Aplicación Práctica de las Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea sobre la Defensa del Cambio Climático en Proyectos del sector Residuos de más de 10 millones de euros

TYPSA

Octubre - 2025

European Investment Bank | Advisory

Jaspers
Joint Assistance to Support Projects in European Regions

INTRODUCCIÓN

- Presentación y calendario de formaciones previsto: Dirección General de Fondos Europeos
  - Dª Miriam Pollastrini
- Presentación de los trabajos de la consultoría: EIB Advisory
  - Dª Ioanna Kourti
- Trabajo equipo residuos EIB Advisory
  - D Luis Hebrero
- Presentación Equipo: TYPSA
  - Dª Patricia Rullán

Próximos Webinars Sectoriales

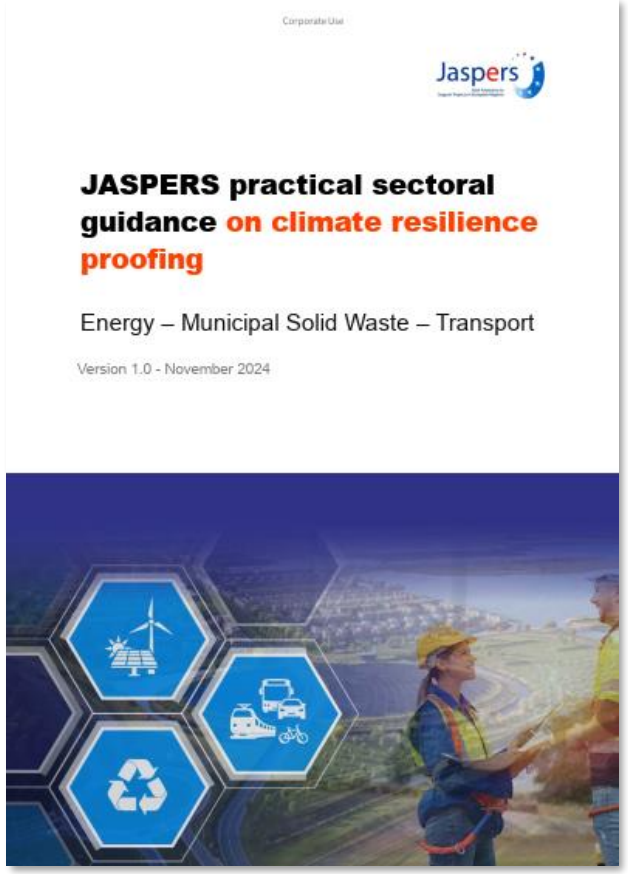
05/11/2025

Agua

19/11/2025

Transportes

Guía sectorial de resiliencia climática



JASPERS practical sectoral guidance

GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

- **Sistemas de recogida selectiva de residuos y transporte**

  Puntos de recogida, contenedores, vehículos, personal, vías municipales

- **Tratamiento de residuos recogidos selectivamente**

  Instalaciones de separación mecánica, clasificadores de aire, sopladores, controladores

  Instalaciones de digestión anaeróbica (equipo de almacenamiento/alimentación, digestor, separador, compresor, tanques de almacenamiento)

  Instalaciones de Tratamiento biológico aeróbico (infraestructura de compostaje, equipo de clasificación, instalaciones de almacenamiento, filtros, controladores)

- **Rehabilitación de vertederos**

  Movimiento de tierras, geomembranas, equipos de medición, caminos de acceso

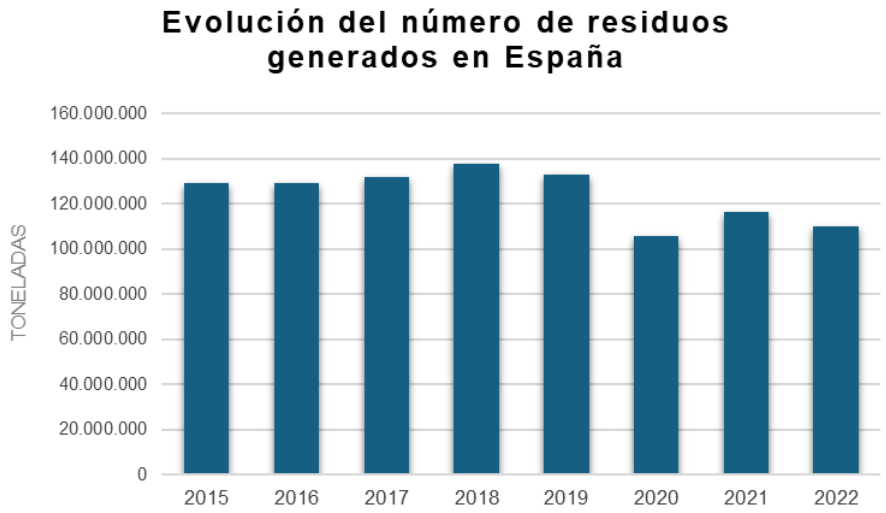
Perfil nacional del sector residuos en España

La **economía española** generó **110,1 millones de residuos en 2024**, según se desprende de la 'Cuenta de los residuos' del Instituto Nacional de Estadística (INE).

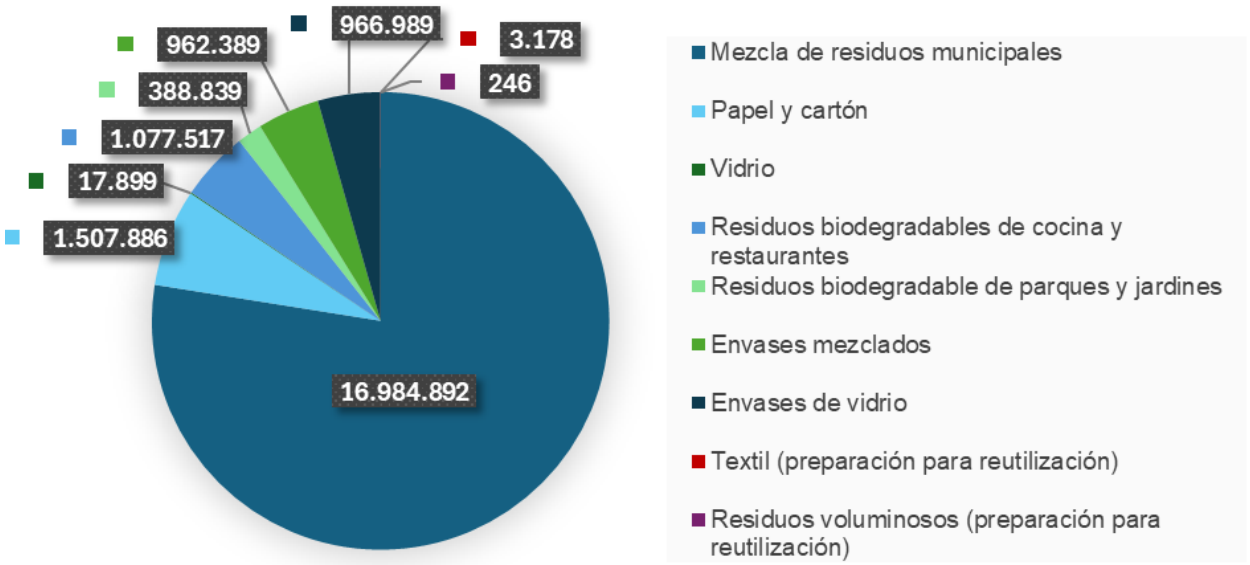
A lo largo de la última década, España ha experimentado una **reducción global en la generación total de residuos**, con una caída significativa especialmente en los residuos minerales procedentes de sectores como la minería y la construcción.

En el año **2022** la cantidad de **residuos de competencia municipal** recogidos en España fue de **23 M de toneladas**. Siendo:

- **78% Residuos mezclados**
- **22% Residuos recogidos separadamente**



Cantidad de residuos de competencia municipal recogidos en España 2022 (t/año)



Fuente: MITECO, 2022

Perfil nacional de la gestión de residuos sólidos urbanos en España

	Reciclado procedente de recogida separada	Materiales Recuperado procedente del TMB de residuos mezclados	Compostaje doméstico y comunitario	Compostado / Digestión anaerobia de FORS	Compostado / Digestión anaerobia en TMB	Incinerado/Coincinerado	Vertido de rechazos	Vertido sin tratamiento previo	Total
Andalucía	466.348	169.583	0	61.483	1.131.578	0	2.498.558	341.274	**4.668.825**
Aragón	88.948	9.565	0	3.158	114.076	40	152.551	181.965	**550.303**
Principado de Asturias	107.213	0	5.572	19.823	0	0	11.393	380.580	**524.582**
Islas Baleares	172.212	5.931	0	47.108	84.146	451.944	46.717	1.012	**809.070**
Canarias	274.656	46.581	0	10.522	127.321	0	793.228	123.381	**1.375.688**
Cantabria	34.855	12.695	113	148	52.724	122.056	45.478	11.438	**279.507**
Castilla-La Mancha	102.581	37.895	0	4.068	233.683	0	491.854	79.906	**949.987**
Castilla y León	161.366	24.916	0	0	191.733	0	661.380	1.057	**1.040.453**
Cataluña	958.248	129.511	7.190	438.492	673.463	580.284	493.009	270.760	**3.550.957**
Ceuta	2.004	1.326	0	0	2.507	0	27.217	0	**33.054**
C. de Madrid	482.476	50.189	0	213.418	97.469	293.458	933.396	732.233	**2.802.638**
C. Foral de Navarra	75.236	3.015	7.322	33.042	28.267	0	51.647	70.742	**269.269**
C. Valenciana	636.727	137.147	3.038	56.557	842.334	6.169	1.117.187	0	**2.799.160**
Extremadira	53.228	18.992	0	184	190.744	0	202.840	0	**465.988**
Galicia	158.109	57.725	1.890	9.783	52.305	571.175	295.645	2.016	**1.148.648**
La Rioja	28.012	3.789	0	814	57.573	0	41.400	0	**131.589**
Melilla	4.961	0	0	0	0	35.286	239	0	**40.486**
País Vasco	309.761	14.997	3.367	60.914	58.280	303.772	179.382	1.744	**932.217**
Región de Murcia	91.536	34.381	0	8.390	110.688	0	547.562	15.827	**808.383**
TOTAL	**4.208.477**	**758.237**	**28.493**	**967.904**	**4.048.891**	**2.364.183**	**8.590.683**	**2.213.934**	**23.180.803**

Fuente: Memoria anual de generación y gestión de residuos 2022, MITECO

ÍNDICE

1 ETAPAS DEL PROCESO DE CLIMATE PROOFING

- Fase 1: Comprobación previa
- Fase 2: Análisis detallado

2 MITIGACIÓN

- Metodología de cálculo
- Ejemplo concreto

3 ADAPTACIÓN

- Análisis de Tendencias Climáticas
- Análisis de vulnerabilidad
- Evaluación de riesgos
- Medidas de adaptación
- Siguientes pasos

4 PREGUNTAS Y CIERRRE

- Resolución de Preguntas

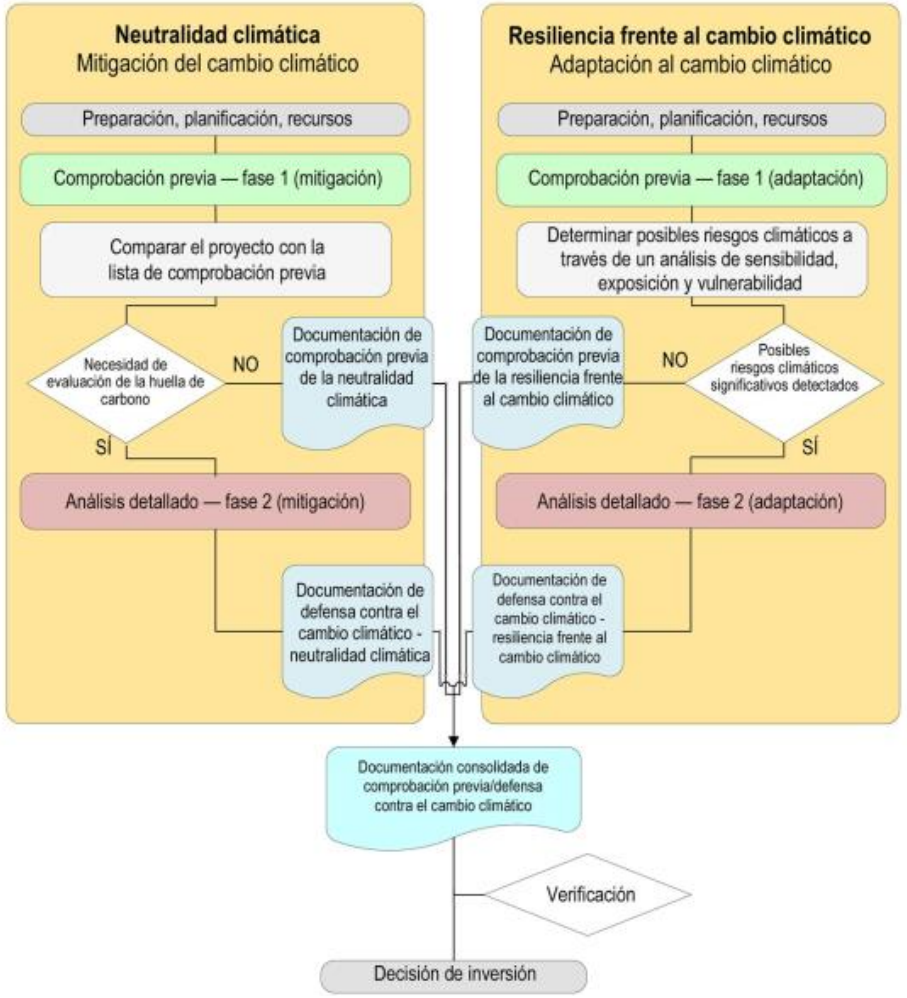
ETAPAS DEL PROCESO DE CLIMATE PROOFING

1

- Fase 1: Comprobación previa
- Fase 2: Análisis detallado

1. Etapas del proceso del climate proofing

Gráfico 1 La protección frente al cambio climático y los dos pilares de protección para la «neutralidad climática» y la «resiliencia frente al cambio climático»



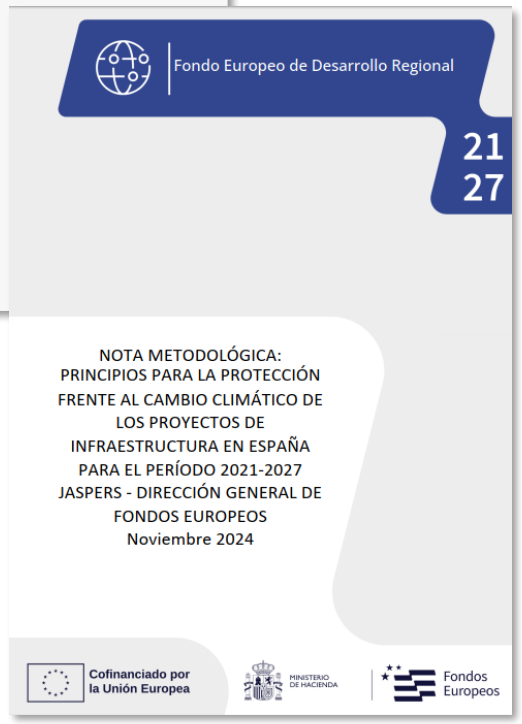
Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

PROCESO CLIMATE PROOFING

Método Estructurado que desde una perspectiva basada en el riesgo posibilita poder reducir carga administrativa al estar sujeto el análisis detallado a la primera fase de comprobación previa.

- Dos pilares de Evaluación:
  - Neutralidad Climática / **Mitigación del Cambio Climático**
  - Resiliencia frente al Cambio Climático / **Adaptación al Cambio Climático**
- Dos fases:
  - **Comprobación previa**
  - **Análisis detallado**
- Integración de **medidas de mitigación y adaptación**

Existe una Guía Española, realizada por JASPERS en noviembre de 2024, que traslada este proceso a la realidad nacional y está basada en las Orientaciones Técnicas.



CASO PILOTO

Proyecto de diseño y construcción de una **planta TMB mejorada** en el municipio de **Orihuela** (Alicante)

CONTEXTO

Necesidad de **dotar a la Comarca Vega Baja del Segura**, en la provincia de Alicante, de una **instalación propia de tratamiento de residuos**.

- La comarca es la **tercera de toda la Comunidad Valenciana en generación de residuos** y es la **única de la provincia** de Alicante que **no tiene instalaciones propias** para tratarlos.
- Objetivos: aumentar la **eficiencia**, reducir **costes**, minimizar el **impacto ambiental** principalmente asociado a la exportación y el transporte de los residuos hasta plantas de tratamiento alejadas de la comarca.

MITIGACIÓN

2

- Metodología de cálculo
- Ejemplo concreto

Fase 1: Comprobación previa

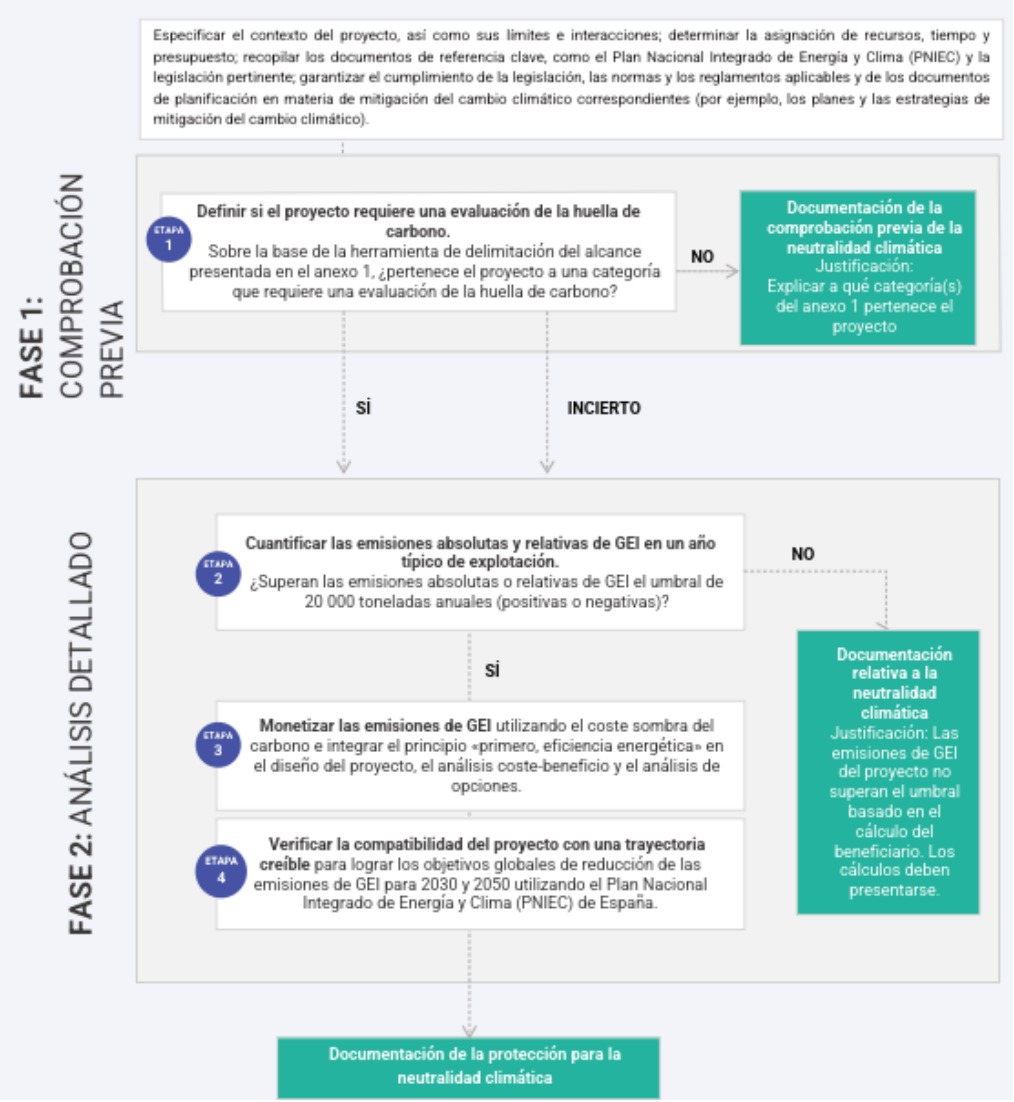
- Existe una lista de comprobación previa (anexo 1, cuadro 6) que indica el requisito de valuación de huella de carbono
- Residuos Sólidos **no requieren evaluación de huella de carbono** excepto en proyectos de gran escala

Residuos sólidos	
Puntos de recogida y reciclado de residuos sólidos	No se requerirá una evaluación de la HC.
Compostaje	No se prevé que se requiera una evaluación de la HC.
Plantas de tratamiento mecánico-biológico de residuos sólidos	En general, dependiendo de la escala del proyecto, NO se requerirá una evaluación de GEI.

Fuente: Anexo 1. Nota Metodológica España. Noviembre 2024

Fase 2: Análisis detallado

- **Cuantificación emisiones GEI**
- Si se supera el umbral de **20.000 tn CO2e/año** de las emisiones absolutas o relativas (positivas o negativas) es necesario:
  - **Monetización (aplicando coste sombra capitalizado)**
  - Compatibilidad del proyecto con neutralidad climática 2050



Fuente: Nota Metodológica España. Noviembre 2024

Cuantificación de emisiones – METODOLOGÍA

¿El qué?

Cuantificar diferencial de emisiones (emisiones relativas)

- Emisiones relativas = Emisiones base (sin proyecto) – emisiones absolutas (con proyecto)

¿Cómo?

- Alcance 1 (obligatorio)
- Alcance 2 (obligatorio)
- Alcance 3 (opcional)

- Instalación de Separación y Reciclaje
- Digestión anaeróbica
- Compostaje
- Tratamiento mecánico-biológico
- Vertedero

¿Qué datos?

- Flujos de residuos por fracción de cada fuente de recogida y fase

¿Cómo se convierte a emisiones?

