



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española (28-5316)

Tarea 4

Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación

16 de Noviembre de 2020

ÍNDICE

ANTECEDENTES	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Antecedentes	8
1.2. Trabajos previos	12
1.2.1. Proyecto iOLE	12
1.2.2. Proyecciones regionales de Cambio Climático de variables marinas	13
1.3. Objetivos	14
1.4. Resultados	14
2. BASES DE DATOS DE PARTIDA	16
2.1. Proyecciones dinámicas regionales	16
2.1.1. Proyección dinámica del nivel medio del mar	18
2.1.2. Proyecciones dinámicas de alta resolución (oleaje, viento y marea meteorológica)	19
2.2. Marea Astronómica	21
2.3. Batimetría, Topografía y Nivel de Referencia	21
3. ATLAS DE NIVEL DEL MAR COMPUESTO	23
3.1. Introducción	23
3.2. Metodología	24
3.2.1. Generación de las series temporales horarias de TWL	26
3.2.2. Cálculo del ensemble de valores extremos de TWL	26
3.2.3. Generación de los mapas del visor	28
3.3. Resultados	28
3.3.1. Resumen a escala nacional	37
3.3.2. Resumen por demarcaciones hidrográficas	38
4. EVALUACIÓN DE LA COTA Y DISTANCIA DE INUNDACIÓN	64
4.1. Introducción	64
4.2. Metodología para el cálculo de la cota y distancia de inundación	67
4.2.1. Downscaling de las dinámicas	74
4.2.2. Cálculo del ensemble de valores extremos de Cota y Distancia de Inundación	75
4.2.3. Generación de los mapas del visor	77
4.3. Resultados	77
4.3.1. Resumen a escala nacional	90
4.3.2. Resumen por demarcaciones hidrográficas	90
5. MODIFICACIÓN DE LOS MAPAS DE INUNDACIÓN EXISTENTES	119
6. CONCLUSIONES	121

REFERENCIAS	126
ANEJO I: RESUMEN DE LA METODOLOGÍA IOLE	128
ANEJO II: MODELO NUMÉRICO IH2VOF	137
ANEJO III: VISOR WEB.....	148
ANEJO IV: TABLAS DE RESULTADOS	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de reconstrucción de dos ensembles (arriba: altura de ola significativa; abajo: aumento de nivel del mar).	17
Figura 2. Ubicación y profundidad (en metros) de los 1196 puntos seleccionados a lo largo de la costa española	20
Figura 3. Referencia del Nivel Medio del Mar Local respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante (1998)	22
Figura 4. Esquema de generación de series horarias de nivel del mar compuesto (TWL) para cada posición a lo largo de la costa española.	24
Figura 5. Esquema de la metodología para generar el atlas de nivel del mar compuesto (TWL): Generación de las series temporales horarias de TWL (en rojo), cálculo del ensemble de valores extremos de TWL (en azul) y generación de los mapas del visor (en verde).	25
Figura 6. Esquema del cálculo de los futuros valores de periodo de retorno asociados a eventos extremos de periodo de retorno actual dado, debido al cambio del régimen extremal por efecto del cambio climático.	27
Figura 7. Mapa de T_r del TWL del periodo histórico de referencia (1985-2005), media del ensemble, para periodo de retorno 100 años. Metros sobre el nivel medio del mar local.	33
Figura 8. Mapas de incremento relativo de TWL, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).	34
Figura 9. Mapas de incremento relativo de TWL, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045. Media del ensemble (panel superior). Desviación típica del ensemble (panel inferior).	35
Figura 10. Mapas de Factor de Amplificación de T_r del TWL, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).	36
Figura 11. Factores que afectan a la cota de inundación.	64
Figura 12. Perfiles transversales en la costa de Cantabria (en blanco). Los puntos rojos (cada aproximadamente 200 m) definen el corte de los perfiles con la línea de costa.	66
Figura 13. Esquema del Meta-modelo iOLE.	68
Figura 14. Mapas de variación de la dirección del flujo medio de energía de temporales con $H_s > H_{s12}$ con respecto al periodo histórico de referencia, media del ensemble de modelos climáticos. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).	70
Figura 15. Mapas de variación de la dirección del flujo medio de energía de temporales con $H_s > H_{s12}$, del Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100, con respecto al periodo histórico de referencia (1985 - 2005). Media del ensemble de modelos climáticos (panel superior). Desviación típica del ensemble de modelos climáticos (panel inferior).	71
Figura 16. Esquema de la metodología para el cálculo del atlas de cota y distancia de inundación (CI y DI): Downscaling de las dinámicas (en rojo), cálculo del ensemble de valores extremos de CI y DI (en azul) y generación de los mapas del visor (en verde).	73
Figura 17. Mapa de T_r de la Cota de Inundación del periodo histórico de referencia (1985-2005), media del ensemble, para periodo de retorno 100 años. Metros en vertical sobre el nivel medio del mar en Alicante.	81

Figura 18. Mapa de Tr de la Distancia de Inundación del periodo histórico de referencia (1985-2005), media del ensemble, para periodo de retorno 100 años. Metros en horizontal desde la línea de costa del nivel medio del mar en Alicante.....	82
Figura 19. Mapas de incremento relativo de Cota de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).	83
Figura 20. Mapas de incremento relativo de Distancia de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).....	84
Figura 21. Mapas de Factor de Amplificación de Tr de la Cota de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).....	85
Figura 22. Mapas de Factor de Amplificación de Tr de la Distancia de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).....	86
Figura 23. Mapas de Factor de Amplificación de Tr de la Distancia de Inundación en el tramo costero entre los puertos de Castellón de la Plana y Sagunto, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100. Media del ensemble (panel superior). Desviación típica del ensemble (panel inferior).....	87
Figura 24. Mapas de Factor de Amplificación de Tr de la Distancia de Inundación en la isla de Ibiza, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100. Media del ensemble (panel superior). Desviación típica del ensemble (panel inferior).	89
Figura 25. Parámetros a introducir en el software iole.exe para incorporar los efectos del cambio climático.	120
Figura 26. Esquema de la aplicación de la metodología con nivel del mar y oleaje.	130
Figura 27. Esquema para determinar el perfil emergido y sumergido.	131
Figura 28. Clasificación k-means de perfiles adimensionalizados, sólo se muestran los centroides de los 81 clústeres más representativos. Perfil emergido en rojo y perfil sumergido en azul. El clúster N°119 está marcado en verde.....	133
Figura 29. Fórmula del alcance horizontal de la inundación (panel derecho) y run up o remonte vertical (panel izquierdo) asociadas al 2% de las olas del clúster N°119. Los puntos negros son los resultados del IH2VOF, la línea negra es el ajuste de las fórmula y las líneas discontinuas de colores son distintas bandas de confianza (95, 90, 80 y 68.5%). Centroide y banda de confianza del 95% del Clúster N°119 (panel central).	134
Figura 30. Ejemplo de ajuste del régimen extremal de distancia de inundación con nivel del mar y oleaje.	135
Figura 31. Ejemplo de mapa de inundación por nivel del mar y oleaje (Fases 1ª y 2ª), para los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años en la Manga del Mar Menor.	136
Figura 32. Comparación de la elevación de la superficie libre a lo largo de diferentes puntos del perfil transversal de una playa real. Línea roja: Modelo IH2VOF. Línea azul: medidas de campo.	138

Figura 33. Evaluación de la lámina de agua durante el proceso de run-up en una playa. Línea continua: Modelo IH2VOF. Puntos: medidas de laboratorio.	139
Figura 34. Esquema de la definición de las proyecciones X (distancia horizontal) y Z (distancia vertical) del ascenso-descenso del oleaje sobre un perfil de playa.	139
Figura 35. Esquema de la metodología para el cálculo del Run-Up y Alcance de la inundación, mediante el uso del modelo IH2VOF.	140
Figura 36. Esquema de las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH2VOF.....	141
Figura 37. Esquema de las resoluciones obtenidas en las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH-2VOF.	142
Figura 38. Ejemplo de serie de oleaje generado con el modelo IH2VOF. Panel superior: Evolución de la superficie libre de un estado de mar horario. Paneles centrales: histogramas de altura de ola (izquierda) y periodo de ola (derecha). Paneles inferiores: espectro de oleaje (izquierda) y diagrama de dispersión altura – periodo (derecha).	143
Figura 39. Representación de la posición de la superficie libre, ascenso – descenso sobre una playa, en cuatro instantes de tiempo (t=90, 94, 98 y 102 s).	144
Figura 40. Evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso - descenso sobre una playa, X (m).	145
Figura 41. Evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso - descenso sobre una playa, Z (m).	145
Figura 42. Definición del Alcance (I) y Run-Up (Ru) a partir de la evolución temporal de la distancia en horizontal (X) y vertical (Z) del ascenso - descenso sobre una playa.	146
Figura 43. Función de distribución empírica del Alcance, I (izquierda) y del Run-Up o remonte, Ru (derecha) con los valores del 2% respectivamente I2% y Ru2%, en rojo.....	146
Figura 44. GeoVisor Pima Directiva Inundaciones. Introducción.	149
Figura 45. Navegación y estructura de datos.	150
Figura 46. Atlas Nivel del Mar Compuesto.	151
Figura 47. Impactos por Inundación Costera.	151
Figura 48. Representación individual de variable.	152
Figura 49. Funcionalidades de visualización.	153
Figura 50. Funcionalidades de interacción. Activación de capas base.....	153
Figura 51. Funcionalidades de interacción. Zoom a demarcaciones costeras.	154
Figura 52. Funcionalidades de interacción. Zoom a provincias costeras.	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables y parámetros climáticos de la proyección del nivel medio del mar utilizados en esta tarea.	18
Tabla 2. Listado de modelos climáticos utilizados en el Atlántico y en el Mediterráneo, para los distintos periodos históricos y Escenarios Climáticos analizados en esta tarea.....	19
Tabla 3. Variables y parámetros climáticos de proyecciones regionales de alta resolución utilizados en esta tarea.....	20
Tabla 4. Listado de los mapas del atlas del nivel del mar compuesto, presentes en el visor web.	32
Tabla 5. Listado de los mapas de impactos de inundación costera (cota y distancia de inundación), presentes en el visor web.....	80
Tabla 6. Valores del Nivel del Mar Compuesto para el periodo histórico de referencia y distintos Periodos de Retorno. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.	156
Tabla 7. Valores del Incremento Relativo del Nivel del Mar Compuesto, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional. (Tabla 1 de 2).....	157
Tabla 8. Valores del Incremento Relativo del Nivel del Mar Compuesto, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional. (Tabla 2 de 2).....	158
Tabla 9. Valores del Factor de Amplificación de Cota y Distancia de Inundación, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional. (Tabla 1 de 2).....	159
Tabla 10. Valores del Factor de Amplificación de Cota y Distancia de Inundación, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional. (Tabla 2 de 2).....	160
Tabla 11. Valores de la Cota y Distancia de Inundación del periodo histórico de referencia para distintos Periodos de Retorno. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.	161
Tabla 12. Valores del Incremento Relativo de Cota y Distancia de Inundación, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.	162
Tabla 13. Valores del Factor de Amplificación de Cota y Distancia de Inundación, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.	163

ANTECEDENTES

Este documento describe uno de los productos derivados del “*Contrato de servicios para la elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española*”, Contrato nº 28-5316, adjudicado por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar a la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.

El documento *Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación*, es uno de los productos identificados en el Contrato de Servicios y es el resultado principal de la Tarea 4 recogida en el mismo:

- Tarea 4. Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (Directiva de Inundaciones).

Este documento recoge el desarrollo metodológico y los resultados principales obtenidos. El documento principal viene acompañado por un visor que permite consultar los resultados relativos al nivel del mar compuesto, cota de inundación y alcance de la inundación a lo largo de la costa española, para diferentes escenarios de emisiones y horizontes temporales.

Los trabajos correspondientes a esta Tarea han sido elaborados por:

Antonio Tomás Sampedro y Sheila Abad Herrero.

Todos los trabajos se han elaborado bajo la coordinación de Iñigo J. Losada Rodríguez.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento se enmarca dentro del contrato de servicios “Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española”, financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), en el cual se definen varias tareas a realizar:

- Tarea 1. Elaboración de una metodología para el análisis probabilístico de impactos en la costa.
- Tarea 2. Proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española.
- Tarea 3. Validación de la metodología y casos de estudio.
- Tarea 4. Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (Directiva de Inundaciones).

Los resultados relativos únicamente a la denominada Tarea 4, es lo que se desarrolla en el presente documento, cuyo objetivo general es desarrollar las actualizaciones necesarias en la información generada durante el primer ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, para que en el segundo ciclo de aplicación de la misma se cumplan las obligaciones impuestas por la Unión Europea en cuanto a la incorporación del impacto del cambio climático en lo que a inundación costera se refiere.

Dicho objetivo general se ha resuelto haciendo uso de las nuevas bases de datos de proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas (desarrolladas en la Tarea 2 del mencionado contrato de servicios), para estimar el impacto en la inundación costera, tomando como base las metodologías y herramientas desarrolladas en el proyecto iOLE (“Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera” <http://www.iole.ihcantabria.com/> , financiado por MAGRAMA y realizado por IHCantabria). Una de las tareas fundamentales de este trabajo ha sido adaptar la metodología original del iOLE para emplear dichas nuevas bases de datos en lugar de las originalmente utilizadas, desarrolladas en el proyecto C3E (“Cambio Climático en la Costa Española”, financiado por MAGRAMA, coordinado por la Oficina Española de Cambio Climático y ejecutado por IHCantabria). De esta forma se ha revisado el impacto del cambio climático en la inundación costera a lo largo de los perfiles topo-batimétricos generados en el proyecto iOLE que, cada aproximadamente 200 m, recorren todo el litoral español.

La nueva metodología generada ha permitido comparar los eventos extremos de inundación costera proyectados con los históricos, en cada uno de los perfiles topo-batimétricos y acotando la incertidumbre en la determinación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España. Para ello se han utilizado distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodos de tiempo (1985-2005, 2026-2045, 2081-2100), modelos climáticos, función distribución de ANMM (aumento del nivel medio del mar) y periodos de retorno (10, 50, 100 y 500 años, estos dos últimos son los que la Directiva de Inundaciones establece como mínimo). Este amplísimo escenario de alternativas estudiadas ha permitido obtener una profunda visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se han organizado en dos escalas espaciales. Primeramente, con base a los resultados obtenidos directamente en las proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas (resolución espacial de aproximadamente 10 km) se ha generado un atlas con la distribución del nivel del mar compuesto (TWL) a lo largo de la costa española. La definición de TWL utilizada, incorpora únicamente las componentes de nivel del mar respecto al nivel medio del mar local, es decir la suma de la marea astronómica, marea meteorológica y ANMM, sin la contribución del oleaje.

Posteriormente, se ha evaluado la inundación costera a la escala de los 200 m, mediante el uso de los perfiles topo-batimétricos del iOLE, lo que ha permitido evaluar todos los procesos de inundación bidimensionales debidos a la acción conjunta del nivel del mar y el oleaje. La inundación costera se ha caracterizado por medio de la cota de inundación (CI, distancia en vertical, respecto al NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas) y la distancia de inundación (DI, distancia en horizontal, respecto a la línea costa del NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas). Cabe señalar que los procesos de inundación costera se han resuelto mediante el modelo numérico IH2VOF (<http://www.ih2vof.ihcantabria.com/>), que es uno de los más avanzados en su clase, debido fundamentalmente a su versatilidad, robustez y su extensa validación para reproducir la hidrodinámica en la zona de rompientes. Asimismo, la gran cantidad de información utilizada se ha administrado eficientemente mediante técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus et al., 2011).

Los resultados de ambas aproximaciones permiten caracterizar de forma general el impacto del cambio climático en toda España. De forma particular, los resultados del atlas (a la escala de los 10 km) son válidos en zonas dónde el oleaje no tiene relevancia (por ejemplo, en el interior de rías o estuarios, o al abrigo de infraestructuras portuarias). Por otro lado, los resultados de la cota y distancia de inundación costera (a la escala de los 200 m) se generan a lo largo de la línea de costa directamente expuesta a la acción del oleaje (sin entrar en rías, estuarios, interior de puertos, etc.); no se generan en acantilados, pues se considera que no se ven afectados por la inundación costera; tampoco se generan resultados donde la inundación supera los 1000 m, pues los perfiles del iOLE tienen una extensión máxima emergida de 1000 m.

Todos los resultados obtenidos, a ambas escalas, evalúan la inundación costera para distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos. Dichos resultados se organizan en mapas de cambios respecto al periodo histórico de referencia, calculando la media y la desviación típica del ensemble de los distintos modelos climáticos evaluados; también se representan los valores del periodo histórico de referencia. Los mapas de cambio respecto al periodo de referencia se generan de forma adimensional, permitiendo caracterizar la incidencia del cambio climático en la magnitud de los eventos extremos de inundación, mediante los mapas de incremento relativo (%) y también permitiendo caracterizar la incidencia del cambio climático en la frecuencia de ocurrencia de los eventos extremos de inundación, mediante los mapas de Factor de Amplificación del periodo de retorno.

La ingente cantidad de mapas generados a escala nacional, complica la gestión y observación de los resultados a la escala espacial de su generación (hasta ~200 m a lo largo de la línea de costa). Por ello, todos los mapas se han hecho accesibles a través de un visor web específico (<https://pima-directiva.ihcantabria.com/>), en el que se muestran los mapas a escala nacional, pero también se puede identificar y visualizar toda la información por demarcación hidrográfica o provincia, a elección del usuario, permitiendo gestionar los resultados concretos en cada zona.

En el visor se organizan todos los mapas de valores del periodo de referencia, incremento relativo y Factor de Amplificación del nivel del mar compuesto, cota de inundación y distancia de inundación, a lo largo de todo el litoral español. Los mapas de cambio respecto al periodo de referencia se han particularizado para los distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodos de tiempo futuro (2026-2045 y 2081-2100), estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica del multi-modelo), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (Percentiles del 95, 50 y 5%) y periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Todo ello permite obtener una amplia visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, estudiando las distintas escalas espaciales (~10 km, ~200 m), variables de impacto de la inundación costera (TWL, CI y DI) y prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre del Cambio Climático en los resultados obtenidos.

Adicionalmente se presenta un resumen de los resultados con los valores del Incremento Relativo y Factor de Amplificación de TWL, CI y DI, para los distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. También se representan los valores de TWL, CI y DI para el periodo histórico de referencia. De todos ellos se evalúa la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como el rango de valores más representativo entre los que oscilan específicamente para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

En cuanto a los resultados obtenidos, cabe señalar que las distintas variables de impacto han generado mapas coherentes entre sí, por lo que ante la posible falta de resultados de CI o DI en una zona específica, siempre se puede recurrir a los de TWL. Los valores de TWL en general son algo mayores que los de CI y DI, y éstos últimos menores y más localizados, ya que se evalúan a una mayor resolución espacial y teniendo en cuenta los procesos de propagación, rotura e inundación del oleaje en la costa. Todos ellos (TWL, CI y DI) presentan incrementos relativos mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico, pues la marea astronómica es menor en el Mediterráneo. Los incrementos relativos aumentan en función del ANMM y para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos Escenarios Climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son en general significativas. Los Factores de Amplificación tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, lo que implica que los periodo de retorno futuros descendiende hasta tener una recurrencia anual.

Como los resultados obtenidos de cota y distancia de inundación, debido a su altísima variabilidad espacial, no permite resumir los valores concretos que se han obtenido en los mapas del visor, se resumen únicamente los resultados del atlas de TWL:

- Los valores de incremento relativo máximos de TWL en el Mediterráneo, para el medio plazo (2026-2045), tienen valores bastante homogéneos a lo largo de la cuenca mediterránea para los periodos de retorno $Tr=10$ y 50 años, estando más zonificados los valores máximos para el periodo de retorno $Tr=500$ años. Dichos valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP 4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP 8.5 y ANMM=95%.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. En el Cantábrico se llegan a valores del orden del 30%, y hasta el 60% en las Canarias, ambos para el RCP 8.5 y ANMM=95%. En las Baleares, para la mayoría de casos analizados, se supera el 100% de incrementos relativos de TWL para los distintos Tr . Para la cuenca Mediterránea los valores máximos son aún mayores y varían en función del periodo de retorno analizado, disminuyendo los valores a medida que aumenta Tr ; así, por ejemplo, $Tr=10$ años, presenta valores máximos de incremento relativo de TWL en el Mediterráneo desde el 130% para el RCP 4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 230% para el RCP 8.5 y ANMM=95%; en cambio para $Tr=500$ años, dichos valores máximos serían, respectivamente, del 60% y 150%.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10% en el Atlántico; en cambio, en el Mediterráneo presentan valores más elevados, llegando a valores máximos desde el 20% hasta el 70%, respectivamente para los periodos de retorno desde $Tr=10$ años hasta $Tr=500$ años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA son similares. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045, 2081-2100), para la península Ibérica y las islas Baleares. En el archipiélago Canario los valores de Factor de Amplificación siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) y sus desviaciones típicas son muy pequeñas, lo que indica que de forma bastante robusta, el periodo de retorno futuro en la mayoría de casos desciende hasta 1 año.
 - Los valores máximos de FA de TWL en el la península Ibérica y las islas Baleares, para el medio plazo (2026-2045), son del orden de Tr . Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para $Tr=10$ años los mínimos se producen en el Cantábrico y son del orden de 5; para $Tr=50$ y 100 años los mínimos se encuentran entre 5 y 1 en el Cantábrico y en el Mediterráneo; y para $Tr=500$ años, existen valores incluso inferiores a 1 en el Mediterráneo.

