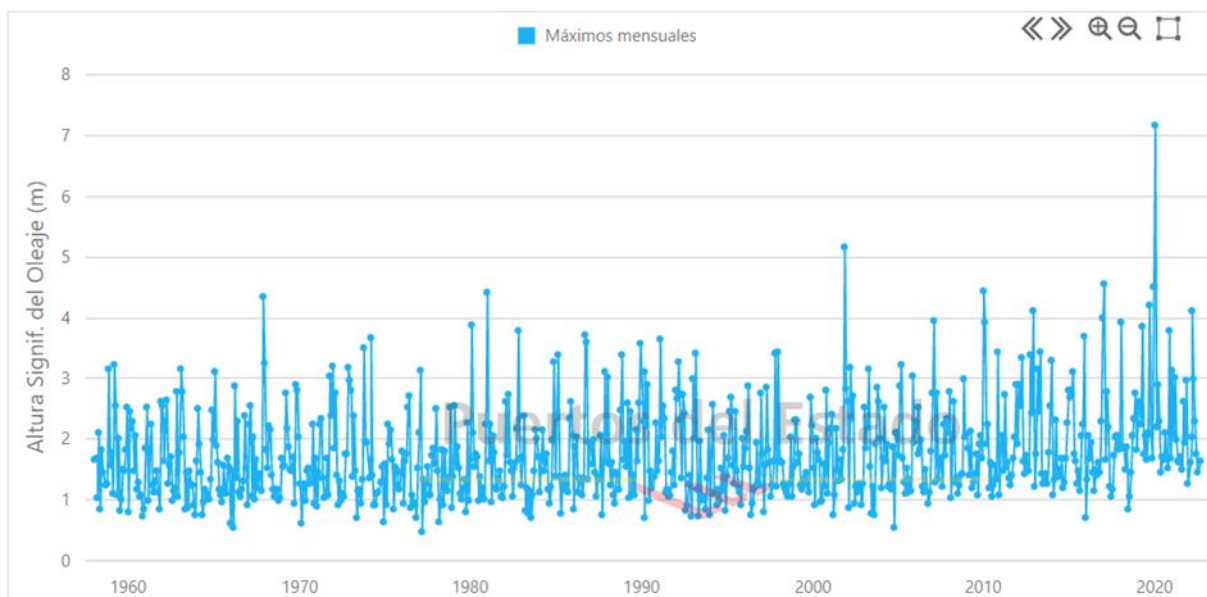


Figura 13. Altura de ola significativa máxima (mensual) 1958-2022 - Punto SIMAR 2081113. Fuente: (Puertos del Estado, s. f.).

Todos estos temporales, al ser de gran impacto, dieron lugar en su día a publicaciones, artículos, noticias o crónicas, por lo que la estimación de los reanálisis de modelos numéricos reproduce de manera fiel aquellos más adversos que en las últimas décadas han golpeado la costa valenciana, siendo el de 2020 el de más altura de ola significativa de acuerdo con esas estimaciones.

La configuración atmosférica cuando se producen estos temporales es muy parecida, y en todas las ocasiones aparece una ciclogénesis mediterránea al sur de las Islas Baleares, como se puede ver en la imagen siguiente, en la que se representan los centros de las borrascas mediterráneas y su presión mínima durante los siete temporales marítimos más adversos del último medio siglo (dos de ellos en noviembre de 2001).

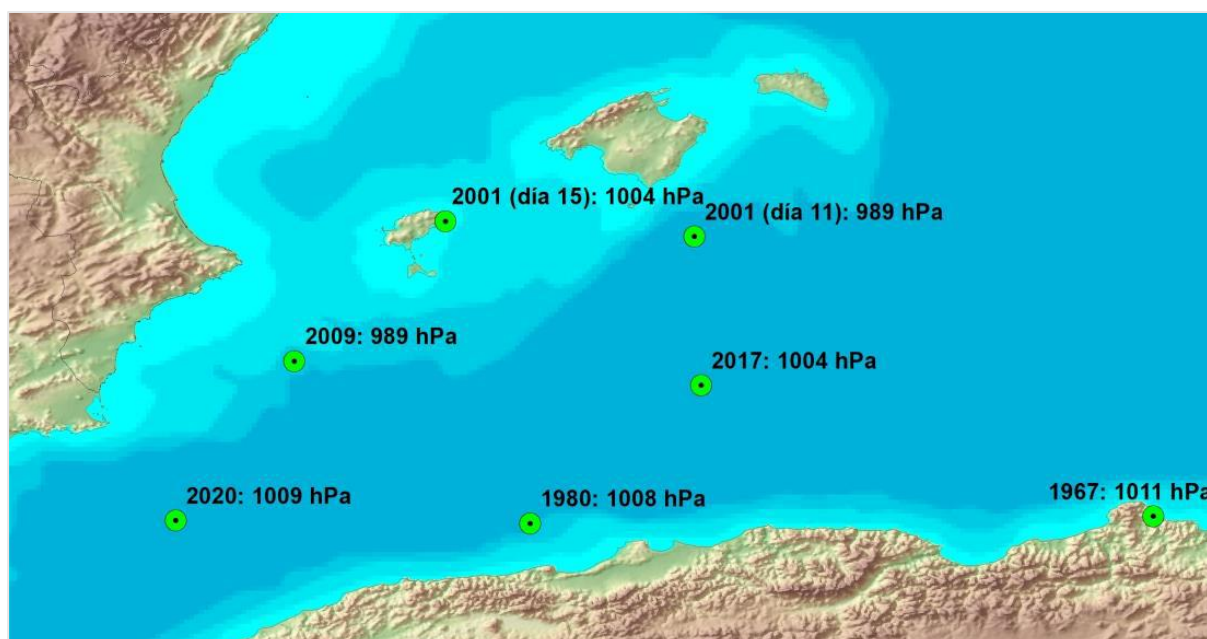


Figura 14. Centros de borrascas mediterráneas en siete temporales marítimos históricos. Fuente: (AEMET, 2020).

Como se puede comprobar, la profundidad de la borrasca Gloria fue relativamente modesta comparada con otras que dieron lugar a otros grandes temporales, por lo que en este caso, lo realmente anómalo fue la potencia del anticiclón situado al sur de Gran Bretaña (que generó varios récords de presión), más que la presencia de la borrasca Gloria.

No siempre los temporales marítimos se han producido por mar de viento, como fue en el caso de 2020, sino que a veces se han producido por mar de fondo, como ocurrió en el temporal del 11 de noviembre de 2001, cuando las olas que llegaron a la costa valenciana se desplazaron a gran distancia desde la región generatriz situada cerca de una profunda borrasca situada al sur de la isla de Mallorca (AEMET, 2020).

5. CONDICIONES CLIMÁTICAS FUTURAS

Para comprender cómo podría afectar el cambio climático a los activos y operaciones vinculados a los puertos, se necesitan **proyecciones** de los cambios futuros en los parámetros y procesos climáticos pertinentes.

Al igual que ocurre con los datos de referencia, existen muchas fuentes de información diferentes sobre las proyecciones del cambio climático con distintas resoluciones espaciales y temporales. También hay **incertidumbre**, y para muchos parámetros y procesos, los niveles de incertidumbre aumentan significativamente con el **tiempo**.

Mientras que las tendencias y patrones recientes pueden proporcionar un indicador adecuado de los cambios futuros a corto plazo, las estrategias de adaptación que tienen un horizonte de planificación de 10 a 30, o más allá de 30 años en el futuro, requieren que se consideren diferentes escenarios de cambio climático.

5.1. ESCENARIOS DE EMISIONES

Un escenario es una descripción de cómo puede desarrollarse el futuro, basada en un conjunto coherente de suposiciones sobre los principales factores impulsores, como la demografía, los procesos económicos, la innovación tecnológica, la gobernanza, los estilos de vida y las relaciones entre estas fuerzas impulsoras. Los escenarios también pueden definirse únicamente en función de las fuerzas motrices geofísicas, como las emisiones o la abundancia de los gases de efecto invernadero (GEI), los aerosoles o los patrones de uso de la tierra. Los escenarios no son predicciones, sino que proporcionan una investigación de lo que ocurriría considerando las implicaciones de varios desarrollos y acciones (IPCC WGI, 2021a).

Los escenarios de cambio climático permiten considerar diversos **niveles de incertidumbre**, como las tasas de cambio de las emisiones globales de GEI. Para ello, ofrecen una visión de las consecuencias climáticas respectivas de una serie de **posibles condiciones futuras**, desde un escenario optimista en el que se aplican medidas eficaces de control de las emisiones a nivel mundial, hasta la continuación de las emisiones habituales o una situación de "ausencia de políticas".