- FE asociados a cada flujo de residuos y fase

$$Emisiones\ actividad\left(tn\frac{CO2e}{año}\right) = Indicador\ actividad\left(\frac{unidad}{año}\right) * \boldsymbol{Factor\ de\ emisión\ de\ actividad}\ \left(tn\frac{CO2e}{unidad}\right)$$

❖ **EXCEL con modelo de Jaspers:**

- Inventario de flujos de fracciones de residuos
- Inventario de Emisiones GEI
- Encaje con Análisis Coste-Beneficio (CBA)

Fuente: 1) *EIB Project Carbon Footprint Methodologies; 2)Emissions in Waste and Waste-to-Energy Projects. Jaspers*

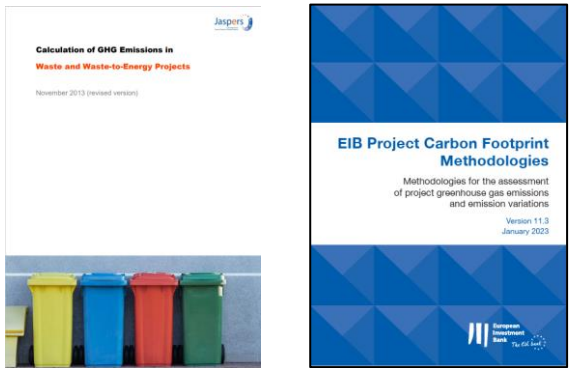
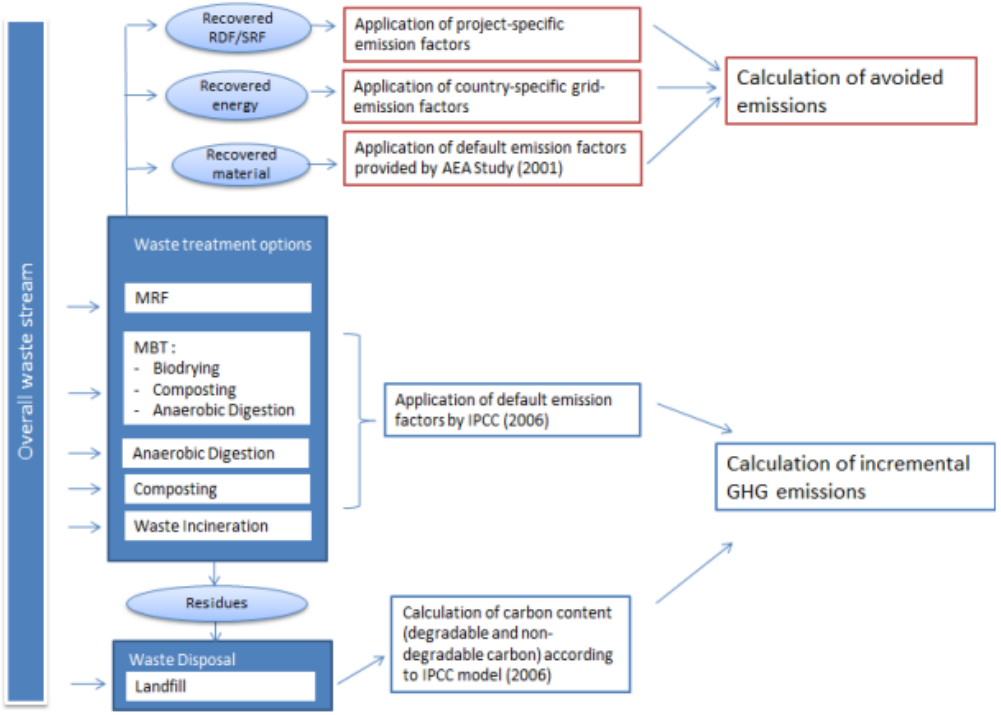


Figure 1: JASPERS approach to GHG emission calculation



Fuente: Emissions in Waste and Waste-to-Energy Projects. Jaspers

Cuantificación de emisiones – METODOLOGÍA

¿El qué?

Cuantificar diferencial de emisiones (emisiones relativas)
Emisiones relativas = Emisiones base (sin proyecto) – emisiones absolutas (con proyecto)

- **Emisiones base**
  - Escenario sin proyecto (ordinario): emisiones de solución convencional (Business As Usual)

  Ejemplo: Recogida habitual + TMB + vertido controlado de residuos del tratamiento según normativa

- **Emisiones absolutas**
  - Escenario con proyecto (mejorado): emisiones de solución de gestión de residuos optimizada

  Ejemplo: Sistema de recogida mejorado (por fracciones separadas) + TMB mejorado (con recuperación de materiales y compost) + vertido controlado de residuos de tratamiento según normativa

+Δ Emisiones relativas = + Emisiones evitadas por mejoras en el sistema

- Las emisiones se estiman para un **año típico de operación**. Por tanto, no cuentan las emisiones en fase de construcción

Cuantificación de emisiones – METODOLOGÍA

¿Cómo?
- Alcance 1 (obligatorio)
- Alcance 2 (obligatorio)
- Alcance 3 (opcional)

Modelo integrado basado en flujos de residuos

- **Alcance 1 (obligatorio):**
  - Emisiones de combustibles

  Ejemplo: Transporte por carretera (si no se externaliza) y vehículos de planta
- **Alcance 2 (obligatorio):**
  - Consumo electricidad en cada fase
- **Alcance 3 (opcional):** suele reportar beneficios
  - Emisiones netas evitadas de material reciclado
  - Emisiones netas evitadas de recuperación de energía con residuos CDR y biogás
  - Otras emisiones indirectas cadena de valor.

  Ejemplo: transporte (si se externaliza)

Calculado en base a

Factores de emisión - IPCC 2006 según flujos de fracciones de residuos

Hipótesis de cálculo ajustables

A través de modelo de Jaspers

Excel Jaspers para cálculo de emisiones

Cuantificación de emisiones – EXCEL Jaspers

¿En qué consiste el modelo basado en flujos de residuos?

- Inventario de flujos de fracciones de residuos
- Inventario de Emisiones GEI
- Encaje con Análisis Coste-Beneficio (CBA)

1 Introduce Input/Outputs residuos por cada fase

Por ejemplo:

- Residuo por fracción separada a TMB
- % Residuo masa húmeda a vertedero

Introduce supuestos con/sin proyecto (valores por defecto disponibles)

Por ejemplo:

- Volumen CH4 recuperado
- Factor emisión electricidad

2 Proyecciones de demanda de residuos

- Toneladas dinámicas (año a año)

3 Generación inventario y proyección de emisiones

- Emisiones generadas y emisiones evitadas en cada fase (compost, TMB, vertedero, etc.)

Capitalizar coste sombra por emisión evitada

Valor referencia 2016
- Actualizar a año corriente

Cuadro 1 – Coste sombra del carbono para las emisiones y las reducciones de GEI en EUR/tCO_2e, precios de 2016

Año	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
EUR/tCO_{2e}	80	165	250	390	525	660	800

Fuente: Hoja de Ruta del Banco del Clima del Grupo BEI 2021-2025

Cuantificación de emisiones – EXCEL Jaspers

Inventario de flujos de fracciones de residuo

Waste stream 1 (to be specified) - "

			2024	2025
	Project:			
	Waste Flow and Composition Forecasts	"With-		
	Waste stream 1 (to be specified)			
A	Waste generation and separation: quantities and treatment/disposa			
1	Total waste generation, thereof	t/y		
2	Plastic separated at source to MRF	t/y		
3	Glass separated at source to MRF	t/y		
4	Paper separated at source to MRF	t/y		
5	Metal separated at source to MRF	t/y		
6	Biowaste separated at source, thereof	t/y		
7	to composting	%		
8	to AD	%		
9	Mixed waste to MBT, thereof	t/y		
10	with biodrying of organic fraction	%		
11	with composting of organic fraction	%		
12	with AD of organic fraction	%		
13	Mixed waste to incineration	t/y		
14	Mixed waste to landfill (untreated)	t/y	-	-
			ok	ok
B	Waste treatment: input/output quantities and composition			

Inventario de emisiones

ste stream 1 (to be specified) - "With-Project" Scenario

			2024	2025	2026	2027	2028
	Project:						
	Waste stream 1 (to be specified)						
	Material recovery in sorting plants						
24	Net GHG emissions from material recovery in sorting plants	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	Composting						
32	Net GHG emissions from composting	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	Anaerobic digestion						
46	Net GHG emissions from anaerobic digestion	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	Mechanical-biological treatment (MBT)						
76	Net GHG emissions from MBT	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	SRF/RDF incineration						
97	Net GHG emissions from SRF/RDF incineration	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	Mass burn incineration						
120	Net GHG emissions from MSW incineration	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	Landfill						
153	Net GHG emissions from landfill	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
	Total Net GHG emissions						
154	GHG emissions from waste collection and transport	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
155	GHG emissions from waste treatment	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
156	GHG emissions from landfills	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
157	GHG emissions avoided through recycling of materials recovered from waste	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-
158	GHG emissions avoided through recovery of energy from waste	t CO_2(eq)/y	-	-	-	-	-

Supuestos

	GHG emission factors for electricity and heat recovery from waste			
37	Electricity - country grid GHG emission factor, for own consumption (incl. grid losses)		0,000	t CO_2(eq)/MWh
38	Electricity - country grid GHG emission factor, for export to grid (excl. grid losses)		0,000	t CO_2(eq)/MWh
39	Heat - specific GHG emission factor for heat source displaced		0,000	t CO_2(eq)/MWh
40	GHG emission factor for fuel displaced		0,000	t CO_2(eq)/TJ
41	Efficiency of heat generation facility displaced		0%	%

- **Factores de emisión de MITECO:**
  - MITECO publica anualmente Factores de Emisión para Alcance 1 y 2, en su calculadora de huella de carbono.

2024

Mix sin GdO	0,283 kg CO_2e/kWh
Factor GdO renovable	0,000 kg CO_2/kWh
Factor GdO cog. alta eficiencia	0,302 kg CO_2/kWh

Etiquetado restante de comercializadoras que han efectuado redenciones de GdO

Comercializadora	kg CO_2e/kWh
AB ENERGÍA 1903, S.L.	0,283
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS SL	0,000
ACSOL ENERGÍA GLOBAL, S.A.	0,283
ADEINNOVA ENERGIA S.L	0,266
ADX Renovables, S.L.	0,283

CASO PILOTO: INSTALACIÓN TMB MEJORADA

ANTECEDENTES

- Residuos se transportan **largas distancias** hasta plantas de gestión y tratamiento de residuos

SOLUCIÓN

- **Nueva planta** con Tratamiento Mecánico-Biológico
- **Tecnología innovadora** para separación y reciclaje
- **Reducción en transporte** al incluir TMB cercana

¿REDUCCIÓN EMISIONES?

Mejora	Dato necesario
Menos emisiones por transporte	▪ Toneladas de residuos transportados (t/año) ▪ Distancia media antes y después (km) ▪ Tipo de vehículo y consumo de combustible o factor de emisión (kg CO_2e / t·km)
Más emisiones netas evitadas por materiales reciclados	▪ Toneladas de residuos fracción reciclable enviadas a planta de reciclaje
Más emisiones evitadas por valorización energética (biogás)	▪ Toneladas de biorresiduo tratadas en digestión anaerobia (t/año) ▪ Producción de biogás (Nm^3/t) ▪ Energía eléctrica y térmica exportada (MWh/año)

ADAPTACIÓN

3

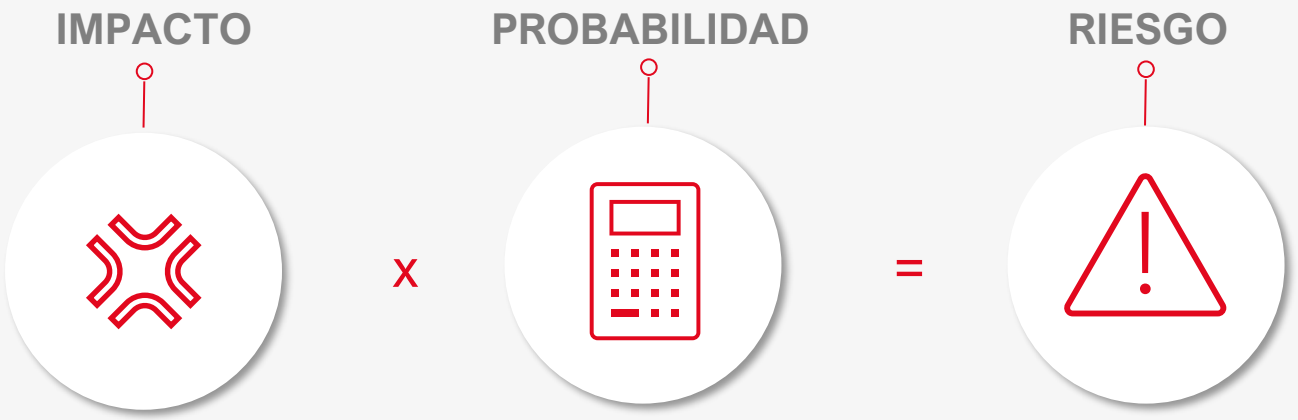
- Análisis de Tendencias Climáticas
- Análisis de vulnerabilidad
- Evaluación de riesgos
- Medidas de adaptación
- Conclusiones

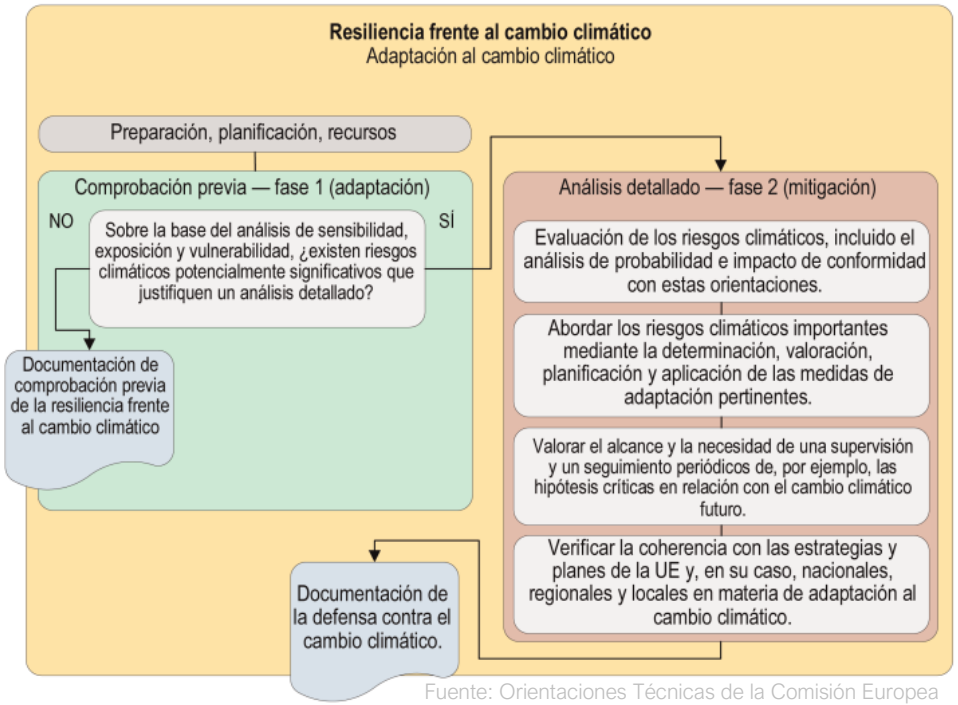
FASE 1.

COMPROBACIONES PREVIAS

FASE 2.

ANÁLISIS DETALLADO





Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Análisis de Tendencias Climáticas Futuras (Herramientas disponibles)

- Basado en escenarios del IPCC
  - Escenario SSP2-4.5
  - Escenario SSP5-8.5
- Diferentes visores de riesgos naturales (incendios, inundación)

Fase 1: Comprobación previa

- Análisis de vulnerabilidad.

Fase 2: Análisis detallado

- Evaluación de Riesgos
- Medidas de Adaptación (Estructurales y no Estructurales)

OBJETIVO

Identificar los **principales riesgos climáticos** y definir **medidas de adaptación** para bajar esos riesgos a un nivel de riesgo aceptable.

CASO PRÁCTICO

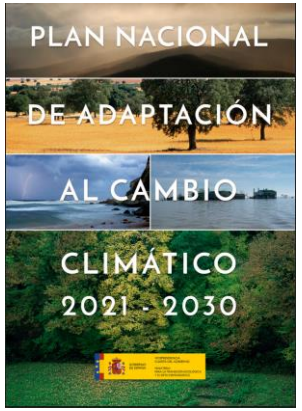
Proyecto de diseño y construcción de una **planta TMB** en el municipio de Orihuela (Alicante).

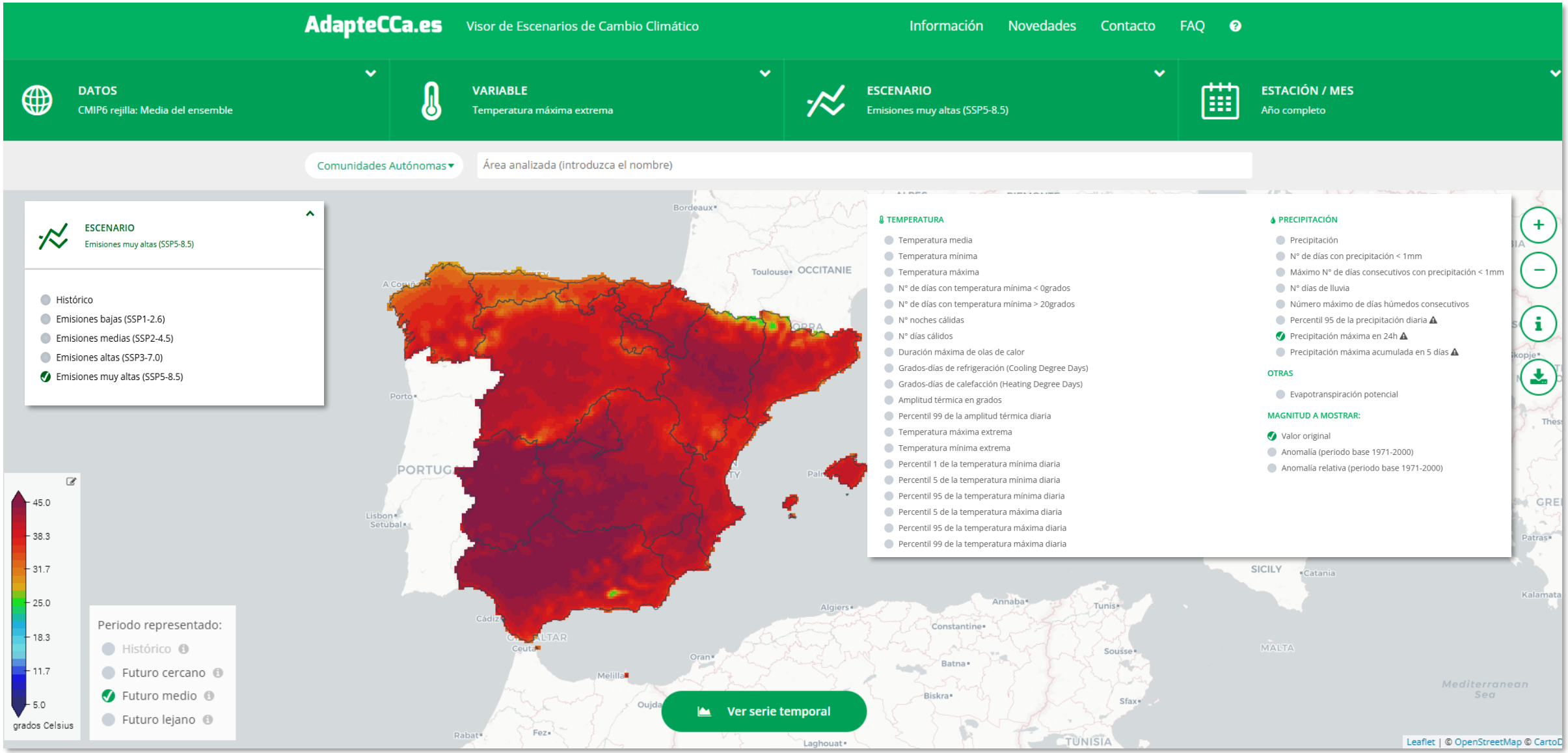
Clasificación de peligros relacionados con el clima

	Agudos	Crónicos
Relacionados con la temperatura	Olas de calor Olas de frío Incendios	Cambios en la temperatura Aire, agua dulce y salada Estrés por calor Variabilidad de la temperatura
Relacionados con el viento	Ciclones Tormentas Incluye tormentas de nieve, de polvo y arena Tornados	Cambios en los patrones de los vientos
Relacionados con el agua	Inundaciones Fluviales, pluviales, costeras Precipitaciones fuertes Lluvia, granizo, nieve/hielo Sequía Carga de nieve y hielo	Cambios en los patrones y tipos de precipitación Lluvia, granizo, nieve/hielo Acidificación del océano Intrusión salina Ascenso del nivel del mar Escasez de agua
Relacionados con las masas sólidas	Deslizamientos Avalanchas Subsidencias	Erosión costera Degradación del suelo Incluye la desertificación Erosión del suelo

Principales peligros climáticos para el Sector Residuos en España

- Olas de Calor
- Precipitaciones fuertes
- Inundaciones fluviales - pluviales
- Incendios forestales
- Sequías
- Tormentas
- Deslizamientos