- Los valores máximos de FA de TWL en el la península Ibérica y las islas Baleares, para el largo plazo (2081-2100), también son del orden de Tr. Los valores mínimos tan solo se reducen en el Mediterráneo para Tr=500 años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, para la península Ibérica y las islas Baleares presentan siempre valores muy pequeños, sólo aumentan ligeramente cuando el FA es inferior a Tr.

Finalmente, también se ha definido la metodología para generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera, por si fuese necesario o de interés en algún tramo costero. Aplicando dicha metodología se podrían actualizar dichos mapas para el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, teniendo en cuenta las bases de datos generadas en la Tarea 2 del presente contrato de servicios. Aunque se considera que con toda la información que contiene el visor web del proyecto, se ha tenido en cuenta la repercusión del cambio climático en la inundación costera en España (tal y como expresa la Directiva de Inundaciones), pues el impacto del cambio climático en la inundación costera está perfectamente cuantificada respecto al periodo histórico de referencia. Lo que implica la no necesidad de generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera para el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

1. INTRODUCCIÓN

Las costas son zonas especialmente susceptibles a los impactos del cambio climático al situarse en la interfaz entre la tierra y el mar y estar sometidas a procesos que las convierten en zonas altamente dinámicas. Las condiciones históricas de diversas variables climáticas (peligrosidad) tales como la temperatura, viento o nivel del mar se están viendo alteradas por efecto del cambio climático, convirtiéndose en generadores de impactos que afectan a los bienes, infraestructuras o ecosistemas situados en la costa.

Los principales impactos, pero no únicos, identificados en la costa son la inundación y erosión, los cuales dependen del oleaje, marea meteorológica y aumento del nivel medio del mar. Usualmente, se ha identificado al aumento del nivel del mar como principal responsable de los impactos del cambio climático en la costa. Sin embargo, una adecuada evaluación de los impactos en la costa requiere tener en cuenta también los cambios en el oleaje y la marea meteorológica. Hasta el momento, la complejidad en el análisis de las proyecciones de estas variables y su inclusión en los modelos de impacto ha hecho que, generalmente en estudios anteriores, se haya usado únicamente el aumento del nivel del mar como principal inductor de la inundación y erosión en la costa por efecto del cambio climático.

Más aún, las decisiones asociadas a las estrategias de adaptación al cambio climático en la costa deben tomarse en un marco incierto, lo que requiere mejorar las metodologías y la información existente, con el fin de acotar la incertidumbre y poder así hacer un uso más acertado y eficiente de los recursos disponibles. Dos factores son esenciales para alcanzar este objetivo. En primer lugar, es necesario desarrollar un marco probabilístico de análisis de impactos en la costa que permita cuantificar la incertidumbre asociada a la proyección de impactos, tales como la erosión en playas, integrando tanto las amenazas asociadas a los eventos extremos, como las de largo plazo, es decir, el aumento del nivel medio del mar. Para ello, es necesario disponer de proyecciones de las variables climáticas marinas a lo largo de toda la costa española como base fundamental para una correcta caracterización de dichos impactos y su incertidumbre. La integración en un marco probabilístico de proyecciones dinámicas de nivel del mar y oleaje, es la mejor estrategia para hacer frente a la caracterización de los posibles efectos del cambio climático en la costa española y para la planificación eficiente de medidas de adaptación en un marco de incertidumbre.

En este contexto, el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) ha impulsado el contrato de servicios “Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española”. En dicho contrato, el trabajo necesario para alcanzar los objetivos anteriormente citados, se estructura según las siguientes tareas:

- Tarea 1. Elaboración de una metodología para el análisis probabilístico de impactos en la costa.
- Tarea 2. Proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española.
- Tarea 3. Validación de la metodología y casos de estudio.
- Tarea 4. Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (Directiva de Inundaciones).

En el presente documento únicamente se desarrolla los alcances y resultados relativos a la Tarea 4, siguiendo la siguiente estructura.

En los Capítulos 1 y Capítulo 2, respectivamente, se introducen los antecedentes, trabajos a realizar y se definen las bases de datos de partida. Los Capítulos 3, 4 y 5 recogen la descripción de las metodologías y resultados obtenidos. Finalmente, el Capítulo 6 resume las conclusiones obtenidas y en el Capítulo 7 se dedica a las referencias bibliográficas utilizadas. Los Anejos I y II describen parte de los instrumentos metodológicos empleados, más concretamente, la metodología iOLE y el modelo numérico IH2VOF. Por su relevancia en la recopilación y acceso a los resultados obtenidos, el Anejo III recoge la estructura del visor WEB desarrollado y en el Anejo IV unas tablas con resúmenes de los resultados obtenidos en cada Demarcación Hidrográfica y a Escala Nacional.

1.1. Antecedentes

Tal y como se explicita en la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española (Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, 24 de julio de 2017), España es un país eminentemente costero, que goza de un litoral de gran extensión y riqueza, con numerosos ecosistemas y espectaculares paisajes. Además, la economía española depende en gran medida de la costa y sus mares, ya que en ellos se llevan a cabo numerosas actividades, desde las más tradicionales como la pesca, hasta otras como el turismo masivo de sol y playa o el transporte marítimo. El modelo de desarrollo económico implantado en los últimos años y la explotación extensiva de los recursos supone una amenaza para el litoral, que ha incrementado su exposición y vulnerabilidad en muchas zonas debido a la presión urbanística y la degradación sufrida.

A estas presiones de tipo humano hay que añadir la amenaza del cambio climático, directamente asociada con la subida del nivel del mar, pero también, con otros factores como el aumento de la temperatura superficial del agua, la acidificación o cambios en los oleajes y mareas meteorológicas. Un resumen extenso de dichas amenazas del cambio climático a los sistemas costeros se puede encontrar en Losada et al. (2014).

El estudio del periodo histórico pasado nos ha enseñado que la franja costera y la línea de costa son altamente dinámicas y que presentan una gran variabilidad natural. Entender esa variabilidad nos permite interpretar y hacer un pronóstico de cómo podría cambiar la costa en el futuro, por ejemplo, como resultado de la subida del nivel del mar. Sin embargo, la urbanización desmesurada de los últimos años ha modificado la línea de costa, construyendo edificios y carreteras sobre dunas y cordones litorales, desecando marismas y lagunas costeras y rigidizando el litoral mediante diques y espigones. Todas estas actuaciones se hicieron suponiendo que la línea de costa permanecería estable, que los eventos extremos de inundación estarían dentro del rango histórico definido y que el nivel del mar no cambiaría. Sin embargo, estas previsiones no se mantienen para el futuro. El calentamiento global y la presión ejercida por el hombre están alterando y creando cambios y desequilibrios en la costa que conocemos. Entender estos cambios y planificarse para afrontarlos son cuestiones de gran importancia y urgencia para España, su sociedad y sus valores naturales costeros.

Atendiendo a la elevada vulnerabilidad de la costa española frente al cambio y la variabilidad climática, desde el año 2004, la adaptación al cambio climático ha sido un objetivo prioritario para España. Desde el punto de vista jurídico, la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de

modificación de la Ley 22/1988, de 28 de Julio, de Costas introdujo una regulación específica para afrontar con garantías la lucha contra los efectos del cambio climático en el litoral.

Entre otras cuestiones, dicha Ley establece la obligación del entonces Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) de proceder a la elaboración de una estrategia para la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático. Asimismo, se señala que dicha estrategia se someterá a Evaluación Ambiental Estratégica, en la que se indicarán los distintos grados de vulnerabilidad y riesgo del litoral y se propondrán medidas para hacer frente a sus posibles efectos.

Con fecha 24 de julio de 2017, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar resuelve aprobar la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española.

Cabe señalar que en la elaboración de la citada Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española ha jugado un papel importante el proyecto C3E (Cambio Climático en la Costa Española), financiado por el MAGRAMA, coordinado por la Oficina Española de Cambio Climático y ejecutado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria).

Entre los objetivos del proyecto C3E se incluía la necesidad de: (1) aportar una visión de los principales cambios acontecidos en las costas españolas en décadas recientes, (2) proporcionar una cuantificación de los cambios futuros apoyada en diversos escenarios de cambio, (3) inferir los posibles impactos en horizontes de gestión de varias décadas, (4) proporcionar una visión de la vulnerabilidad actual de las costas ante los mismos y (5) establecer métodos, datos y herramientas para sucesivos pasos y análisis a escalas de mayor resolución espacial con el fin de establecer líneas de actuación encaminadas a la gestión responsable y la disminución de los riesgos, en aras de un desarrollo más sostenible y seguro del litoral español. Con base a las metodologías, herramientas y bases de datos generadas en el marco de dicho proyecto, entre otros resultados, se generó un visor cartográfico de toda la costa española que permite observar los impactos del cambio climático y que es accesible a través del siguiente enlace: <http://www.c3e.ihcantabria.com/>.

Así mismo, dentro del marco de dicho proyecto C3E se elaboró una extensa base de datos históricas de variables meteo-oceánicas a lo largo de la costa española, válidas tanto para aguas abiertas, como en la costa, en la que se tiene en cuenta los procesos de generación, propagación e interacción del oleaje con la zona litoral. El novedoso y eficiente método definido para generar las bases de datos de oleaje costeras (denominadas DOW, Downscaled Ocean Waves, Camus et al. 2013) ha permitido que las series de datos históricas cubran todo el litoral español con una resolución espacial de al menos 200 m, compuestas por series horarias, generadas de forma homogénea y continua desde el año 1948. La principal característica de estas bases de datos es que, aunque han sido generadas numéricamente, se ha aplicado un exhaustivo proceso de validación y/o corrección con información instrumental (boyas, mareógrafos y satélites), verificándose la excelente calidad de las mismas.

Contar con bases de datos de variables meteo-oceánicas de alta calidad es de vital importancia para la caracterización de los procesos de inundación costera; pues como es sabido, el régimen de inundaciones en un punto concreto de la costa depende de la acción de las distintas dinámicas marinas sobre los frentes costeros, que es un fenómeno especialmente complejo, tanto por el gran número de elementos que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre dichos elementos.

Pero no sólo es necesario tener bases de datos de calidad en la costa, sino que también es preciso resolver el fenómeno de inundación en una playa, o tramo de costa cualquiera. De forma esquemática, la dinámica marina en una playa está caracterizada, por un lado por el nivel del mar, compuesto a su vez por la marea astronómica y la marea meteorológica; por otro lado, sobre dicho nivel del mar se desarrolla el oleaje que, en función de sus características y de la batimetría de la playa, se propaga hacia la costa. Al alcanzar la costa, en función de la forma del perfil de playa, el oleaje rompe en la playa, produciéndose un movimiento de ascenso y descenso de la masa de agua a lo largo del frente costero, pudiendo producir la inundación del mismo. Todos estos factores están relacionados e interaccionan entre sí en función de sus características locales (oleaje – batimetría - nivel del mar – ascenso y descenso), además el fenómeno de la inundación presenta la complicación añadida de que algunos de los factores (marea meteorológica, oleaje...) son variables aleatorias, en cambio otros se asumen deterministas, como la marea astronómica. Finalmente, debido al cambio climático, a su vez algunos factores están cambiando en plazos más largo plazo, no sólo el nivel medio del mar (NMM) sino también la magnitud y frecuencia de las mareas meteorológicas o los temporales de oleaje. Por consiguiente, el estudio y caracterización de la inundación costera, teniendo en cuenta los distintos factores, procesos, escalas temporales y espaciales es especialmente complicado y debe evaluarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a cada uno de ellos.

En relación con todo lo anterior, pero motivado por las consecuencias de las graves inundaciones fluviales y costeras sufridas en Europa entre los años 1998 y 2004 (más de 100 inundaciones graves que causaron el desplazamiento de aproximadamente medio millón de personas y al menos 25.000 millones de euros de pérdidas económicas en seguros), la Comisión Europea adoptó en octubre de 2007 la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (en adelante Directiva de Inundaciones) que introduce un nuevo enfoque e instrumentos para gestionar este tipo de riesgos. Dicha Directiva fue transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación para reducir las consecuencias de las inundaciones mediante la gestión del riesgo, apoyada en cartografía de peligrosidad y de riesgo, y teniendo en cuenta las repercusiones probables del cambio climático en las inundaciones. La Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar es la competente de la evaluación de los riesgos de inundación en toda la costa española, por lo que la coordinación con la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española es plena.

La Directiva de Inundaciones es de obligado cumplimiento para los Estados miembros, su implantación se desarrolla en tres fases, que se actualizan de forma cíclica:

- Fase 1: Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) e identificación de las Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs). A elaborar antes de diciembre del 2011, actualizar antes de diciembre del 2018, y a continuación actualizar cada 6 años.
- Fase 2: Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación (de las ARPSIs seleccionadas en la EPRI). A elaborar antes de diciembre del 2013, actualizar antes de diciembre del 2019, y a continuación actualizar cada 6 años.

- Fase 3: Planes de gestión de riesgo de inundación (de las ARPSIs seleccionadas en la EPRI). A elaborar antes de diciembre del 2015, actualizar antes de diciembre del 2021, y a continuación actualizar cada 6 años.

Durante el periodo 2011-2015 se desarrolló el primer ciclo de la aplicación de esta Directiva, que motivó la aprobación de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRIs) en el año 2016. En estos momentos se están implantando dichos PGRIs y, a la vez, está en desarrollo el segundo ciclo de la Directiva, que derivará en una revisión de los trabajos a realizar hasta el año 2021. La actualización de las ARPSIs designadas en 2019 para el segundo ciclo de la Directiva, así como el resto de la información generada por las distintas fases realizadas, para cada Demarcación Hidrográfica, se pueden consultar en la página web del actual Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico y a través del visor del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables <https://sig.mapama.gob.es/snczi/>.

En la actualidad, en el desarrollo del segundo ciclo de la Directiva de Inundaciones, se está actualizando la Fase 2 (mapas de peligrosidad y riesgo de inundación). La elaboración de dicha Fase 2 en el primer ciclo de aplicación se realizó por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar con el apoyo de IHCantabria, a través del proyecto iOLE (Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera), en el que desarrollaron las metodologías y herramientas que permiten la determinación de la extensión de las zonas inundables a lo largo de las costas españolas a partir de la información generada en el proyecto C3E. Las técnicas desarrolladas en el mencionado proyecto permitieron elaborar de forma eficiente los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación, resolviendo los complejos procesos de inundación costera con una precisión suficiente a lo largo de todo el litoral español (más de 8000 km). Posteriormente, se licitaron una serie de lotes de tramos de costa, por demarcaciones hidrográficas, para que los consultores adjudicatarios realizaran los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación siguiendo la metodología y herramientas generadas en el iOLE.

Tal y como se ha comentado, la elaboración de la Fase 2 en el primer ciclo se realizó utilizando las bases de datos generadas en el proyecto C3E. Pero en la actualidad, gracias a los importantes avances científico-técnicos producidos en los últimos años, se pueden generar bases de datos océano-meteorológicas de mejor calidad y actualizadas para los nuevos escenarios de emisiones. Así, desde el año 2019, y para cumplir con la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española, se está desarrollando el presente contrato de servicios “Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española”, financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). Dicho proyecto persigue entre otros objetivos, realizar proyecciones regionales de cambio climático a alta resolución de oleaje, marea meteorológica, nivel del mar y temperatura superficial del mar a lo largo de toda la costa española (Tarea 2), que sirvan para alimentar distintos modelos de impacto costeros y actualizar los resultados de la Fase 2 del segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

Dichas nuevas bases de datos de proyecciones regionales de cambio climático de dinámicas marinas se han desarrollado en el año 2019. Con base en ellas se proporciona información climática de cambios para los escenarios climáticos RCP4.5 y RCP8.5 hasta fin del siglo XXI y una serie de parámetros de estas variables y climatologías (por ejemplo, aumento de nivel medio del mar proyectado y sus bandas

de confianza al 90%, cambios estimados en la temperatura media superficial del agua, cambios en el percentil del 99% de la altura de ola significativa, etc.), accesible desde la web de MITECO <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategia-adaptacion-cambio-climatico/default.aspx>.

Finalmente, y como se ha mencionado anteriormente, la evaluación del impacto del cambio climático en la inundación costera debe realizarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a los distintos factores, procesos, escalas temporales y espaciales de los que depende; y en la medida de lo posible acotarla para poder hacer un uso eficiente de los recursos disponibles. Por tanto, no sólo es necesario disponer de las variables marinas (por ejemplo, oleaje) con alta resolución temporal y espacial y durante periodos de tiempo que permitan el análisis climático (al menos décadas), sino también que las mismas permitan estimar, cuantificar y reducir la incertidumbre asociada a los posibles cambios regionales y costeros debidos al cambio climático. Todo ello ha sido tenido en cuenta en el desarrollo de la Tarea 2 de este contrato de servicios, correspondiente a la generación de las bases de datos de proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española. La integración de dicha información en un marco probabilístico se considera que es la mejor estrategia para hacer frente a la caracterización de los posibles efectos del cambio climático en la costa española y para la planificación eficiente de medidas de adaptación.

1.2. Trabajos previos

Por la trascendencia de los resultados obtenidos en la evaluación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España, a continuación, se resume el proyecto iOLE y las bases de datos de proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas (la Tarea 2 del presente contrato de servicios).

1.2.1. Proyecto iOLE

En el año 2014 se finalizó el proyecto iOLE “Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera” realizado por IHCantabria y financiado por MAGRAMA.

Dicha asistencia técnica tuvo como objetivo general el desarrollo de unas metodologías y herramientas que permitiesen determinar la extensión de las zonas inundables a lo largo de las costas españolas, para ayudar a la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (MAGRAMA) a implantar la Fase 2 del primer ciclo de aplicación de la Directiva Europea de Inundaciones.

Cabe señalar que dicha metodología permite incorporar los efectos del cambio climático en las dinámicas actuantes, tanto del nivel del mar como del oleaje, en el caso de contar con proyecciones adecuadas de dichas variables, lo que permite estimar la influencia de dichos cambios en los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación.

Así mismo, las bases de datos, la metodología y las herramientas desarrolladas han sido integradas en un software que facilita la generación de los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación costera en España. Dicho software, así como toda la documentación necesaria para su utilización se puede descargar gratuitamente de <http://www.iole.ihcantabria.com/>.

1.2.2. Proyecciones regionales de Cambio Climático de variables marinas

El objetivo principal de la Tarea 2 asociada a este contrato de servicios ha sido elaborar proyecciones de cambio climático de oleaje, marea meteorológica, nivel del mar y temperatura superficial del mar a lo largo de toda la costa española que puedan ser utilizadas para alimentar modelos de impacto. Por tanto, esta información es esencial para analizar hacer frente a las obligaciones impuestas por la Unión Europea para el segundo ciclo en cuanto a la incorporación del cambio climático en lo que a inundación costera se refiere.

Por ello, a continuación, se resume los resultados obtenidos y que consisten en una gran base de datos de variables climáticas marinas que están disponibles desde el año 2019, y sobre la que se va a sustentar el desarrollo del trabajo que se describe en este documento.

En el presente contrato de servicios se ha desarrollado una metodología para generar proyecciones climáticas marinas a alta resolución a lo largo de la costa española, así como para cuantificar y reducir la incertidumbre asociada a los posibles cambios en las variables proyectadas. En concreto, se han empleado métodos de regionalización (downscaling) dinámica (para las variables de oleaje y nivel del mar) y estadística (para la temperatura superficial del mar, SST), obteniendo como resultado series temporales horarias de oleaje y marea meteorológica a una resolución horizontal $\leq 0.1^\circ$, series mensuales de SST a 0.05° de resolución, y series anuales de ANMM. Los modelos numéricos utilizados son el WaveWatchIII (Tolman et al., 2002) y el ROMS (Shchepetkin y McWilliams 2005), para simular el oleaje y la marea meteorológica respectivamente, mientras que la SST se ha proyectado mediante un método matemático basado en el análisis de correlación canónica.

Estos métodos de regionalización se han validado con datos instrumentales procedentes de boyas, mareógrafos y de la serie histórica GHRSSST, respectivamente. Las proyecciones de ANMM se han extraído del IPCC AR5. Como forzamiento de los modelos se han utilizado las salidas de distintos modelos climáticos globales (GCMs) y regionales (RCMs). Esto ha permitido calcular el ensemble multi-modelo de los cambios y estimar la incertidumbre asociada. Además, a los resultados de oleaje y marea meteorológica en la costa se les ha aplicado una técnica de corrección del sesgo (Empirical Quantile Mapping; Déqué, 2007; Michelangeli et al., 2009), utilizando como referencia la reconstrucción histórica a partir de los forzamientos del último reanálisis del ECMWF: ERA-5. Se han considerado dos posibles escenarios de evolución climática futura, representativos de un escenario de estabilización (RCP4.5) y otro de alto nivel de emisiones (RCP8.5). Los cambios en las distintas variables se han analizado a corto (2026-2045) y largo plazo (2081-2100) del siglo XXI con respecto a los valores del periodo histórico 1985-2005.