Asimismo, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son capaces de provocar una modificación en el balance energético del planeta (**forzamiento radiativo**).

Es importante señalar que los escenarios no son predicciones, aunque resultan útiles para entender las implicaciones de determinadas vías de desarrollo económico y acciones a ejecutar (PIANC, 2020).

La referencia de posibles estados climáticos futuros descritos por estos escenarios constituye una herramienta para desarrollar respuestas en forma de medidas de adaptación que reconozcan y den cabida a estas incertidumbres.

5.1.1. Representative Concentration Pathways (RCP)

En el **Quinto Informe del IPCC** se definieron cuatro nuevos escenarios de emisión: las Trayectorias de Concentración Representativas (*Representative Concentration Pathways*, *RCP*). Éstas se identifican por el forzamiento radiativo (FR) total que producirían en el año 2100. El forzamiento radiativo es la diferencia entre la insolación (luz solar) absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio, es decir, es el calor extra que la atmósfera retendrá como resultado de emisiones adicionales de gases de efecto invernadero, medido en vatios por metro cuadrado (W/m^2) (Wikipedia, 2021).

Los escenarios consideran el impacto de concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero y cubren el periodo de 1850 a 2100. Las cuatro trayectorias, que fueron objeto de una amplia modelización e investigación climática, describen cuatro futuros climáticos diferentes. Los RCP están etiquetados según un posible rango de valores de **forzamiento radiativo antropogénico en el año 2100**:

- **RCP 2.6:** es una vía de emisiones optimista que representa escenarios en la literatura que conducen a niveles de concentración de GEI muy bajos.
- **RCP 4.5:** es un escenario de estabilización en el que las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo en 2040 y el forzamiento radiativo antropogénico total se estabiliza antes de 2100 mediante el empleo de una serie de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de GEI.
- **RCP 6.0:** es un escenario de estabilización en el que las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo en torno a 2080 y el forzamiento radiativo antropogénico total se estabiliza después de 2100.
- **RCP 8.5:** es la vía más pesimista, caracterizada por el aumento de las emisiones de GEI a lo largo del tiempo, y representa los escenarios de la literatura que conducen a altos niveles de concentración de GEI.

	FR	Tendencia del FR	[CO ₂] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m^2	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m^2	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m^2	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m^2	creciente	936 ppm

Figura 15. Trayectorias de concentración representativas (RCP) y su forzamiento radiativo (FR) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013).

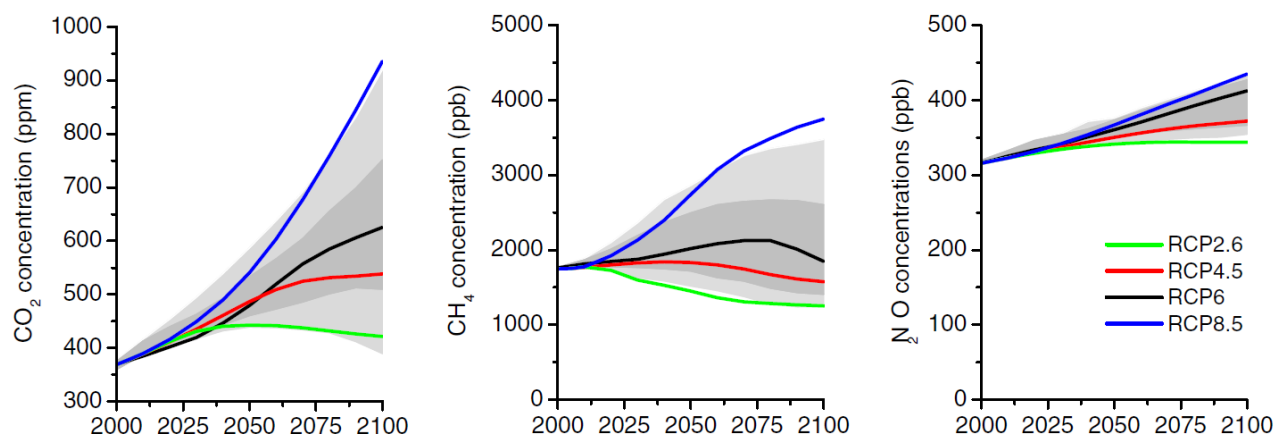


Figura 16. Trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al., 2011).

5.1.2. Shared Socio-Economic Pathways (SSP)

En el **Sexto Informe del IPCC** se establece un nuevo rango de escenarios basados en las “Trayectorias Socioeconómicas Compartidas” (*Shared Socio-economic Pathways, SSP*). El conjunto de nuevos escenarios reconoce que los niveles de forzamiento radiativo pueden ser alcanzados por diferentes vías de emisiones de CO₂, gases de efecto invernadero (GEI) diferentes del CO₂, aerosoles y uso del suelo. El conjunto de SSP establece relaciones entre niveles de forzamiento global y de pautas socioeconómicas.

A continuación se realiza un descripción de los cinco escenarios SSP (Wikipedia, 2022a).

- **SSP1: Sostenibilidad**

El mundo cambia gradualmente, pero de manera generalizada, hacia un camino más sostenible, enfatizando un desarrollo más inclusivo que respeta los límites ambientales percibidos. La gestión de los bienes comunes mundiales mejora lentamente, las inversiones en educación y salud aceleran la transición demográfica y el énfasis en el crecimiento económico se desplaza hacia un énfasis más amplio en el bienestar humano.

La desigualdad se reduce tanto entre los países como dentro de ellos, impulsada por un compromiso cada vez mayor con el logro de los objetivos de desarrollo sostenible. El consumo está orientado hacia un bajo crecimiento material y una menor intensidad de recursos y energía.

- **SSP2: Mitad del camino**

El mundo sigue un camino en el que las tendencias sociales, económicas y tecnológicas no se desvían marcadamente de los patrones históricos. El desarrollo y el crecimiento de los ingresos avanzan de manera desigual, con algunos países logrando un progreso relativamente bueno mientras que otros no cumplen con las expectativas. Las instituciones mundiales y nacionales trabajan para lograr los objetivos de desarrollo sostenible, pero lo hacen lentamente.

Los sistemas ambientales experimentan degradación, aunque hay algunas mejoras y, en general, la intensidad del uso de recursos y energía disminuye. El crecimiento de la población mundial es moderado y se estabiliza en la segunda mitad del siglo. La desigualdad de ingresos persiste o mejora solo lentamente y continúan los desafíos para reducir la vulnerabilidad a los cambios sociales y ambientales.

- **SSP3: Rivalidad regional**

El resurgimiento del nacionalismo, las preocupaciones sobre la competitividad y la seguridad y los conflictos regionales empujan a los países a centrarse cada vez más en cuestiones

nacionales o, como mucho, regionales. Las políticas cambian con el tiempo para orientarse cada vez más hacia cuestiones de seguridad nacional y regional.

Los países se centran en alcanzar los objetivos de seguridad energética y alimentaria dentro de sus propias regiones a expensas de un desarrollo de base más amplia. Disminuyen las inversiones en educación y desarrollo tecnológico. El desarrollo económico es lento, el consumo es intensivo en materiales y las desigualdades persisten o empeoran con el tiempo.

El crecimiento de la población es bajo en los países industrializados y alto en los países en desarrollo. Una baja prioridad internacional para abordar las preocupaciones ambientales conduce a una fuerte degradación ambiental en algunas regiones.

- **SSP4: Desigualdad**

Las inversiones sumamente desiguales en capital humano, combinadas con las crecientes disparidades en las oportunidades económicas y el poder político, conducen a un aumento de las desigualdades y la estratificación tanto entre los países como dentro de ellos. Con el tiempo, se ensancha la brecha entre una sociedad conectada internacionalmente que contribuye a los sectores de la economía mundial intensivos en conocimiento y capital, y una colección fragmentada de sociedades de bajos ingresos y con poca educación que trabajan en una economía de baja tecnología y con un uso intensivo de mano de obra.

La cohesión social se degrada y los conflictos y los disturbios se vuelven cada vez más comunes. El desarrollo tecnológico es alto en la economía y los sectores de alta tecnología. El sector energético globalmente conectado se diversifica, con inversiones tanto en combustibles intensivos en carbono como el carbón y petróleo no convencional, como en fuentes de energía bajas en carbono. Las políticas medioambientales se centran en los problemas locales de las zonas de ingresos medios y altos.