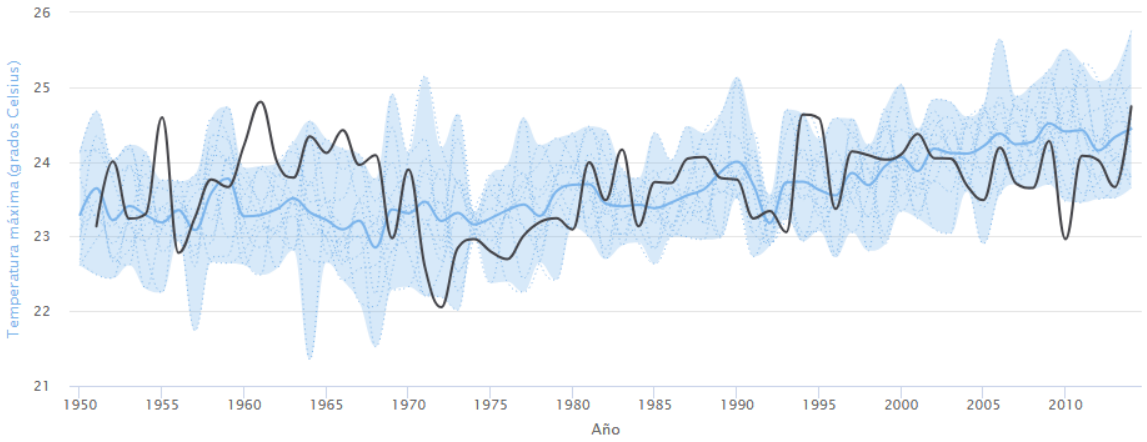


Fuente: Visor de Escenarios de Cambio Climático

Municipio: **Orihuela**

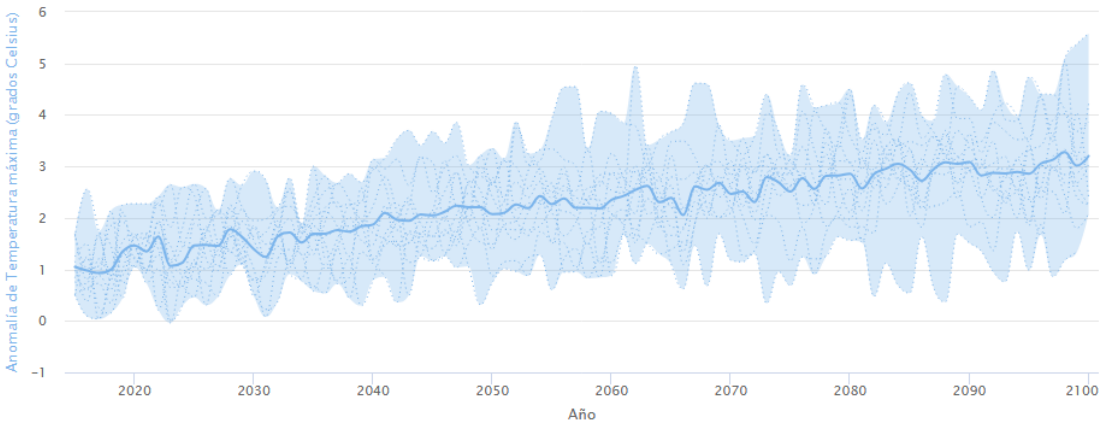
Variable climática: **Temperatura máxima (ºC)**

HISTÓRICO



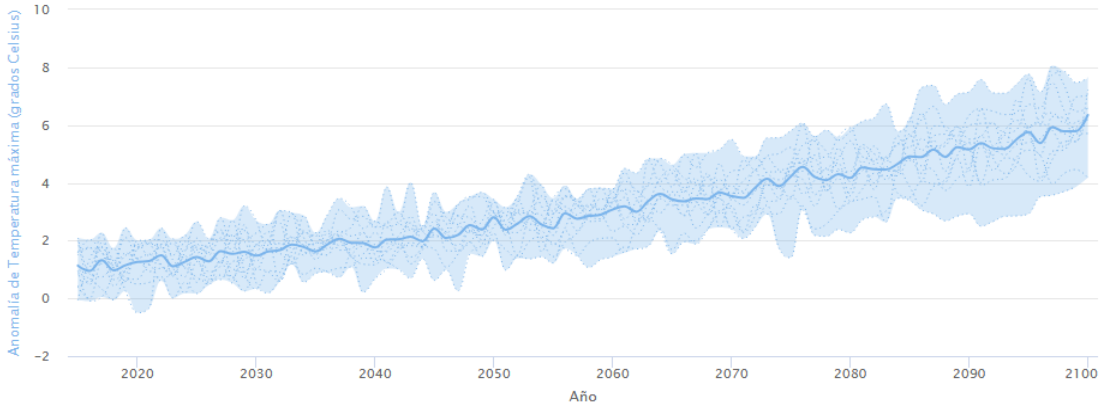
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

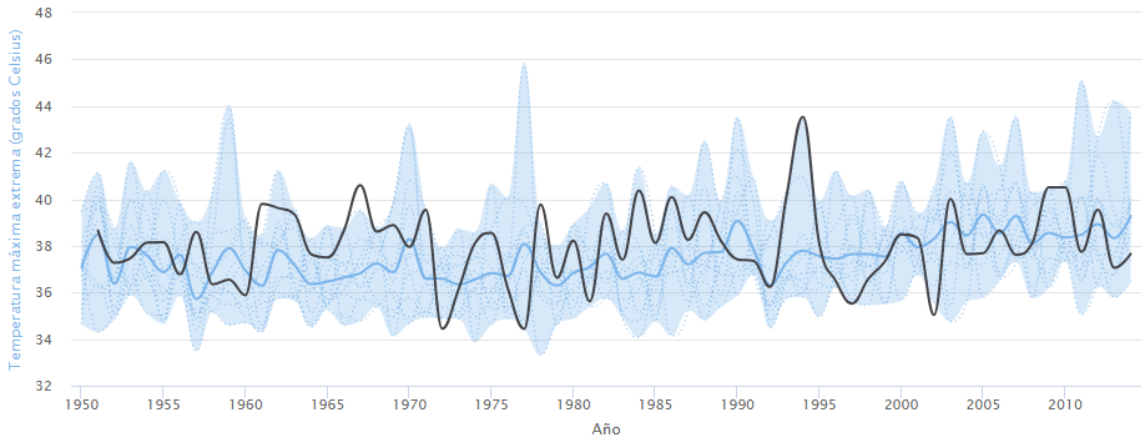


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Orihuela**

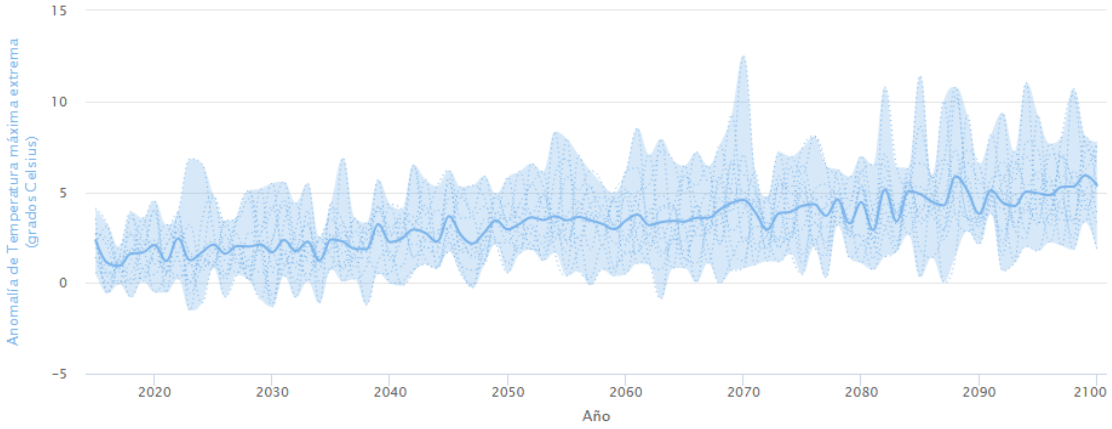
Variable climática: **Temperatura máxima extrema (ºC)**

HISTÓRICO



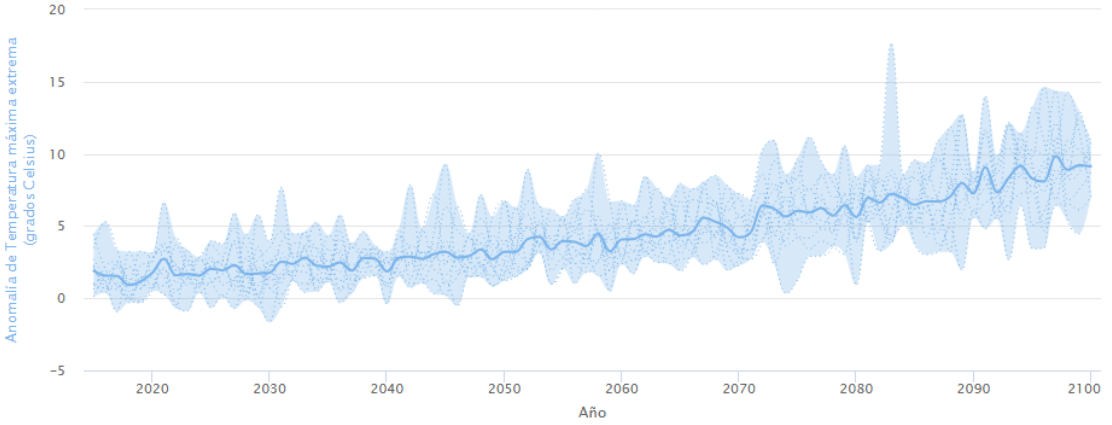
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

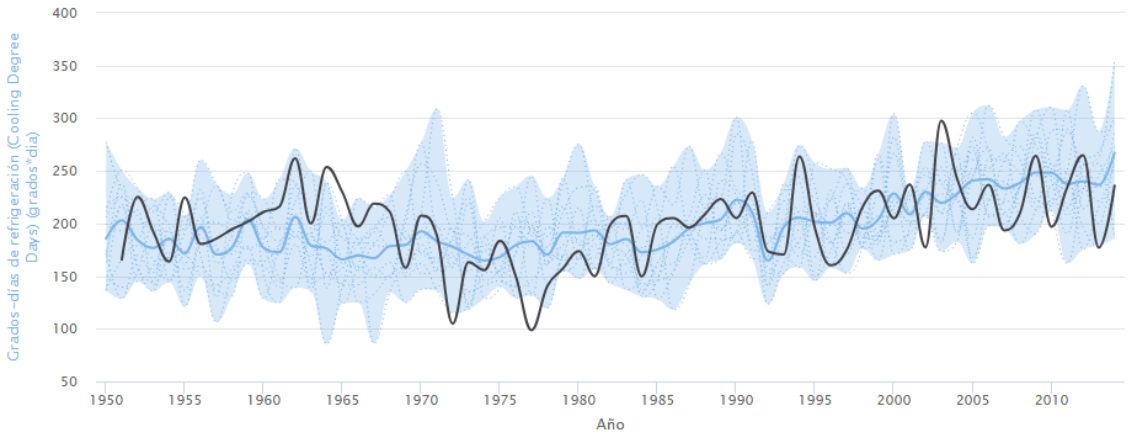


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Orihuela**

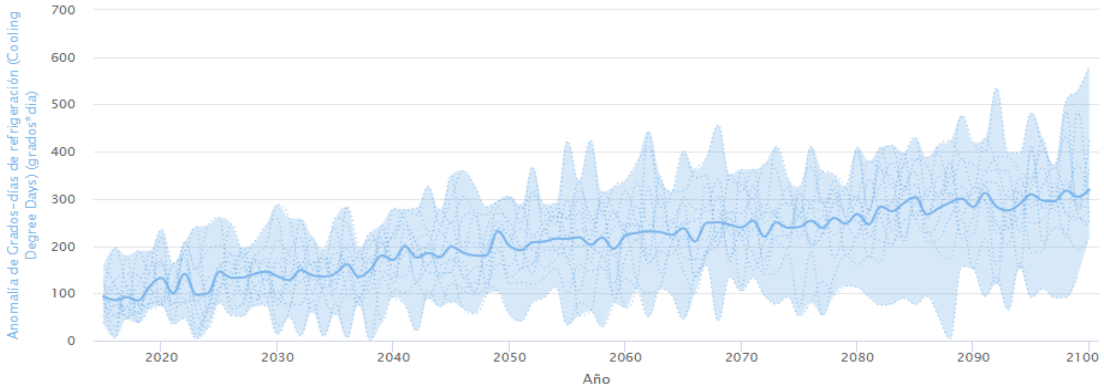
Variable climática: **Cooling Degree Days (ºC)**

HISTÓRICO



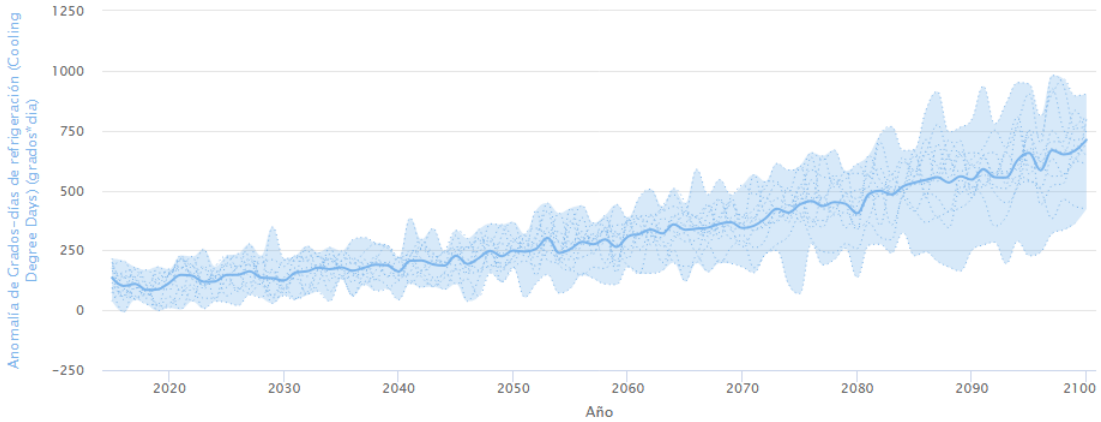
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

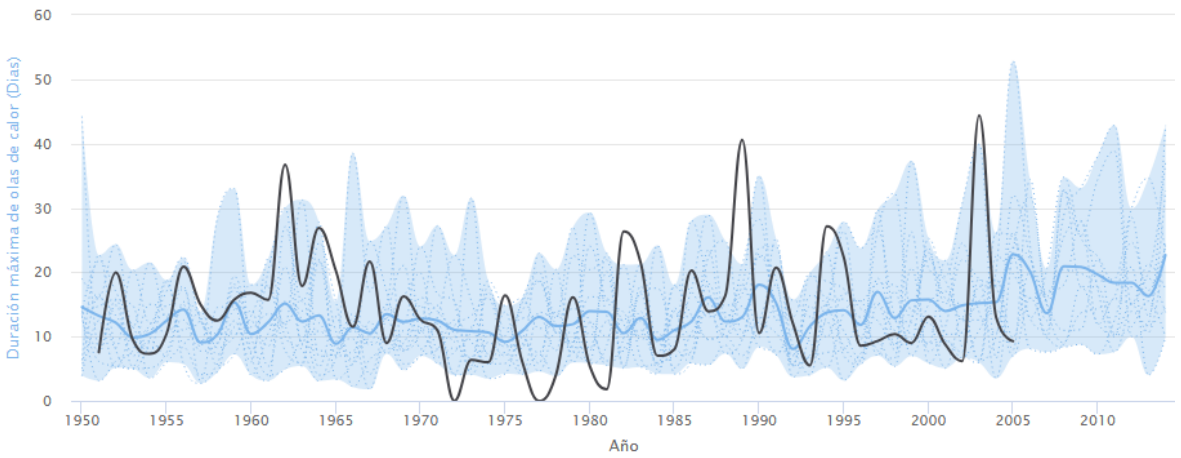


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Orihuela**

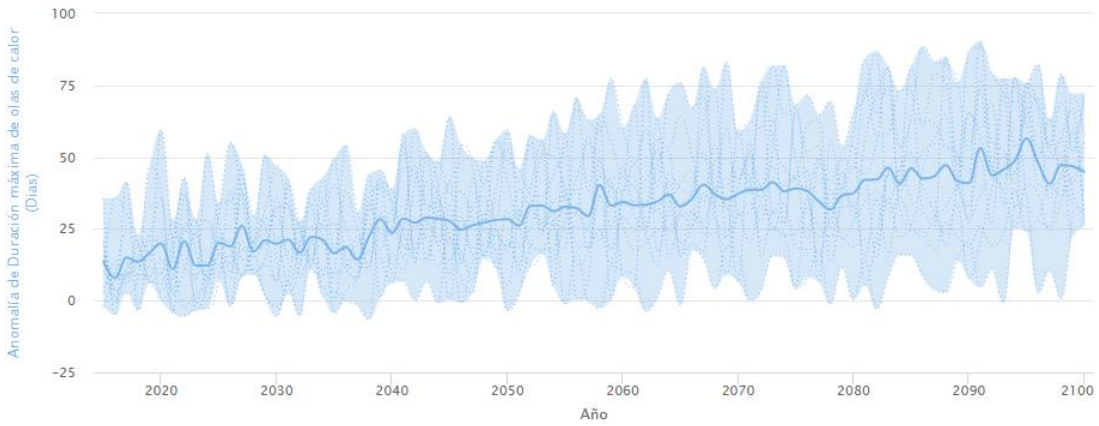
Variable climática: **Duración máxima de las olas de calor (días)**

HISTÓRICO



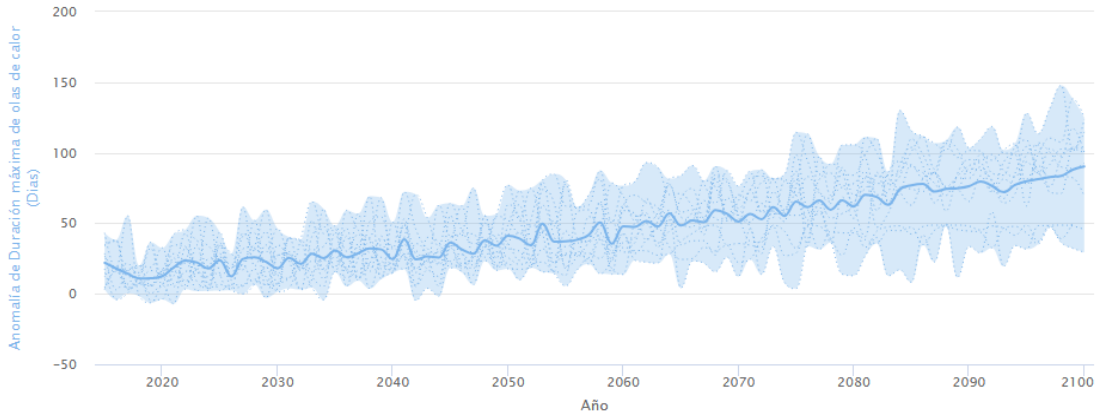
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

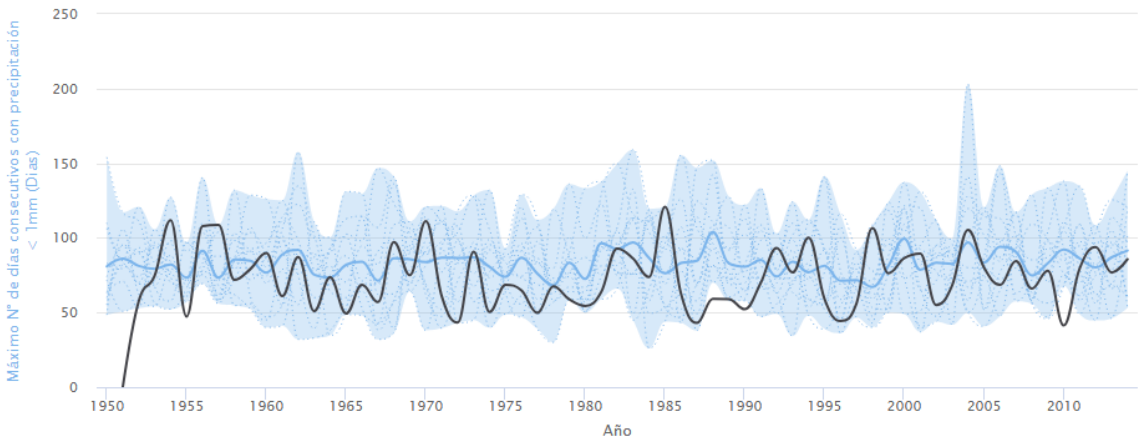


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Orihuela**

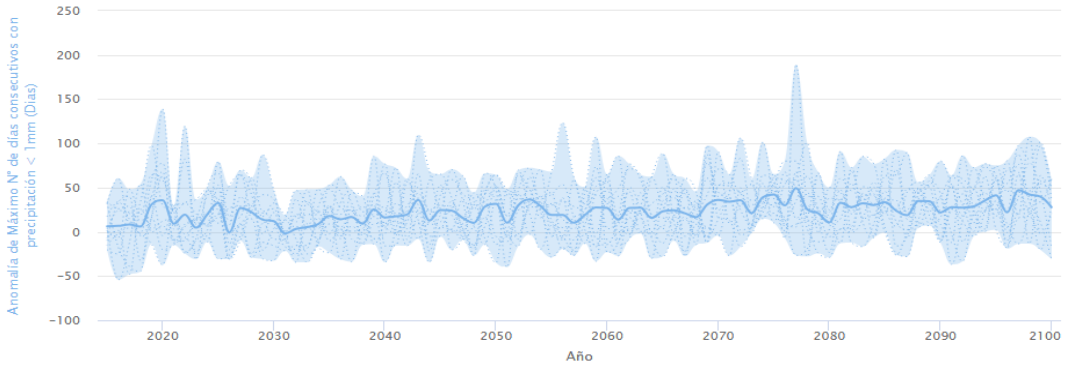
Variable climática: **Máximo número de días con precipitación <1mm (días)**