Como breve resumen, se puede indicar que los resultados de las proyecciones regionales muestran un aumento del nivel medio del mar que oscila entre 0.13-0.17 m a corto plazo independientemente del escenario, mientras que para finales de siglo se espera un aumento medio de 0.38-0.5 m (± 0.1 m desviación típica) y de 0.52-0.68 m (± 0.15 m desviación típica) para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente. Respecto al oleaje, se observa una disminución en los valores medios y extremos de la altura de ola significativa en la mayor parte de la costa española, salvo en las Islas Canarias y Mar de Alborán, donde tiende a aumentar ligeramente (hasta +0.032 m) aunque con bastante discordancia entre los modelos. La dirección media del oleaje tiende a girar ligeramente en el sentido horario a lo

largo de toda la costa Atlántica, hasta un máximo de 5-7º en la zona de Canarias para el RCP8.5, a finales de siglo. Por otra parte, se espera una disminución en los valores altos de la marea meteorológica, principalmente en la región Mediterránea, donde disminuye un máximo de -0.025 m a finales de siglo bajo el RCP8.5. A su vez, esta variable aumenta hasta un 20% al sur de las Islas Canarias. Por último, la SST tiende a aumentar a lo largo de toda la costa, con cambios máximos del orden de 3ºC para finales de siglo. Los cambios más intensos se observan en las Islas Baleares, con un aumento de hasta 4ºC bajo el escenario RCP8.5 en el periodo 2081-2100.

1.3. Objetivos

El objetivo general de la presente Tarea 4 es desarrollar las actualizaciones necesarias en la información generada durante el primer ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, para que en el presente segundo ciclo de aplicación de la misma se cumplan las obligaciones impuestas por la Unión Europea en cuanto a la incorporación del impacto del cambio climático en lo que a inundación costera se refiere.

Dicho objetivo general se resuelve haciendo uso de los desarrollos anteriormente realizados por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, fundamentalmente los destacados en los Antecedentes.

A partir de dicho objetivo metodológico principal, se definen otra serie de objetivos secundarios:

- La revisión del impacto del cambio climático en la inundación costera a lo largo de perfiles topo-batimétricos que, cada aproximadamente 200 m, recorren todo el litoral español. Para ello se definirá una metodología que permita comparar el régimen extremal de inundación proyectado con el histórico, en cada perfil. A partir de ellos se determinarán los distintos porcentajes de cambio de la magnitud de la inundación, así como indicadores de cambio en la frecuencia de la inundación.
- Tal y como establece la Directiva de Inundaciones, en las funciones de distribución del régimen extremal de inundación, al menos, se caracterizarán los periodos de retorno de 100 y 500 años.
- Para acotar la incertidumbre en la determinación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España se utilizarán distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos, estimando la media y la desviación típica del ensemble de los distintos modelos climáticos a estudiar.

1.4. Resultados

Los resultados concretos son:

- 1) Un atlas con la distribución del nivel del mar compuesto a lo largo de la costa española para los distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos considerados y descrito en el Cap. 3.
- 2) La evaluación de la cota y la distancia de inundación a lo largo de los perfiles topo-batimétricos generados en el proyecto iOLE que, cada aproximadamente 200 m, recorren todo el litoral español para los distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos y descrita en el Cap. 4.

- 3) La definición de una metodología para la modificación de los mapas de inundación existentes en las zonas del litoral español que así lo requieran, descrita en el Cap. 5.

Cabe señalar que debido a la gran cantidad de información generada en cada uno de estos resultados, se ha desarrollado un visor web que articule la gestión y visualización de los mismos (ver Anejo III). Así como resúmenes de los resultados obtenidos en cada Demarcación Hidrográfica y a Escala Nacional (ver Anejo IV).

2. BASES DE DATOS DE PARTIDA

En este apartado se describen, por un lado, las bases de datos de clima marítimo utilizadas en este contrato de servicios, y por otro, las bases topo-batimétricas con las que se definen los perfiles transversales del terreno.

2.1. Proyecciones dinámicas regionales

Las proyecciones de cambio climático se obtienen con modelos climáticos que simulan los intercambios de energía y masa entre los diferentes subsistemas climáticos (atmósfera, litósfera, hidrosfera, criósfera y biosfera) mediante ecuaciones matemáticas. Constituyen una de las principales fuentes de información sobre el cambio climático y, por ello, son la base para evaluar los impactos asociados a éste.

Para realizar proyecciones a futuro, a lo largo del siglo XXI, los forzamientos climáticos se ajustan a posibles escenarios futuros de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas actuales y las perspectivas de crecimiento. Cada uno de estos escenarios presenta, con base en distintas suposiciones, una evolución característica de estos gases durante las próximas décadas. En el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (Quinto informe de evaluación del IPCC o AR5, 2013) se definieron 4 nuevos escenarios de emisión, denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo total para el año 2100, que varía entre 2.6 y 8.5 W/m². De las 4 trayectorias RCP, una contempla un escenario de nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y un escenario con un nivel alto de emisiones de GEI (RCP8.5).

En este contrato de servicios se han analizado dos de estos cuatro escenarios: el RCP4.5 (representativo de un escenario de estabilización) y el RCP8.5 (el escenario más pesimista):

- El escenario RCP4.5 ha sido desarrollado por el grupo MiniCAM del JGCRI (Universidad de Maryland, EEUU). En este escenario el forzamiento radiativo total se estabiliza antes del 2100, gracias al uso de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de GEI. Los conductores (drivers) de este escenario y las opciones tecnológicas se detallan en Clarke et al. (2007). Detalles sobre la simulación de los usos del suelo y emisiones de carbono terrestre se pueden encontrar en Wise et al. (2009).
- El escenario RCP8.5 ha sido desarrollado por el grupo MESSAGE y por el IIASA (Austria). Es representativo de escenarios con altas concentraciones de GEIs. Es un escenario denominado “línea de base”, que no incluye ningún objetivo específico de mitigación del clima. Se caracteriza por la ausencia de políticas de cambio climático. Además, combina supuestos de: alta densidad de población; un crecimiento relativamente lento de generación de ingresos; moderadas mejoras de cambio tecnológico y gasto energético. A largo plazo conlleva a una alta demanda de energía y emisiones de GEI. Los conductores (drivers) de este escenario y demás características se detallan en Riahi et al. (2007).

Como ya se ha mencionado, las distintas proyecciones de cambio climático se obtienen a partir de la simulación de multitud de modelos climáticos. A partir de lo que se considera el ensamble o conjunto de diferentes proyecciones climáticas, se puede acotar la incertidumbre entre los resultados obtenidos del ensamble. Las técnicas probabilistas que se pueden utilizar para caracterizar la incertidumbre difieren fundamentalmente en función del número de modelos climáticos que componen el ensamble. Así, si el ensamble está compuesto por muchos modelos climáticos (en el orden de $\gg 10$), se puede ajustar o definir la función de distribución del ensamble. En cambio, si el ensamble está compuesto por pocos modelos climáticos (en el orden de $\ll 10$), no es conveniente ajustar la función de distribución y se suele determinar únicamente los estadísticos básicos del ensamble, la media y la desviación típica. En concreto, la gran cantidad de modelos climáticos que componen los ensambles de nivel medio del mar permiten definir sus funciones de distribución, y a partir de ellas, distintos parámetros estadísticos, como las bandas de confianza o los percentiles asociados al 5% y 95% (ver panel inferior de la Figura 1). En cambio, como se verá más adelante, no se cuenta con tantos modelos climáticos en los ensambles de oleaje, viento y marea astronómica, por lo que la caracterización de la incertidumbre se realiza a través del cálculo de la media y la desviación típica del ensamble (ver panel superior de la Figura 1).

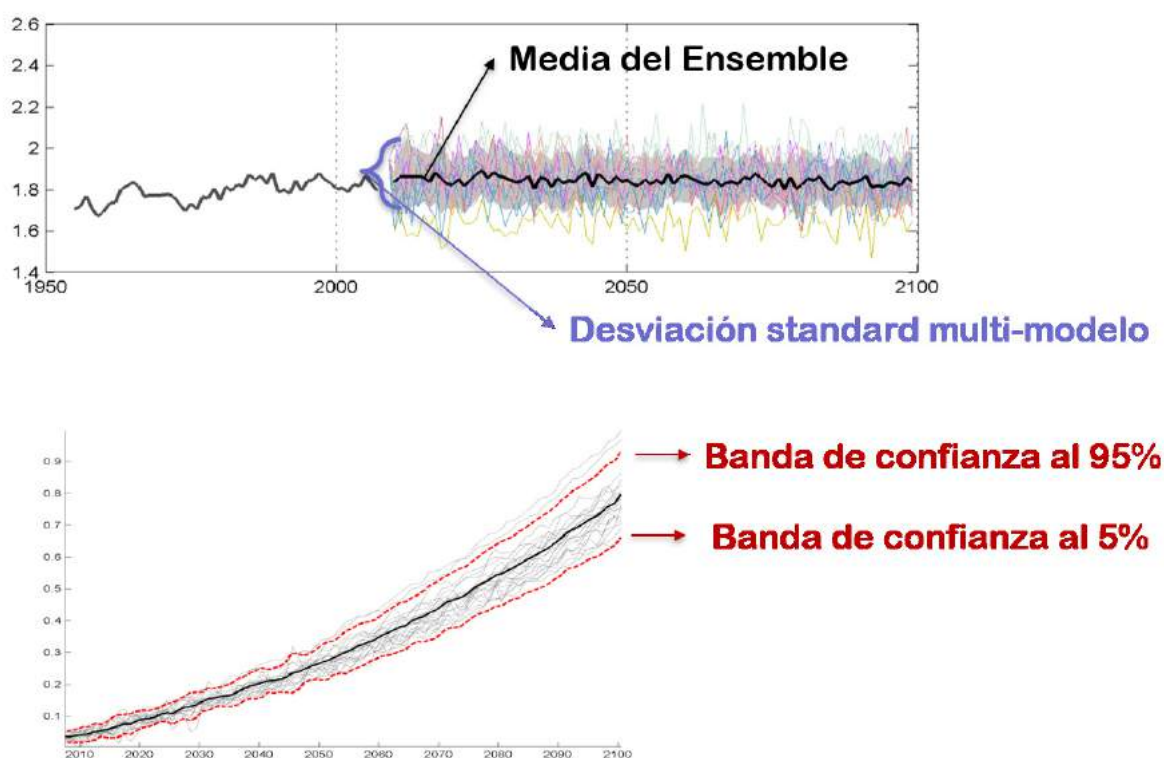


Figura 1. Ejemplo de reconstrucción de dos ensambles (arriba: altura de ola significativa; abajo: aumento de nivel del mar).

2.1.1. Proyección dinámica del nivel medio del mar

Los procesos más relevantes para estimar cambios en el nivel medio del mar (ANMM o SL por sus siglas en inglés) son (i) la absorción de calor y expansión térmica del océano, (ii) la contribución de los glaciares y (iii) las dinámicas de las masas de hielo asociadas a Groenlandia y Antártida. Cabe señalar que los cambios en estos procesos sobre una determinada zona pueden afectar a zonas remotas; por ejemplo, cambios en la temperatura del agua del mar en océano abierto puede dar lugar a cambios locales en un tramo costero.

Es importante mencionar que los cambios regionales pueden diferir substancialmente de las estimaciones globales de ANMM. Este hecho se debe a la complejidad de los patrones espaciales del sistema climático, que resultan de procesos dinámicos oceánicos, movimientos del fondo oceánico y cambios gravitacionales debidos a la redistribución de masas de agua. La distribución regional particular del ANMM se asocia con procesos naturales y antropogénicos e incluyen cambios en las masas de agua debidos a cambios en los vientos, presión atmosférica, flujos de calor atmósfera-océano, aportes de agua dulce y corrientes marinas. Por ello, se realizan multitud de modelos climáticos para estimarlos.

Las proyecciones del nivel medio del mar ante los escenarios climáticos a analizar en este contrato de servicios (RCP 4.5 y RCP 8.5) se han recopilado a partir de los resultados obtenidos mediante las simulaciones climáticas globales recogidas por el CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project). En particular, a partir de los resultados de 21 modelos AOGCM (modelos de circulación acoplada atmósfera-océano), asociados con modelos sobre las capas de hielo terrestre.

Para cada modelo climático, se dispone de la función de distribución de ANMM, año a año, desde 2007 al 2100 (94 años), con una resolución espacial de 1.0°. Estos incrementos se dan en metros y están referenciados respecto al valor medio del nivel del mar en el periodo de referencia 1986-2005 (por lo tanto, el valor de ANMM para el periodo histórico de referencia es 0). Dichas funciones de distribución de ANMM (para cada año y cada posición) permite caracterizar la incertidumbre en la determinación del nivel medio del mar futuro de cada escenario climático (RCP 4.5 y RCP 8.5), lo que se realiza en esta tarea a través de varios parámetros estadísticos (ver Tabla 1).

Variable	Descriptor	Parámetro	Siglas	Unidades
Nivel Medio del Mar	Función de distribución de ANMM	Percentil 95% del ANMM	SLR95%	m
		Percentil 50% del ANMM	SLR50%	m
		Percentil 5% del ANMM	SLR5%	m

Tabla 1. Variables y parámetros climáticos de la proyección del nivel medio del mar utilizados en esta tarea.

2.1.2. Proyecciones dinámicas de alta resolución (oleaje, viento y marea meteorológica)

En el marco del presente contrato de servicios, para ambos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5) se han generado varias proyecciones dinámicas marinas de alta resolución a lo largo de la costa española. De los distintos modelos climáticos, en concreto para esta Tarea 4, se han utilizado los que se presentan en la Tabla 2, para tres periodos de 20 años cada uno: un periodo histórico de referencia (1985-2005) y dos periodos futuros, a corto plazo (2026-2045) y largo plazo (2081-2100).

	Modelos climáticos	Periodos				
		Histórico (1985-2005)	Futuros			
			Corto Plazo (2026-2045)	Largo Plazo (2081-2100)		
Atlántico	CNRM	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	ACCE	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	HADG	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	IPSL	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	CMCC	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Mediterráneo	CNRM	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	EART	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	HADG	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	IPSL	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	MEDC	Referencia	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5

Tabla 2. Listado de modelos climáticos utilizados en el Atlántico y en el Mediterráneo, para los distintos periodos históricos y Escenarios Climáticos analizados en esta tarea.

Para los distintos ensembles climáticos, modelos climáticos y periodos de tiempo presentados en la Tabla 2, se obtienen las series horarias de 20 años de oleaje, viento y marea meteorológica en los puntos costeros representados en la Figura 2. Se han escogido un total de 1196 puntos a lo largo de la costa española, que abarcan desde los nodos de la malla de mayor resolución más próximos a costa (alcanzando profundidades inferiores a 10 m) hasta la zona de mar abierto (con profundidades, en algunos casos, superiores a los 1000 m). De los 1196 puntos, 601 corresponden al dominio atlántico y 595, al mediterráneo. De esta manera, los datos se han extraído de las mallas España-Atlántico y España-Mediterráneo, con una resolución de 0.1º y 0.08º, respectivamente.

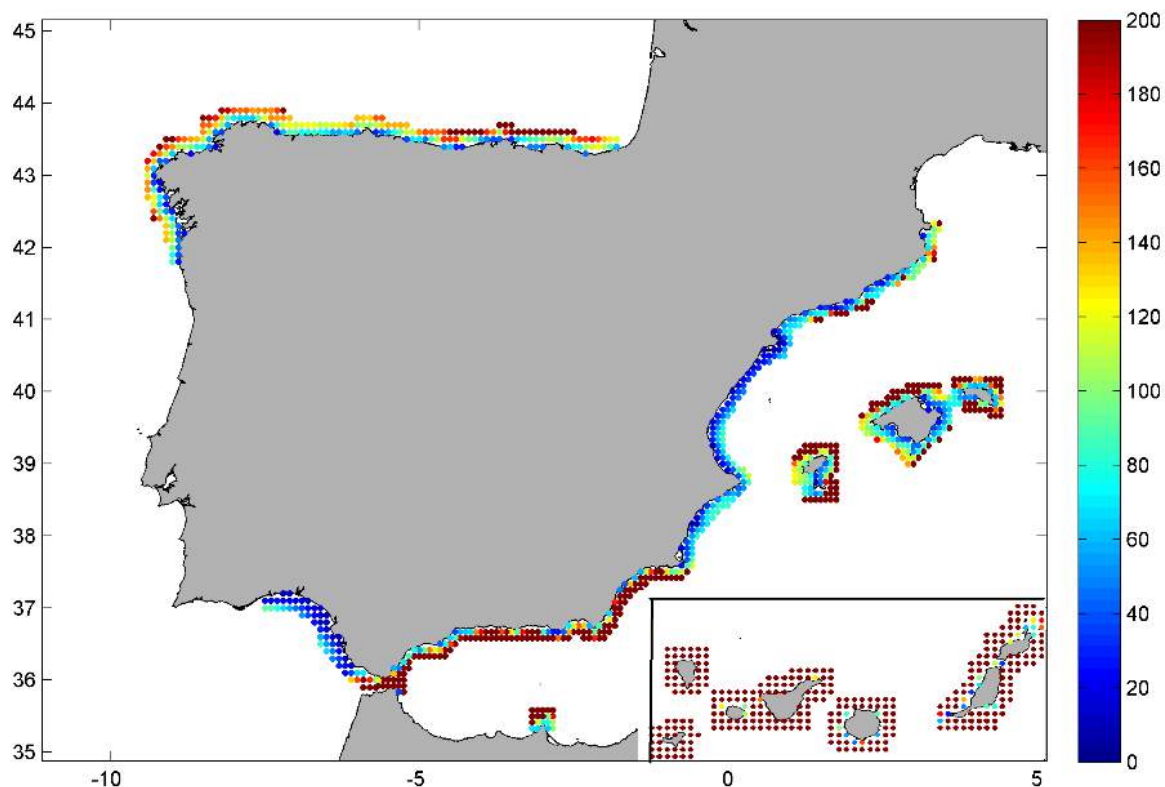


Figura 2. Ubicación y profundidad (en metros) de los 1196 puntos seleccionados a lo largo de la costa española

Para cada uno de los puntos se tienen las series de 5 modelos climáticos para cada una de las 5 combinaciones de periodos y escenarios climáticos (1 periodo histórico de referencia + 2 periodos futuros x 2 escenarios climáticos), lo que hace un total de 25 series de 20 años de cada una de las variables climáticas. A continuación, (ver Tabla 3) se presentan las variables y parámetros climáticos necesarios en esta tarea.

Variable	Parámetro	Siglas	Unidades
Oleaje	Altura de ola significativa	Hs	m
	Periodo medio	Tm	s
	Periodo de pico	Tp	s
	Dirección media	DirM	ºN
Viento	Módulo velocidad media a 10 metros	W10	m/s
	Dirección velocidad media a 10 m	DirW	ºN
Marea Meteorológica	Marea Meteorológica	MM	m

Tabla 3. Variables y parámetros climáticos de proyecciones regionales de alta resolución utilizados en esta tarea.

Cabe señalar que las proyecciones de oleaje y marea meteorológica provienen del downscaling dinámico o regionalización realizado en la Tarea 2 de este contrato de servicios. En cambio, las proyecciones de viento son las recopiladas de los modelos globales o regionales utilizadas para forzar dichas proyecciones dinámicas. Todas ellas (oleaje, viento y marea meteorológica) se han proyectado a escala horaria; además, se ha corregido el sesgo de cada una de estas series utilizando para ello el periodo histórico o de control de cada modelo y la base de datos de referencia ERA-5, para los años 1985-2005.

2.2. Marea Astronómica

Para describir, en cada posición del litoral español, la influencia determinista en el nivel del mar de la posición relativa del Sol y la Luna con la Tierra, se ha utilizado el análisis armónico. Mediante dicha técnica se reconstruyen las series de Marea Astronómica (MA), en este caso, a partir de 13 constantes armónicas determinadas haciendo uso del modelo de mareas mundial TPOX9, desarrollado por la Universidad Estatal de Oregón. De esta forma se obtienen series horarias de MA (en metros) desde 1985 hasta 2100 en todos los puntos costeros donde también se han extraído las series proyectadas del resto de variables marinas de interés (ver Figura 2).

2.3. Batimetría, Topografía y Nivel de Referencia

La integración de la información batimétrica, topográfica y la referencia del nivel del mar a lo largo de todo el litoral español ha permitido definir de forma homogénea los perfiles transversales del terreno en el Proyecto iOLE. Dichas bases de datos se describen a continuación.

La batimetría en las zonas costeras es la disponible a través del BACO del Sistema Modelado Costero (SMC, www.smc.ihcantabria.com), generada a partir de la digitalización de cartas náuticas.

La topografía en las zonas costeras se ha definido a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional que tiene una resolución espacial de 5 metros para toda España y una precisión en cota del orden de los 10 cm. Dicho MDT presenta un sistema de coordenadas ETRS89 UTM30N.

Finalmente, es necesario obtener un mismo nivel de referencia a lo largo de todo el litoral español, tanto para unificar el sistema de referencia de la información batimétrica y topográfica, como para obtener de forma homogénea el nivel del mar a lo largo del litoral español, pues las bases de datos de MA, MM y ANMM están referidos al Nivel Medio del Mar Local (particular de cada sitio). Por ello se referencia el Nivel Medio del Mar Local respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante tras la nivelación del año 1998, a lo largo de todo el litoral español (ver Figura 3).