- **SSP5: Desarrollo impulsado por combustibles fósiles**

Este mundo confía cada vez más en los mercados competitivos, la innovación y las sociedades participativas para producir un rápido progreso tecnológico y el desarrollo del capital humano como camino hacia el desarrollo sostenible. Los mercados globales están cada vez más integrados. También hay fuertes inversiones en salud, educación e instituciones para mejorar el capital humano y social.

Al mismo tiempo, el impulso por el desarrollo económico y social se combina con la explotación de abundantes recursos de combustibles fósiles y la adopción de estilos de vida intensivos en recursos y energía en todo el mundo. Todos estos factores conducen a un rápido crecimiento de la economía mundial, mientras que la población mundial alcanza su punto máximo y disminuye en el siglo XXI. Los problemas ambientales locales como la contaminación del aire se gestionan con éxito. Existe fe en la capacidad de gestionar con eficacia los sistemas sociales y ecológicos, incluso mediante la geoingeniería si es necesario.

5.1.3. Combinación de escenarios

Ante la variedad de escenarios descrita, se utilizó una nueva modelización integrando las pautas socioeconómicas futuras con los niveles de forzamiento radiativo a final de siglo.

SSPX-Y es la abreviatura de un escenario, donde **X** es la numeración de la familia **socioeconómica** SSP (1 a 5) que se utilizó para desarrollar la vía de emisiones, e **Y** indica el valor aproximado de **forzamiento radiativo** alcanzado en 2100. Los escenarios SSPX-Y abarcan el rango nominal de 1,9 a 8,5 W/m². Para cuantificar los escenarios SSPX-Y se utilizó una serie de modelos de evaluación integrada diferentes, pero cada modelo de evaluación integrada cuantificó tanto los futuros socioeconómicos (uso de la energía, uso del suelo, población, etc.) como varios futuros de emisiones dentro del mismo marco de modelización,

mejorando así la coherencia entre los antecedentes socioeconómicos y sus futuros de emisiones resultantes. En cambio, el marco SSPX-RCPY combina los futuros socioeconómicos de SSP y los futuros de emisiones y concentraciones de RCP de forma aleatoria (IPCC WGI, 2021a).

A continuación, se presenta una tabla con el conjunto de los cinco SSPX-Y más empleados, configurando relaciones entre pautas socioeconómicas y niveles de forzamiento radiactivo global a finales del siglo XXI.

SSPX-Y	DESCRIPCIÓN	CALENTAMIENTO ESTIMADO	
		2041 - 2060	2081 - 2100
SSP1-1.9	Sostenibilidad – Emisiones de GEI muy bajas	1,6 °C	1,4 °C
	Las emisiones de CO ₂ se reducen a cero en 2050		
SSP1-2.6	Sostenibilidad – Emisiones de GEI bajas	1,7 °C	1,8 °C
	Las emisiones de CO ₂ se reducen a cero en 2075		
SSP2-4.5	Mitad del camino – Emisiones de GEI intermedias	2,0 °C	2,7 °C
	Las emisiones de CO ₂ se sitúan en torno a los niveles actuales hasta 2050, y luego disminuyen, pero no llegan a ser netas en 2100		
SSP3-7.0	Rivalidad regional - Emisiones de GEI altas	2,1 °C	3,6 °C
	Las emisiones de CO ₂ se duplican en 2100		
SSP5-8.5	Desarrollo impulsado por combustibles fósiles – Emisiones de GEI muy altas	2,4 °C	4,4 °C
	Las emisiones de CO ₂ se triplican en 2075		

Tabla 4. Combinación de escenarios SSPX-Y. Fuente: (Wikipedia, 2022d).

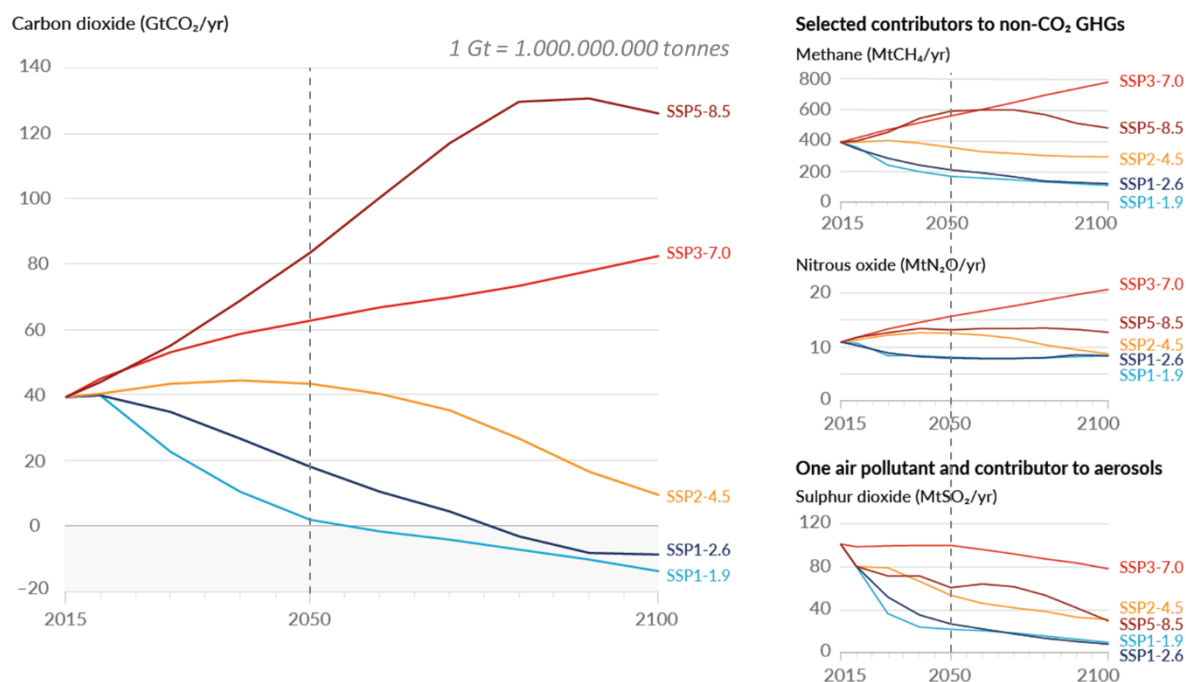


Figura 17. Futuras emisiones anuales de CO₂ (izquierda) y de un subconjunto de factores clave no relacionados con el CO₂ (derecha), en cinco escenarios ilustrativos. Fuente: (Allan et al., 2021).

5.1.4. Equivalencias entre escenarios SSP y RCP

Cada escenario SSP está aproximadamente vinculado a un escenario RCP. La tabla siguiente muestra una serie de relaciones entre los escenarios más utilizados.

Escenario SSPX-Y	Descripción desde la perspectiva de las emisiones/concentraciones y la temperatura	Escenario RCP más cercano
SSP1-1.9	Mantiene el calentamiento en aproximadamente 1,5°C por encima de 1850-1900 en 2100 tras un ligero rebasamiento (mediana) y con emisiones netas de CO ₂ implícitas a mediados de siglo.	No está disponible. No existe un escenario de RCP bajo equivalente.
SSP1-2.6	Se mantiene por debajo de 2,0°C de calentamiento en relación con 1850-1900 (mediana) con emisiones netas de CO ₂ implícitas en la segunda mitad del siglo.	RCP2.6 , aunque el RCP2.6 podría ser más frío con los mismos ajustes del modelo.
SSP2-4.5	<p>Escenario aproximadamente en línea con el extremo superior de los niveles agregados de emisiones de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC) para 2030. Las emisiones de CO₂ se mantienen en torno a los niveles actuales hasta mediados de siglo.</p> <p>El Informe Especial sobre Calentamiento Global de 1,5 °C evaluó las proyecciones de temperatura de las NDC entre 2,7°C y 3,4°C para 2100, lo que corresponde a la mitad superior del calentamiento previsto en el SSP2-4.5.</p> <p>Las NDC nuevas o actualizadas a finales de 2020 no cambiaron significativamente las proyecciones de emisiones hasta 2030, aunque un mayor número de países adoptó objetivos netos cero para 2050 en línea con SSP1-1.9 o SSP1-2.6. El escenario SSP2-4.5 se desvía ligeramente de un escenario de referencia "sin política climática adicional", lo que da lugar a un calentamiento mejor estimado de unos 2,7 °C a finales del siglo XXI en relación con 1850-1900.</p>	RCP4.5 y, hasta 2050, también RCP6.0. El forzamiento en este último fue incluso menor que el RCP4.5 en las primeras décadas del siglo XXI.
SSP3-7.0	Un escenario de referencia intermedio-alto resultante de la ausencia de políticas climáticas adicionales en el marco de la narrativa de desarrollo socioeconómico del SSP3. Las emisiones de CO ₂ se duplican aproximadamente con respecto a los niveles actuales para 2100. El SSP3-7.0 tiene unas emisiones no relacionadas con el CO ₂ especialmente elevadas, incluidas las emisiones de aerosoles.	Entre RCP6.0 y RCP8.5 , aunque SSP3-7.0 las emisiones no de CO ₂ y los aerosoles son mayores que en cualquiera de los RCP.
SSP5-8.5	Un escenario de alta referencia sin política climática adicional. Las emisiones de CO ₂ se duplican aproximadamente con respecto a los niveles actuales para 2050. Los modelos de evaluación integrada (IAM) no obtienen niveles de emisiones tan elevados como los del SSP5-8.5 en ninguno de los SSP, salvo en la vía de desarrollo socioeconómico del SSP5 alimentado por fósiles.	RCP8.5 , aunque las emisiones de CO ₂ bajo SSP5-8.5 son mayores hacia el final del siglo. Las emisiones de CH ₄ en la SSP5-8.5 son menores que en la RCP 8.5. Si se utiliza la misma configuración del modelo, SSP5-8.5 puede dar lugar a temperaturas ligeramente más altas que RCP8.5.