HISTÓRICO



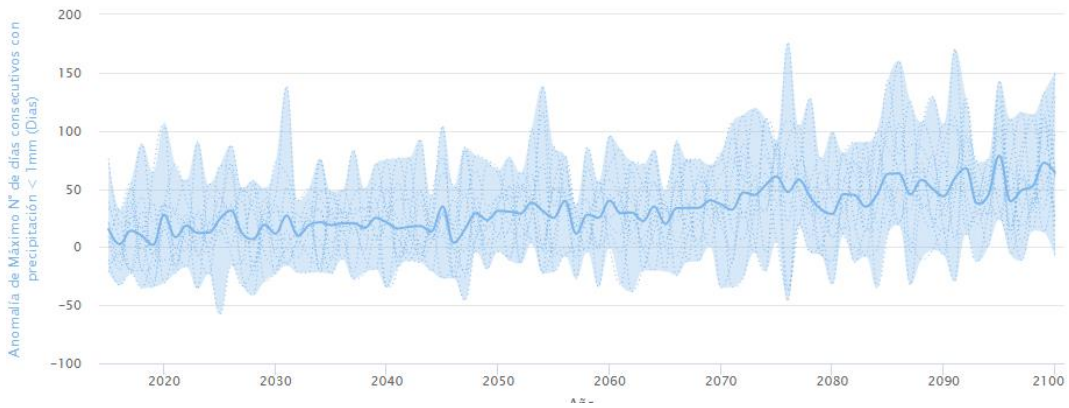
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

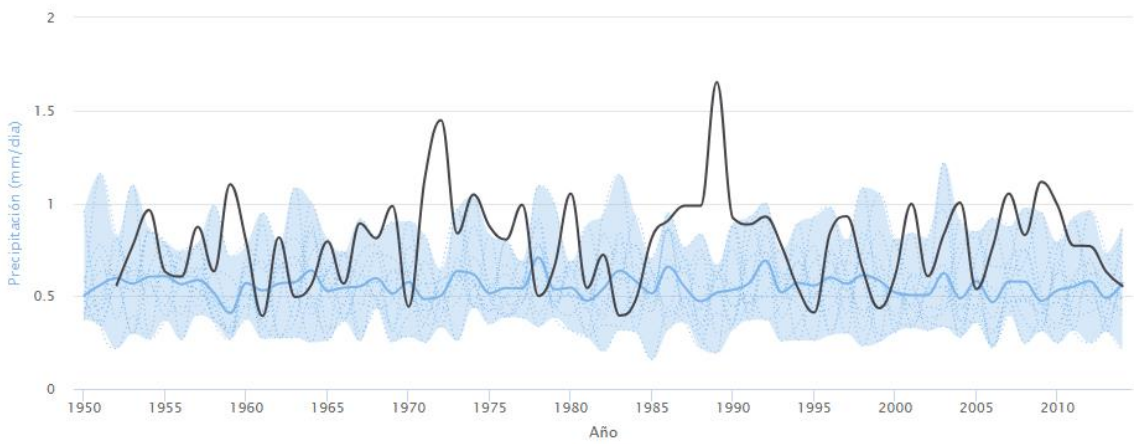
ESCENARIO SSP5-8.5



Municipio: **Orihuela**

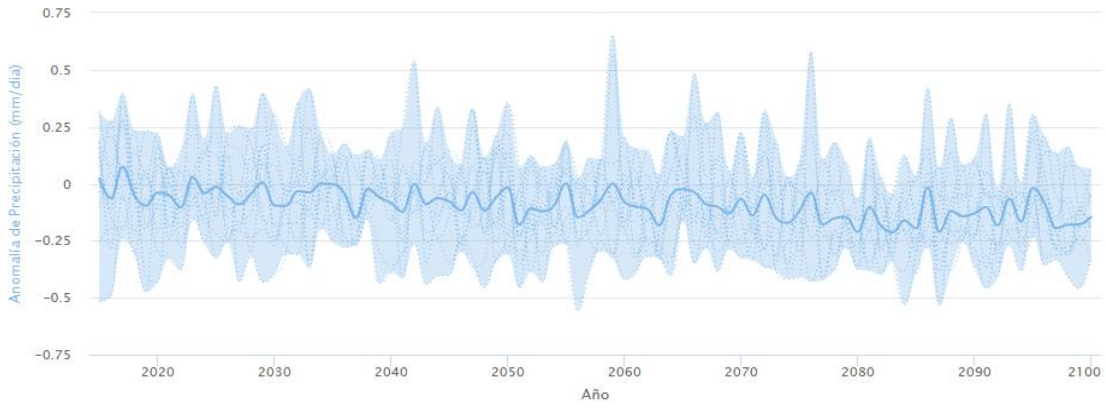
Variable climática: **Precipitación diaria (mm)**

HISTÓRICO



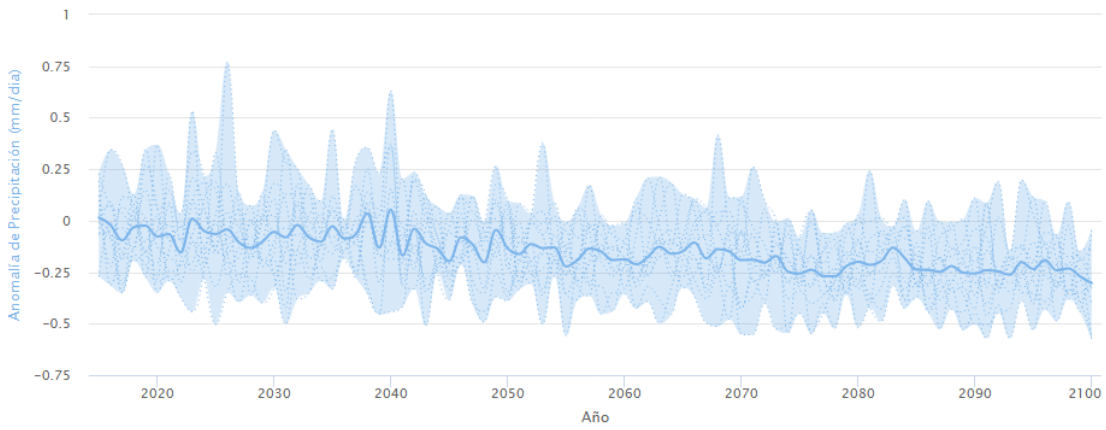
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5

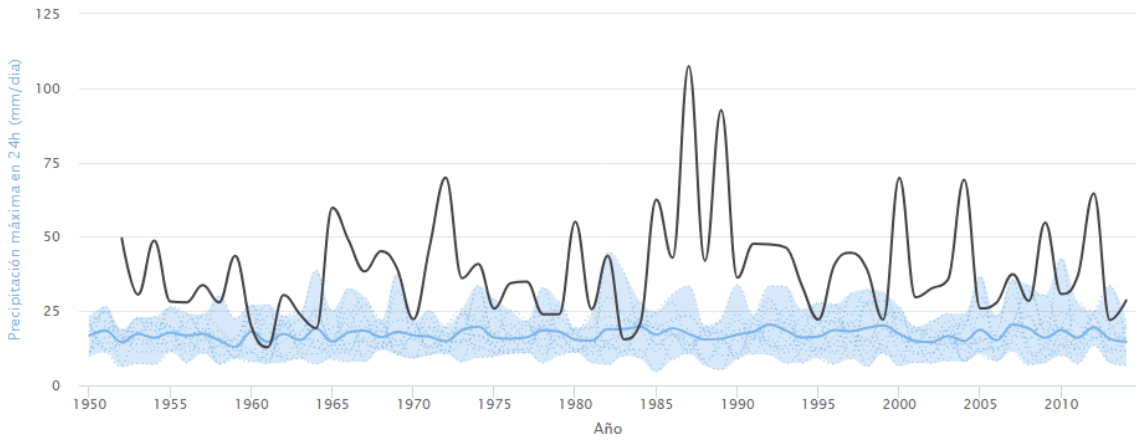


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

Municipio: **Orihuela**

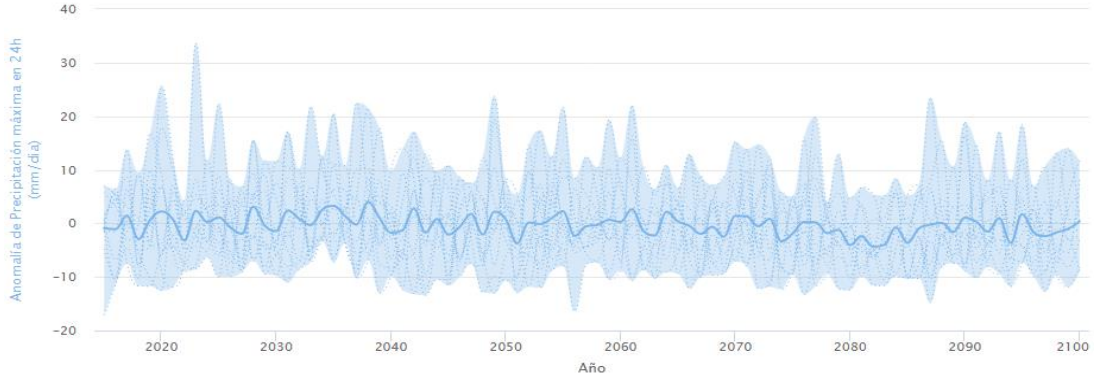
Variable climática: **Precipitación máxima en 24 horas (mm)**

HISTÓRICO



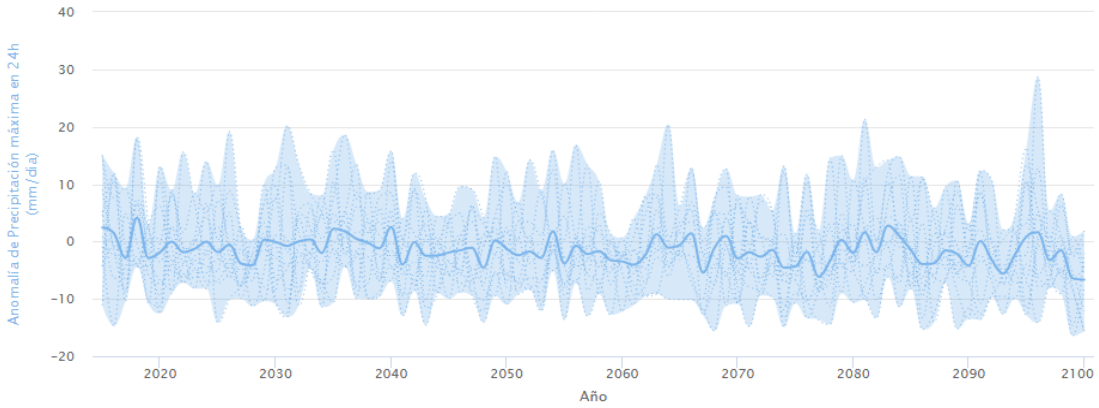
Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita) – Observaciones (en negro cuando proceda)

ESCENARIO SSP2-4.5

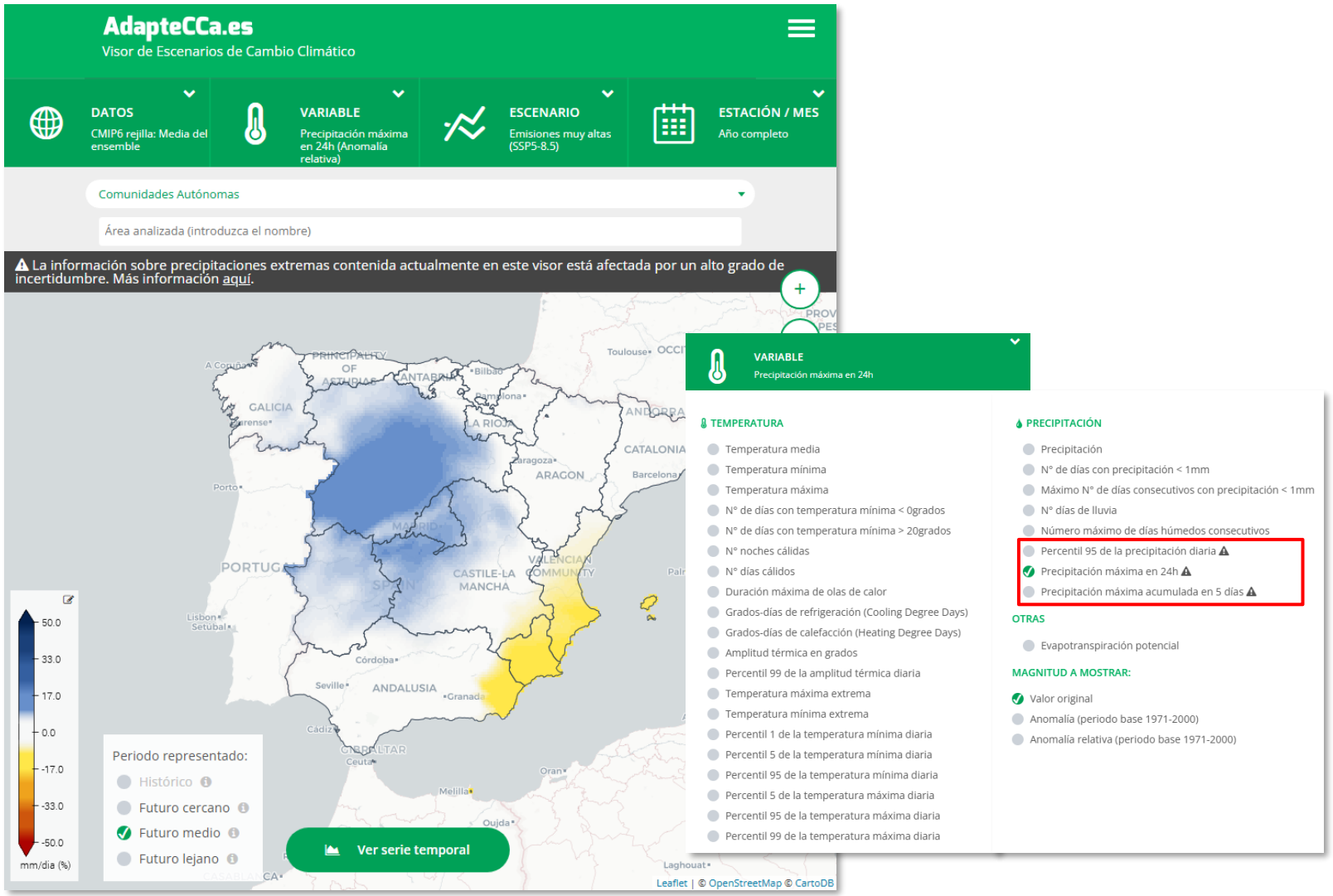


Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)

ESCENARIO SSP5-8.5



Modelos individuales (azul punteado) – Media (en azul negrita)



Advertencia sobre las proyecciones de precipitación extrema (percentil 95 de la precipitación diaria, precipitación máxima en 24h y precipitación máxima acumulada en 5 días)

En la zona costera mediterránea las proyecciones de precipitación extrema—Percentil 95, máxima en 24h y máxima acumulada en 5 días— muestran resultados que, a primera vista, parecen contradictorios: mientras un enfoque estadístico de regionalización aplicado a CMIP6 apunta a una ligera disminución de los máximos diarios y pluridiarios, el ajuste de sesgos con el método ISIMIPv3 sobre EURO-CORDEX sugiere justamente lo contrario, un ascenso de esos extremos. Estas contradicciones se dan, en realidad, en meses concretos (como febrero y noviembre); sin embargo, tienen una influencia importante en la media anual resultante. A esto hay que sumar la gran complejidad que entraña trasladar la señal climática global y continental a escalas tan finas y a fenómenos tan localizados: cada método de regionalización captura de manera distinta los sesgos originales y reinterpreta la no-estacionariedad de las tormentas intensas.

A ello se añade la enorme sensibilidad de los episodios convectivos mediterráneos —y, en particular, de las conocidas DANAs— a la resolución y a la física de convección que incorpora cada modelo. Hay que tener en cuenta que los modelos de CMIP6 y de EURO-CORDEX trabajan con resoluciones que no alcanzan a capturar adecuadamente parte de estos procesos, por lo que, aunque se puedan ajustar sus sesgos, la alta variabilidad e incertidumbre puede ocasionar que las diferencias metodológicas se amplifiquen, y los resultados entre diferentes metodologías difieran. Esta divergencia entre enfoques es, en sí misma, un indicador de dicha incertidumbre.

De forma más general, en el ámbito global y europeo, tanto CMIP6 como EURO-CORDEX muestran un ligero descenso de los extremos en esta zona. Sin embargo, no profundizan demasiado en las particularidades regionales que revela el uso de registros observacionales de alta resolución. Además, para este tipo de variables, muestran incertidumbre, es decir, tendencias proyectadas por un modelo pueden quedar contrarrestadas por las de otro, y la extensión de sus intervalos pueden abarcar rangos de valores amplios, incluso tanto incrementos como decrementos.

Por otro lado, estudios recientes como los recogidos en el Informe CLIVAR-SPAIN apuntan a un aumento claro de eventos convectivos y precipitaciones torrenciales (≥ 200 mm/día). Investigaciones de Meseguer-Ruiz et al. (2021), Miró et al. (2018) y Muñoz et al. (2020) confirman asimismo no solo un alza en frecuencia y magnitud de estos episodios, sino también un cambio en su distribución interanual, favorecido por un Mediterráneo más cálido. En conjunto, estas evidencias observacionales apuntan a intensificación de precipitaciones extremas.

Para navegar esta diversidad, una forma práctica de integrar toda esta información es el desarrollo de "storylines", narrativas de futuro basadas en subconjuntos de modelos que describan de modo coherente y físicamente plausible distintos caminos posibles —por ejemplo, otoños con picos intensos de lluvia frente a escenarios de otoño más seco— y ayuden a diseñar medidas de prevención y adaptación que funcionen bajo varios futuros plausibles. Así, la toma de decisiones se basa en la transparencia de las incertidumbres.

En próximas líneas de trabajo, el grupo de Escenarios-PNACC evaluará las nuevas generaciones de CORDEX y de la iniciativa DestinE, aprovechando sus mayores resoluciones y esquemas de convección mejorados para reducir la incertidumbre en la simulación de episodios de lluvia extrema. Estos avances permitirán elaborar proyecciones más fiables y ajustadas a la realidad regional y local, facilitando herramientas de decisión cada vez más robustas.

Síntesis anomalías proyectadas Visor AdapteCCa

Municipio: **Orihuela**

ORIHUELA			ESCENARIO SSP2-4.5			ESCENARIO SSP5-8.5		
			Cambio proyectado respecto al valor original			Cambio proyectado respecto al valor original		
	VARIABLE CLIMÁTICA	Valor histórico de referencia (1971-2000)	Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)	Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)
	Temperatura máxima (ºC)	23,56ºC	1,5ºC	2,3ºC	2,9ºC	1,5ºC	2,8ºC	4,9ºC
	Temperatura máxima extrema (ºC)	37,3ºC	1,9ºC	3,3ºC	4,5ºC	2ºC	3,8ºC	7,2ºC
	Duración máxima de las olas de calor (Días)	13 días	18 días	32 días	43 días	22 días	42 días	72 días
	Grados-día de refrigeración (ºC)	190,3 ºC	130ºC	212ºC	277ºC	144ºC	277ºC	524ºC
	Precipitación (mm/año)	205,7 mm	-7,8 %	-14,8 %	-24,1 %	-10,3%	-26,3 %	-40,4 %
	Precipitación máxima en 24 horas (mm/día)	17,6 mm/día	2,70 %	-0,9 %	-6,7 %	-2,2 %	-10,1 %	-13 %
	Máximo número de días consecutivos con precipitación <1mm	82,6 días	14,18 días	22,2 días	31,3 días	16,4 días	26,6 días	50,2 días

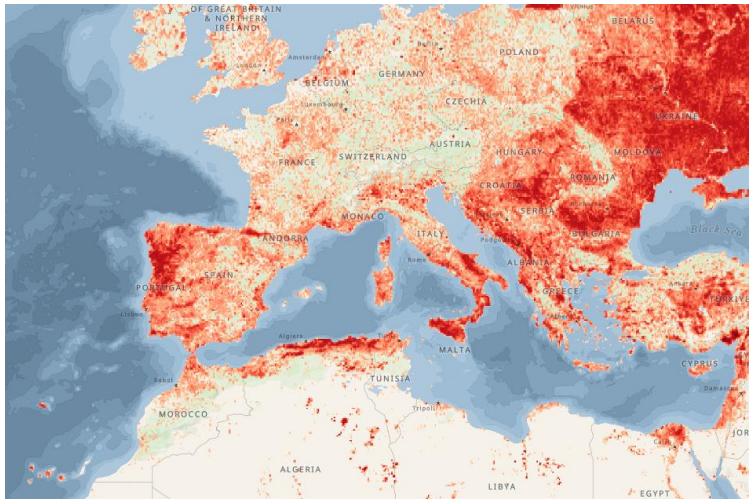
Estos resultados deben tomarse con precaución. Sujetos a alto grado de incertidumbre

Evaluación de la exposición

- Variación de la temperatura
- Olas de calor
- Sequía
- Precipitaciones fuertes

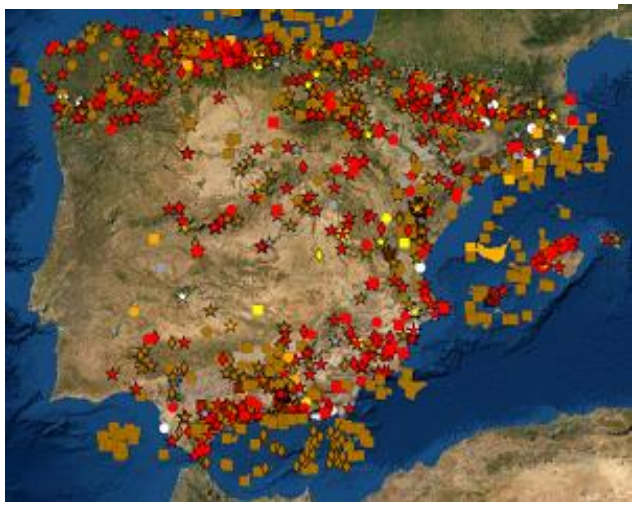
- **Plataforma de mapas de UNISDR** basada en el Atlas GAR (Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction - Risk Data Platform)
- **Think Hazard** desarrollado por GFDRR (Global Facility for Disaster Reductión and Recovery) en colaboración con World Bank Group
- **NASA Sea Level Projection Tool**
- **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**
- **Base de Datos de Movimientos del terreno (BDMOVES) del IGME**

UNISDR
The United Nations Office for Disaster Risk Reduction



CSIC | IGME

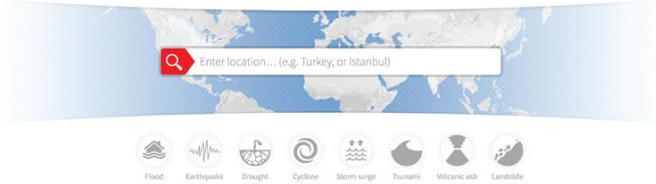
ipcc NASA



Sea Level Projection Tool

ThinkHazard!