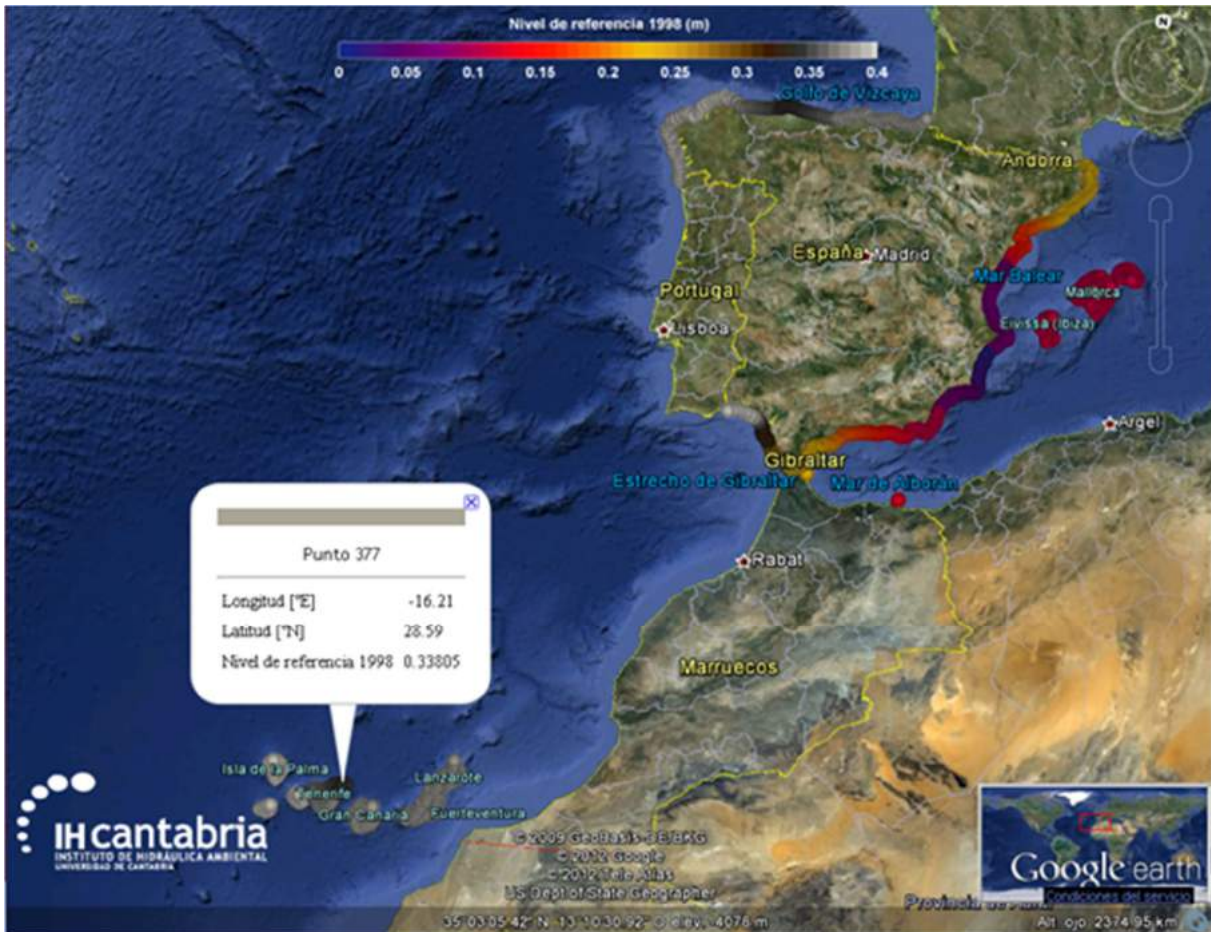


Figura 3. Referencia del Nivel Medio del Mar Local respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante (1998)

3. ATLAS DE NIVEL DEL MAR COMPUESTO

3.1. Introducción

Como primera aproximación para evaluar el impacto del cambio climático en la inundación costera, se analiza la distribución extremal del nivel del mar compuesto a lo largo de la costa española para los distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos establecidos (ver Tabla 2). Dicha variable, el nivel del mar compuesto, se define como el nivel del mar total en ausencia del oleaje (TWL, Total Water Level) y corresponde a la suma de la marea astronómica (MA), marea meteorológica (MM) y aumento del nivel medio del mar (ANMM):

$$TWL=MA+MM+ANMM$$

TWL está referido al Nivel Medio del Mar Local en el periodo histórico de referencia. Es necesario volver a hacer hincapié en que en dicha variable no se tiene en cuenta la contribución del oleaje en el nivel del mar (set-up) o el asociado a la máxima cota de inundación del oleaje en la costa (run-up). El análisis de dichas contribuciones, que conlleva resolver los procesos asociados de interacción del oleaje con la costa, será presentado más adelante en este documento. Los resultados de la variabilidad espacial de las proyecciones de TWL a lo largo de la costa española se presentan en un atlas que incluye mapas de aproximadamente 0.1º de resolución espacial, condiciada por las bases de datos de partida.

Por otro lado, de las tres variables que componen el TWL, se asume que la marea astronómica no se verá afectada por el cambio climático. En cambio, tanto la marea meteorológica, como el nivel medio del mar son variables altamente afectadas por el cambio climático, como se ha expuesto anteriormente, por lo que se utilizarán proyecciones dinámicas de las mismas. En concreto se usan las series horarias definidas a lo largo del litoral español (ver Figura 2) de marea astronómica y de las proyecciones regionales de marea meteorológica y los valores anuales de la proyecciones dinámicas de aumento de nivel medio del mar, descritos anteriormente

Además, hay que tener en cuenta que el aumento del nivel medio del mar se representa, para cada año, a través de unas funciones de distribución que caracterizan su incertidumbre asociada. En este estudio, dichas funciones de distribución se caracterizan a través de la definición de varios parámetros estadísticos (ver Tabla 1), que dan información, tanto de los valores medios, como de las bandas de confianza del ANMM. Por otro lado, la incertidumbre de las proyecciones de marea meteorológica se define a través de ensembles multi-modelo, que en nuestro caso tienen resolución temporal horaria. Para tener en cuenta la incertidumbre de las distintas bases de datos que componen el TWL y las distintas formas de caracterizarla (ver ejemplo en la Figura 1), se ha considerado utilizar los parámetros estadísticos de la distribución de ANMM asociados al último año de cada periodo de tiempo a estudiar. Como el ANMM es creciente en el tiempo, dicha consideración implica utilizar de forma conservadora los valores máximos esperables de TWL.

Para analizar variación de los eventos extremos futuros de TWL, con respecto al periodo histórico de referencia es necesario generar las series temporales de TWL. Tal y como se presenta en la Figura 4, para cada posición a lo largo del litoral español, se generan multitud de series de nivel del mar compuesto de 20 años de duración, pues se definen específicamente para cada escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (3 Periodos t), modelos climáticos (5 Modelos) y parámetro estadístico de la

distribución de ANMM (3 Parámetros). Esto supone generar: 2 RCPs x 2 Periodos x 5 Modelos x 3 Parámetros = 60 series futuras de TWL (con Cambio Climático), más 5 series de referencia de TWL (correspondientes a los distintos modelos en el periodo histórico, sin Cambio Climático). En total 65 series horarias de TWL con 20 años de duración cada una, para cada posición en la costa española.

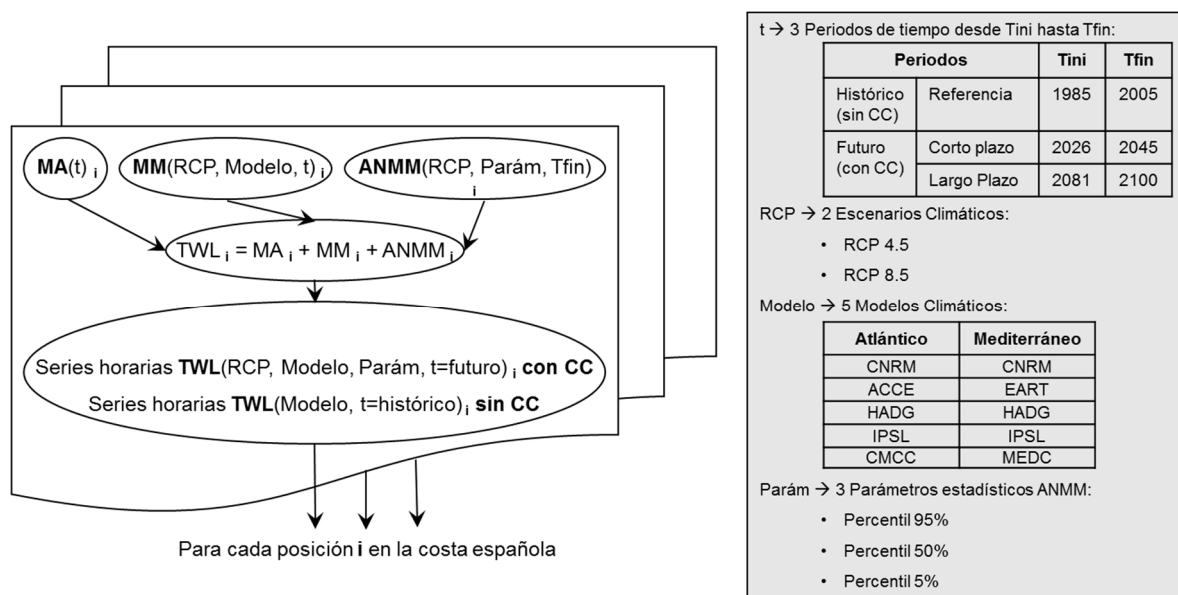


Figura 4. Esquema de generación de series horarias de nivel del mar compuesto (TWL) para cada posición a lo largo de la costa española.

Con base en las series de TWL, a continuación se describe la metodología para generar el atlas de nivel del mar compuesto, así como los productos derivados del mismo.

3.2. Metodología

La metodología para generar los mapas del atlas del nivel del mar compuesto (TWL) sigue el esquema presentado en la Figura 5, que se subdivide en 3 grandes bloques:

- 1) Generación de las series temporales horarias de TWL.
- 2) Cálculo del ensemble de valores extremos de TWL.
- 3) Generación de los mapas del visor.

Los dos primeros bloques analizan la información punto a punto, a lo largo del litoral español, mientras que el tercer bloque integra los resultados en mapas para su mejor visualización a través del visor web del proyecto.

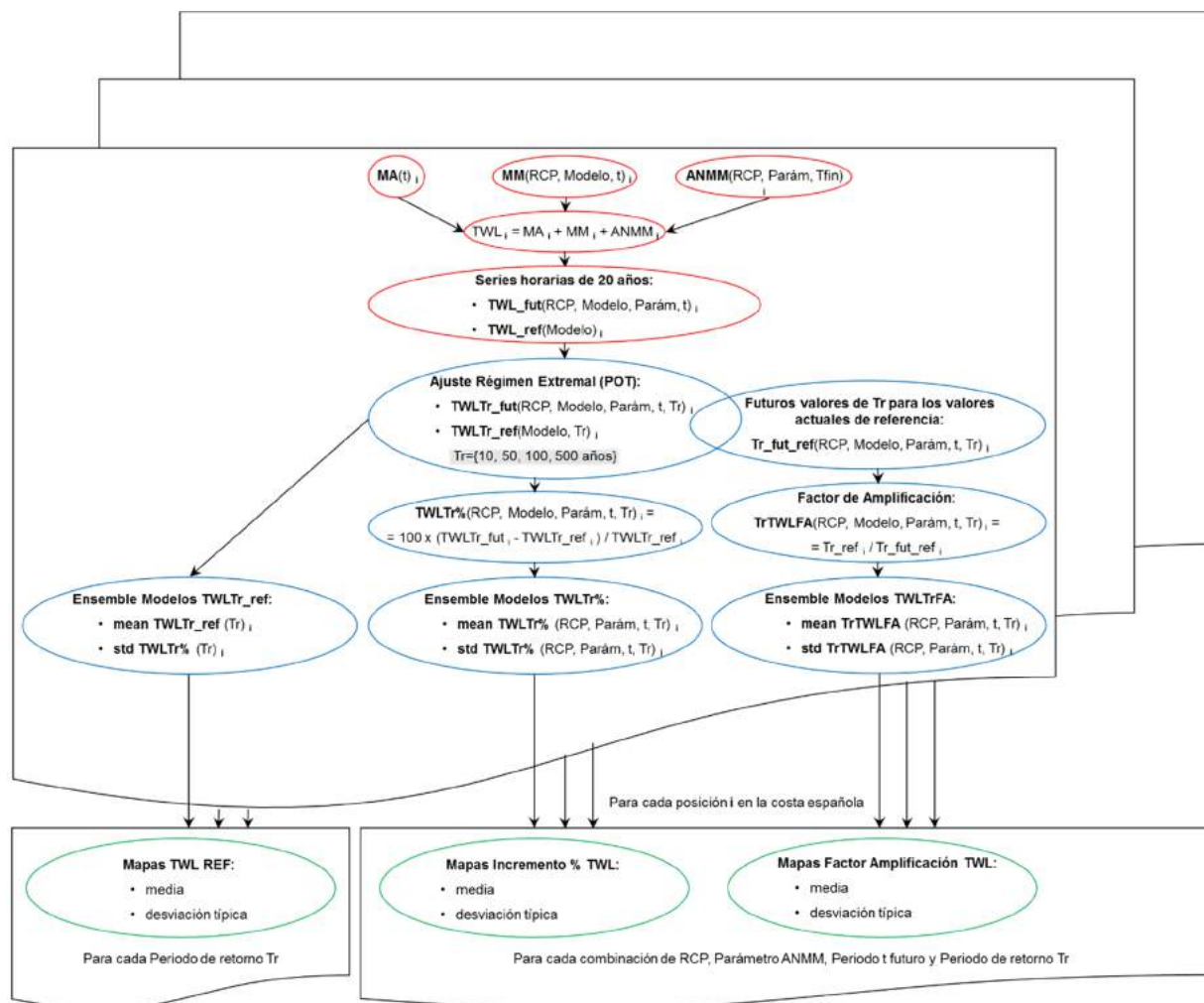


Figura 5. Esquema de la metodología para generar el atlas de nivel del mar compuesto (TWL): Generación de las series temporales horarias de TWL (en rojo), cálculo del ensemble de valores extremos de TWL (en azul) y generación de los mapas del visor (en verde).

3.2.1. Generación de las series temporales horarias de TWL

La generación de las series de TWL (ver Figura 4), se realiza componiendo las series de marea astronómica (MA), las series de marea meteorológica (MM) y los valores de aumento del nivel medio del mar (ANMM), para cada combinación de escenario climático (RCPs), periodo de tiempo (t), modelos climáticos (Modelos) y distintos parámetros estadístico de la distribución de ANMM (Parám). Esto supone generar, para cada uno de las “i” posiciones de la costa española (1196 posiciones, ver Figura 2), 60 series futuras de TWL (TWL_fut, con Cambio Climático) más 5 series de referencia de TWL (TWL_ref, correspondientes a los distintos modelos en el periodo histórico, sin Cambio Climático).

3.2.2. Cálculo del ensemble de valores extremos de TWL

Para el cálculo del ensemble de valores extremos de TWL (ver bloques azules en la Figura 5), primeramente se ajusta el régimen extremal de cada una de las series de TWL. Para cada una de las series horarias de 20 años de duración se ajusta la función de distribución de extremos Pareto-Poisson utilizando la técnica POT de selección de máximos sobre un umbral. Con base en dichos ajustes se determinan los valores de TWL asociados a 4 periodos de retorno $Tr=10, 50, 100$ y 500 años. Es necesario recordar que la Directiva de Inundaciones marca la utilización de los periodos de retorno de 100 y 500 años, asociándolos a probabilidad media y baja de inundación, respectivamente.

Para cada posición en la costa, tendremos los valores futuros de TWL para cada uno de los 4 periodos de retorno (TWLTr_fut), escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (2 Periodos t), modelos climáticos (5 Modelos) y parámetro estadístico de la distribución de ANMM (3 Parámetros); y los valores de referencia de TWL para cada uno de los 4 periodos de retorno en el periodo histórico (TWLTr_ref) y modelos climáticos (5 Modelos).

A partir de los valores de TWL asociados a cada periodo de retorno se calcula el incremento relativo del TWL futuro, con respecto al periodo de referencia histórico, en %:

$$TWLTr\% = 100 \frac{TWLTr_fut - TWLTr_ref}{TWLTr_ref}$$

Un valor 0 indica que no hay cambio esperable en el TWL futuro con respecto a la actualidad, los porcentajes positivos indican que aumentaría el TWL y los porcentajes negativos indican que disminuiría.

Para mantener la información sobre la incertidumbre asociada a los valores de TWLTr%, se realiza el ensemble del TWLTr% de los distintos modelos, calculando la media y la desviación típica de los mismos. Con ello se obtiene, para cada posición en la costa, los valores de media (mean TWLTr%) y desviación típica (std TWLTr%), para cada escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (2 Periodos t), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (3 Parámetros) y periodo de retorno (4 Tr).

Además del cálculo del incremento relativo de TWL, que estudia la variación en la magnitud del mismo por efecto del Cambio Climático, también se calcula otro parámetro para estudiar la incidencia del cambio climático en la frecuencia de los eventos extremos, denominado Factor de Amplificación (SROCC, 2019). El Factor de Amplificación es una variable adimensional que analiza el ratio de variación de la recurrencia de un evento extremo, es decir, el periodo de retorno actual de un evento extremo dividido entre el periodo de retorno que tendría dicho evento en el futuro:

$$Tr_{TWLFA} = \frac{Tr_{ref}}{Tr_{fut_{ref}}}$$

Cabe señalar que como el periodo de retorno se calcula sobre la referencia de un periodo de tiempo anual, por definición $Tr \geq 1$ año. Esto implica que el Factor de Amplificación tiene acotado el rango de sus posibles valores hasta el valor del periodo de retorno actual, es decir $Tr_{TWLFA} \leq Tr_{ref}$. En la realidad, sí es posible que la recurrencia de un evento extremo descienda hasta valores menores al año y, por tanto, factores de amplificación no acotados. Esto es una limitación estadística, pero se considera suficiente llegar a definir el aumento de la recurrencia de un evento extremo hasta el año.

Así, un valor del Factor de Amplificación igual a 1 indica que no hay cambio esperable en la frecuencia de ocurrencia del TWL futuro con respecto a la actualidad. Valores mayores que 1 implican que los eventos extremos son más frecuentes y valores menores que 1 implica que son menos frecuentes. Por ejemplo, para un evento extremo de TWL con $Tr=50$ años en el presente, si el Factor de Amplificación es 25 quiere decir que los eventos extremos con $Tr=50$ años en el presente, en el futuro tendrán $Tr=2$ años ($25=50/2$), es decir, serán mucho más frecuentes.

En la expresión anterior del Factor de Amplificación, para nuestro caso de estudio Tr_{ref} toma siempre los mismos valores $Tr_{ref} = Tr = 10, 50, 100$ y 500 años. Pero para definir dicho factor, es también necesario calcular $Tr_{fut_{ref}}$, que es el valor del periodo de retorno en el futuro asociado a cada periodo de retorno del periodo de referencia. Los cambios en los periodos de retorno son debidos a los cambios en los regímenes extremales futuros, respecto a los actuales de referencia. La forma de evaluar dichos cambios implica utilizar las funciones de distribución de valores extremos ajustadas a la inversa, es decir, dado un valor de TWL, determinar su periodo de retorno. En la Figura 6 se muestra un croquis que muestra cómo se calcula $Tr_{fut_{ref}}$, a partir de Tr_{ref} y los ajustes de los regímenes extremales, para un evento extremo determinado ($TWL_{Tr_{ref}}$).

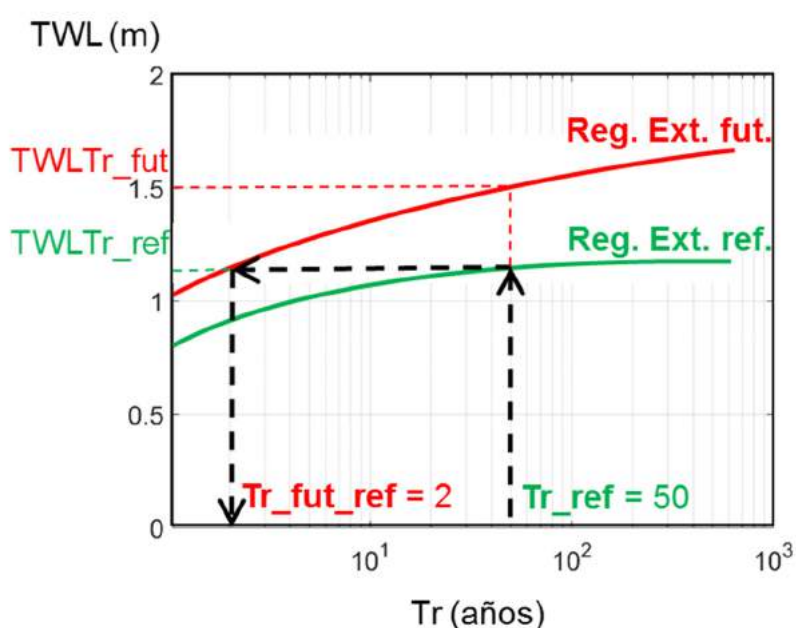


Figura 6. Esquema del cálculo de los futuros valores de periodo de retorno asociados a eventos extremos de periodo de retorno actual dado, debido al cambio del régimen extremal por efecto del cambio climático.

Posteriormente, al igual que para el incremento relativo de TWL, se calcula el ensemble del Factor de Amplificación definido para los distintos modelos, calculando la media y la desviación típica de los mismos. Para cada posición en la costa se obtienen los valores de media (mean TrTWLFA) y desviación típica (std TrTWLFA), para cada escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (2 Periodos t), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (3 Parámetros) y periodo de retorno (4 Tr).

Finalmente, también para los valores de referencia de TWL para cada uno de los 4 periodos de retorno en el periodo histórico (TWLTr_ref) se calcula el ensemble multi-modelo (5 Modelos), obteniendo la media y desviación típica de los mismos.