Tabla 5. Relaciones entre escenarios SSP y RCP. Fuente: (IPCC WGI, 2021a).

5.1.5. Consideraciones

A nivel general, los escenarios no presentan diferencias en los próximos 10 años. En el entorno del año 2050 es cuando divergen significativamente. Si la planificación de un puerto considera menos de 30 años, el número de escenarios puede simplificarse usando una agrupación de las proyecciones. La recomendación es la siguiente (PIANC, 2020):

- **Corto plazo (< 10 años):** datos históricos.
- **Medio plazo (10-30 años):** número de escenarios climáticos reducido → SSP2-4.5 / RCP4.5 y SSP5-8.5 / RCP8.5.
- **Largo plazo (> 30 años):** todos los escenarios climáticos.

5.2. HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN

Se contemplan tanto los escenarios operativos en el corto plazo como los enfocados en la gestión en el medio plazo, que es relevante para la planificación y gestión de inversiones, vinculadas a los instrumentos de planificación portuaria.

Por lo tanto, en este estudio se plantean dos horizontes temporales para la planificación y gestión portuaria. Para el corto plazo se fija el año **2030**. En este periodo se trata de incluir medidas que consideren el cambio climático en los instrumentos de planificación portuaria, de manera que, para el medio plazo, con año horizonte **2050**, se puedan plantear y llevar a cabo medidas de mayor envergadura.

5.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

En esta parte se van a combinar los datos de los siguientes organismos para tener una continuidad en los resultados ofrecidos.

- **Agencia Estatal de Meteorología.** Proporciona resultados gráficos de proyecciones climáticas para el siglo XXI. Las proyecciones regionalizadas de cambio climático se obtienen a partir de las proyecciones calculadas con modelos climáticos globales a las que se aplican técnicas de regionalización para obtener resultados a menor escala, necesarios para el análisis de los posibles impactos. En este caso, se utilizará las **proyecciones regionalizadas** con técnicas dinámicas (**CORDEX**), donde se anidan modelos climáticos regionales en modelos climáticos globales.
- **IPCC Working Group I Interactive Atlas.** Se trata de una nueva herramienta para realizar análisis espaciales y temporales de gran parte de la información sobre el cambio climático observado y proyectado en la que se basa la contribución del Grupo de Trabajo I al **Sexto Informe de Evaluación**. Los datos que se proporcionan corresponden a **información regionalizada**. Los datos que se proporcionará corresponden a los modelos **CMIP6** y **CORDEX Europa**.

5.4. TEMPERATURA ATMOSFÉRICA

5.4.1. Aumento de las temperaturas máximas y mínimas

El aumento de la temperatura media es claro y progresivo a lo largo del siglo XXI, siendo mayor en verano y para el escenario de cambio climático más emisivo (RCP8.5). Las temperaturas máximas y mínimas del verano y otoño presentan un incremento más intenso que las del invierno y primavera. La Comunidad Valenciana es una de las zonas donde se produce mayor calentamiento (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

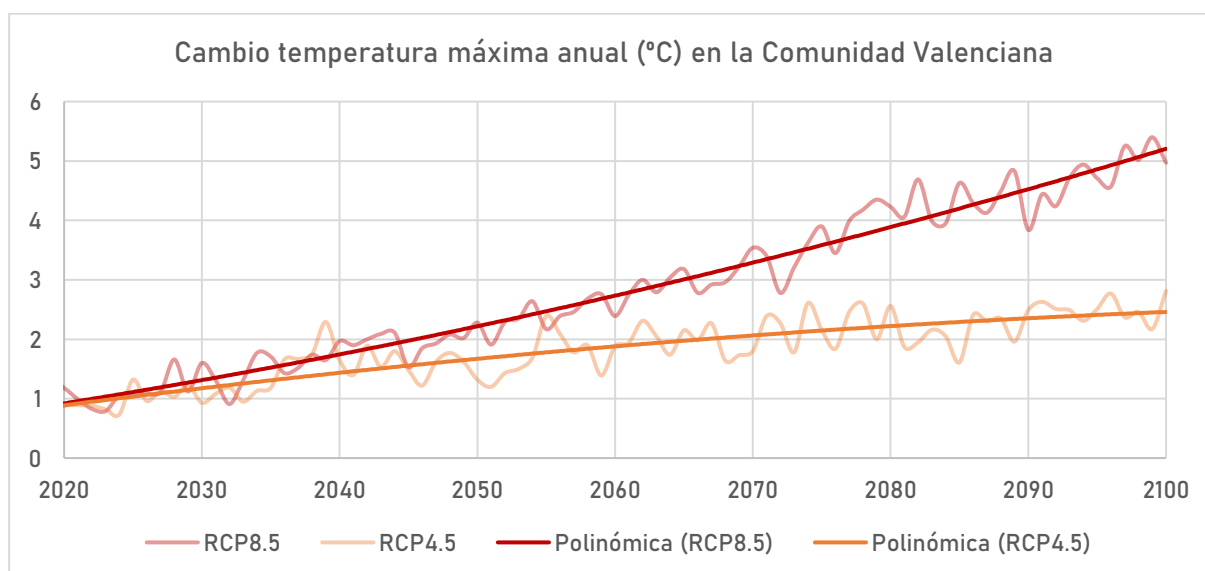


Figura 18. Cambio temperatura máxima anual (°C) en la Comunidad Valenciana. Fuente: (AEMET, s. f.) CORDEX.

5.4.2. Mayor número de días cálidos

Un día cálido se define como un período de 24 horas donde las temperaturas diurnas y nocturnas se mantienen excepcionalmente altas, representando un riesgo significativo para la salud humana porque el cuerpo no tiene la oportunidad de refrescarse después de la puesta del sol (Tiempo.com, Meteored, 2020).

El número de días cálidos presenta un aumento progresivo a lo largo del siglo XXI para todos los escenarios analizados, tanto en la España peninsular como en Baleares y Canarias. Se espera que, a finales de siglo XXI, en la España peninsular se incremente la proporción de días cálidos casi un 50 % para el escenario más emisor (RCP8.5), mientras que para el escenario de estabilización (RCP4.5), este aumento estará en torno al 25 % (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

5.4.3. Aumento en la duración de las olas de calor

Las variaciones de este índice no tienen la misma magnitud en todos los lugares de España. Los cambios mayores se producirían tanto en las comunidades del levante español, como en la Región de Murcia, en Baleares y especialmente en Canarias (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Es muy probable que la frecuencia de las olas de calor aumente durante el siglo XXI independientemente del escenario de emisiones en cada región europea, y para los niveles de calentamiento global de 1,5°C y 2°C. Se prevé que el estrés térmico debido tanto a las altas temperaturas como a la humedad, que afecta a la mortalidad y la capacidad laboral, aumente en todos los escenarios de emisiones y calentamiento global para mediados de siglo (IPCC WGI, 2021c).