Identify natural hazards in your project area and understand how to reduce their impact



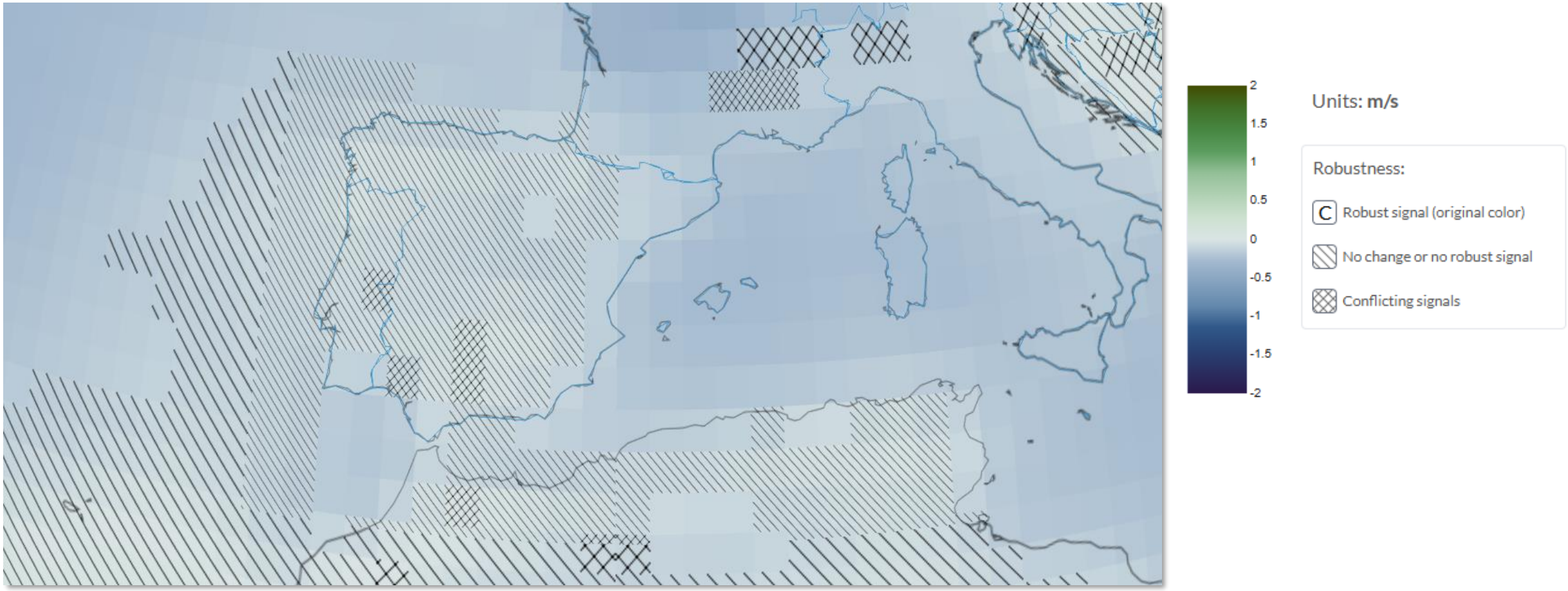
GFDRR

Velocidad media del viento

PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION · Copernicus · Climate Change Service · IMPLEMENTED BY ECMWF

Copernicus Interactive Climate Atlas

Mean of daily mean wind speed (m/s) - CMIP6 - Change - rel. to 1850-1900 - SSP5-8.5 - Medium Term (2041-2060) - Annual



Inundación fluvial

¿Existen limitaciones en la localización de una instalación de tratamiento de residuos?

Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH)

- ***Artículo 9 bis.*** *Limitaciones a los usos en la zona de flujo preferente en suelo rural.*

  1.*En los suelos en situación básica de suelo rural…, no se permitirá la instalación de nuevas:*

  a) Instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, ***almacenes de residuos****,…*

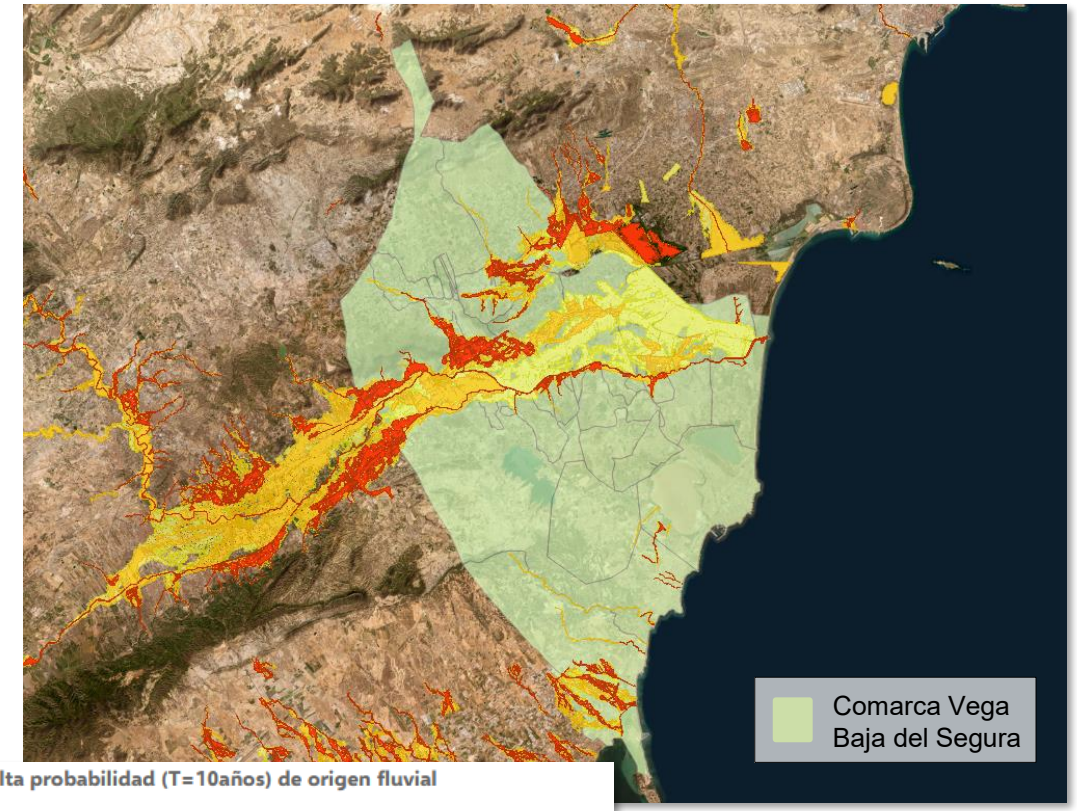
  h) Acopios de materiales que puedan ser arrastrados de forma que se pueda incrementar el riesgo de inundación aguas abajo o puedan degradar el dominio público hidráulico o ***almacenamiento de residuos de todo tipo****.*

- ***Artículo 14bis.*** *Limitaciones a los usos del suelo en la zona inundable.*

  1. *Las nuevas actividades, edificaciones y usos asociados en aquellos suelos que se encuentren en situación básica de suelo rural se realizarán, en la medida de lo posible, fuera de las zonas inundables.*

  b) *Se evitará el establecimiento de servicios o equipamientos sensibles o infraestructuras públicas esenciales tales como, ..., depuradoras o similares.*

Comarca Vega Baja del Segura



Z.I. con alta probabilidad (T=10años) de origen fluvial

Z.I. con probabilidad media u ocasional (T=100 años) de origen fluvial

Z.I. con probabilidad baja o excepcional (T= 500 años) de origen fluvial

Fuente: SNCZI

Inundación fluvial

Deslizamientos

Rangos de Altitud

Parcela caso piloto (Municipio Orihuela)

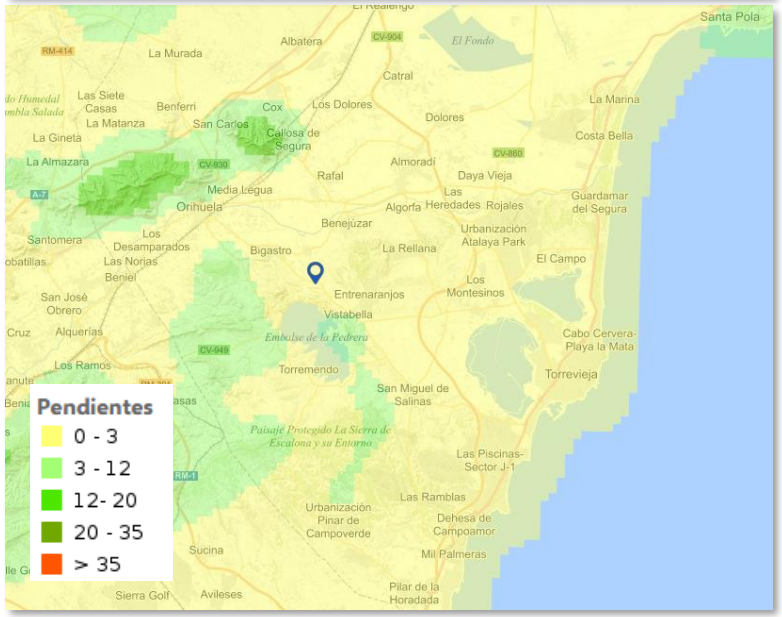
- Altitud: 50m

Fuente: SNCZI

Pendiente

Parcela caso piloto (Municipio Orihuela)

- Pendiente: 0-3%

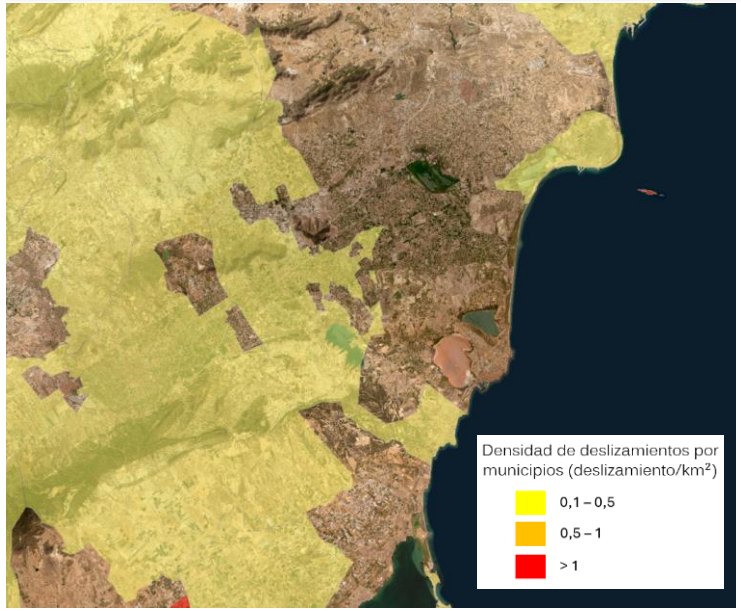


Fuente: SNCZI

Riesgo deslizamientos de tierra

Municipio Orihuela

- Riesgo: Bajo



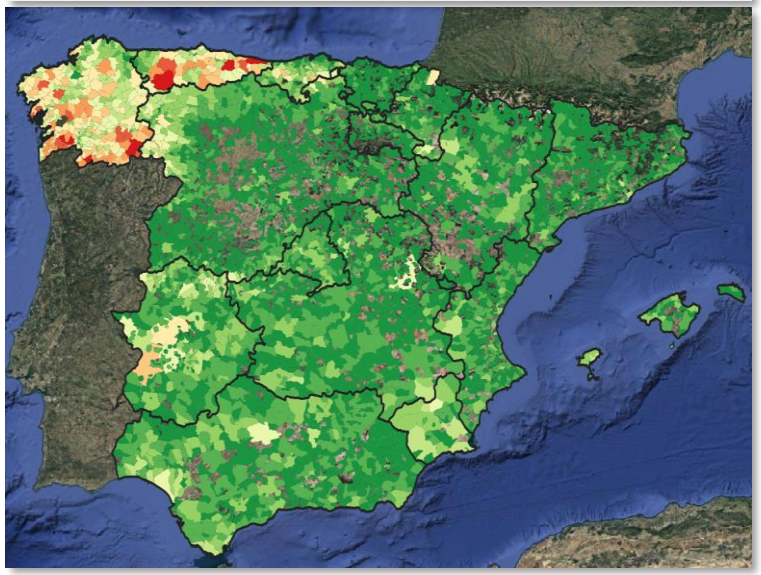
Fuente: IGME-CSIC

Incendios forestales

Número de incendios 1996-2015

Municipio Orihuela

- No. de incendios: 60

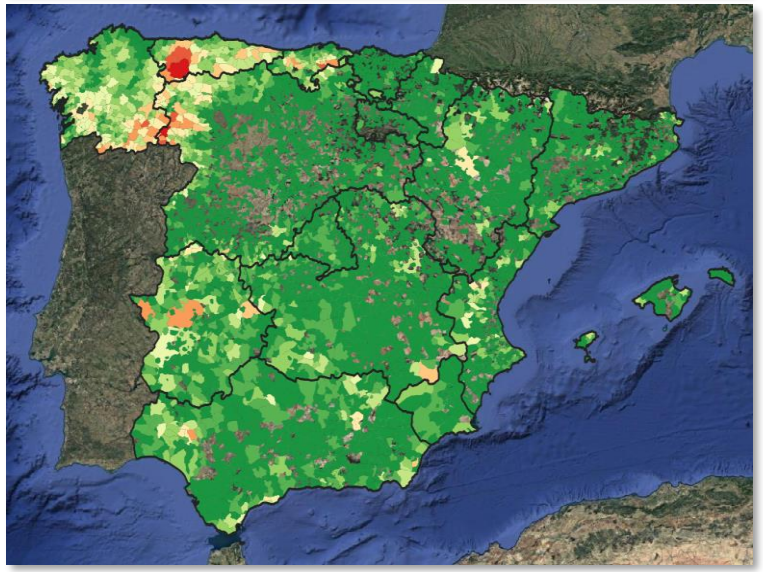


Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Superficie forestal afectada 1996-2015

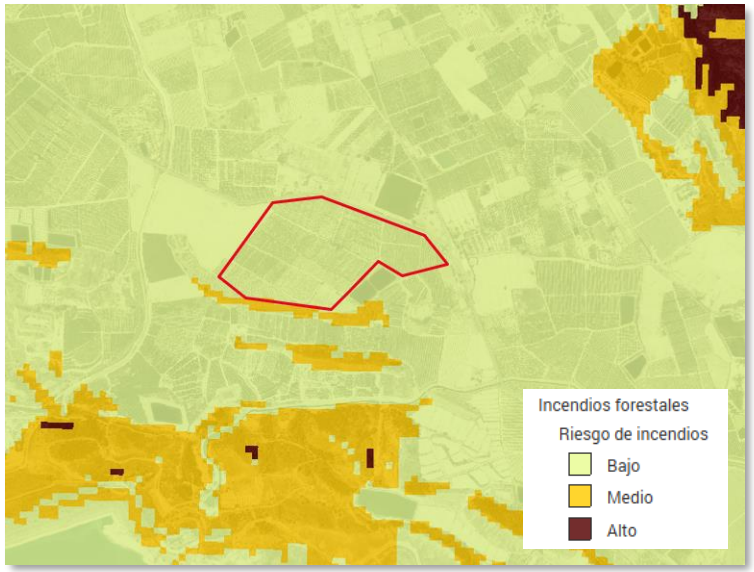
Municipio Orihuela

- Superficie afectada: 17 ha

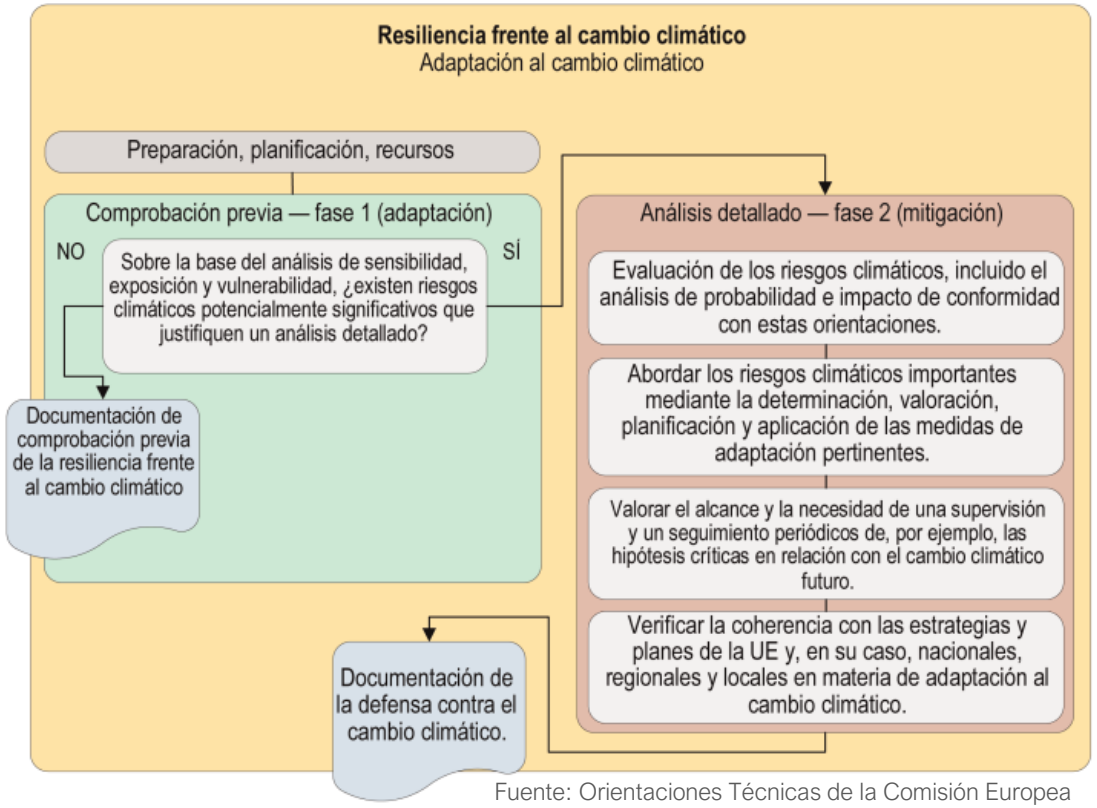


Riesgo de incendios forestales

Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana – PATFOR



Fuente: Visor cartogràfic de la Generalitat



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Análisis de Tendencias Climáticas Futuras (Herramientas disponibles)

- Basado en escenarios del IPCC
  - Escenario SSP2-4.5
  - Escenario SSP5-8.5
- Diferentes visores de riesgos naturales (incendios, inundación)

Fase 1: Comprobación previa

- Análisis de vulnerabilidad.

Fase 2: Análisis detallado

- Evaluación de Riesgos
- Medidas de Adaptación (Estructurales y no Estructurales)

Peligros climáticos que considerar en el análisis

Variación de la Temperatura | Olas de Calor | Precipitaciones fuertes | Inundaciones pluviales | Sequía | Incendios forestales

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El objetivo del **análisis de sensibilidad** es determinar qué peligros climáticos son relevantes para el tipo específico de proyecto, independientemente de su ubicación.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Cuadro de sensibilidad indicativo: *(ejemplo)*	Variables y peligros climáticos: Inundación	Calor	...	Sequía
Temas: Activos sobre el terreno...	Alto	Bajo	...	Bajo
Insumos (agua...)	Medio	Medio	...	Bajo
Resultados (productos...)	Alto	Bajo	...	Bajo
Enlaces de transporte	Medio	Bajo	...	Bajo
Puntuación más alta en cuatro temas	Alto	Medio	...	Bajo

El resultado del análisis de sensibilidad puede resumirse en un cuadro con la clasificación de la sensibilidad de las variables y los peligros climáticos pertinentes para un tipo de proyecto determinado, independientemente de la ubicación, incluidos los parámetros críticos, y divididos, por ejemplo, en los cuatro temas.

ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN

Cuadro de exposición indicativo: *(ejemplo)*	Variables y peligros climáticos: Inundación	Calor	...	Sequía
Clima actual	Medio	Bajo	...	Bajo
Clima futuro	Alto	Medio	...	Bajo
Puntuación más alta, actual+futuro	Alto	Medio	...	Bajo

El resultado del análisis de exposición puede resumirse en un cuadro con la clasificación de la exposición de las variables y los peligros climáticos pertinentes para la ubicación seleccionada, independientemente del tipo de proyecto y divididos, por ejemplo, en clima actual y futuro. Tanto para el análisis de sensibilidad como para el de exposición, el sistema de puntuación debe definirse y explicarse de forma cuidadosa y las puntuaciones otorgadas deben justificarse.

El objetivo del **análisis de exposición** es determinar qué peligros son pertinentes para la ubicación prevista del proyecto, independientemente del tipo de proyecto.

El **análisis de vulnerabilidad** combina el resultado del análisis de sensibilidad y el análisis de exposición

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Cuadro de vulnerabilidad indicativa: *(ejemplo)*		Exposición (clima actual + futuro): Alto	Medio	Bajo
Sensibilidad (puntuación más alta en los cuatro temas)	Alto	Inundación		
	Medio		Calor	
	Bajo			Sequía

Leyenda: Nivel de vulnerabilidad
- Alto
- Medio
- Bajo

El análisis de vulnerabilidad puede resumirse en un cuadro para el tipo de proyecto específico en la ubicación seleccionada. Combina el análisis de sensibilidad y el de exposición. Las variables y los peligros climáticos más pertinentes son los que tienen un nivel de vulnerabilidad alto o medio, que llevan a los pasos siguientes. Los niveles de vulnerabilidad deben definirse y explicarse cuidadosamente y las puntuaciones dadas deben justificarse.