3.2.3. Generación de los mapas del visor

Finalmente, para la generación de los mapas del visor (ver bloques verdes en la Figura 5) se agregan y representan espacialmente los valores de incremento relativo y Factor de Amplificación del TWL de cada posición a lo largo del litoral español. Siguiendo esta metodología se define un elevado número de mapas, asociados a los distintos parámetros de impacto del TWL (incremento relativo y Factor de Amplificación), estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica), escenario climático (RCP 4.5 y 8.8), periodo de tiempo futuro (Corto Plazo y Largo Plazo), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (Percentiles del 95, 50 y 5%) y periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Lo que hace un total de $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4 = 192$ mapas.

Además, (tal y como se destaca en verde en la Figura 5), también se presentan en el visor los mapas de TWL del periodo histórico de referencia (1985-2005) respecto del cual se evalúa los cambios del resto de variables. Los mapas del periodo de referencia presentan los valores asociados al ensemble de modelos climáticos evaluados (media y desviación típica) del periodo histórico (1985-2005) para cada periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Lo que hace un total de $2 \times 4 = 8$ mapas.

3.3. Resultados

Tal y como se ha explicado en el apartado anterior, en el atlas de nivel del mar compuesto se generan $192 + 8$ mapas. Todos estos resultados son accesibles a través de un visor web específico del proyecto, en el que están los mapas a escala nacional, aunque también se podrá identificar y visualizar toda la información por demarcación hidrográfica o provincia, a elección del usuario (ver Anejo III).

En el Anejo IV se presenta una serie de tablas con los valores del Incremento Relativo y Factor de Amplificación del Nivel del Mar Compuesto, para los distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. También se presentan los valores del Nivel del Mar Compuesto para el periodo histórico de referencia. Para todos ellos se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

En la Tabla 4 se desglosa el listado de mapas generado. Posteriormente, en este apartado se hará un resumen de los resultados a escala nacional y por demarcaciones hidrográficas.

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile
Nivel del Mar Compuesto (media)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	TWL_2005_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_2005_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_2005_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_2005_Tr500
Nivel del Mar Compuesto (desviación típica)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	TWL_std_2005_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_std_2005_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_std_2005_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_std_2005_Tr500
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 5% (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR5_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR5_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR5_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR5_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_85_2100_Tr500
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 5% (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR5_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR5_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR5_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR5_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR5_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR5_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR5_std_85_2100_Tr500
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 50% (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR50_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR50_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR50_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_85_2045_Tr500

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR50_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_85_2100_Tr500
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 50% (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR50_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR50_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR50_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR50_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR50_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR50_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR50_std_85_2100_Tr500
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 95% (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR95_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR95_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR95_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR95_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_85_2100_Tr500
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 95% (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR95_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR95_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TWL_SLR95_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TWL_SLR95_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TWL_SLR95_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TWL_SLR95_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TWL_SLR95_std_85_2100_Tr500
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 5% (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_45_2045_Tr100

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_45_2045_Tr500
		Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_45_2100_Tr100
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_45_2100_Tr500
		Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_85_2045_Tr100
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_85_2045_Tr500
		Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_85_2100_Tr100
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 5% (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR5_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR5_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR5_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR5_std_85_2100_Tr500
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 50% (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_85_2100_Tr500
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 50% (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_std_85_2045_Tr50

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR50_std_85_2045_Tr500
		Tr = 10 años	TrTWL_SLR50_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR50_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR50_std_85_2100_Tr100
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 95% (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_85_2100_Tr500
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 95% (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrTWL_SLR95_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrTWL_SLR95_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrTWL_SLR95_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrTWL_SLR95_std_85_2100_Tr500

Tabla 4. Listado de los mapas del atlas del nivel del mar compuesto, presentes en el visor web.

De todos los mapas generados, a modo de ejemplo, se representan seguidamente una selección de los más representativos, todos ellos para Tr=100 años. En la Figura 7 se presenta el mapa de la media del ensemble del nivel del mar compuesto (TWL) del periodo histórico de referencia, para Tr=100 años. En este caso, para el periodo histórico el ANMM = 0, por lo que el TWL es la suma de la Marea Astronómica (MA) y la Marea Meteorológica (MM). En dicha figura se puede identificar la influencia de la componente de MA en el TWL, pues es mucho mayor en el mar Cantábrico que en el mar Mediterráneo.

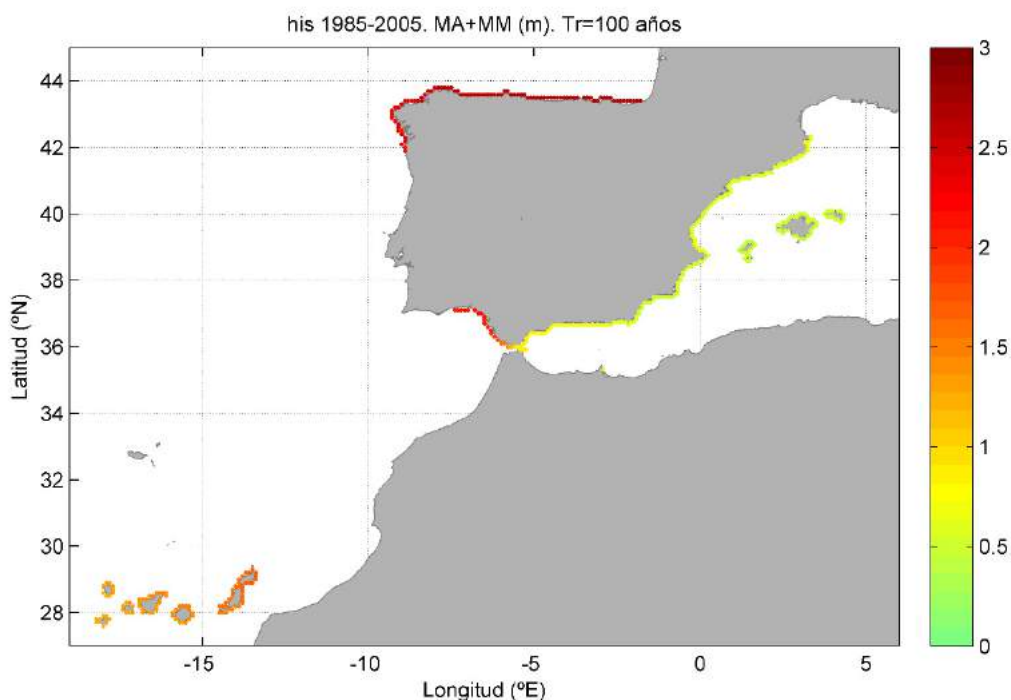


Figura 7. Mapa de Tr del TWL del periodo histórico de referencia (1985-2005), media del ensemble, para periodo de retorno 100 años. Metros sobre el nivel medio del mar local.

A continuación se presentan ejemplos de mapas de incremento relativo de TWL (ver Figura 8) y Factor de Amplificación de Tr (ver Figura 10). Ambas figuras para el valor medio del ensemble de modelos, Tr=100 años y ANMM=50%. En cada figura se presentan 4 paneles con las cuatro combinaciones posibles de escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5) y periodos futuros (Medio Plazo y Largo Plazo).

En la Figura 8 se puede observar, para el caso concreto de Tr=100 años y ANMM=50% que los incrementos relativos de TWL son mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico. Esto se debe a que la contribución de la marea astronómica al TWL es menor en el Mediterráneo, lo que da un mayor peso relativo a los cambios en el resto de las componentes. Así mismo los valores de incremento relativo aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100).

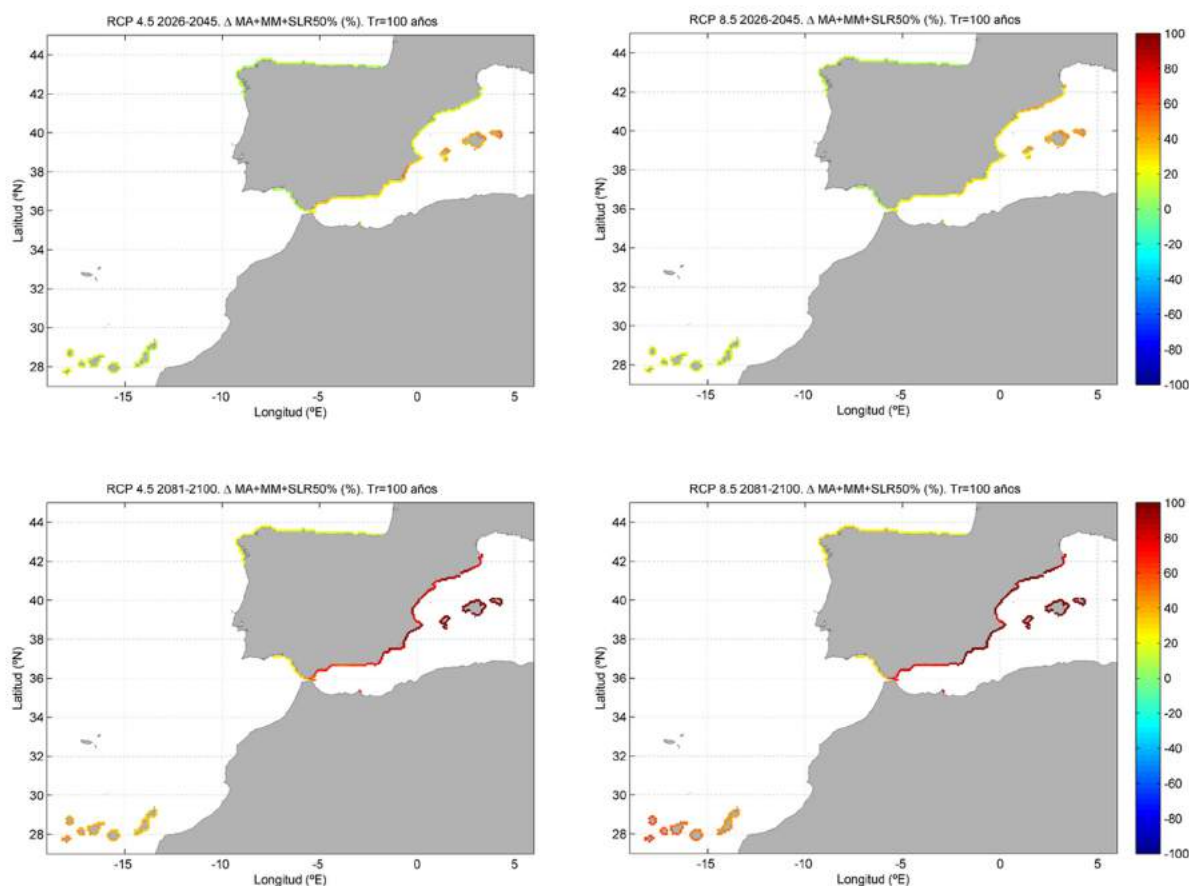


Figura 8. Mapas de incremento relativo de TWL, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

En la Figura 9 se muestra de nuevo, de forma ampliada para su mejor visualización, los resultados del mapa de incremento relativo de TWL del Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 respecto al periodo de referencia 1985-2005. Además, no sólo se presenta la media del ensemble de los modelos climáticos, sino también la desviación típica de los ensembles. Se puede comprobar que en las zonas donde en promedio se presentan mayores incrementos relativos de TWL (medias mayores), en general, también son las zonas donde se presenta mayor variabilidad entre los resultados de los distintos modelos (desviaciones típicas mayores). Por ejemplo, en la cuenca mediterránea, las zonas de mayores incrementos también hay mayor variabilidad de resultados, por lo que dichas tendencias no son tan significativas como en otras zonas donde la variabilidad de resultados es menor, por ejemplo el archipiélago canario, donde parecen más robustos los incrementos calculados (los distintos modelos climáticos coinciden en los valores de incremento relativo de TWL).

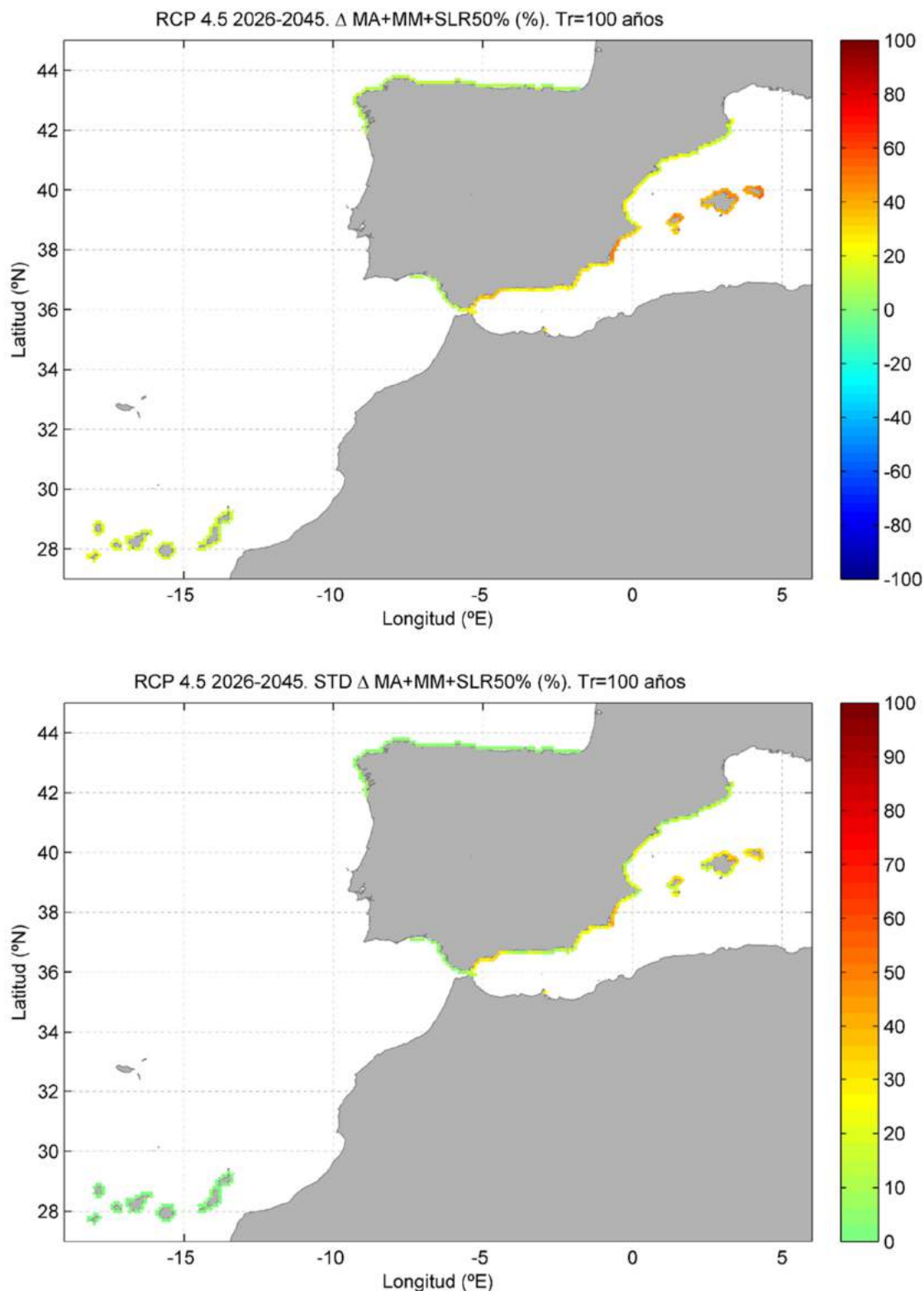


Figura 9. Mapas de incremento relativo de TWL, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045. Media del ensemble (panel superior). Desviación típica del ensemble (panel inferior).

En la Figura 10 se puede observar, que el Factor de Amplificación de $Tr=100$ años de TWL para el caso concreto de $ANMM=50\%$ aumenta más en las islas. Además, el Factor de Amplificación aumenta fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), llegando a valores aproximadamente de 100. Que el Factor de Amplificación tenga valores de 100 para periodos de retorno de 100 años implica que los eventos extremos actuales de 100 años de periodo de retorno, en el futuro tendrán un periodo de retorno del orden del año. Cabe señalar que por la definición estadística seguida (ver definición del Factor de Amplificación) el valor mínimo del periodo de retorno es 1, lo cual podría suponer tener, en la realidad, periodos de retorno futuros con recurrencia inferior al año y factores de amplificación superiores 100 para el caso $Tr=100$.

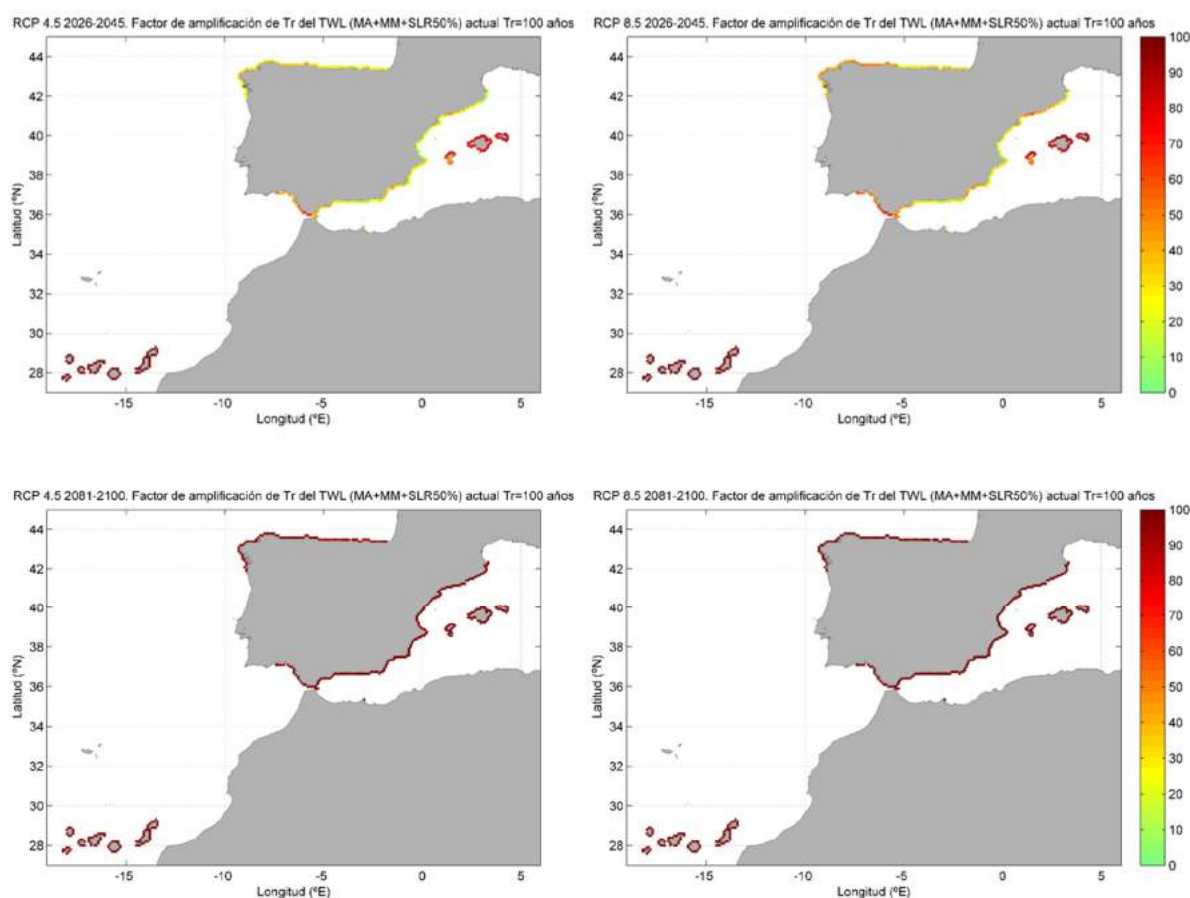


Figura 10. Mapas de Factor de Amplificación de Tr del TWL, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y $ANMM$ del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

3.3.1. Resumen a escala nacional

En este apartado se resume todos los resultados de TWL del atlas (accesibles a través del visor web, ver Anejo III) a escala nacional, cuyos valores específicos se detallan en las tablas del Anejo IV:

- Los incrementos relativos de TWL son mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico, en todos los casos, pues la marea astronómica tiene un menor peso relativo sobre el TWL en el Mediterráneo. Para los distintos ANMM, los incrementos relativos de TWL aumentan, respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, con valores en el orden del 10% en función de la localización.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la cuenca mediterránea para los periodos de retorno de $Tr=10$ y 50 años, con mayor variabilidad espacial los valores máximos para el periodo de retorno $Tr=500$ años. Dichos valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. En el Cantábrico se llegan a valores del orden del 30%, y hasta el 60% en las Canarias, ambos para el RCP8.5 y ANMM=95%. En las Baleares, para la mayoría de los casos analizados, se supera el 100% de incrementos relativos de TWL para los distintos Tr . Para la cuenca Mediterránea los valores máximos son aún mayores y varían en función del periodo de retorno analizado, disminuyendo los valores a medida que aumenta Tr ; así, por ejemplo, $Tr=10$ años, presenta valores máximos de incremento relativo de TWL en el Mediterráneo desde el 130% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 230% para el RCP 8.5 y ANMM=95%; en cambio para $Tr=500$ años, dichos valores máximos serían, respectivamente, del 60% y 150%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10% en el Atlántico; en cambio, en el Mediterráneo presentan valores más elevados, llegando a valores máximos desde el 20% hasta el 70%, respectivamente para los periodos de retorno desde $Tr=10$ años hasta $Tr=500$ años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA son similares. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045, 2081-2100), para la Península Ibérica y las Islas Baleares. En el archipiélago Canario los valores de Factor de Amplificación siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) y sus desviaciones típicas son muy pequeñas, lo que indica que de forma bastante robusta, el periodo de retorno futuro en la mayoría de casos desciende hasta 1 año.