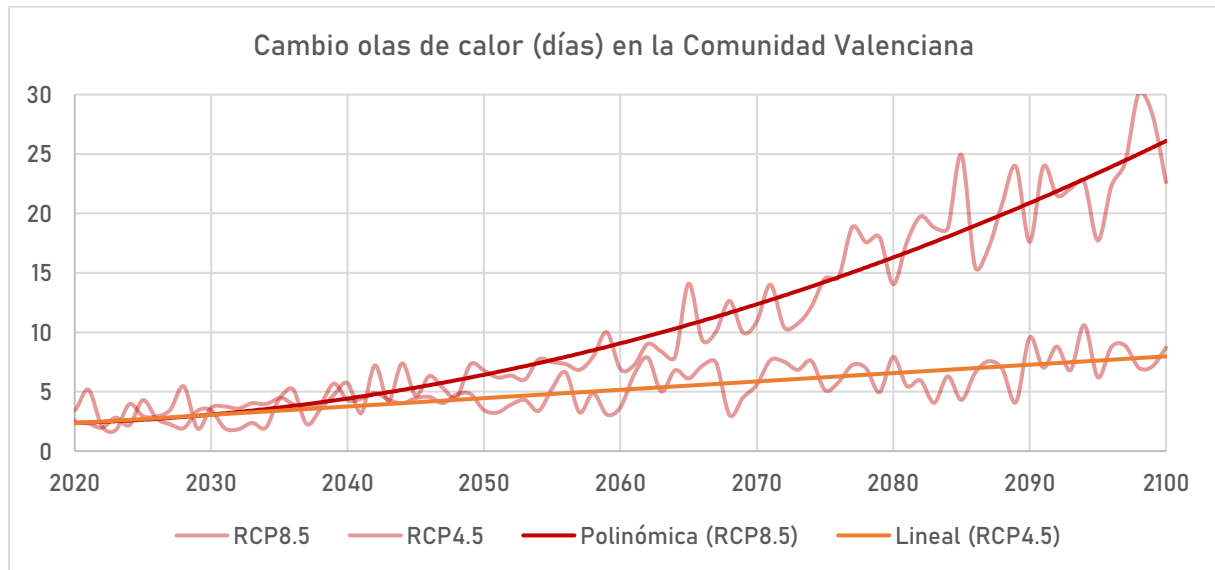


Figura 19. Cambio en la duración de olas de calor (días) en la Comunidad Valenciana. Fuente: (AEMET, s. f.) CORDEX.

5.4.4. IPCC Working Group I Interactive Atlas

Por otra parte, según algunos de los modelos recogidos en el Atlas del IPCC, hay un consenso respecto al aumento de las temperaturas y la duración de las olas de calor.

- Temperatura media del aire (°C)

REFERENCIA		MODELO	
		CMIP6	CORDEX Europe
2030		<p>Mean temperature (T) Point: Lon: -0.30° Lat: 39.49° Value: 17.3 deg C</p>	<p>Mean temperature (T) Point: Lon: -0.30° Lat: 39.49° Value: 17.2 deg C</p>
2050	SSP2-4.5 / RCP4.5	<p>Mean temperature (T) Point: Lon: -0.21° Lat: 39.49° Value: 17.8 deg C</p>	<p>Mean temperature (T) Point: Lon: -0.21° Lat: 39.49° Value: 17.6 deg C</p>
	SSP5-8.5 / RCP8.5	<p>Mean temperature (T) Point: Lon: -0.40° Lat: 39.49° Value: 18.4 deg C</p>	<p>Mean temperature (T) Point: Lon: -0.40° Lat: 39.49° Value: 18.1 deg C</p>

Tabla 6. Cambios futuros en la temperatura media. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

- **Días con temperaturas superiores a 35 °C**

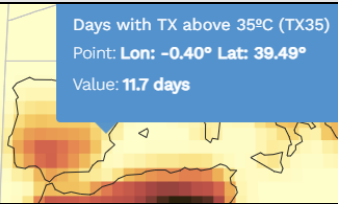
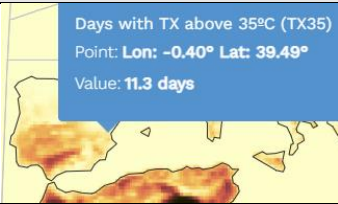
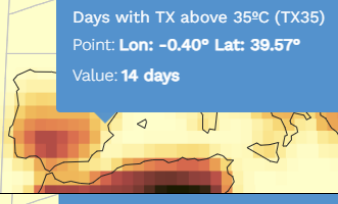
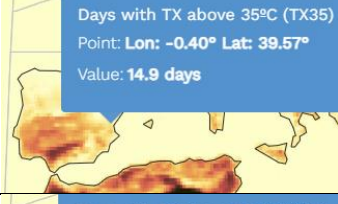
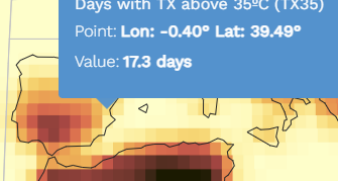
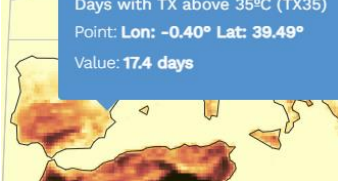
REFERENCIA		MODELO	
		CMIP6	CORDEX Europe
2030			
2050	SSP2-4.5 / RCP4.5		
	SSP5-8.5 / RCP8.5		

Tabla 7. Cambios futuros en la cantidad de días con temperaturas superiores a los 35 °C. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

La tabla siguiente resume la información mostrada en las tablas anteriores.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Temperatura media del aire (°C)	CMIP6	17,3	17,8	18,4
	CORDEX Europa	17,2	17,6	18,1
Días con temperaturas superiores a 35 °C	CMIP6	11,7	14	17,3
	CORDEX Europa	11,3	14,9	17,4

Tabla 8. Resumen de proyecciones de temperatura. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

5.5. PRECIPITACIÓN

5.5.1. Disminución moderada de las precipitaciones

Las precipitaciones tienden a disminuir en la mayor parte de España, siendo mayores en la parte noroeste de la Península y en los archipiélagos. En la Comunidad Valenciana se podrían alcanzar disminuciones del 10% en el año 2050 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

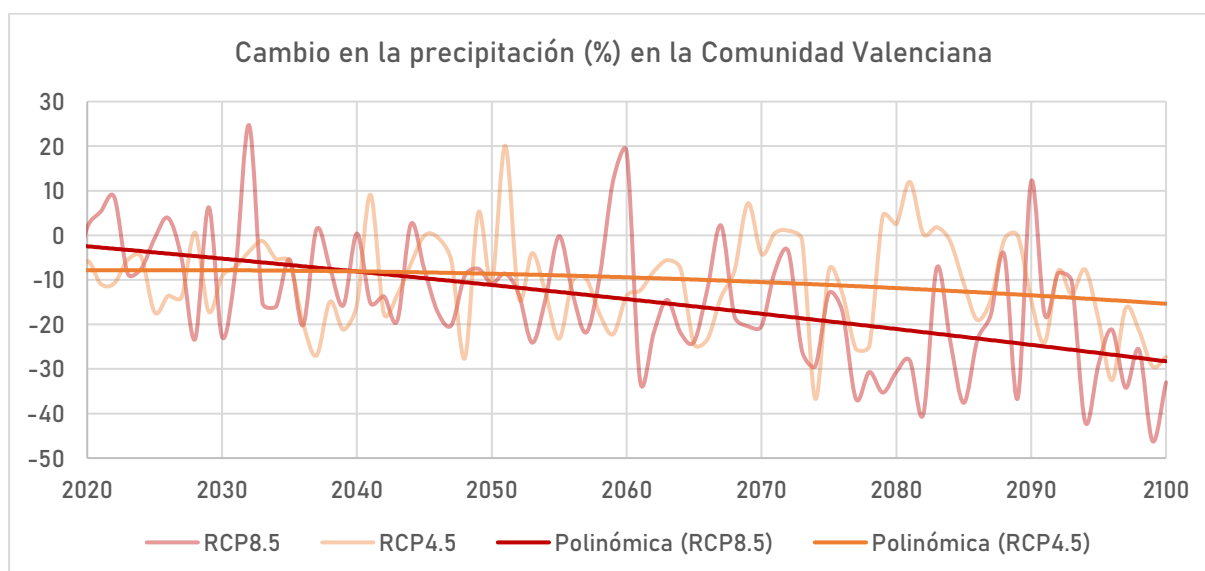


Figura 20. Cambio en la precipitación (%) en la Comunidad Valenciana. Fuente: (AEMET, s. f.) CORDEX.