Tiene como objetivo determinar los posibles peligros significativos y los riesgos conexos.

Análisis de Sensibilidad

Vulnerabilidad = **Sensibilidad** x Exposición

Peligros climáticos (de acuerdo a la Taxonomía Europea)	Puntos de recogida y transporte	Instalaciones de separación mecánica (MRF)	Instalaciones de tratamiento biológico aeróbico	Instalaciones de digestión anaeróbica	Restauración de vertederos
CRONICOS					
Variabilidad de la temperatura					
Permafrost					
Cambio en los patrones de precipitación					
Aumento nivel del mar / Intrusión salina					
Erosión costera/ Erosión del suelo					
AGUDOS					
Ola de calor					
Ola de frio					
Incendios forestales					
Vientos extremos (incluye tormentas, huracanes, tornados)					
Sequía					
Inundaciones/ Precipitaciones fuertes/ Surgencia					
Deslizamientos/Avalanchas/ Subsidencia					

JASPERS practical sectoral guidance

La sensibilidad frente a los peligros climáticos es diferente para cada subsector/ tipo de instalación.

- La plata de tratamiento de residuos sólidos urbanos del **caso piloto** contempla instalaciones de **separación mecánica**, de **tratamiento biológico aeróbico** y de **digestión anaeróbica**.
- El análisis de vulnerabilidad y riesgos debe realizarse para cada tipología de instalaciones.
- En la Guía sectorial de JASPERS se establece la sensibilidad global y la sensibilidad desglosada en los **cuatro temas** que particularizan la sensibilidad, permitiendo comprender donde debe ponerse el foco especialmente a la hora de implementar medidas de adaptación.

ACTIVOS SOBRE EL TERRENO Y PROCESOS
Infraestructuras asociadas, equipamientos, construcciones e instalaciones que conforman el proyecto. Incluye: materiales, alumbrado, sistemas de drenaje (tradicional o SUDs), sistema eléctrico, sistema de abastecimiento, espacios de estacionamiento, zonas verdes, etc.

INSUMOS
Energía y agua (potable / no potable) necesario para el funcionamiento de las instalaciones, además de los residuos y asociados/derivados. Se considera también los servicios de mantenimiento regulares, así como al personal que lo lleva a cabo.

RESULTADOS
Relativo al funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de residuos y la correcta prestación de servicios. También incluye los residuos y derivados de los tratamientos.

ENLACES DE TRANSPORTE
Fuera del control directo del proyecto. Accesos y conexiones dentro de la planta de tratamiento, así como de esta con las zonas aledañas y núcleos de población a los que da servicio.

Análisis de Sensibilidad

Vulnerabilidad = **Sensibilidad** X Exposición

Peligro climático	Instalaciones de separación mecánica				
	Activos sobre el terreno	Insumos	Resultados	Sistemas interdependientes	Máxima
Variación de la temperatura	1	-	-	-	1
Ola de calor	2	2	2	2	2
Precipitaciones fuertes	3	2	2	2	3
Inundación pluvial	3	2	2	2	3
Sequía	1	1	1	-	1
Incendios forestales	3	3	3	3	3

Peligro climático	Instalaciones tratamiento aerobio y anaerobio				
	Activos sobre el terreno	Insumos	Resultados	Sistemas interdependientes	Máxima
Variación de la temperatura	2	1	1	1	2
Ola de calor	2	2	2	2	2
Precipitaciones fuertes	3	1	2	3	3
Inundación pluvial	3	1	2	3	3
Sequía	2	1	1	-	2
Incendios forestales	3	3	3	3	3

IMPORTANTE

Los principios de evaluación, los niveles de puntuación, etc. deben adaptarse a las características específicas del proyecto, **esto es solo un ejemplo**, lo importante es demostrar un razonamiento claro y lógico.

Sensibilidad	Valor	Descripción
Nula	-	El peligro climático no tiene impacto (nulo)
Baja	1	El peligro climático podría impactar mínimamente
Media	2	El peligro climático podría tener un impacto moderado
Alta	3	El peligro climático podría tener un impacto significativo

Análisis de Exposición

Vulnerabilidad = Sensibilidad X **Exposición**

¿Cómo se determina el nivel de exposición?

Ejemplo de niveles cuantitativos de la guía de JASPERS

Nivel de exposición	Peligros Agudos	Peligros Crónicos
Sin exposición	El proyecto se localiza en un área donde el peligro climático no ocurre (actualmente) o se espera que ocurra (futuro)	No se prevé ningún cambio (con respecto a la actualidad)
Baja	El proyecto se localiza en un área donde el peligro climático ya ha ocurrido (presente) o se espera que ocurra (futuro) una vez cada 25 años.	La tasa de cambio es baja. El cambio puede ser observable dentro de un horizonte temporal de 100 años (lo cual excede el periodo de la evaluación y, por lo tanto, no afectará al proyecto).
Media	El proyecto se encuentra en un área donde el peligro climático ya ha ocurrido (exposición actual) o se espera que ocurra (exposición futura) varias veces en 10 años.	La tasa de cambio es moderada. Se considera probable observar un cambio notable dentro de un horizonte temporal de 50 años.
Alta	El proyecto se encuentra en un área donde el peligro climático ha ocurrido (exposición actual) o se espera que ocurra (exposición futura) varias veces en 5 años.	La tasa de cambio es rápida. Se espera un cambio significativo dentro de un horizonte temporal de 50 años o menos.

JASPERS practical sectoral guidance

VIDA UTIL DE LOS ELEMENTOS DEL PROYECTO

Es imprescindible tener en cuenta la **vida útil** de los distintos componentes de la planta de tratamiento. En la **Guía Sectorial de Resiliencia Climática de JASPERS** se incluye un **listado de valores indicativos para la vida útil** de los diferentes elementos presentes en los proyectos de gestión de residuos municipales.

Ejemplo. Vida útil para instalaciones tratamiento biológico anaerobio.

Element category	Assets/Processes (non-exhaustive list)	Typical lifespan (years)*
On-site assets	In addition to the applicable assets of the mechanical separation:	
	▪ Digestors	20-30
	▪ Biogas storage	20-30
	▪ Combined heat and power generation (CHP) units	15-20
	▪ Wastewater treatment facility	20-30

* *Los valores son indicativos y pueden variar según las características del proyecto. La vida útil real de los activos depende del material, el contexto regional, las condiciones económicas, los procesos de adquisición, etc. Por ello, en las tablas se observa un rango bastante amplio. Se señala que la vida útil es de particular relevancia para definir medidas de adaptación como resultado del análisis de riesgos.*

Análisis de Exposición

Vulnerabilidad = Sensibilidad X **Exposición**

Peligro climático	Exposición Actual	Exposición Futura	Exposición Máxima
Variabilidad de la temperatura	2	2	Media
Ola de calor	2	3	Alta
Precipitaciones fuertes	2	3	Alta
Inundación pluvial	2	3	Alta
Sequía	2	3	Alta
Incendios forestales	-	1	Baja

*La exposición es la misma para los tres tipos de instalaciones (Misma localización)

Exposición	
Clasificación	Valor
Sin exposición	-
Baja	1
Media	2
Alta	3

¿Cómo proponemos determinar el nivel de exposición?
Análisis de la situación actual y tendencias climáticas futuras

ORIHUELA		ESCENARIO SSP2-4.5 (Cambio proyectado respecto al valor original)			ESCENARIO SSP5-8.5 (Cambio proyectado respecto al valor original)		
VARIABLE CLIMÁTICA	Valor histórico de referencia (1971-2000)	Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)	Futuro cercano (2015-2040)	Futuro medio (2041-2070)	Futuro lejano (2071-2100)
Temperatura máxima (ºC)	23,56ºC	1,5ºC	2,3ºC	2,9ºC	1,5ºC	2,8ºC	4,9ºC
Temperatura máxima extrema (ºC)	37,3ºC	1,9ºC	3,3ºC	4,5ºC	2ºC	3,8ºC	7,2ºC
Duración máxima de las olas de calor (Días)	13 días	18 días	32 días	43 días	22 días	42 días	72 días
Grados-día de refrigeración (ºC)	190,3 ºC	130ºC	212ºC	277ºC	144ºC	277ºC	524ºC
Precipitación (mm/año)	205,7 mm	-7,8 %	-14,8 %	-24,1 %	-10,3%	-26,3 %	-40,4 %
Precipitación máxima en 24 horas (mm/día)	17,6 mm/día	2,70 %	-0,9 %	-6,7 %	-2,2 %	-10,1 %	-13 %
Máximo número de días consecutivos con precipitación <1mm	82,6 días	14,18 días	22,2 días	31,3 días	16,4 días	26,6 días	50,2 días

IMPORTANTE

Precipitación máxima 24h (Municipio Orihuela)				
	Escenarios RCP		Escenarios SSP	
Horizonte	RCP 4.5	RCP 8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
2015-2040	10%	7,3%	2,7%	-2,2%
2041-2070	0,4%	5,3%	-0,9%	-10,1%
2071-2100	5,3%	-3,7%	-6,7%	-13%

Análisis de Vulnerabilidad

Vulnerabilidad = **Sensibilidad** X **Exposición**

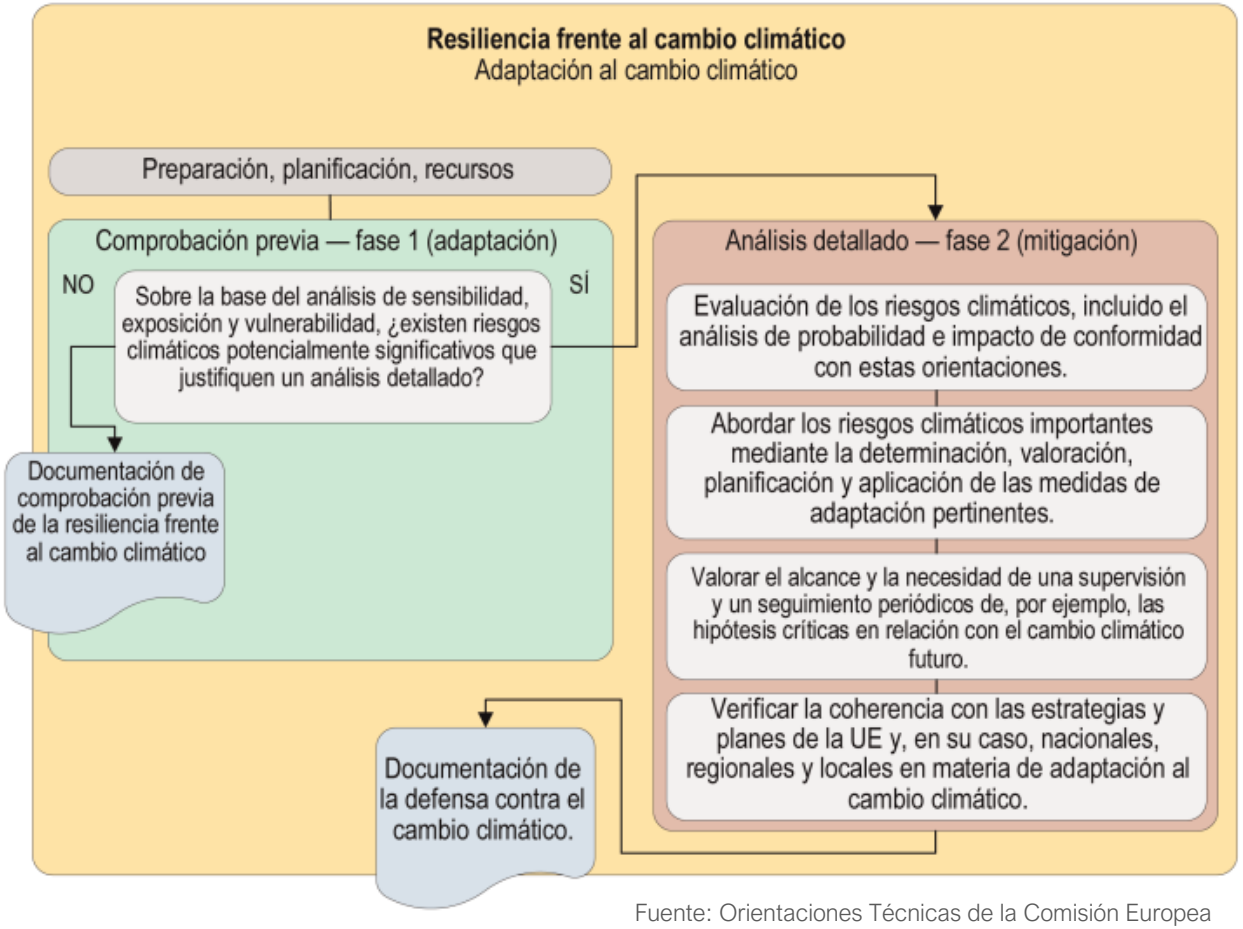
	Instalaciones de separación mecánica		
Peligro climático	Exposición	Sensibilidad	Vulnerabilidad
Variabilidad de la temperatura	2	1	2- Baja
Ola de calor	3	2	6-Alta
Precipitaciones fuertes	3	3	9-Alta
Inundación pluvial	3	3	9-Alta
Sequía	3	1	3-Alta
Incendios forestales	1	3	3-Media

- Si el proyecto presenta vulnerabilidades **bajas no es necesario realizar la Fase 2**: Análisis Detallado
- Sin embargo, si presenta vulnerabilidades **medias y altas** para algunos peligros climáticos es necesario pasar al análisis detallado y elaborar la evaluación de riesgos climáticos para esos peligros climáticos.

	Instalaciones tratamiento aerobio y anaerobio		
Peligro climático	Exposición	Sensibilidad	Vulnerabilidad
Variabilidad de la temperatura	2	2	4-Media
Ola de calor	3	2	6-Alta
Precipitaciones fuertes	3	3	9-Alta
Inundación pluvial	3	3	9-Alta
Sequía	3	2	6-Alta
Incendios forestales	1	3	3-Media

Vulnerabilidad		Exposición		
		Baja	Media	Alta
Sensibilidad	Baja	1	2	3
	Media	2	4	6
	Alta	3	6	9

Resumen del proceso relativo a la adaptación al cambio climático para la defensa contra el cambio climático



Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

Análisis de Tendencias Climáticas Futuras

(Herramientas disponibles)

- Basado en escenarios del IPCC
  - Escenario SSP2-4.5
  - Escenario SSP5-8.5
- Diferentes visores de riesgos naturales (incendios, inundación)

Fase 1: Comprobación previa

- Análisis de vulnerabilidad.

Fase 2: Análisis detallado

- Evaluación de Riesgos
- Medidas de Adaptación (Estructurales y no Estructurales)

EVALUACIÓN DE RIESGOS CLIMÁTICOS

IMPACTO x PROBABILIDAD = RIESGO

Probabilidad de que los peligros climáticos detectados se materialicen en un plazo determinado

ANÁLISIS DE PROBABILIDAD

Escala indicativa para evaluar la probabilidad de un peligro climático (ejemplo):

Término	Cualitativo	Cuantitativo (*)
Raro	Muy poco probable que ocurra	5 %
Improbable	Poco probable que ocurra	20 %
Moderado	Misma probabilidad de ocurrir que de no ocurrir	50 %
Probable	Es probable que ocurra	80 %
Casi seguro	Es muy probable que ocurra	95 %

El resultado del análisis de probabilidad puede resumirse en una estimación cualitativa o cuantitativa de la probabilidad de cada una de las variables y los peligros climáticos esenciales. (*) La definición de las escalas requiere un análisis cuidadoso por varias razones, entre ellas, que la probabilidad y el impacto de los peligros climáticos esenciales podrían cambiar significativamente durante la vida útil del proyecto de infraestructura, entre otras razones, debido al cambio climático. En los estudios existentes se hace referencia a varias escalas.

Consecuencias derivadas del peligro climático en caso de que este se produzca

ANÁLISIS DE IMPACTO

Escala indicativa para evaluar el impacto probable de un peligro climático (ejemplo) *Áreas de riesgo:* / *Impacto:*	Insignificante	Leve	Moderado	Grave	Catastrófico
Daños a los activos, ingeniería, operativos					
Seguridad y salud					
Medio ambiente, patrimonio cultural					
Social					
Financiera					
Reputación					
Cualquier otra área de riesgo pertinente					
Global, para las áreas de riesgo mencionadas anteriormente					

El análisis de impacto proporciona una evaluación especializada del impacto potencial para cada una de las variables y los peligros climáticos esenciales.

Detectar los riesgos potenciales más significativos y aquellos en los que es necesario adoptar medidas de adaptación.

EVALUACIÓN DE RIESGOS

Cuadro de riesgos indicativo: *(ejemplo)*

Probabilidad	Insignificante	Leve	Moderado	Grave	Catastrófico
Raro					
Improbable		Sequía			
Moderado		Calor	Inundación		
Probable					
Casi seguro					

Impacto general de las variables y los peligros climáticos esenciales (ejemplo)

Leyenda:

Nivel de riesgo
Bajo
Medio
Alto
Extremo

El resultado del análisis de riesgos puede resumirse en un cuadro que combine la probabilidad y el impacto de las variables y los peligros climáticos esenciales. Se requieren explicaciones detalladas para calificar y fundamentar las conclusiones de la evaluación. Los niveles de riesgo se deben explicar y justificar.

Análisis de Probabilidad

Riesgo = **Probabilidad** X Impacto

Peligro climático	Probabilidad Valor
Variabilidad de la temperatura	**5-Casi seguro**
Ola de calor	**5-Casi seguro**
Precipitaciones fuertes	**3-Posible**
Inundación pluvial	**3-Posible**
Sequía	**4-Probable**
Incendios forestales	**2-Improbable**

Probabilidad		Escala de probabilidad de un peligro climático	
		Cualitativo	Cuantitativo *
Clasificación	Raro (1)	Es muy poco probable que ocurra	5%
	Improbable (2)	Es poco probable que se produzca	20%
	Posible (3)	Es posible, ha ocurrido en un país / contextos similares	50%
	Probable (4)	Es probable que ocurra	80%
	Casi seguro (5)	Es muy probable que se produzca, posiblemente varias veces.	95%

* Probabilidad de ocurrencia (%)

Evaluación de Impactos

Riesgo = Probabilidad X **Impacto**

Peligro climático	Instalaciones de separación mecánica				
	Daños a los activos / Ingeniería	Daños operativos	Medio ambiente	Social	Máximo
Ola de calor	1	3	1	3	3
Precipitaciones fuertes	2	3	2	2	3
Inundación pluvial	3	4	2	3	4
Sequía	1	2	2	1	2
Incendios forestales	3	3	2	2	3

Peligro climático	Instalaciones tratamiento aeróbio y anaeróbio				
	Daños a los activos / Ingeniería	Daños operativos	Medio ambiente	Social	Máximo
Variación de la temperatura	2	2	1	1	2
Ola de calor	2	3	1	3	3
Precipitaciones fuertes	3	4	2	2	4
Inundación pluvial	3	4	2	3	4
Sequía	1	2	2	1	2
Incendios forestales	3	3	2	2	3

La evaluación de impactos aborda las consecuencias de un peligro climático a través de **7 posibles áreas de riesgo** (financiero, reputacional, cultural, etc). En función de las características específicas del proyecto se decide que áreas de riesgo se incluyen.

IMPACTO		MAGNITUD DE LAS CONSECUENCIAS			
		LEVE (1)	MODERADO (2)	GRAVE (3)	MUY GRAVE (4)
ÁREA DE RIESGO	DAÑOS A LOS ACTIVOS / INGENIERÍA	La actividad normal puede absorber el impacto	Acontecimiento adverso que se puede absorber adoptando medidas de continuidad de la actividad	Acontecimiento grave que requiere medidas adicionales de emergencia para la continuidad de la actividad	Acontecimiento crítico que requiere medidas extraordinarias de emergencia y compromete la continuar de la actividad
	DAÑOS OPERATIVOS	La actividad normal puede absorber el impacto	Acontecimiento adverso que se puede absorber adoptando medidas de continuidad de la actividad	Acontecimiento grave que requiere medidas adicionales de emergencia para la continuidad de la actividad	Acontecimiento crítico que requiere medidas extraordinarias de emergencia y compromete la continuar de la actividad
	MEDIO AMBIENTE	Sin impacto en el ambiente de referencia. Localizado en la zona de origen. No se requiere recuperación	Localizado dentro de los límites del emplazamiento. Recuperación medible en el plazo de un mes desde el impacto.	Daño moderado con posible efecto más amplio. Recuperación en un año	Daño significativo con efecto local. Recuperación superior a un año. Incumplimiento de los reglamentos medioambientales o de la autorización
	SOCIAL	Ningún impacto social negativo	Impactos sociales localizados y temporales. Reducción del confort moderada	Impactos sociales localizados y a largo plazo. Reducción del confort significativa.	Daños personales moderados. Impactos sociales generalizados y a largo plazo.

Evaluación del Riesgo

Riesgo = Probabilidad X Impacto

	Instalaciones de separación mecánica		
Peligro climático	Probabilidad	Impacto	Riesgo
Ola de calor	5	3	15-Alto
Precipitaciones fuertes	3	3	9-Medio
Inundación pluvial	3	4	12-Alto
Sequía	4	2	8-Medio
Incendios forestales	2	3	6-Bajo

	Instalaciones tratamiento aerobio y anaerobia		
Peligro climático	Probabilidad	Impacto	Riesgo
Variabilidad de la temperatura	5	2	10-Medio
Ola de calor	5	3	15-Alto
Precipitaciones fuertes	3	4	12-Alto
Inundación pluvial	3	4	12-Alto
Sequía	4	2	8-Medio
Incendios forestales	2	3	Bajo

Gestión de riesgos

Para los riesgos climáticos **significativos** se definirán medidas de adaptación específicas para reducir dichos riesgos a niveles aceptables.