- Los valores máximos de FA de TWL en el la Península Ibérica y las islas Baleares, para el medio plazo (2026-2045), son del orden de Tr. Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para Tr=10 años los mínimos se producen en el Cantábrico y son del orden de 5; para Tr=50 y 100 años los mínimos se encuentran entre 5 y 1 en el Cantábrico y en el Mediterráneo; y para Tr=500 años, existen valores incluso inferiores a 1 en el Mediterráneo.
- Los valores máximos de FA de TWL en el la Península Ibérica y las islas Baleares, para el largo plazo (2081-2100), también son del orden de Tr. Los valores mínimos tan solo se reducen en el Mediterráneo para Tr=500 años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, para la Península Ibérica y las islas Baleares presentan siempre valores muy pequeños, sólo aumentan ligeramente cuando el FA es inferior a Tr.

3.3.2. Resumen por demarcaciones hidrográficas

Finalmente, se resume todos los resultados de TWL del atlas (accesibles a través del visor web, ver Anejo III), para cada demarcación hidrográfica, cuyos valores específicos se detallan en las tablas del Anejo IV.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son en general muy relevantes, siendo algo mayores los incrementos para los periodo de retorno menores.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 5% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 10% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo y también bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 30% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10%.

- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 5, 12, 20 y 70 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 9, 35, 65 y 260 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 4, 8, 13 y 45 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 8, 25, 45 y 160 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para Tr=10 años los mínimos son del orden de los máximos, es decir del orden de 10, prácticamente no hay variación; para el resto de periodos de retorno, Tr=50, 100 y 500 años, los mínimos se reducen respecto a los máximos en función del Escenario (menores para RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM), siendo respectivamente los menores del orden de 40, 75 y 325 para el RCP4.5 y ANMM=5% y para el RCP8.5 y ANMM=95% del orden de los valores máximos, es decir 50, 100 y 500.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 10, 20 y 90.

Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son en general muy relevantes.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 6% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 15% para el RCP8.5 y ANMM=95%.

- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo y también bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 17% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 40% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10%.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 5, 14, 25 y 95 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 9, 40, 70 y 300 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 4, 8, 13 y 47 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 8, 27, 46 y 170 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para Tr=10 años los mínimos son del orden de los máximos, es decir del orden de 10, prácticamente no hay variación; para el resto de periodos de retorno, Tr=50, 100 y 500 años, los mínimos se reducen respecto a los máximos en función del Escenario (menores para RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM), siendo respectivamente los menores del orden de 40, 80 y 330 para el RCP4.5 y ANMM=5% y para el RCP8.5 y ANMM=95% del orden de los valores máximos, es decir 50, 100 y 500.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 10, 20 y 90.

Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son en general muy relevantes, siendo algo mayores los incrementos para los periodo de retorno mayores en el medio plazo (2026-2045).
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 8% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 17% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo y también bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 20% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 50% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10%.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan para los valores mínimos en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son del orden de Tr. Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 4, 10, 16 y 50 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 8, 30, 50 y 175 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Los valores mínimos también son del orden de Tr, por lo que practicamente no hay variación. Los valores mínimos de FA se producen para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente del orden de 10, 45, 85 y 350, para los periodos de retorno Tr=10, 50, 100 y 500 años.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 12, 23 y 110.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son en general muy relevantes.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), oscilan desde aproximadamente incrementos del 8% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 15% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 19% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 35% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10%.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Los distintos valores oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 5, 14, 22 y 80 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 9, 40, 65 y 250 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente del orden de 10, 50, 95 y 440, para los periodos de retorno Tr=10, 50, 100 y 500 años; para el resto de casos casi no existe reducción, son siempre del orden de Tr.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 10, 18 y 80.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Guadiana

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son significativas.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 7% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 12% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo y también bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 23% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 37% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan valores inferiores al 6%.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Los distintos valores oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 7, 23, 40 y 145 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 45, 85 y 370 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son siempre del orden de Tr.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 13, 26 y 120.

Demarcación Hidrográfica del Tinto-Odiel-Piedras

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son significativas.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 7% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 12% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo y también bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 24% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 37% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan valores inferiores al 8%.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 7, 22, 36 y 135 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 45, 83 y 345 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 6, 18, 30 y 110 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 42, 76 y 290 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Los valores mínimos disminuyen poco con respecto a los valores máximos de la Demarcación Hidrográfica.

- Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 14, 30 y 150.

Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) no son significativas.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 7% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 12% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo y también bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 37% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan valores inferiores al 10%.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 7, 20, 32 y 120 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 45, 83 y 345 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 6, 15, 26 y 100 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del

orden de 10, 40, 70 y 260 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Los valores mínimos disminuyen poco con respecto a los valores máximos de la Demarcación Hidrográfica.

- Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 15, 30 y 145.

Demarcación Hidrográfica de la Guadalete-Barbate

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 40% para el RCP8.5 y ANMM=95%. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 7% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 12% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo y tampoco son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 70% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 120% para el RCP8.5 y ANMM=95%. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 23% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 35% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 7% y el 25%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).

- Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 9, 33, 55 y 205 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 50, 100 y 500 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 7, 14, 15 y 16 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 45, 75 y 165 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
- Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 50, 100 y 390, para los periodos de retorno Tr=10, 50, 100 y 500 años; para el resto de casos casi no existe reducción, son siempre del orden de Tr.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para Tr=10, 50, 100 y 500 años: aproximadamente 2, 18, 40 y 185.

Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas de Andalucía

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores, fundamentalmente para el largo plazo y los mayores ANMM.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=10 años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 7% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 12% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores mínimos se dan para Tr=500 años.

- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo y tampoco son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 110% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 200% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 65% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=500$ años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares, aunque para $Tr=500$ años tienen mayor variabilidad. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 13% y el 65%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son en general inferiores a los valores de Tr . Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 10, 22, 27 y 51 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 50, 96 y 300 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 8, 8, 5 y 2 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 40, 43 y 20 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr . Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 50, 85 y 170, para los periodos de retorno $Tr=10, 50, 100$ y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos son del orden de Tr , salvo para el $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr . Cuando FA es significativamente inferior a Tr , las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para $Tr=500$ años. Así para $Tr=500$ años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 275.

Demarcación Hidrográfica del Segura

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores, fundamentalmente para el largo plazo y los mayores ANMM.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 42% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 0% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 5% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores mínimos se dan para $Tr=500$ años.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo y tampoco son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 110% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 205% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 45% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 65% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares, aunque para $Tr=500$ años tienen mayor variabilidad. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 19% y el 70%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son en general inferiores a los valores de Tr . Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 9, 16, 16 y 23 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 50, 83 y 145 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los

valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 8, 9, 8 y 5 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 40, 45 y 27 para el RCP8.5 y ANMM=95%.

- Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 50, 88 y 215, para los periodos de retorno Tr=10, 50, 100 y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos no se reduce tanto el valor respecto de Tr, salvo para el Tr=500 años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para Tr=500 años. Así para Tr=500 años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 260.

Demarcación Hidrográfica del Júcar

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores, fundamentalmente para el largo plazo y los mayores ANMM.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 42% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=10 años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del -6% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 13% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores mínimos se dan para Tr=500 años.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo y tampoco son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 115% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 210% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=10 años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 50% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 60% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=500 años.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares, aunque para $Tr=500$ años tienen mayor variabilidad. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 20% y el 60%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son en general inferiores a los valores de Tr . Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 9, 13, 12 y 17 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 49, 80 y 90 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 6, 4, 3 y 2 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 28, 28 y 12 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr . Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 46, 70 y 140, para los periodos de retorno $Tr=10$, 50, 100 y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos no se reduce tanto el valor respecto de Tr , salvo para el $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr . Cuando FA es significativamente inferior a Tr , las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para $Tr=500$ años. Así para $Tr=500$ años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 250.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Ebro

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10$, 50, 100 y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 26% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden

- del 60% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del -11% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 20% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores mínimos se dan para $Tr=500$ años.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo, aunque algo más homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 100% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 185% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 80% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares, aunque para $Tr=500$ años tienen mayor variabilidad. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 15% y el 45%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
 - Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son muy inferiores a los valores de Tr . Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 8, 8, 6 y 7 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 45, 75 y 140 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 7, 4, 2 y 1 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 35, 55 y 60 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr . Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 50, 85 y 315, para los periodos de retorno $Tr=10, 50, 100$ y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos no se reduce tanto el valor respecto de Tr , salvo para el $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr . Cuando FA es significativamente inferior a Tr , las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para $Tr=500$ años. Así para $Tr=500$ años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 250.

Demarcación Hidrográfica del Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 26% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 65% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del -11% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 28% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores mínimos se dan para $Tr=500$ años.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo y tampoco son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 105% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 185% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 45% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares, aunque para $Tr=500$ años tienen mayor variabilidad. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 15% y el 60%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son muy inferiores a los valores de Tr . Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 8, 10, 9 y 10 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 49, 90 y 235 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 5, 3, 2 y 1 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 25, 30 y 45 para el RCP8.5 y ANMM=95%.

- Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 45, 80 y 275, para los periodos de retorno Tr=10, 50, 100 y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos no se reduce tanto el valor respecto de Tr, salvo para el Tr=500 años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para Tr=500 años. Así para Tr=500 años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 250.

Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), no son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 45% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 80% para el RCP8.5 y ANMM=95%. En cambio los valores mínimos presentan valores del orden del 5%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mucho mayores que los del medio plazo y tampoco son homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 130% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 230% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=10 años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 60% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 85% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=500 años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares, aunque para Tr=500 años tienen mayor variabilidad. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 25% y el 70%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente

en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.

- Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr. Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 10, 30, 40 y 95 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 50, 100 y 490 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 8, 11, 5 y 2 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 40, 65 y 85 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
- Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr. Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 50, 90 y 305, para los periodos de retorno Tr=10, 50, 100 y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos no se reduce tanto el valor respecto de Tr, salvo para el Tr=500 años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es significativamente inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para Tr=500 años. Así para Tr=500 años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 270.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Ceuta

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados (Tr=10, 50, 100 y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores, fundamentalmente para el largo plazo y los mayores ANMM.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), oscilan desde aproximadamente incrementos del 28% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 35% para el RCP8.5 y ANMM=95%. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 20% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 60% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 100% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para Tr=10 años. En cambio los

valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 65% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=500$ años.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 5% y el 30%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100).
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son inferiores a los valores de Tr . Tanto los valores máximos como los mínimos oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 9, 20, 25 y 40 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 50, 95 y 230 para el RCP8.5 y ANMM=95%. Y a su vez, los valores mínimos de FA son respectivamente del orden de 8, 15, 20 y 30 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 50, 90 y 220 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son siempre del orden de Tr .
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr . Cuando FA es significativamente inferior a Tr , las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 1, 10, 20 y 55.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Melilla

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5. Finalmente, los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) en general aumentan los incrementos relativos para los periodo de retorno menores, fundamentalmente para el largo plazo y los mayores ANMM.

- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), oscilan desde aproximadamente incrementos del 28% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 53% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 20% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 28% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores mínimos se dan para $Tr=500$ años.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 85% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 160% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=10$ años. En cambio los valores mínimos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 75% para el RCP8.5 y ANMM=95%, en ambos casos los valores máximos se dan para $Tr=500$ años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan valores máximos aproximadamente entre el 8% y el 50%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA tienen poca variación. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100) y también de los distintos ANMM evaluados.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son muy inferiores a los valores de Tr . Dichos valores oscilan en función del periodo de retorno, reduciéndose los valores en función del Escenario (menores para el RCP 4.5) y fundamentalmente el ANMM (menores para los menores ANMM). Los valores máximos de FA son respectivamente del orden de 9, 10, 11 y 15 para el RCP4.5 y ANMM=5% y del orden de 10, 45, 65 y 145 para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores máximos de FA de TWL, para el largo plazo (2081-2100), son del orden de Tr . Las mayores reducciones del valor de FA, con respecto a Tr se produce para el RCP4.5 y ANMM=5%, siendo respectivamente los valores mínimos del orden de 10, 50, 95 y 300, para los periodos de retorno $Tr=10, 50, 100$ y 500 años; para el resto de casos los valores mínimos no se reduce tanto el valor respecto de Tr , salvo para el $Tr=500$ años.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr . Cuando FA es significativamente inferior a Tr , las desviaciones típicas aumentan, fundamentalmente para $Tr=500$ años. Así para $Tr=500$ años, los mayores valores de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2081-2100: aproximadamente 240.

Demarcación Hidrográfica de Lanzarote

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 19% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 33% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 62% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10%.
- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 4, 10 y 85.

Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos

- oscilan desde aproximadamente incrementos del 11% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 20% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 34% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 67% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 8%.
- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 3, 8 y 70.

Demarcación Hidrográfica de Gran Canaria

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 13% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 23% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 36% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 75% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 6%.

- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se procucen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 3, 7 y 60.

Demarcación Hidrográfica de Tenerife

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 14% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 25% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 38% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 81% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 6%.
- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se procucen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 2, 6 y 50.

Demarcación Hidrográfica de La Gomera

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 25% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 39% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 85% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 5%.
- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 1, 3 y 20.

Demarcación Hidrográfica de La Palma

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos

- oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 26% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 88% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 5%.
- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se producen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 1, 4 y 35.

Demarcación Hidrográfica de El Hierro

- Los Incrementos Relativos de TWL, para los distintos ANMM, aumentan respectivamente a medida que es mayor el percentil de ANMM evaluado (ANMM5%, ANMM50% y ANMM95%), así como fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son algo mayores los de RCP 8.5. De igual manera, las diferencias entre los resultados para los distintos periodos de retorno evaluados ($Tr=10, 50, 100$ y 500) no son significativos.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el medio plazo (2026-2045), son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 16% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 27% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son bastante mayores que los del medio plazo y también son bastante homogéneos a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 41% para el RCP4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 91% para el RCP8.5 y ANMM=95%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 5%.

- Los Factores de Amplificación de TWL prácticamente siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) a lo largo de la Demarcación Hidrográfica.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, presentan valores muy pequeños cuando FA es prácticamente coincidente con el valor de Tr. Cuando FA es inferior a Tr, las desviaciones típicas aumentan, con los que los mayores valores relativos de desviación típica se procucen para el RCP4.5, con ANMM=5% y periodo 2026-2045, siendo dichos valores, respectivamente para $Tr=10, 50, 100$ y 500 años: aproximadamente 0, 1, 2 y 20.

4. EVALUACIÓN DE LA COTA Y DISTANCIA DE INUNDACIÓN

4.1. Introducción

En el capítulo anterior se ha estudiado el atlas del nivel del mar compuesto, sin considerar la influencia del oleaje. En el presente capítulo sí se incorpora la contribución del oleaje en los procesos de inundación costera, para lo que es necesario resolver los procesos asociados a la interacción del oleaje con la costa con una alta resolución espacial y temporal. Dichos procesos son especialmente complejos de resolver, tanto por el gran número de elementos que intervienen en la inundación, como por la interacción entre los mismos.

El proceso de inundación en una playa, o tramo de costa cualquiera, puede ser representado de acuerdo con el siguiente esquema (ver Figura 11). para un instante determinado, la playa está caracterizada por un nivel del mar o marea, compuesto por la marea astronómica y la marea meteorológica (MA+MM) y una batimetría. Sobre dicho nivel de marea se encuentra el oleaje que, en función de sus características y de la batimetría de la playa, se propaga hacia la costa. Al alcanzar la costa, el oleaje rompe en la playa, produciéndose un movimiento de ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil de playa Run-Up (RU). Todos estos factores están relacionados entre sí. Además de la interacción entre los elementos (oleaje – batimetría - nivel de marea - ascenso), el fenómeno de la inundación presenta la complicación añadida de que algunos de los factores (marea meteorológica, oleaje...) son variables aleatorias y, por tanto, su presentación estocástica está sujeta a una determinada probabilidad de ocurrencia; pero además, en el contexto de cambio climático en el que estamos, el comportamiento de las variables climáticas no es estacionario, es decir tanto el régimen de oleaje como el de marea meteorológica o el nivel del mar están cambiando a largo plazo de forma distinta en función del escenario climático utilizado.

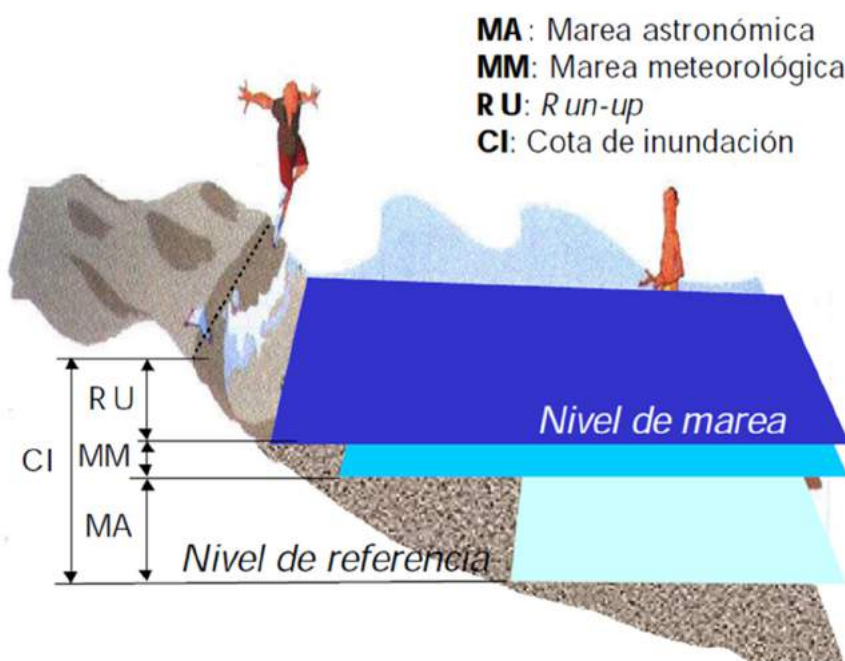


Figura 11. Factores que afectan a la cota de inundación.

Como se ha puesto de relevancia, la complejidad de los distintos aspectos que conforman el cálculo de la inundación a lo largo de las costas españolas hace necesario definir una metodología que simplifique el problema de forma que sea resoluble, eficiente y preciso. Para ello, en el 2014 se realizó el proyecto iOLE “Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera”. Dicha asistencia técnica tuvo como objetivo general el desarrollado de unas metodologías y herramientas que permitiesen determinar la extensión de las zonas inundables a lo largo de las costas españolas (todo ello accesible a través de <http://www.iole.ihcantabria.com/>), realizando las siguientes actividades principales:

- Desarrollo de una metodología que permita estimar la extensión previsible de la inundación costera (mapas de peligrosidad).
- Desarrollo de un software para el cálculo de la peligrosidad de la inundación costera (iOLE.exe).
- Desarrollo de una metodología que permita, a partir de la peligrosidad y la vulnerabilidad, estimar el riesgo de inundación costera (mapas de riesgo).

A partir de las ejecución de las mismas, la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (MAGRAMA) implantó la Fase 2 del primer ciclo de aplicación de la Directiva Europea de Inundaciones de forma eficiente y con suficiente precisión a lo largo del litoral español, fundamentalmente gracias a la combinación de los siguientes cuatro aspectos:

- La base de datos Downscaled Ocean Waves, DOW (Camus et al., 2013), generada en el marco del proyecto C3E, permite caracterizar correctamente el oleaje en el litoral español con una resolución espacial de al menos 200 m. DOW es una base de datos de oleaje con resolución temporal horaria, homogénea y continua de más de 60 años de duración, calibrada, propagada y validada con información instrumental de boyas y satélites.
- El modelo numérico bidimensional IH2VOF (<http://www.ih2vof.ihcantabria.com/>), que resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, es uno de los más avanzados en su clase, debido fundamentalmente a su versatilidad, robustez y su extensa validación tanto para el cálculo de la estabilidad y funcionalidad de todo tipo estructuras costeras, como para reproducir la hidrodinámica en la zona de rompientes (Torres-Freyermuth et al., 2007). Debido a esto, se utiliza para simular los procesos de inundación costeros.
- La gran cantidad de información utilizada se administra mediante técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus et al., 2011), de forma que se elige el número óptimo de estados de mar y perfiles del terreno representativos de todo el litoral español, para ser simulados numéricamente con el modelo IH2VOF.
- Se integra toda la información generada mediante Sistemas de Información Geográfica, creando mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo de inundación. De esta forma se favorece la gestión coordinada de toda la información, por parte de las administraciones públicas y de la sociedad en general.

4.2. Metodología para el cálculo de la cota y distancia de inundación

En este apartado se describe la metodología para calcular los mapas de la cota y distancia de inundación costeras (CI y DI) a partir de las bases de datos explicadas en el Capítulo 2 y adaptando la metodología desarrollada en el proyecto iOLE (ver Anejo I).

Se toma como base de partida la metodología desarrollada y validada en el proyecto iOLE y se genera un Meta-modelo que permite determinar directamente los valores de cota y distancia de inundación asociados a distintos periodos de retorno a partir de las dinámicas (oleaje y nivel del mar) al inicio de cada perfil (ver Figura 13). Dicho Meta-modelo del iOLE tiene incluido tanto los perfiles del terreno, como las formulaciones y procedimientos para el cálculo de la cota y distancia de inundación asociada al 2% de las mayores olas obtenidas con el modelo IH2VOF y el ajuste de sus regímenes extremales. No se incluye en el Meta-modelo ni la sementación de la línea de costa, ni el cálculo de los perfiles del terreno, es decir, no se actualiza la información topo - batimétrica con la que se realizaron los mapas del primer ciclo de implementación de la Directiva de Inundaciones; ni tampoco se incluye en el Meta-modelo la generación de los mapas de extensión de inundación.