5.5.2. Lluvias torrenciales e inundaciones

La reducción de las precipitaciones medias anuales no conllevará necesariamente una disminución de los extremos. De hecho, se prevé un aumento de episodios de lluvias torrenciales e inundaciones y se está empezando a apreciar una ligera **intensificación** de los **fenómenos meteorológicos extremos** como la gota fría y los **temporales marítimos**.

Además, estas precipitaciones torrenciales, debido a su escasa duración, no favorecen la recarga de los acuíferos, lo que reduce su efecto regulador del ciclo hidrológico (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

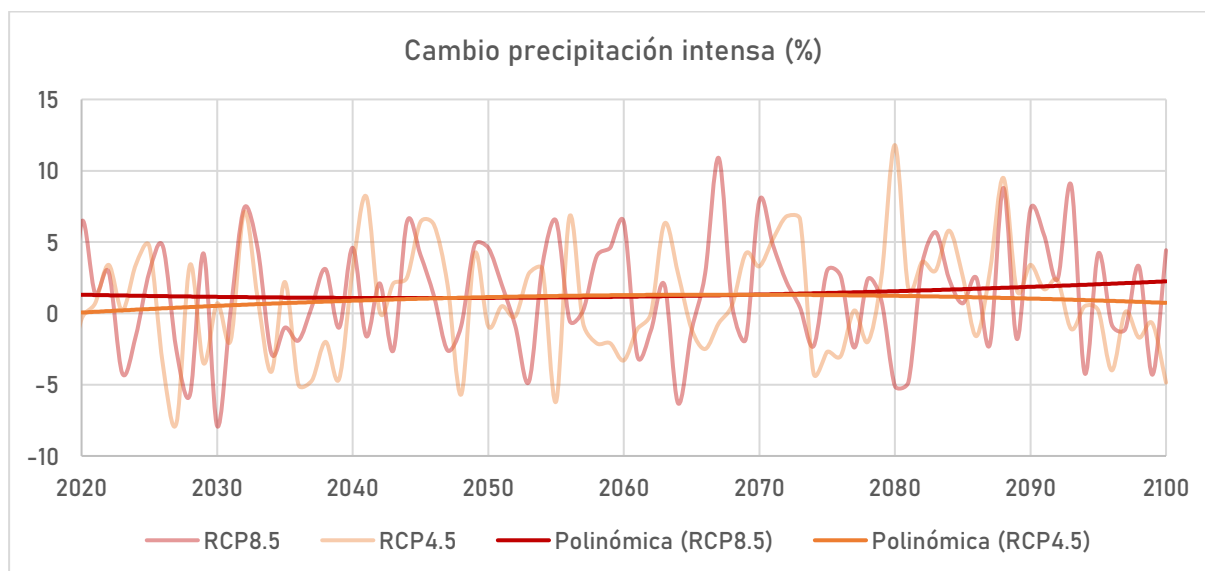


Figura 21. Cambio en la precipitación intensa (%) en la Comunidad Valenciana. Fuente: (AEMET, s. f.) CORDEX.

5.5.3. IPCC Working Group I Interactive Atlas

Aparentemente, la precipitación total no va a sufrir grandes cambios ni a corto plazo ni a largo plazo, bajo todos los escenarios y modelos estudiados.

- Precipitación total (mm/día)

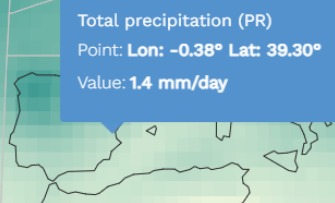
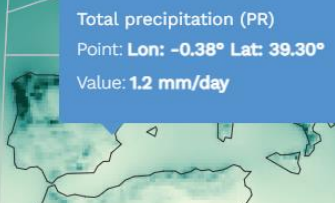
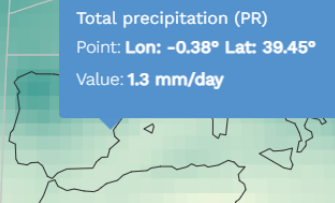
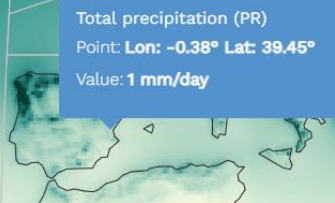
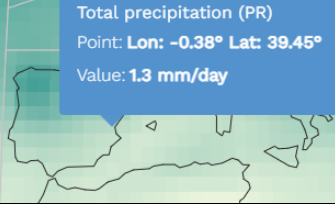
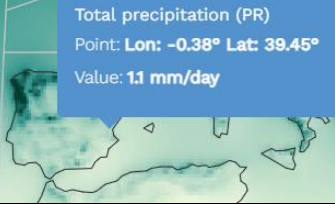
REFERENCIA		MODELO	
		CMIP6	CORDEX Europe
2030			
2050	SSP2-4.5 / RCP4.5		
	SSP5-8.5 / RCP8.5		

Tabla 9. Cambios futuros en la precipitación total. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

Con respecto a la precipitación máxima diaria, se aprecia un ligero aumento. Esta variable está relacionada con el ligero aumento de las precipitaciones intensas, que se notará más bajo las condiciones del escenario SSP5-8.5 / RCP8.5 hacia el año 2050.

- Precipitación máxima diaria (mm)

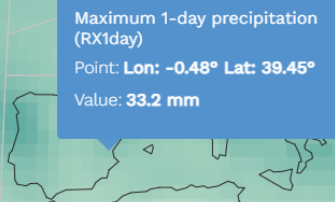

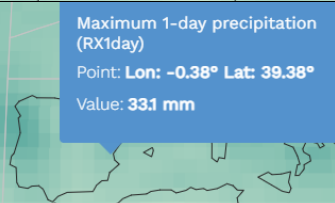

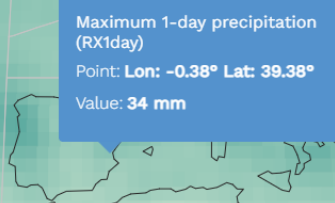

REFERENCIA		MODELO	
		CMIP6	CORDEX Europe
2030			
2050	SSP2-4.5 / RCP4.5		
	SSP5-8.5 / RCP8.5		

Tabla 10. Cambios futuros en la precipitación máxima diaria. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

La tabla siguiente resume la información mostrada en las tablas anteriores.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Precipitación total (mm/día)	CMIP6	1,4	1,3	1,3
	Cordex Europe	1,2	1	1,1
Precipitación máxima diaria (mm)	CMIP6	33,2	33,1	34
	Cordex Europe	51,7	53,2	54,5

Tabla 11. Resumen de proyecciones de precipitación. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

5.6. VIENTO

5.6.1. Disminución ligera de la velocidad media del viento

El viento sufrirá una reducción ligera en su velocidad media, pero eso no significa que existan tormentas acompañadas de rachas de viento fuerte, capaces de provocar daños físicos.

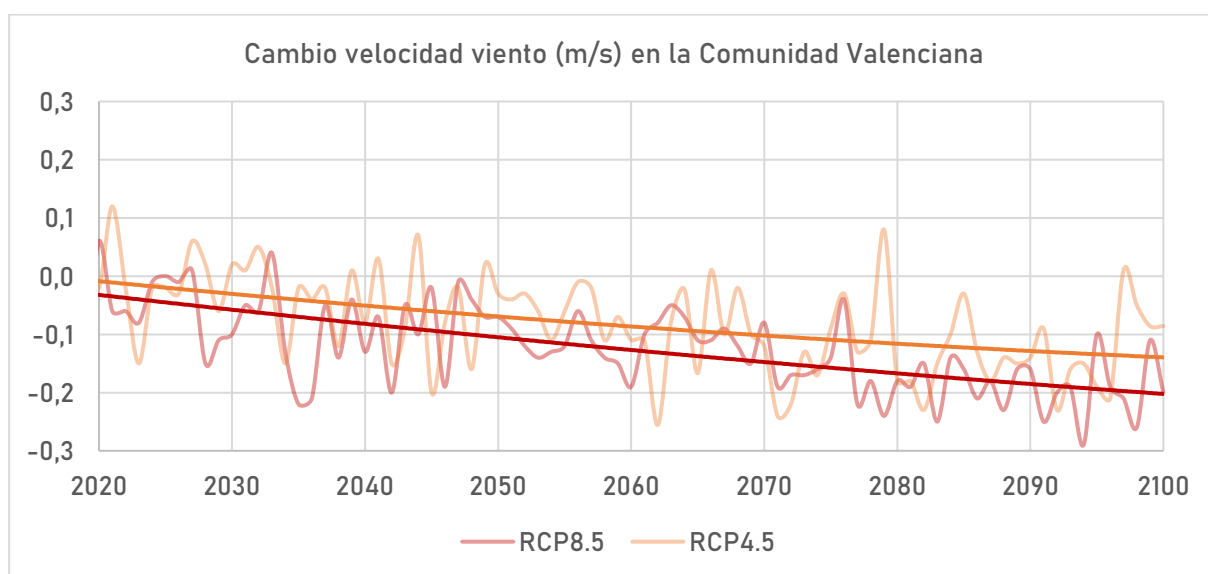


Figura 22. Cambio velocidad viento (m/s) en la Comunidad Valenciana. Fuente: (AEMET, s. f.) CORDEX.