Riesgo	
Clasificación	Resultado
Insignificante	1-2
Bajo	3-6
Medio	7-10
Alto	11-16
Muy alto	17-25

Riesgo		Impacto				
		Insignificante (1)	Leve (2)	Moderado (3)	Grave (4)	Muy grave (5)
Probabilidad	Raro (1)	1	2	3	4	5
	Improbable (2)	2	4	6	8	10
	Posible (3)	3	6	9	12	15
	Probable (4)	4	8	12	16	20
	Casi seguro (5)	5	10	15	20	25

DISEÑO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

DETERMINAR OPCIONES DE ADAPTACIÓN	VALORAR OPCIONES DE ADAPTACIÓN	PLANIFICAR LA ADAPTACIÓN
Proceso de determinación de opciones: — Determinar las opciones que responden a los riesgos (utilizar, p. ej., talleres de expertos, reuniones y evaluaciones) — La adaptación puede implicar una combinación de respuestas, por ejemplo,: — formación, desarrollo de la capacidad, seguimiento — uso de mejores prácticas, normas — soluciones basadas en la naturaleza — soluciones de ingeniería, diseño técnico — gestión de riesgos, seguros	La valoración de las opciones de adaptación debe tener en cuenta las circunstancias específicas y la disponibilidad de datos. En algunos casos, podría bastar con una rápida opinión de los expertos, mientras que en otros casos se podría justificar un análisis coste-beneficio detallado. Podría ser pertinente estudiar la solidez de varias opciones de adaptación frente a las incertidumbres del cambio climático.	Integrar las medidas pertinentes de resiliencia frente al cambio en el diseño técnico del proyecto y en las opciones de gestión. Elaborar un plan de ejecución, un plan de financiación, un plan de seguimiento y respuesta, un plan de revisión periódica de las hipótesis y de la evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos, etc. La evaluación de la vulnerabilidad y los riesgos y la planificación de la adaptación tienen como objetivo reducir los riesgos climáticos restantes a un nivel aceptable.

Fuente: Orientaciones Técnicas de la Comisión Europea

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

ESTRUCTURALES

NO ESTRUCTURALES

Las **medidas estructurales** comprenden la modificación del diseño o las especificaciones de los activos físicos y las infraestructuras, o la adopción de soluciones alternativas o mejoradas.

Las **medidas no estructurales** comprenden la planificación de la utilización del suelo, la mejora de los programas de seguimiento o de respuesta a emergencias, la formación del personal y las actividades de transferencia de capacidades, la elaboración de marcos estratégicos o empresariales de evaluación de riesgos climáticos, las soluciones financieras como los seguros contra fallos en la cadena de suministro o los servicios alternativos.

Medidas de adaptación

Inundaciones

Pluviales

La importancia de la resiliencia y operatividad de las instalaciones de gestión de residuos en caso de inundación

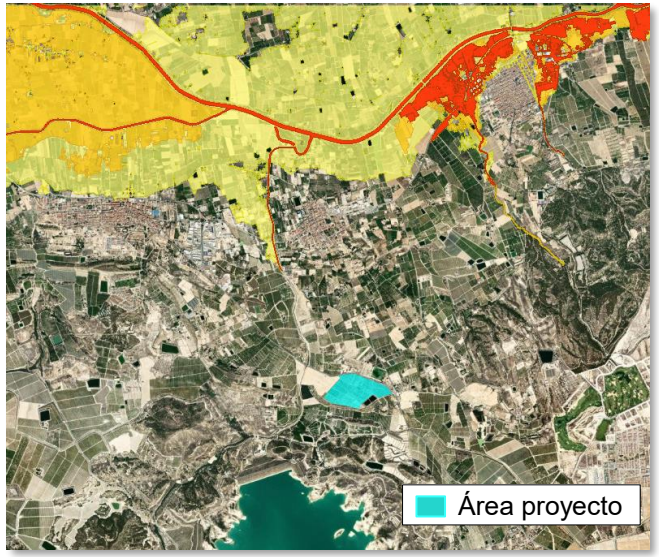
Fuente: IGN, Copernicus Sentinel-2, Copernicus EMS

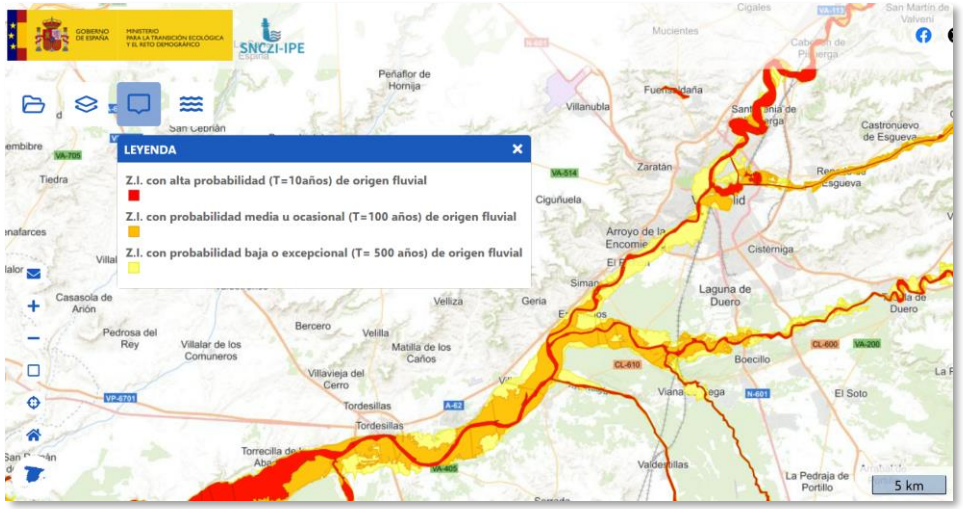
Delineación de las zonas inundadas

Selección del emplazamiento plantas TMB

Inundaciones

1. Buscar **emplazamiento con exposición** baja frente a inundaciones fluviales y/o costeras
   - **Ubicación del proyecto fuera de zonas de inundación y zonas de flujo preferente** (mapas de zonas inundables (SNCZI))
2. Si no hay alternativa de ubicación **priorizar la ordenación de los usos**
   - En las zonas inundables o más cercanas a estas priorizar los usos más compatibles y menos críticos y sensibles.



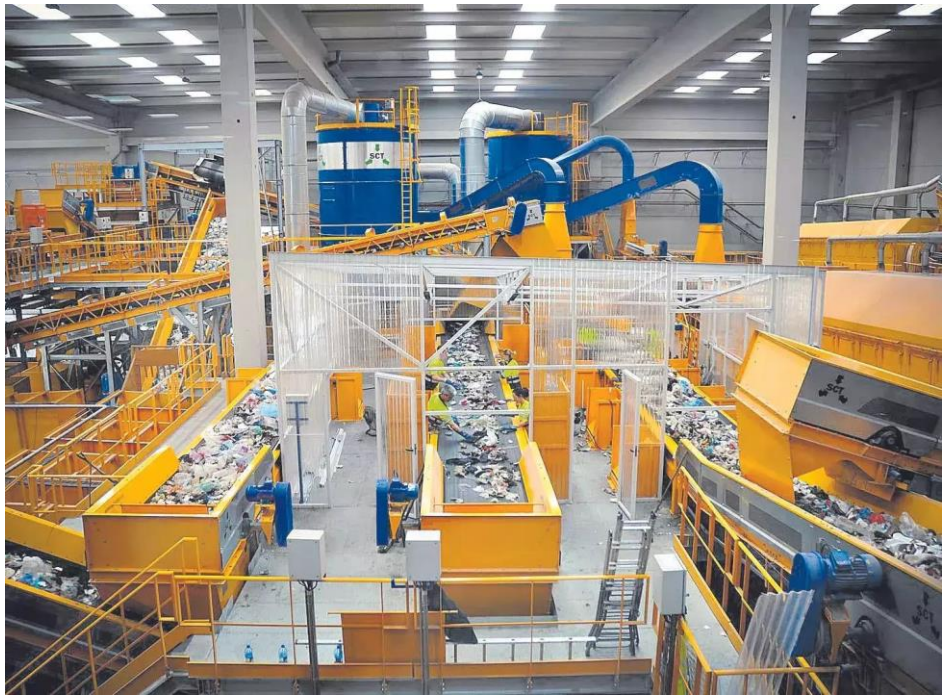


Fuente: SNCZI

Medidas de adaptación plantas TMB

Inundaciones

1. Instalar **barreras contra inundaciones**: muros de contención.
2. Diseñar evitando **áreas de encharcamiento**, fuera y dentro de la planta.
3. Materiales de construcción y de equipos **resistentes a la corrosión**.
4. **Protección física de equipos sensibles y maquinaria**: Sellos impermeables, cubiertas protectoras y revestimientos resistentes.
5. Instalación de **bombas de achique y pozos de drenaje** en áreas críticas.
6. **Incorporar sistemas de confinamiento** para residuos peligrosos o lixiviables, reduciendo el riesgo de contaminación del entorno.
7. **Fuentes de energía de respaldo** (generadores, baterías, etc.) para mantener operaciones mínimas ante fallos en la red.

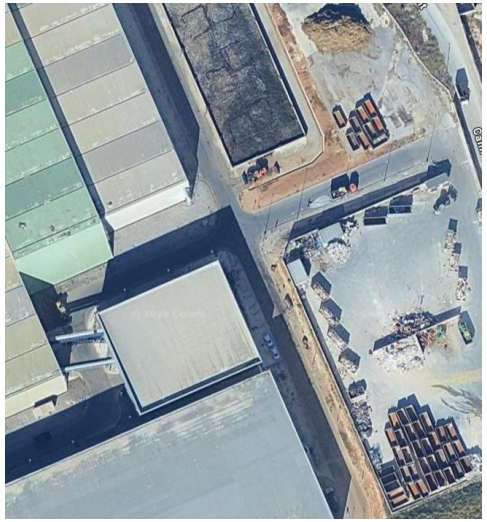


Medidas de adaptación plantas TMB

Inundaciones

8. **Operar en espacios cerrados con condiciones controladas.**
9. Instalar barreras contra las lluvias fuertes: **techados** en zonas de almacenamiento de residuos y equipos/áreas criticas.
10. Dimensionar sistemas de **drenaje** y evacuación adecuados.
11. **Mantenimientos preventivos** de sistemas de drenaje, equipos y estructuras (corrosión).
12. Implementar **Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)** como balsas de retención, pavimentos permeables, parterres inundables

*"soluciones que **se inspiran** y se basan **en la naturaleza**, que son rentables y proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos ayudando a crear resiliencia de modo que aportan más y más diversas características y procesos naturales a las ciudades, así como a los paisajes terrestres y marinos a través de acciones sistémicas, adaptadas al ámbito local y eficientes en el uso de recursos"* Comisión Europea, 2021.



Pavimentos permeables

Inundaciones

Pavimentos que permiten la filtración de la escorrentía a través de ellos, hacia capas subsuperficiales. De este modo, el agua puede almacenarse temporalmente en la subbase (mediante gravas o geoceldas), pudiendo infiltrarse al terreno o descargarse controladamente hacia aguas abajo.

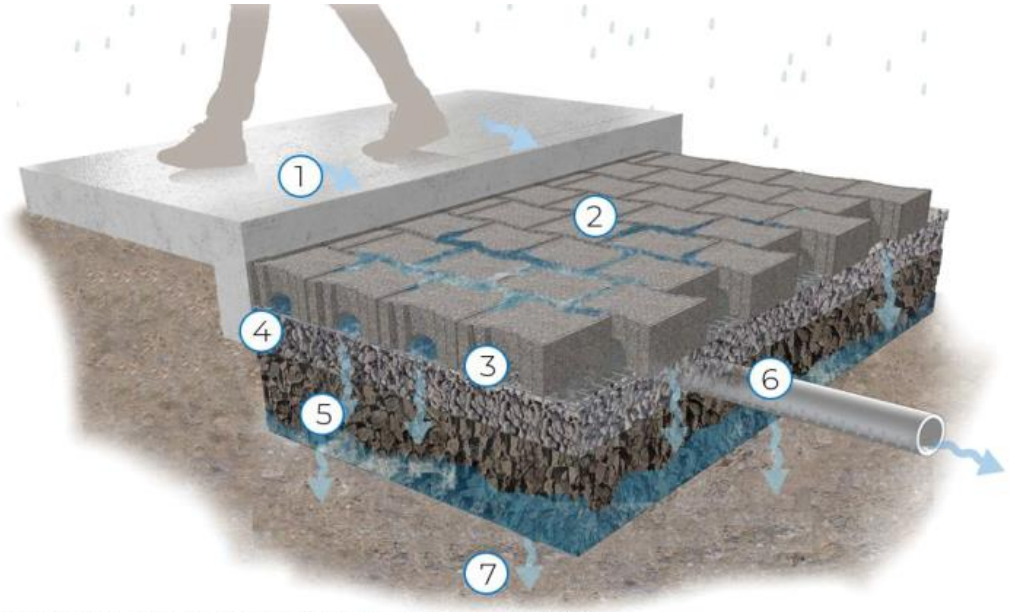
- **Pavimentos permeables discontinuos**
  - Juntas entre baldosas o adoquines (1)
  - Celdas permeables (2)
- **Pavimentos permeables continuos**
  - Hormigón poroso (3)
  - Tierra compactada aditivada (4)
  - Pavimentos bituminosos porosos
  - Pavimento de caucho
- **Pavimentos disgregados y vegetales** (velocidad de penetración en función de la granulometría)
  - Pavimento de grava
  - Cantos rodados
  - Mulch (5)
  - Superficies vegetadas (6)

Pueden contemplarse para las zonas ajardinadas, aparcamiento o caminos de tránsito peatonal dentro del recinto de la planta TMB

Fuente: Guía SUDs MITECO

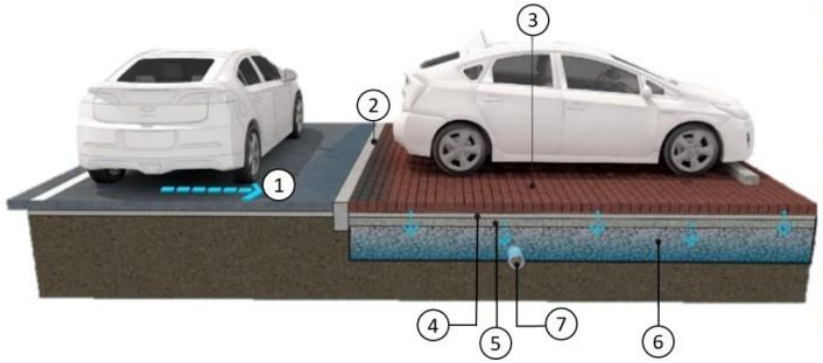
Ejemplo de pavimentos permeables

Inundaciones



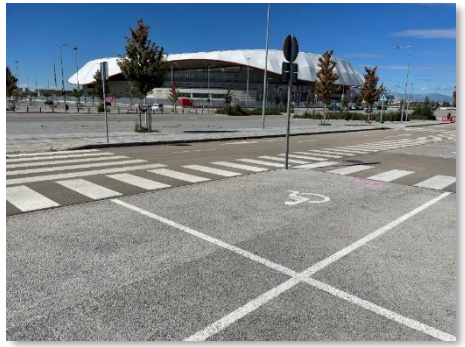
Fuente: Alameda County Flood Control & Water Conservation District (2021).

1. Escorrentía de áreas impermeables adyacentes **2.** Pavimento de adoquín permeable por junta **3.** Capa de apoyo **4.** Capa de transición con gravas medianas **5.** Capa de almacenamiento con gravas gruesas **6.** Conducto drenante **7.** Infiltración al terreno



1. Escorrentía de áreas impermeables adyacentes
2. Bordillo rebajado/discontinuo que permite la entrada de escorrentía
3. Pavimento permeable por junta de adoquín
4. Capa de apoyo de gravillín
5. Capa de transición con gravas medianas
6. Capa de almacenamiento con gravas gruesas
7. Conducto drenante embebido (si fuera necesario)

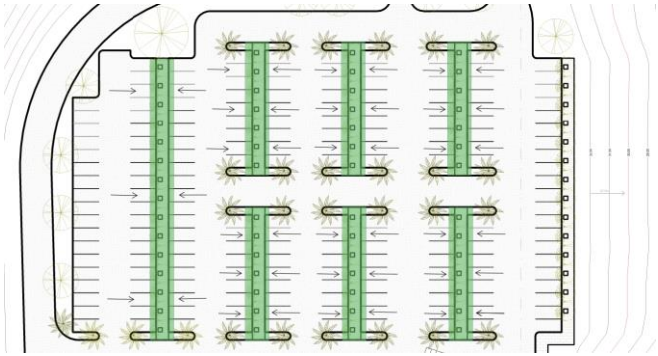
Ejemplos en aparcamientos exteriores



Parterres Inundables – Áreas de bioremediación

Inundaciones

Son **zonas con vegetación** que se encuentran rebajadas con respecto a las superficies adyacentes. Están pensadas para **recibir escorrentías de áreas impermeables** próximas, y favorecer su **tratamiento y laminación**. Pueden permitir la infiltración del agua al terreno natural, tras ser tratada, o incorporar un drenaje subsuperficial que evacue el volumen almacenado. Reducen así el volumen de agua de lluvia, atenuando el caudal pico y mejorando la calidad de la escorrentía.

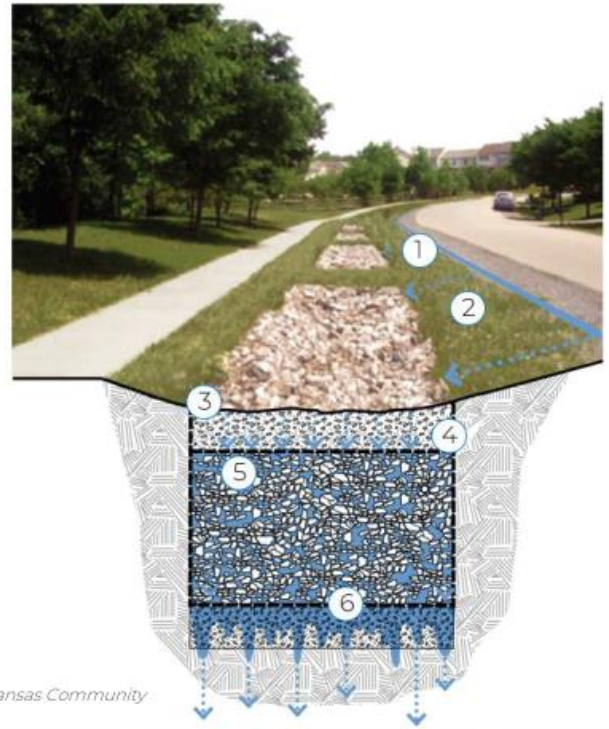


Parterres inundables – tipo área de biorretención

Zanjas de infiltración y drenes filtrantes

Inundaciones

Son sistemas de drenaje que permiten la captación, filtrado y almacenaje temporal de la escorrentía, para su posterior infiltración al terreno. Esta capacidad de almacenamiento la logran al estar rellenas de un material con un alto porcentaje de huecos.



Fuente: University of Arkansas Community Design Center (2010).

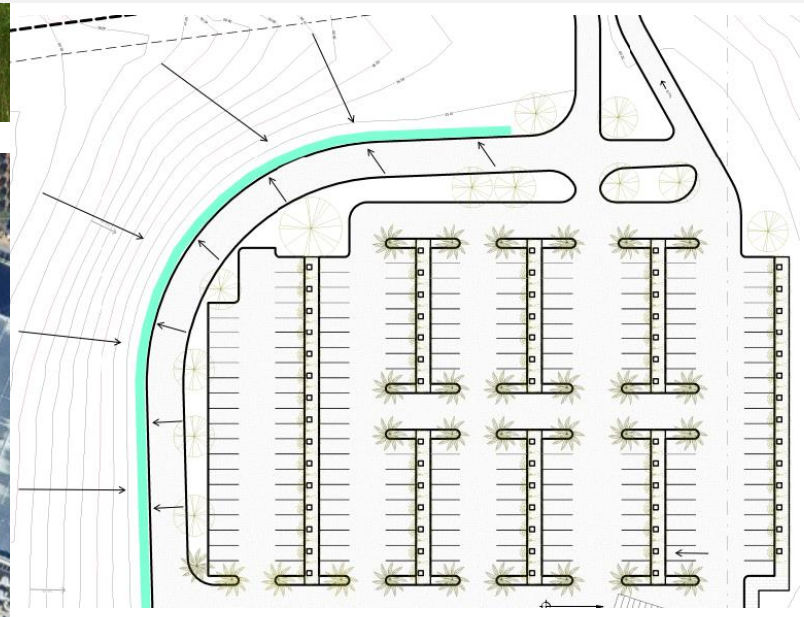
1. Entrada lateral de escorrentía **2.** Franja vegetada de pretratamiento **3.** Capa de gravas **4.** Capa de geotextil **5.** Gravas o material drenante sintético **6.** Infiltración al terreno

Cunetas vegetadas

Inundaciones

- **Estructuras lineales** anchas y de poca profundidad, cubiertas de **vegetación**, que permiten **captar, filtrar e infiltrar la escorrentía.**
- La escorrentía de las áreas impermeables adyacentes drena de forma homogénea y directamente por los laterales de la cuneta, en vez de entrar por una única zona. Esto minimiza la erosión y distribuye los contaminantes por la zona vegetada.
- La vegetación favorece la eliminación de contaminantes a través de la sedimentación, la filtración, la evapotranspiración y la infiltración al terreno.