El Meta-modelo del iOLE calcula los valores extremos de cota y distancia de inundación, siendo la cota de inundación la distancia en vertical desde el NMMA y la distancia de inundación, la distancia en horizontal desde el corte de la línea de costa del NMMA. Además, la distancia de inundación final que se obtiene es el valor de la extensión de la inundación en horizontal que compatibiliza el mínimo entre la distancia de inundación inicialmente obtenida y la distancia en horizontal replanteada sobre el perfil del terreno de la cota de inundación en vertical (ver Anejo I).

Tal y como se presenta en la Figura 13, para cada posición a lo largo del litoral español, se tienen multitud de series de dinámicas de 20 años de duración, pues se definen específicamente para cada escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (3 Periodos t), modelos climáticos (5 Modelos) y parámetro estadístico de la distribución de ANMM (1 Parámetro). Esto supone generar: 2 RCPs x 2 Periodos x 5 Modelos = 20 series futuras de dinámicas (con Cambio Climático), más 5 series de dinámicas referencia (correspondientes a los distintos modelos en el periodo histórico, sin Cambio Climático). En total 25 series horarias de dinámicas completas, para cada posición en la costa española, lo cual permitirá caracterizar la incertidumbre asociada al impacto del cambio climático en la inundación costera de forma inédita hasta la fecha.

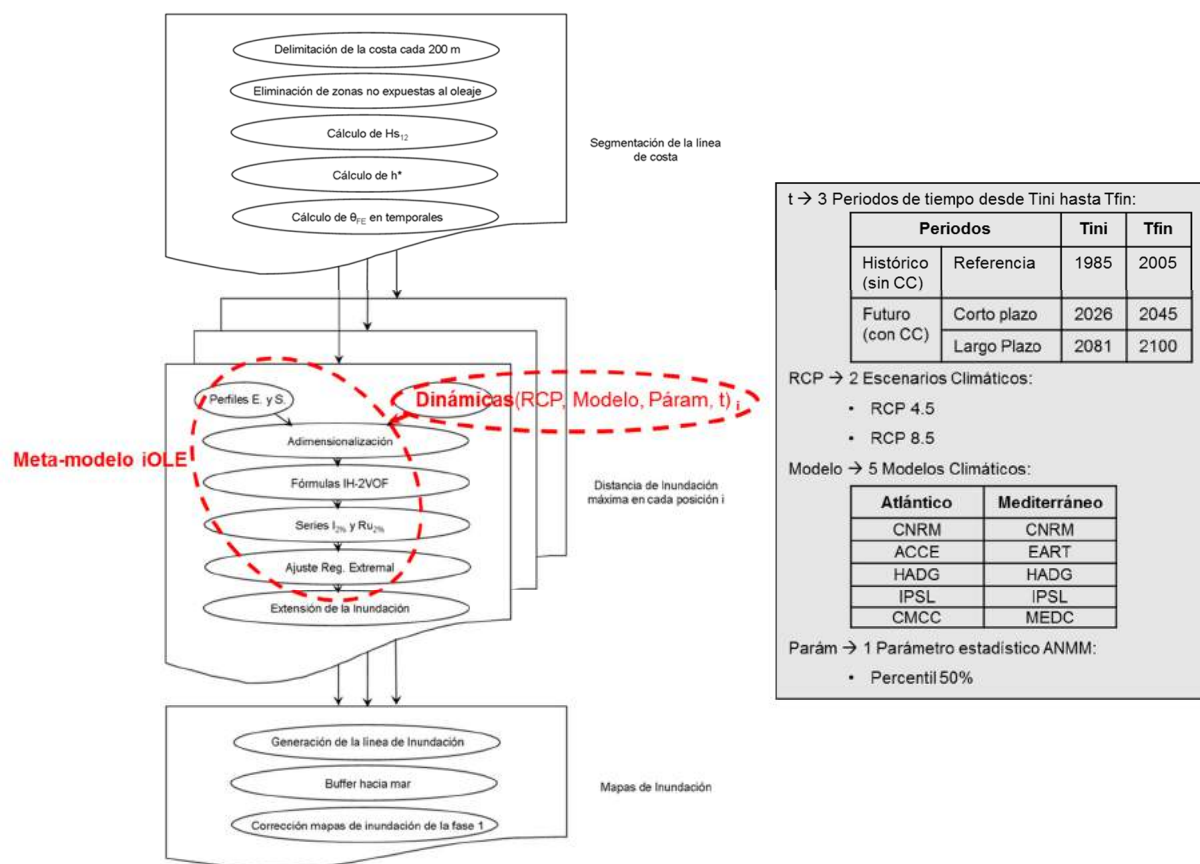


Figura 13. Esquema del Meta-modelo iOLE.

El Meta-modelo iOLE permite incluir las nuevas dinámicas de proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas, generadas en el presente contrato de servicios. Dichas dinámicas se definirán al inicio de cada perfil (cada ~200 m) con un proceso de downscaling (que se explicará posteriormente) a partir las series horarias definidas a lo largo del litoral español (ver Figura 2) que tienen una resolución espacial de aproximadamente 10 km. Dichas series de nivel del mar (marea astronómica, marea meteorológica y nivel medio del mar) y oleaje siguen un procedimiento de caracterización e hipótesis de utilización análogas a las definidas en el capítulo anterior para el atlas de TWL, como se resume a continuación:

- La serie horaria de marea astronómica se asume determinista y que el cambio climático no tiene efecto en su predicción. En cambio tanto la marea meteorológica, como el nivel medio del mar, como el oleaje son variables altamente afectadas por el cambio climático, por lo que se utilizarán proyecciones dinámicas de las mismas. En concreto se usan las series horarias de las proyecciones regionales de marea meteorológica y oleaje, y los valores anuales de la proyecciones dinámicas de aumento de nivel medio del mar. En nuestro caso concreto, se ha considerado utilizar el percentil del 50% de la distribución de ANMM asociados al último año de cada periodo de tiempo a estudiar. Como el ANMM es creciente en el tiempo, dicha consideración implica utilizar de forma conservadora los valores medios esperables de ANMM.

- Posiblemente una de las mayores hipótesis en cuanto al uso del Meta-model iOLE para el cálculo de la inundación costera es el hecho de utilizar los perfiles del terreno obtenidos en el iOLE, tanto para el periodo histórico de referencia, como también para los distintos periodos futuros. Como se ha comentado anteriormente dichos perfiles se trazan siguiendo la dirección del flujo medio de energía de los temporales, lo que permite representar los procesos de inundación bidimensionales a lo largo de dicho perfil. Pero si debido al Cambio Climático, la dirección del flujo medio de energía de los temporales cambia sustancialmente, la inundación costera tendrá una dirección de incidencia distinta y los perfiles de inundación futuros podría ser distintos a los históricos de referencia utilizados.

Para evaluar este aspecto se ha calculado la variación del flujo medio de energía de temporales con $H_s > H_{s12}$, para distintos escenarios climáticos y periodos futuros, con respecto al periodo histórico de referencia (ver Figura 14), en los puntos de las proyecciones cada ~ 10 km. Se puede observar que la variación con respecto al periodo histórico en casi todas las zonas es aproximadamente 0° (color verde), pero en algunas zonas puntuales existen variaciones de hasta $\pm 45^\circ$ (fundamentalmente en los archipiélagos y la cuenca mediterránea). Dichas zonas suelen coincidir con franjas litorales donde existen temporales energéticos provenientes de distintas direcciones (por ejemplo, los Levantes y Ponientes en el Mar de Alborán) o cambios abruptos de la línea de costa (por ejemplo, en las islas) que permiten coexistir temporales energéticos provenientes de distintas direcciones y que dificultan la caracterización de su dirección de flujo medio de energía.

En la Figura 15 se muestra de nuevo ampliado (para su mejor visualización) los resultados de la variación del flujo medio de energía de temporales con $H_s > H_{s12}$ del escenario y periodo de mayores diferencias (Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100) con respecto al periodo histórico de referencia. Además, no sólo se presenta la media del ensemble de los modelos climáticos, sino también la desviación típica de los ensembles. Se puede observar que en las zonas donde en promedio mayores variaciones existen (medias más distintas de cero), también son las zonas donde se presenta mayor variabilidad entre los resultados de los distintos modelos (desviaciones típicas mayores). Esto refuerza los comentarios anteriores, que en las zonas donde hay diferencias, hay mayor variabilidad de resultados, sin existir tendencias claras de variación (valores de desviaciones típicas similares a valores de las medias). En general, a lo largo del litoral español, tanto la media como la desviación típica de la variación del flujo medio de energía de temporales son menores de 10° .

Las diferencias existentes entre las direcciones del flujo medio de energía de temporales futuras respecto de las actuales (ver Figura 14 y Figura 15) son mayores de las que realmente se producirían al inicio de cada perfil, pues en general el oleaje refractará desde los nodos de ~ 10 km hasta los perfiles cada ~ 200 m (profundidades intermedias), girando para tratar de ubicarse perpendicular a la costa y disminuyendo la diferencia de dirección con respecto a la de los perfiles del terreno obtenidos en el iOLE. Además, utilizar distintos perfiles del terreno para cada escenario, modelo y periodo climático complica la aplicación de la metodología y dificulta la interpretación y comparación de los resultados entre sí. Por lo tanto se considera que la

aproximación de utilizar los mismos perfiles de iOLE, para los distintos escenarios, modelos y periodos climáticos, es adecuada para cumplir con los objetivos del estudio.

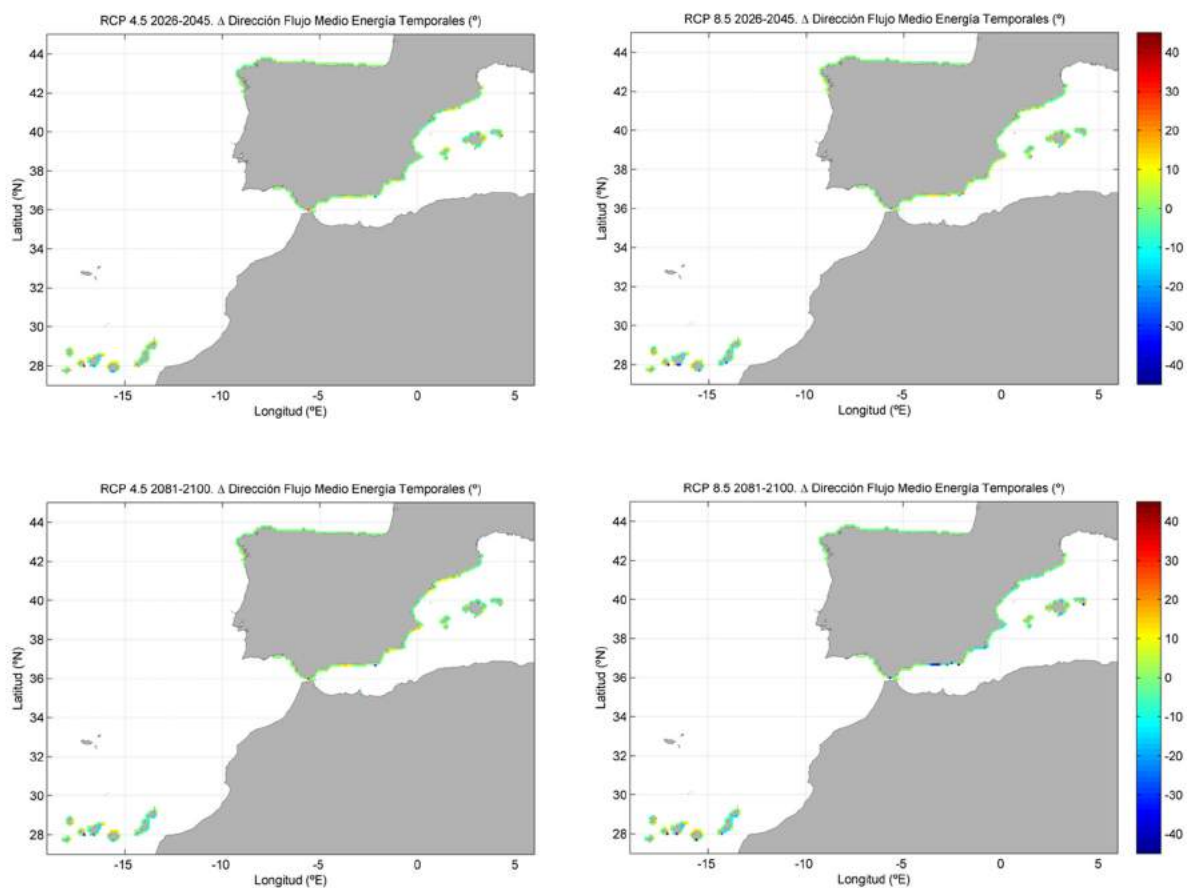


Figura 14. Mapas de variación de la dirección del flujo medio de energía de temporales con $H_s > H_{s12}$ con respecto al periodo histórico de referencia, media del ensemble de modelos climáticos. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

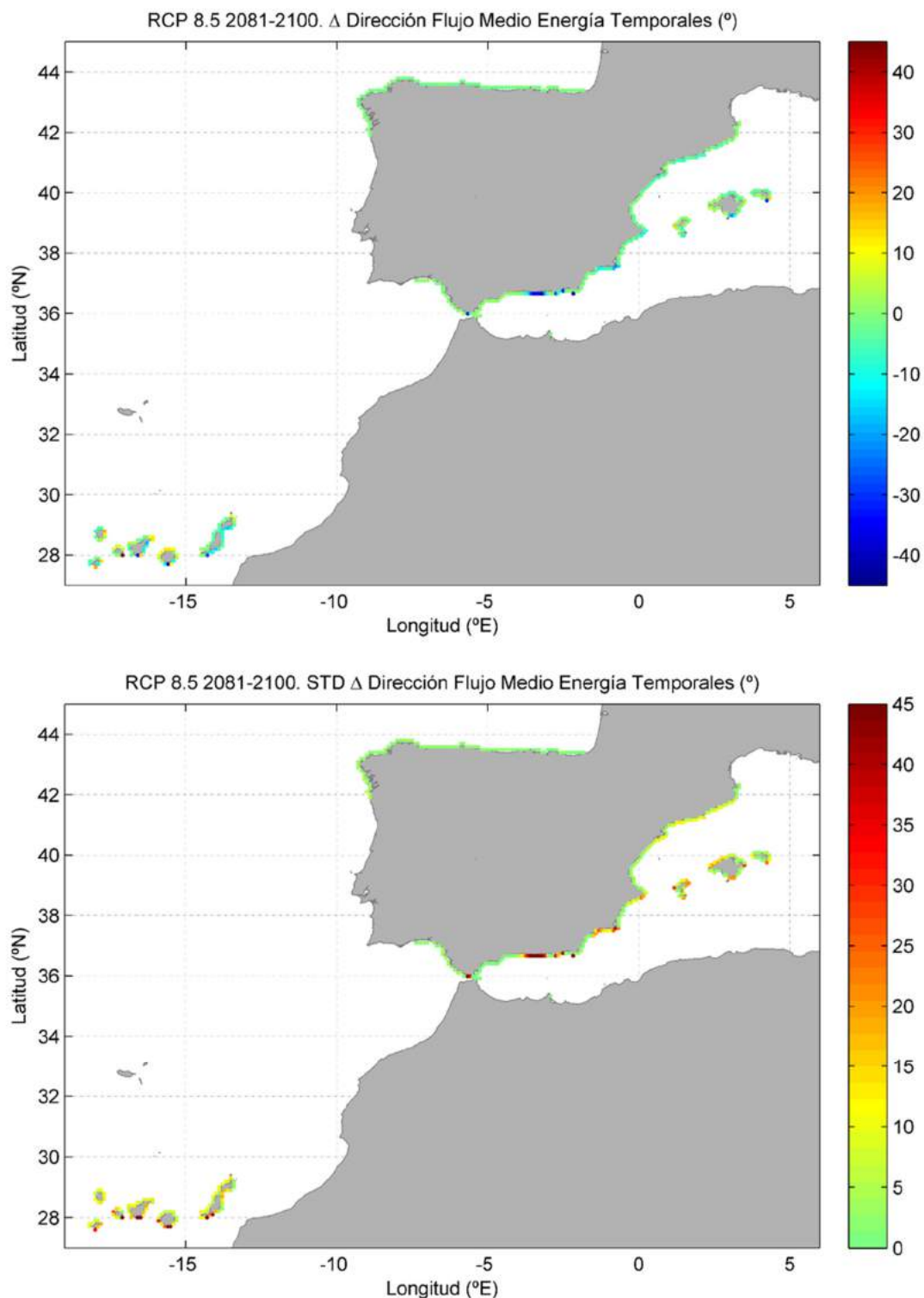


Figura 15. Mapas de variación de la dirección del flujo medio de energía de temporales con $H_s > H_{s12}$, del Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100, con respecto al periodo histórico de referencia (1985 - 2005). Media del ensemble de modelos climáticos (panel superior). Desviación típica del ensemble de modelos climáticos (panel inferior).

- En el Meta-modelo iOLE se obtienen perfiles del terreno para evaluar la inundación costera únicamente en las zonas costeras directamente expuestas a la acción del oleaje. Es decir, no se realizan perfiles del terreno en el interior de rías, estuarios, puertos, etc. (ver ejemplo en la Figura 12). Tampoco se estudian los tramos de costa con acantilados, pues no se ven afectados por la inundación costera. Para analizar el impacto del cambio climático en la inundación de estas zonas se puede recurrir a los resultados de altas de TWL del presente contrato de servicios, que tampoco incorpora el efecto del oleaje y son válidas para zonas donde el efecto del oleaje en la inundación costera es despreciable.
- Los perfiles del terreno utilizados en el Meta-modelo iOLE representan 1000 m de la zona emergida. Esto implica que el rango de validez de la extensión o distancia en horizontal de la inundación máxima del Meta-modelo iOLE es 1000 m. Si se saliese del rango de validez del Meta-modelo en un perfil dado, para un evento extremo determinado, no se evaluarían los resultados en dicho perfil.

Teniendo en cuenta las hipótesis anteriores, se ha desarrollado una nueva metodología para el cálculo de la Cota de Inundación (CI) y Distancia de Inundación (DI) de las proyecciones regionales de cambio climático, que se subdivide en 3 grandes bloques, siguiendo el esquema presentado en la Figura 5:

- 1) Downscaling de las dinámicas.
- 2) Cálculo del ensemble de valores extremos de CI y DI.
- 3) Generación de los mapas del visor.

Los dos primeros bloques analizan la información punto a punto, a lo largo del litoral español, mientras que el tercer bloque integra los resultados en mapas para su mejor visualización a través del visor web del proyecto.

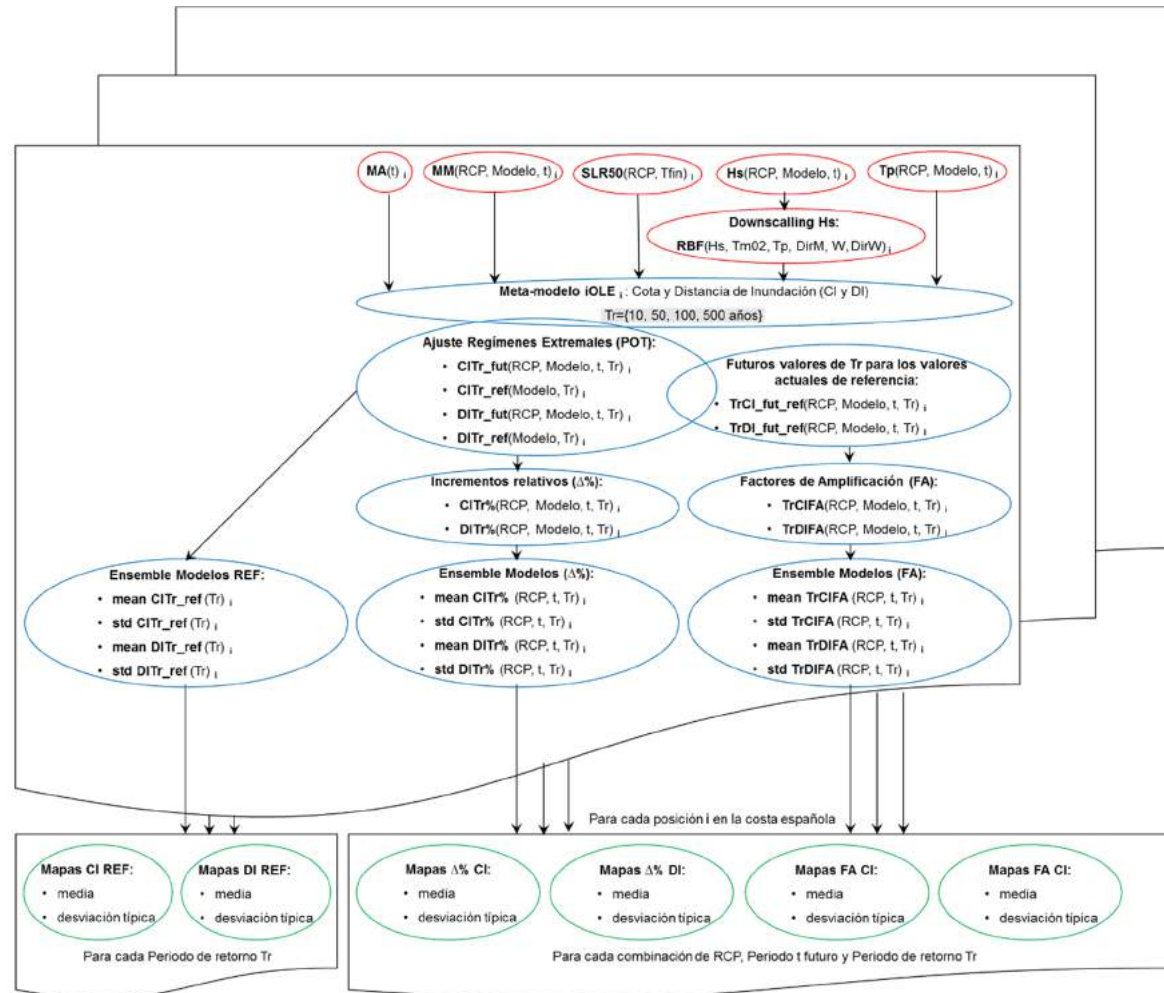


Figura 16. Esquema de la metodología para el cálculo del atlas de cota y distancia de inundación (CI y DI): Downscaling de las dinámicas (en rojo), cálculo del ensemble de valores extremos de CI y DI (en azul) y generación de los mapas del visor (en verde).