5.6.2. IPCC Working Group I Interactive Atlas

Los resultados de los modelos confirman que no se producirán cambios en el futuro por lo que respecta a la velocidad media del viento.

- Velocidad del viento en superficie (m/s)

REFERENCIA		MODELO	
		CMIP6	CORDEX Europe
2030		Surface wind Point: Lon: -0.38° Lat: 39.53° Value: 4.3 ms ⁻¹	Surface wind Point: Lon: -0.38° Lat: 39.53° Value: 3.3 ms ⁻¹
2050	SSP2-4.5 / RCP4.5	Surface wind Point: Lon: -0.57° Lat: 39.30° Value: 4.2 ms ⁻¹	Surface wind Point: Lon: -0.57° Lat: 39.30° Value: 3.3 ms ⁻¹

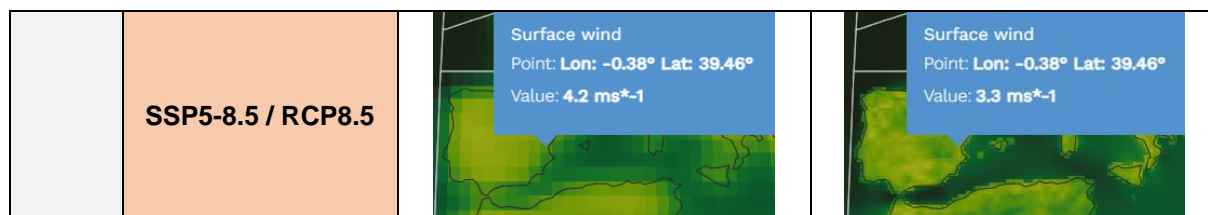


Tabla 12. Cambios futuros en la velocidad del viento en superficie. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

La tabla siguiente resume la información mostrada en las tablas anteriores.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Velocidad del viento (m/s)	CMIP6	4,3	4,2	4,2
	Cordex Europe	3,3	3,3	3,3

Tabla 13. Resumen de proyecciones de viento. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

5.7. NIVEL DEL MAR

5.7.1. Aumento del nivel del mar

Se prevé que el nivel del mar Mediterráneo siga subiendo durante las próximas décadas y siglos, con confianza alta, alcanzando probablemente entre **0,15 - 0,33 m en 2050**, y

- Entre 0,3 - 0,6 m para el escenario SSP1-1,9 en 2100.
- Entre 0,6 - 1,1 m para el escenario SSP5-8,5 en 2100 (en relación con 1995-2014, con confianza media).

No pueden excluirse valores incluso superiores y el proceso es irreversible a escala de siglos a milenios (confianza alta). Los riesgos de inundaciones costeras aumentarán en las zonas bajas a lo largo del 37% del litoral mediterráneo que actualmente alberga a 42 millones de personas. Se prevé que el número de personas expuestas a la subida del nivel del mar aumente hasta 2050, especialmente en la región del sur y el este del Mediterráneo, y puede alcanzar hasta un 130% en comparación con el presente en 2100 (confianza media).

Los asentamientos costeros, los sitios de Patrimonio Mundial y los ecosistemas corren un riesgo a largo plazo por el aumento sostenido del nivel del mar durante al menos los próximos tres siglos (confianza alta) (IPCC WGII, 2022).

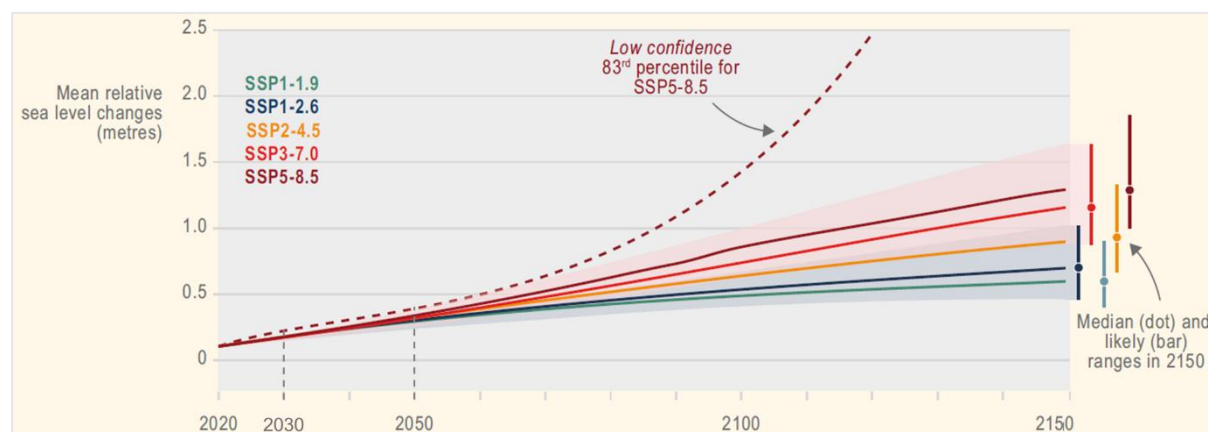


Figura 23. Aumento del nivel medio del mar en el Mediterráneo entre 2020 y 2150. Fuente: (IPCC WGII, 2022).

A nivel de la Comunidad Valenciana, la gráfica siguiente muestra el aumento del nivel del mar en unas coordenadas situada en una situación próxima a la costa valenciana.

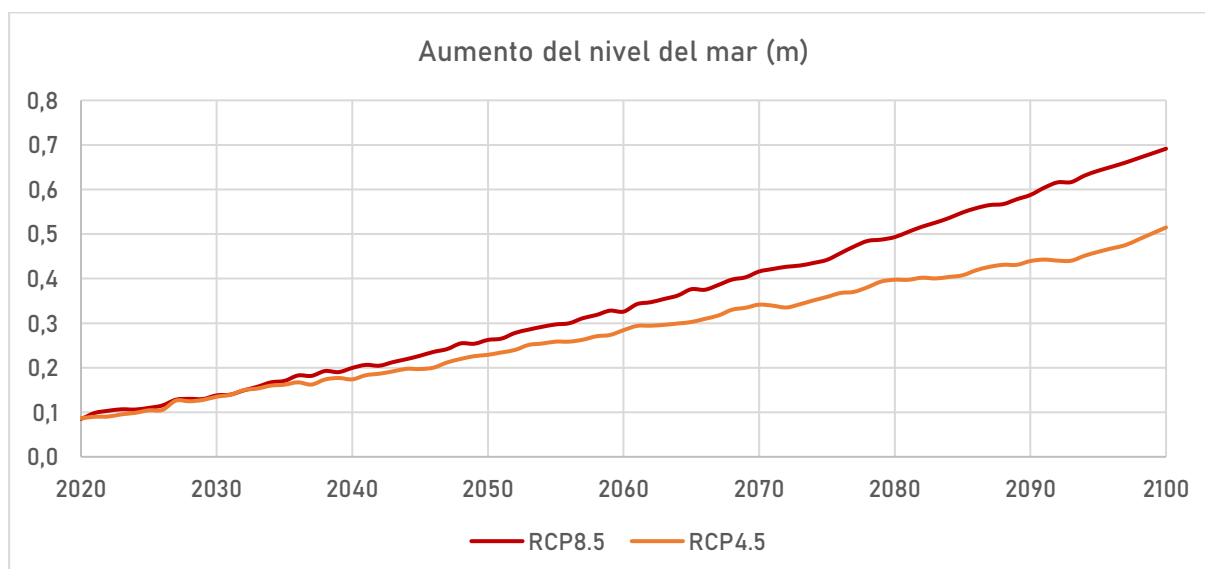


Figura 24. Proyecciones de aumento del nivel del mar en un punto del mar Mediterráneo próximo a la Comunidad Valenciana. Fuente: (IPCC, 2018).