Cuneta vegetada a pie de talud, junto a vial de acceso



Balsas de retención e infiltración

Inundaciones

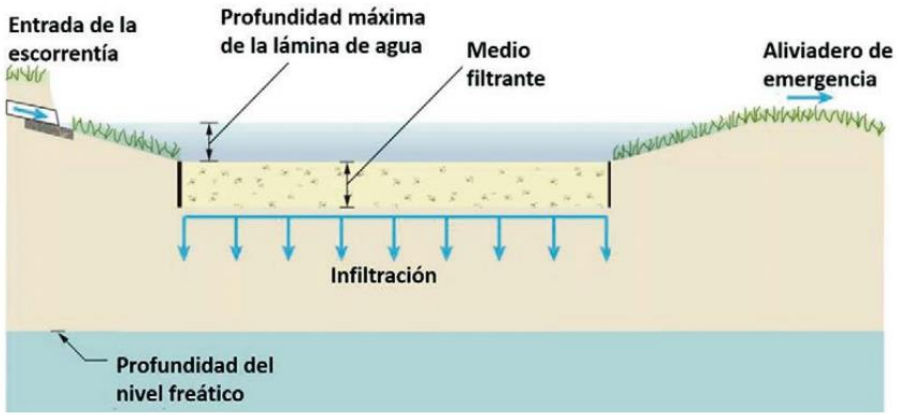
Son elementos inundables situados en una depresión en el terreno, que se mantienen habitualmente **secos**; pero que, en eventos de lluvia, ofrecen un **almacenamiento temporal superficial de escorrentía**.

Después, liberan la escorrentía lentamente, proporcionando una laminación del caudal punta. Pueden ser vegetadas o no vegetadas (superficies duras) y se distinguen:

- Balsas de detención: laminan los caudales con un desagüe de fondo controlado.
- Balsas de infiltración: permiten la evacuación de escorrentía a través de la infiltración en el suelo.

Funciones:

- **Reducen el caudal punta** al liberar lentamente la escorrentía almacenada.
- Contribuyen a controlar la **calidad de la escorrentía** (filtración de contaminantes).



Balsa de infiltración de pluviales en polígono Capsades, Vinarós.

Medidas de adaptación compostajes

Inundaciones

Fuente: Agència de Residus de Catalunya

13. Elevación de áreas críticas y equipos en instalaciones con plataformas elevadas o cimentaciones sobreelevada:

- Tratamiento mecánico: cuadros eléctricos, salas de control.
- Tratamiento aerobio: recepción, almacenamiento, producción y producto final.
- Tratamiento anaerobio: materia prima, agua de proceso y digestato.

14. Considerar almacenamiento alternativo de materia prima o suministros diferentes para facilitar un suministro constante (tratamiento anaerobio: biogas).

Medidas de adaptación no estructurales - TMB

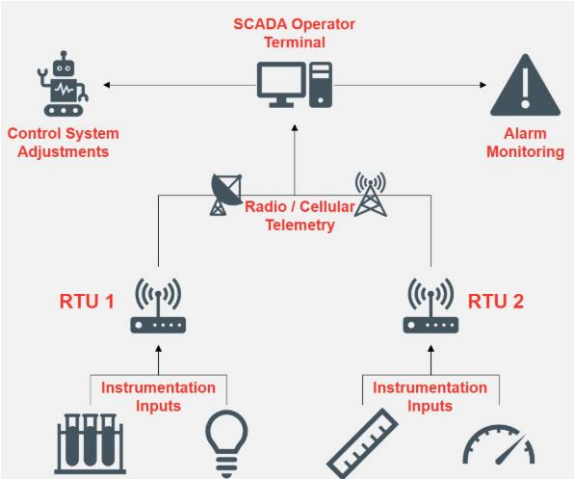
Inundaciones

15. Integrar sistemas de control y alerta automáticos:

- **Control meteorológico, proyecciones climáticas y modelación hidrológica** para anticiparse a lluvias intensas.
- **Sistemas de alerta automáticos**.
- Monitoreo en tiempo real de **niveles de agua, calidad y caudales en la instalación**: tratamientos biológicos.
- **Compuertas automáticas** para proteger áreas críticas: áreas de curado y almacenamiento, aguas de proceso.

16. Planes y protocolos:

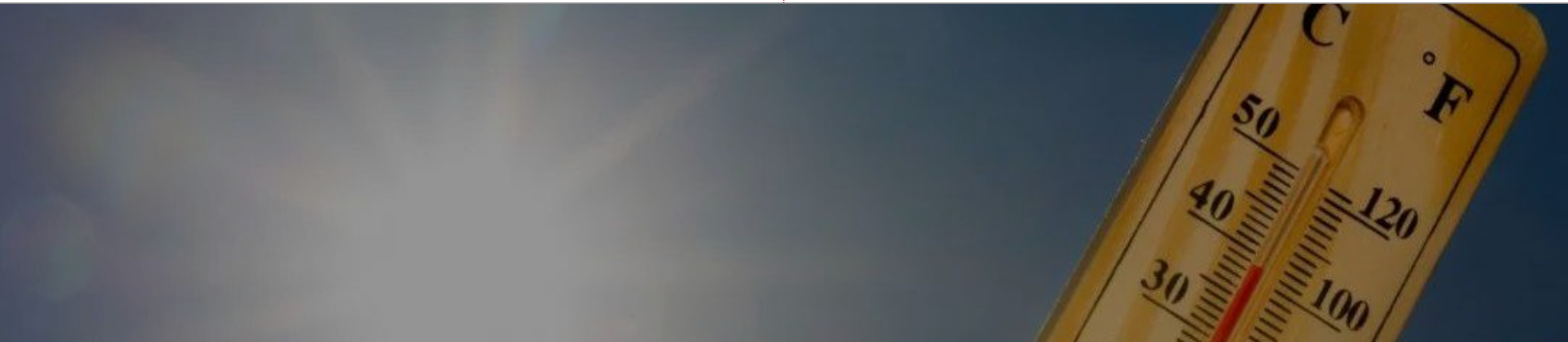
- Diseñar **planes de manejo de agua** y planes de **respuesta ante emergencias**.
- **Protocolos de gestión de materia prima durante eventos de precipitación/inundación para evitar su saturación y contaminación**: crítico en digestión anaerobia, tanto la materia prima como el digestato.
- Protocolos de acción temprana en caso de **fuga o dispersión de residuos en inundación**.
- Protocolos de **mantenimiento post-inundación**.
- **Capacitación** del personal en protocolos de emergencia ante inundaciones. Coordinación con autoridades locales.



Medidas de adaptación

Olas de Calor

Variabilidad de la temperatura



Variación de la temperatura

Olas de calor

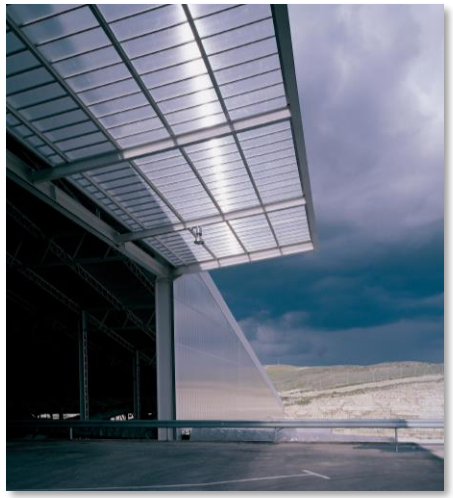
Selección del emplazamiento plantas TMB

- **Emplazamiento que minimice la exposición a elevadas temperaturas** (microclimas) y **maximice la ventilación y el sombreado natural**.

Medidas de adaptación plantas TMB

1. Incluir **criterios de resiliencia térmica** en el diseño de procesos y envolventes:
   - **Aislamientos térmicos** en muros, techos y zonas de almacenamiento.
   - Optimizar circulación natural del aire y maximizar sombras: **orientación.**
   - Implementar **sistemas pasivos de refrigeración**: ventilación natural, sombreamiento arquitectónico, techos verdes y vegetación a cota cero.
   - **Materiales resistentes al calor**: especial atención a rodamientos, motores, cintas transportadoras y sistemas hidráulicos susceptibles al sobrecalentamiento.
   - Efecto **muro/ventana** y selección de vidrios.

Dispositivos de sombreado



Aislamiento de Fachadas

Cubiertas vegetales

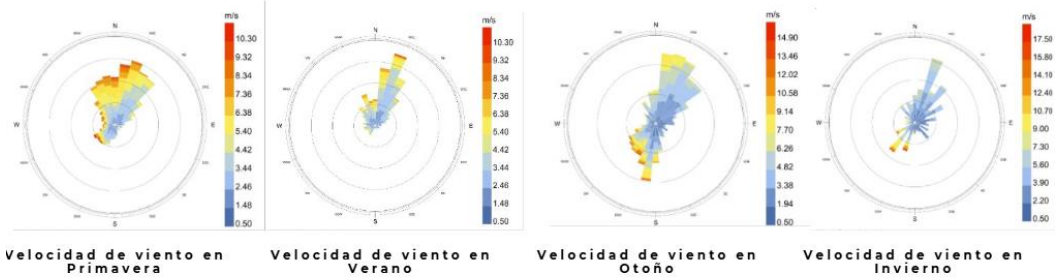
Orientación de la planta TMB

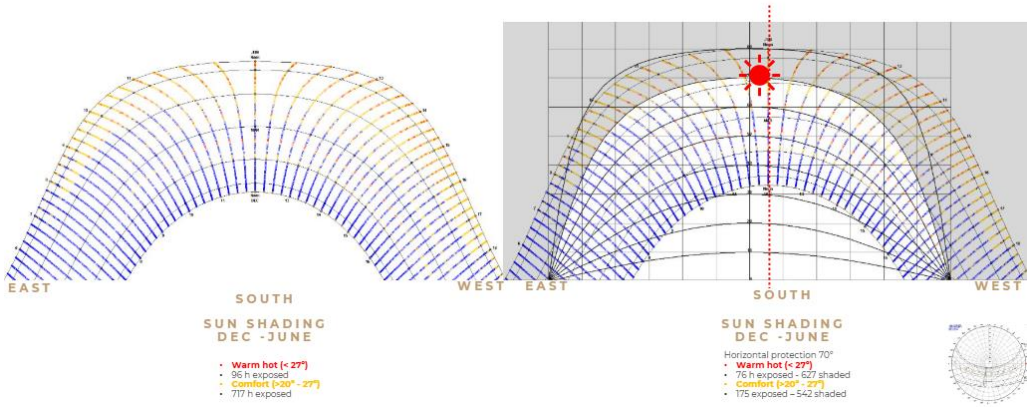
Variación de la temperatura

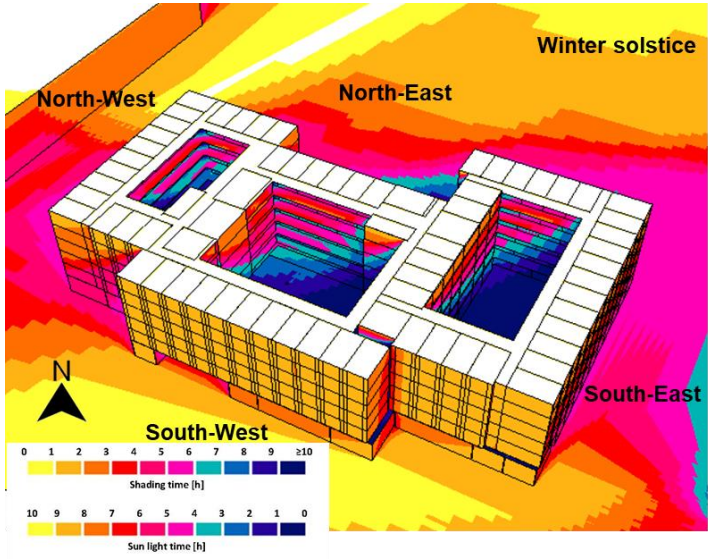
Olas de calor

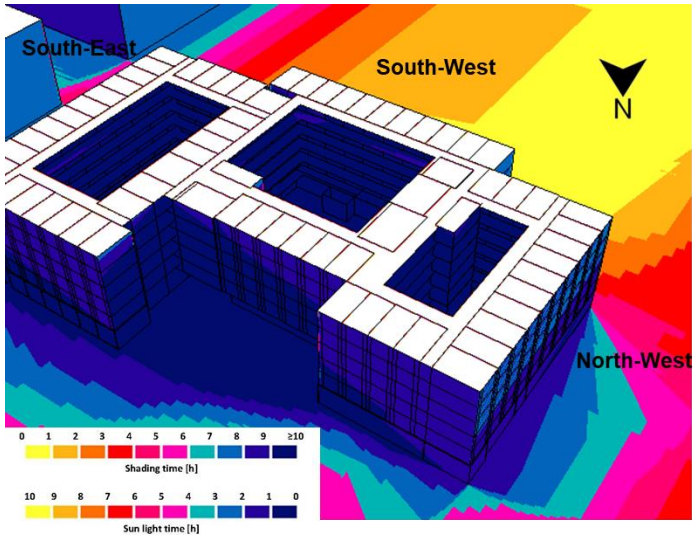
Segundo aspecto fundamental para la Adaptación al Cambio Climático:

- Muy importante **realizar un Análisis de las Condiciones Climatológicas** del emplazamiento









Medidas de adaptación plantas TMB

2. **Sistemas eléctricos con redundancias** (sistemas de almacenamiento de energía, fuentes renovables), y protecciones frente a picos de demanda. Además, se mejora la eficiencia energética y se reducen emisiones.
3. **Sistemas de alerta** con sensores para **monitoreo térmico** de áreas/equipos críticos, y de consumo energético, para detectar sobrecalentamientos, riesgos de incendio o ineficiencias operativas.
4. **Mantenimiento preventivo** para equipos sensibles al calor, y aumentar su frecuencia.
5. **Verificar comportamiento de dilataciones térmicas** en estructuras, cierres y juntas.
6. **Protocolos de Seguridad y Salud** para los trabajadores:
   - Capacitación del personal ante estrés térmico;
   - Acceso a agua fresca potable;
   - Áreas refrigeradas de descanso;
   - Mantenimientos en horas frescas del día.
7. **Potenciar los sistemas automáticos de detección y supresión de incendios** en áreas de almacenamiento de residuos.
8. **Análisis de datos** para optimizar el uso de energía en función de los pronósticos de temperatura.

Medidas de adaptación plantas TMB

9. En compostaje aerobio:

- **Sistemas activos de enfriamiento** (rociadores de niebla, enfriadores evaporativos).
- Uso de **materiales aislantes** en equipos, tanques y tuberías.
- **Sistemas de monitoreo de temperatura y humedad con alertas tempranas**.
- **Inspecciones frecuentes** para detectar corrosión, sobrecalentamiento o desgaste térmico.
- **Capacitación** específica para manejo estrés térmico y uso equipos protección

10. En compostaje anaerobio:

- **Diseños modulares:** escalabilidad y flexibilidad para adaptar/ampliar los sistemas anaeróbicos.
- **Equipos resistentes a variaciones de temperatura:** digestores y unidades CHP (generación combinada de calor y electricidad) para manejar distintas calidades de biogás.
- Tratamientos de aguas residuales, bombas y aireadores **ajustables** a la variación de temperaturas.
- **Sistemas de refrigeración y enfriamiento activo** en digestores y tanques de almacenamiento.
- Uso de **intercambiadores de calor o sistemas de almacenamiento térmico** para control variación temperatura en la producción del biogás.
- **Controles automáticos para reajustar los procesos** ante fluctuaciones de temperatura: mantener un digestato de viscosidad homogénea y mantener calidad biogás.
- **Mantenimiento preventivo de bombas** ante el posible aumento de viscosidad.
- Disponer de **fuentes alternativas de residuos orgánicos** menos sensibles al calor para asegurar continuidad de la producción.
- **Sistemas de control en tiempo real** de los parámetros de proceso para evitar la inhibición microbiana.

Medidas de adaptación

Sequía

Aljibes para aprovechamiento de aguas pluviales

Sequía

- Son depósitos o tanques que permiten captar y almacenar escorrentía para su posterior aprovechamiento.
- El agua es almacenada, tratada (si se requiere) y utilizada para fines no potables como el **riego o la refrigeración**.
- Pueden ubicarse en el exterior o ser subterráneos.
- El tamaño y el diseño del aljibe dependerá del área a drenar, de los patrones de lluvias locales y de la demanda de agua a cubrir.
- Normalmente van asociados a edificaciones o instalaciones recogiendo las aguas pluviales

1. Generación de escorrentía en la cubierta
2. Recogida del agua de lluvia con canaletas y bajantes
3. Rejilla/filtro para evitar la entrada de hojas, sedimentos y mosquitos
4. Aljibe al aire libre
5. Rebose dirigido hacia una zona vegetada.
6. En caso de ser necesario, bomba de agua y sistema de filtrado
7. Transporte hasta el punto de aprovechamiento
8. Segundo suministro de agua opcional

Fuente: Green Blue Management

Tanques de almacenamiento

Aljibe semienterrado en el centro social de Benaguasil, Valencia.

Medidas de adaptación separación mecánica

- Sistemas de **recirculación de agua, reutilización de aguas grises** y **almacenamiento de pluviales** para limpiezas/mantenimientos.
- Priorizar tecnologías de **bajo consumo** hídrico.
- **Cintas transportadoras autolimpiantes** para evitar acumulación de materiales secos.
- **Planes de contingencia** ante escasez de agua**. Capacitación** personal.
- Mantenimientos preventivos.
- Métodos alternativos de supresión de polvo.
- Sistemas de prevención de incendios optimizados en cuanto a consumo de agua.

Medidas de adaptación compostaje aerobio

- Sistemas de captación de **agua de lluvia**.
- Evaluar reutilización de **lixiviados** tratados en la EDAR de la planta.
- Optimización de **procesos biológicos**.
- Diversificación de la **materia prima**.
- **Sensorización** procesos en tiempo real.

Medidas de adaptación digestión anaerobia

- Sistemas de mezcla automática de digestato evitando **obstrucciones**: ajuste maquinaria para manejo de **digestatos más densos**.
- Monitoreo de aguas para controlar las **sales, metales u otros contaminantes** que puedan dañar los microorganismos.
- Plan de contingencia ante periodos de **restricción hídrica**.
- Asegurar **fuentes alternativas de agua**: pozos, camión cisterna, acuerdos con instalaciones cercanas para uso compartido recursos hídricos (sobre todo en digestión húmeda).
- Sistemas de **circuito cerrado de agua de proceso**.
- **Estrategias integrales de gestión del agua**: almacenamiento, tratamiento, reutilización, distribución para resiliencia ante periodos prolongados de sequía.
- Dimensionamiento adecuado de tanques y reactores para evitar **sobreconsumo de agua**.
- Diversificación de **materias primas más resistentes a la sequía** y más húmedos (alianzas con proveedores).

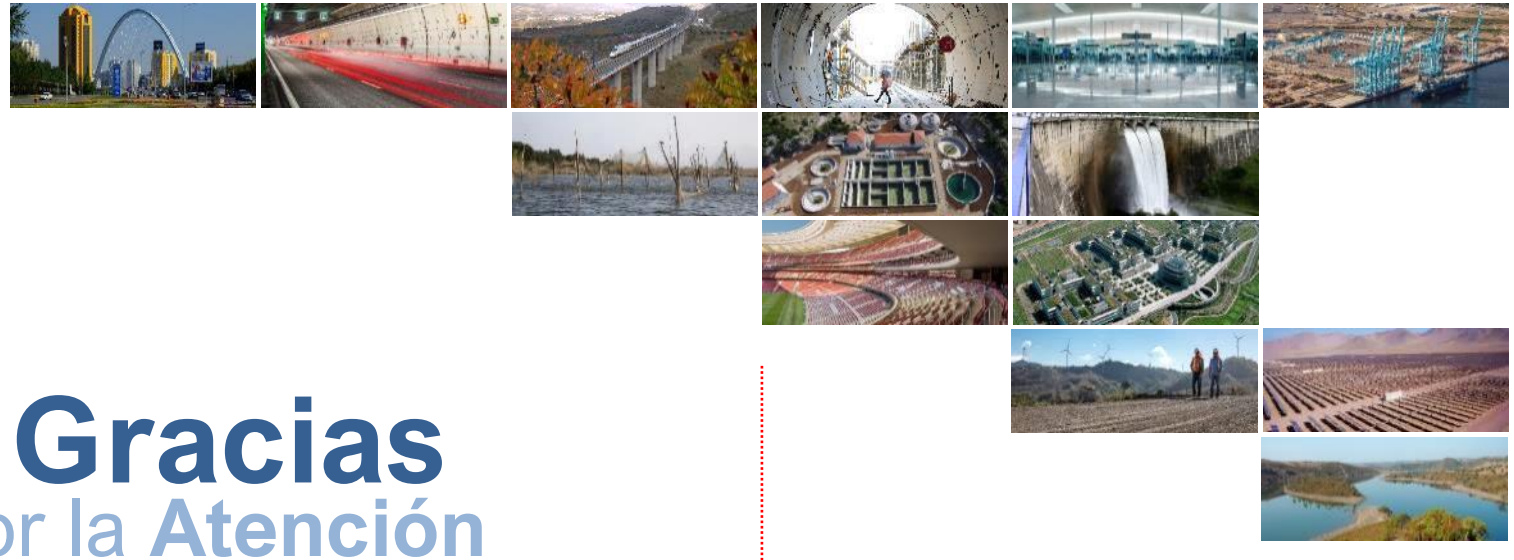
SIGUIENTES PASOS

- Matriz de riesgos residuales después de implementación de medidas de adaptación
- Plan de monitoreo y control de las medidas
- Reporte:
  - Fase 1 Comprobación previa: Análisis de vulnerabilidad
  - Fase 2 Análisis detallado: Evaluación de Riesgos, en caso de tener que desarrollarla
  - Medidas de adaptación identificadas, estructurales y no estructurales
  - Alineación del proyecto con las estrategias y objetivos internacionales, nacionales y regionales en materia de adaptación

PREGUNTAS Y CIERRE

4

- Resolución de preguntas



Gracias
por la Atención

TYPSA

Octubre 2025

Patricia Rullán de la Mata | Directora de la División de Sostenibilidad y Evaluación Ambiental
prullan@typsa.com

Nuria Mesonero Picazo | Coordinadora de la Sección de Cambio Climático
nmesonero@typsa.com

Maria de los Ángeles Zamora Fernández | Experta de Cambio Climático
mazamora@typsa.com

Sara Bort del Arco | Experta en residuos | sbort@typsa.es