5.7.2. IPCC Working Group I Interactive Atlas

El Atlas del IPCC también constata la subida del nivel del mar, ofreciendo valores medios para el conjunto de la región mediterránea.

VARIABLE CLIMÁTICA	MODELO	2030	2050	
			SSP2-4.5 / RCP4.5	SSP5-8.5 / RCP8.5
Aumento del nivel del mar (m)	CMIP6	0,1	0,2	0,3

Tabla 14. Resumen de proyecciones de nivel del mar. Fuente: (IPCC AR6-WGI Atlas, 2022).

5.8. OLEAJE

5.8.1. Estabilidad con ligera tendencia a disminuir

Los resultados de las proyecciones a futuro muestran que el valor de la altura de ola y el periodo de pico tiende a **disminuir** tanto a corto como a largo plazo, en la mayor parte de la costa española, incluyendo la Comunidad Valenciana.

Existe concordancia en el signo del cambio de la altura de ola significativa media en la mayoría de los modelos climáticos. Esta concordancia disminuye cuando se analizan los valores extremos, principalmente a corto plazo (Ramírez Pérez et al., 2019).

5.9. TORMENTAS

El calentamiento global está provocando un aumento de la temperatura del Mar Mediterráneo en verano, generando gran cantidad de vapor de agua, un acontecimiento que traerá lluvias de gran intensidad en la recta final de verano e inicio de otoño, en forma de DANAS.

Aunque las DANAs son más típicas durante el otoño pueden darse a lo largo de todo el año. Sin embargo, es a finales del verano o a principios del otoño cuando son capaces de generar lluvias más importantes en el área mediterránea ya que es cuando la temperatura de la superficie del mar es más cálida.

La liberación de calor latente del cambio de fase o estado del agua actúa como suministro de energía para los sistemas convectivos, por ello, **el agua cálida es el mejor «combustible» para el desarrollo de las nubes de tormenta**. Ante un escenario de cambio climático, en el

que el mar está cada vez más cálido, las DANAs suponen una situación de peligro, especialmente en los meses de septiembre y octubre (Eltiempo.es, 2020).

5.9.1. Aumento de la frecuencia y severidad de los fenómenos extremos

Las tormentas extremas tienen repercusiones en la costa y en los puertos. En general, cuantificar el efecto del cambio climático en las tormentas extremas es un reto, en parte porque las tormentas extremas son raras, de corta duración y locales, y los eventos individuales están muy influenciados por la variabilidad estocástica.

El alto grado de variabilidad aleatoria hace que la detección y atribución de las tendencias de las tormentas extremas sea más incierta que la detección y atribución de las tendencias de otros aspectos del entorno en el que evolucionan las tormentas (por ejemplo, las tendencias de la temperatura a mayor escala).

Proyectar los cambios en las tormentas extremas es también un **reto** debido a las limitaciones en la capacidad de los modelos para representar con precisión los procesos físicos a pequeña escala que pueden impulsar estos cambios. A pesar de los desafíos, se han hecho progresos desde el Quinto Informe de Evaluación (IPCC WGI, 2011b).

Sin embargo, se puede asegurar que se proyecta un aumento de la frecuencia y severidad de fenómenos extremos como los temporales, las DANAs o los *medicane*s que potencialmente pueden afectar a las costas valencianas.

6. BIBLIOGRAFÍA

AEMET. (s. f.). *Resultados gráficos: Comunitat Valenciana - Reg. din. CORDEX - AEMET*.

Recuperado 2 de agosto de 2022, de
https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos?w=2&opc1=val&opc2=Tx&opc3=Anual&opc4=0&opc6=0

AEMET. (2020). *Resumen Climatológico Mensual Enero 2020*.

AEMET. (2021). *Resumen Climatológico Anual 2021*.
https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/anuales/res_anual_clim_2021.pdf

Agencia Estatal de Meteorología. (2019, diciembre 17). *El calor como nueva normalidad*.
http://www.aemet.es/es/noticias/2019/12/Rueda_prensa_invierno_2019

Allan, R. P., Cassou, C., Chen, D., Cherchi, A., Connors, L., Doblas-Reyes, F. J., Douville, H.,
 Driouech, F., Edwards, T. L., Fischer, E., Flato, G. M., Forster, P., AchutaRao, K. M.,
 Adhikary, B., Aldrian, E., & Armour, K. (2021). *Summary for Policymakers*. 32.

- Eltiempo.es. (2020, septiembre 9). *¿Por qué son habituales las DANAs en el Mediterráneo?*
- Eltiempo.es. <https://www.eltiempo.es/noticias/por-que-son-habituales-las-danas-en-el-mediterraneo>
- Frailé Jurado, P., & Fernández Díaz, M. (2016). Escenarios de subida del nivel medio del mar en los mareógrafos de las costas peninsulares de España en el año 2100. *Estudios Geográficos*, 77(280), 57-79. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201603>
- iAgua. (2022, enero 10). *¿Qué es y cómo se forma una tormenta?* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-y-como-se-forma-tormenta>
- Institute for Environmental Analytics. (s. f.). *#ShowYourStripes*. Recuperado 1 de julio de 2021, de <https://showyourstripes.info/>
- IPCC. (2018). *Sea Level Change Supplementary Material*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/07/WGI_AR5.Chap_13_SM.1.16.14.pdf
- IPCC AR6-WGI Atlas. (2022). <https://interactive-atlas.ipcc.ch/atlas>
- IPCC WGI. (2021a). *Chapter 1: Framing, Context and Methods*. 142.
- IPCC WGI. (2021b). *Chapter 11: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate*. 254.
- IPCC WGI. (2021c). *Chapter 12: Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment*. 160.
- IPCC WGII. (2022). *Cross Chapter 4: Mediterranean Region*. 40.
- Losada Rodríguez, Í. J., Izaguirre Lasa, C., & Díaz Simal, P. (2014). *Cambio Climático en la Costa Española* (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Ed.). https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2014%20INFORME%20C3E%20final_tcm30-178459.pdf
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2013). *Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (Grupo de Trabajo I)*. https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia-resumida-grupo-trabajoi_tcm30-376939.pdf

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). *DEMOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN COSTERA en 2020*. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/aypseriepesca5_demografiapoblacioncostera2020_tcm30-617441.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Ed.). (2020). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030*. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf
- PIANC. (2020). Stage 2: Climate Information. En *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*. <https://www.pianc.org/publications/envicom/wg178>
- Puertos del Estado. (s. f.). *PORTUS*. Recuperado 7 de agosto de 2022, de <https://portus.puertos.es/#/>
- Ramírez Pérez, M., Menéndez García, M., Camus Braña, P., & Losada Rodríguez, Í. J. (2019). *PROYECCIONES DE ALTA RESOLUCIÓN DE VARIABLES MARINAS EN LA COSTA ESPAÑOLA* (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Ed.). Madrid. https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/tarea_2_informe_pima_adapta_mapama_tcm30-498855.pdf
- Tiempo.com, Meteored. (2014, agosto 27). *Las 3 fases de una tormenta*. Tiempo.com | Meteored. <https://www.tiempo.com/ram/87352/las-3-fases-de-una-tormenta-cursodemeteo/>
- Tiempo.com, Meteored. (2020, febrero 23). *Días cálidos compuestos a más*. Tiempo.com | Meteored. <https://www.tiempo.com/ram/dias-calidos-compuestos-a-mas.html>
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109(1-2), 5-31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>
- Wikipedia. (2021). Trayectorias de Concentración Representativas. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trayectorias_de_Concentraci%C3%B3n_Representativas&oldid=134232170

Wikipedia. (2022a). Trayectorias Socioeconómicas Compartidas. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trayectorias_socioecon%C3%B3micas_compartidas&oldid=142993042

Wikipedia. (2022b). Temperatura atmosférica. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Temperatura_atmosf%C3%A9rica&oldid=143609375

Wikipedia. (2022c). Precipitación (meteorología). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Precipitaci%C3%B3n_\(meteorolog%C3%A1a\)&oldid=143888921](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Precipitaci%C3%B3n_(meteorolog%C3%A1a)&oldid=143888921)

Wikipedia. (2022d). Shared Socioeconomic Pathways. En *Wikipedia*.

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Shared_Socioeconomic_Pathways&oldid=1093393790

Wikipedia. (2022e). Tormenta. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tormenta&oldid=144471679>

Wikipedia. (2022f). Cúmulus. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=C%C3%BAmulus&oldid=144535255>

Wikipedia. (2022g). Viento. En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Viento&oldid=145669235>