4.2.1. Downscaling de las dinámicas

Para la utilización del Meta-modelo iOLE, es necesario previamente tener definidas todas las dinámicas de oleaje y nivel del mar al inicio de los perfiles del terreno donde se aplica dicho meta-modelo, que están definidas a la profundidad de cierre, cada aproximadamente 200 m a lo largo de la costa. Dichas posiciones suelen estar en profundidades intermedias (no en profundidades indefinidas), por lo que el oleaje sufre una serie de procesos de interacción con la batimetría costera a medida que el oleaje se propaga desde su generación en aguas abiertas hasta la costa. Dichos procesos de propagación son fundamentalmente refracción, difracción y asomeramiento, pues en la propagación hasta la profundidad de cierre no suele ser relevante los procesos de rotura del oleaje.

Por otro lado, las dinámicas de las proyecciones regionales de cambio climático de dinámicas marinas (Tarea 2 del presente contrato de servicios) están definidas en aguas abiertas a una resolución espacial de entre 0.08º y 0.1º (aproximadamente cada 10 km). Por lo que para su correcta utilización por el Meta-modelo iOLE, previamente es necesario propagar dichos oleajes desde aguas abiertas hasta el inicio de cada uno de los perfiles del terreno. En general, al aumento de resolución espacial y resolución de nuevos procesos asociados, se le denomina downscaling o regionalización. Por ello este bloque se denomina downscaling de dinámicas, haciendo referencia a ese aumento de resolución y resolución de procesos como la propagación del oleaje.

Las variables concretas de nivel del mar y oleaje que necesita el Meta-modelo iOLE son (ver bloques rojos en la Figura 16): la marea astronómica (MA), marea meteorológica (MM) y aumento del nivel medio del mar (ANMM), para definir el nivel del mar; y la altura de ola significativa (Hs) y Periodo de pico (Tp), para definir el oleaje. De todas ellas, la Hs es la más susceptible de tener cambios en el proceso de downscaling de las dinámicas, debido a los procesos de propagación arriba indicados. Tp se puede considerar que no cambia con la propagación. Las distintas componentes de nivel del mar se rigen por procesos que varían a una escala espacial mucho mayor que la distancia a realizar por el downscaling, por lo que se asume que las dinámicas de nivel del mar asociadas al nodo de las proyecciones más próximo a cada perfil son representativas del perfil considerado.

Para realizar el downscaling de Hs, se utiliza la técnica híbrida de downscaling desarrollado por Camus et al., 2011 que combina una técnica de selección de alta dimensionalidad (Max-Diss), con ejecución numérica de un número limitado de casos seleccionados para resolución de los procesos de propagación (modelo SWAN, Booij et al., 1999), con la interpolación y reconstrucción final de series de parámetros de oleaje mediante el algoritmo RBF. En dicha reconstrucción, como predictores o variables que rigen los procesos de propagación del oleaje, se identifica a los distintos parámetros de oleaje y viento (Hs, Tm02, Tp, DirM W10 y DirW) en aguas abiertas.

En la implementación de dicha técnica, para resolver el downscaling del oleaje, se parte de las ejecuciones numéricas ya realizadas en toda la costa española dentro del proyecto C3E, para generar la base de datos DOW (Camus et al., 2013). Por lo tanto, a partir de la base de datos del DOW, se definen los predictores de oleaje y viento asociados a cada nodo de inicio del perfil del terreno y se ajustan los parámetros de una RBF para determinar Hs en cada posición. Una vez ajustadas las cerca de 30000 RBFs, se aplica el algoritmo de reconstrucción utilizando como predictor las dinámicas de las

proyecciones regionales, lo que permite obtener las series de Hs en cada perfil del terreno de forma eficiente.

Cabe señalar que se generan más de 30000 series de Hs para todas las combinaciones de escenarios climáticos (RCPs), periodos de tiempos (t) y modelos climáticos (Modelos) del proyecto. La aplicación de dicha técnica estadística ha permitido resolver muy eficientemente el downscaling de oleaje en comparación con un downscaling dinámico o híbrido, que habría implicado ejecutar numéricamente miles de propagaciones a lo largo de toda la costa.

Finalmente, se ha verificado el correcto ajuste de todas las funciones RBF mediante la comparación directa de la reconstrucción estadística frente a la base de datos históricos del DOW. Adicionalmente, también se ha validado la reconstrucción estadística de las proyecciones en dos ubicaciones donde se ha realizado el downscaling híbrido con modelo numérico (los casos de aplicación de la Tarea 3 del presente contrato de servicios, un nodo con $h^*=5\text{m}$ en la costa del Maresme y otro con $h^*=2\text{m}$ en Castellón). Se ha validado que se obtienen errores inferiores al 20% (errores cuadráticos medios en el orden de los 15 y 20 cm), por lo que se consideran válidos para los objetivos concretos del presente estudio. Cabe señalar que discrepancias batimétricas pueden generar variaciones en Hs mucho mayores.

4.2.2. Cálculo del ensemble de valores extremos de Cota y Distancia de Inundación

Para el cálculo del ensemble de valores extremos de Cota y Distancia de Inundación (ver bloques azules en la Figura 16), inicialmente se aplica el Meta-modelo iOLE a todas las dinámicas resultado del downscaling realizado en el bloque anterior.

El Meta-modelo iOLE, tal y como se ha explicado en el apartado anterior, calcula los valores de cota y distancia de inundación asociados a los distintos periodos de retorno, definidos al inicio de cada perfil y referidos al nivel medio del mar en Alicante. La aplicación del meta-modelo conlleva las limitaciones e hipótesis explicadas anteriormente, fundamentalmente en cuando al uso de los perfiles del terreno originales y válidos para zonas directamente expuestas al oleaje y susceptibles de tener inundación costera (sin acantilados). Además, para la aplicación en este caso concreto, las distintas fórmulas de ajuste del I2% y Ru2% obtenidas, así como los del ajuste del régimen extremal, se utiliza la estima central de los resultados. Esto es debido a que se ha hecho un gran esfuerzo en identificar y caracterizar la incertidumbre del impacto del cambio climático y se ha considerado mejor no incorporar en este apartado la incertidumbre asociada al método de cálculo de los procesos de inundación.

Como resultado de la aplicación del Meta-modelo iOLE se obtiene el régimen extremal de cada una de las series de CI y DI. Con base en dichos ajustes se determinan los valores de CI y DI asociados a 4 periodos de retorno $Tr=10, 50, 100$ y 500 años (al igual que el atlas de TWL). Así, para cada perfil del terreno se obtienen los valores futuros de CI y DI para cada uno de los 4 periodos de retorno (CITr_fut y DITr_fut), escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (2 Periodos t) y modelos climáticos (5 Modelos); y también los valores de referencia de CI y DI para cada uno de los 4 periodos de retorno en el periodo histórico (CITr_ref y DITr_ref) y modelos climáticos (5 Modelos).

A partir de los valores de CI y DI asociados a cada periodo de retorno se calculan los incrementos relativos de los valores futuros con respecto a los valores del periodo de referencia histórico, en %, siguiendo las expresiones:

$$CITr\% = 100 \frac{CITr_{fut} - CITr_{ref}}{CITr_{ref}}$$

$$DITr\% = 100 \frac{DITr_{fut} - DITr_{ref}}{DITr_{ref}}$$

Un valor 0 indica que no hay cambio esperable en la inundación costera con respecto a la actualidad, los porcentajes positivos indican que aumentaría la cota o la distancia de inundación y los porcentajes negativos indican que disminuirían.

Posteriormente, para caracterizar la incertidumbre de las proyecciones, se calcula el ensemble de los distintos modelos de los incrementos relativos de inundación costera anteriores (CITr% y DITr%), calculando la media y la desviación típica de los mismos. Obteniendo, para cada posición en la costa, los valores de la media (mean CITr% y mean DITr%) y la desviación típica (std CITr% y std DITr%), para cada escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (2 Periodos t) y periodo de retorno (4 Tr).

Además del cálculo de los incrementos relativos, que estudia la variación en la magnitud del mismo por efecto del Cambio Climático, también se calcula otro parámetro para estudiar la incidencia del cambio climático en la frecuencia de los eventos extremos (al igual que en el Atlas de TWL), denominado Factor de Amplificación. El Factor de Amplificación es una variable adimensional que analiza el ratio de variación de la recurrencia de un evento extremo, es decir, el periodo de retorno actual de un evento extremo dividido entre el periodo de retorno que tendría dicho evento en el futuro. Para la cota y la distancia de inundación, el Factor de Amplificación adopta las siguientes expresiones, respectivamente:

$$TrCIFA = \frac{Tr_{ref}}{TrCI_{fut_{ref}}}$$

$$TrDIFA = \frac{Tr_{ref}}{TrDI_{fut_{ref}}}$$

Cabe señalar que como el periodo de retorno se calcula sobre la referencia de un periodo de tiempo anual, por definición $Tr \geq 1$ año. Esto implica que el Factor de Amplificación tiene acotado el rango de sus posibles valores hasta el valor del periodo de retorno actual, es decir $TrCIFA \leq Tr_{ref}$ $TrDIFA \leq Tr_{ref}$. Así, un valor del Factor de Amplificación igual a 1 indica que no hay cambio esperable en la frecuencia de ocurrencia de la inundación costera con respecto a la actualidad. Valores mayores que 1 implica que los eventos extremos son más frecuentes y valores menores que 1 implica que son menos frecuentes.

En las expresiones anteriores del Factor de Amplificación, para nuestro caso de estudio Tr_{ref} toma siempre los mismos valores $Tr_{ref} = Tr = 10, 50, 100$ y 500 años. Pero para definir dichos factores, es también necesario calcular $TrCI_{fut_{ref}}$ y $TrDI_{fut_{ref}}$, que son los valores de periodo de retorno en el futuro asociados a cada periodo de retorno del periodo de referencia. En la Figura 6 se muestra un croquis que muestra cómo se calcula $Tr_{fut_{ref}}$, a partir de Tr_{ref} y los ajustes de los regímenes

extremales, para un evento extremo determinado de TWL (TWLTr_ref), para CI y DI sería un procedimiento análogo. Únicamente hay que compatibilizar que el valor final de cada distancia de inundación sea el valor mínimo entre los obtenidos de la cota y distancia replanteados en cada perfil del terreno.

Posteriormente, al igual que para los incrementos relativos de CI y DI, se calculan los ensembles del Factor de Amplificación definido para los distintos modelos, calculando la media y la desviación típica de los mismos. Obteniendo, para cada perfil del terreno, los valores de media (mean TrCIFA y mean TrDIFA) y desviación típica (std TrCIFA y std TrDIFA), para cada escenario climático (2 RCPs), periodo de tiempo (2 Periodos t) y periodo de retorno (4 Tr).

Finalmente, también para los valores de referencia de CI y DI para cada uno de los 4 periodos de retorno en el periodo histórico (CITr_ref y DITr_ref) se calcula el ensemble multi-modelo (5 Modelos), obteniendo la media y desviación típica de los mismos.

4.2.3. Generación de los mapas del visor

Finalmente, para la generación de los mapas del visor (ver bloques verdes en la Figura 16) se agregan y representan espacialmente los valores de incremento relativo y Factor de Amplificación tanto de la Cota de Inundación como de la Distancia de Inundación, a lo largo del litoral español. Siguiendo esta metodología se definen un elevado número de mapas, asociados a los distintos parámetros de impacto de la inundación costera (incremento relativo y Factor de Amplificación), parámetros de inundación costera (Cota y Distancia de Inundación), estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica), escenario climático (RCP 4.5 y 8.8), periodo de tiempo futuro (Corto Plazo y Medio Plazo) y periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Lo que hace un total de $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 4 = 128$ mapas.

Además, (tal y cómo se destaca en verde en la Figura 16) también se presentan en el visor los mapas de CI y DI del periodo histórico de referencia (1985-2005), respecto del cual se evalúa los cambios del resto de variables. Los mapas del periodo de referencia presentan los valores asociados al ensemble de modelos climáticos evaluados (media y desviación típica) del periodo histórico (1985-2005) para cada periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Lo que hace un total de $2 \times 2 \times 4 = 16$ mapas.

Dichos mapas se organizan mediante un visor web que permite observar los resultados a la escala espacial de su generación (~200 m a lo largo de la línea de costa)

4.3. Resultados

Tal y como se ha explicado en el apartado anterior, para evaluar el impacto de la inundación costera (cota y distancia de inundación) se generan $128 + 16$ mapas. Todos estos resultados son accesibles a través de un visor web específico del proyecto, en el que están los mapas a escala nacional, aunque también se podrá identificar y visualizar toda la información por demarcación hidrográfica o provincia, a elección del usuario (ver Anejo III).

En el Anejo IV se presenta una serie de tablas con los valores del Incremento Relativo y Factor de Amplificación de la Cota y Distancia de Inundación, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Además se presentan los valores de Cota y Distancia de Inundación para el periodo histórico

de referencia. De todos ellos se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

En la Tabla 5 se desglosa el listado de mapas generado. Posteriormente, en este apartado se hará un resumen de los resultados a escala nacional y por demarcaciones hidrográficas.

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile
Cota de Inundación (media)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	CI_2005_Tr10
		Tr = 50 años	CI_2005_Tr50
		Tr = 100 años	CI_2005_Tr100
		Tr = 500 años	CI_2005_Tr500
Cota de Inundación (desviación típica)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	CI_std_2005_Tr10
		Tr = 50 años	CI_std_2005_Tr50
		Tr = 100 años	CI_std_2005_Tr100
		Tr = 500 años	CI_std_2005_Tr500
Distancia de Inundación (media)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	DI_2005_Tr10
		Tr = 50 años	DI_2005_Tr50
		Tr = 100 años	DI_2005_Tr100
		Tr = 500 años	DI_2005_Tr500
Distancia de Inundación (desviación típica)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	DI_std_2005_Tr10
		Tr = 50 años	DI_std_2005_Tr50
		Tr = 100 años	DI_std_2005_Tr100
		Tr = 500 años	DI_std_2005_Tr500
Incremento Cota de Inundación (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	CI_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	CI_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	CI_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	CI_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	CI_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	CI_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	CI_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	CI_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	CI_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	CI_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	CI_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	CI_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	CI_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	CI_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	CI_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	CI_85_2100_Tr500
Incremento Cota de Inundación (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	CI_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	CI_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	CI_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	CI_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	CI_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	CI_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	CI_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	CI_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	CI_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	CI_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	CI_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	CI_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	CI_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	CI_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	CI_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	CI_std_85_2100_Tr500

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile
Incremento Distancia de Inundación (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	DI_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	DI_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	DI_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	DI_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	DI_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	DI_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	DI_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	DI_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	DI_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	DI_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	DI_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	DI_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	DI_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	DI_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	DI_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	DI_85_2100_Tr500
Incremento Distancia de Inundación (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	DI_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	DI_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	DI_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	DI_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	DI_std_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	DI_std_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	DI_std_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	DI_std_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	DI_std_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	DI_std_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	DI_std_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	DI_std_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	DI_std_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	DI_std_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	DI_std_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	DI_std_85_2100_Tr500
Factor de Amplificación Tr Cota de Inundación (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrCI_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrCI_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrCI_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrCI_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrCI_45_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrCI_45_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrCI_45_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrCI_45_2100_Tr500
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrCI_85_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrCI_85_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrCI_85_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrCI_85_2045_Tr500
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrCI_85_2100_Tr10
		Tr = 50 años	TrCI_85_2100_Tr50
		Tr = 100 años	TrCI_85_2100_Tr100
		Tr = 500 años	TrCI_85_2100_Tr500
Factor de Amplificación Tr Cota de Inundación (desviación típica)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrCI_std_45_2045_Tr10
		Tr = 50 años	TrCI_std_45_2045_Tr50
		Tr = 100 años	TrCI_std_45_2045_Tr100
		Tr = 500 años	TrCI_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrCI_std_45_2100_Tr10
		Tr = 100 años	TrCI_std_45_2100_Tr100

Variable	Escenario y periodo	Tr	Shapefile	
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 500 años	TrCI_std_45_2100_Tr500	
		Tr = 10 años	TrCI_std_85_2045_Tr10	
		Tr = 50 años	TrCI_std_85_2045_Tr50	
		Tr = 100 años	TrCI_std_85_2045_Tr100	
		Tr = 500 años	TrCI_std_85_2045_Tr500	
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrCI_std_85_2100_Tr10	
		Tr = 50 años	TrCI_std_85_2100_Tr50	
		Tr = 100 años	TrCI_std_85_2100_Tr100	
		Tr = 500 años	TrCI_std_85_2100_Tr500	
	Factor de Amplificación Tr Distancia de Inundación (media)	RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrDI_45_2045_Tr10
			Tr = 50 años	TrDI_45_2045_Tr50
			Tr = 100 años	TrDI_45_2045_Tr100
Tr = 500 años			TrDI_45_2045_Tr500	
RCP4.5 2081-2100		Tr = 10 años	TrDI_45_2100_Tr10	
		Tr = 50 años	TrDI_45_2100_Tr50	
		Tr = 100 años	TrDI_45_2100_Tr100	
		Tr = 500 años	TrDI_45_2100_Tr500	
RCP8.5 2026-2045		Tr = 10 años	TrDI_85_2045_Tr10	
		Tr = 50 años	TrDI_85_2045_Tr50	
		Tr = 100 años	TrDI_85_2045_Tr100	
		Tr = 500 años	TrDI_85_2045_Tr500	
RCP8.5 2081-2100		Tr = 10 años	TrDI_85_2100_Tr10	
		Tr = 50 años	TrDI_85_2100_Tr50	
		Tr = 100 años	TrDI_85_2100_Tr100	
		Tr = 500 años	TrDI_85_2100_Tr500	
Factor de Amplificación Tr Distancia de Inundación (desviación típica)		RCP4.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrDI_std_45_2045_Tr10
			Tr = 50 años	TrDI_std_45_2045_Tr50
			Tr = 100 años	TrDI_std_45_2045_Tr100
			Tr = 500 años	TrDI_std_45_2045_Tr500
	RCP4.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrDI_std_45_2100_Tr10	
		Tr = 50 años	TrDI_std_45_2100_Tr50	
		Tr = 100 años	TrDI_std_45_2100_Tr100	
		Tr = 500 años	TrDI_std_45_2100_Tr500	
	RCP8.5 2026-2045	Tr = 10 años	TrDI_std_85_2045_Tr10	
		Tr = 50 años	TrDI_std_85_2045_Tr50	
		Tr = 100 años	TrDI_std_85_2045_Tr100	
		Tr = 500 años	TrDI_std_85_2045_Tr500	
	RCP8.5 2081-2100	Tr = 10 años	TrDI_std_85_2100_Tr10	
		Tr = 50 años	TrDI_std_85_2100_Tr50	
		Tr = 100 años	TrDI_std_85_2100_Tr100	
		Tr = 500 años	TrDI_std_85_2100_Tr500	

Tabla 5. Listado de los mapas de impactos de inundación costera (cota y distancia de inundación), presentes en el visor web.

De todos los mapas generados, a modo de ejemplo, se representan seguidamente una selección de los más representativos, todos ellos para $Tr=100$ años. En la Figura 17 se presenta el mapa de la media del ensemble de la cota de inundación (CI) del periodo histórico de referencia; y en la Figura 18 se presenta el mapa de la media del ensemble de la distancia de inundación (CI) del periodo histórico de referencia, ambos para $Tr=100$ años. En dichas figuras se presenta la inundación costera del periodo de referencia (1985-2005), en las que la cota de inundación evalúa la distancia en vertical, respecto al NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas y la distancia de inundación evalúa la distancia en horizontal, respecto a la línea costa del NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas.

En la Figura 17 puede observarse que la CI es mayor en el mar Cantábrico que en el mar Mediterráneo (al igual que TWL de la Figura 7) pues la Marea Astronómica es mayor. En la Figura 18 se observa que para el periodo de referencia histórico, a lo largo del litoral español, la DI es bastante inferior a 1000 m, salvo en algunas posiciones como el delta del Ebro, con lo que se verifica el adecuado uso de los perfiles del iOLE (de 1000 m de extensión) para en periodo histórico.

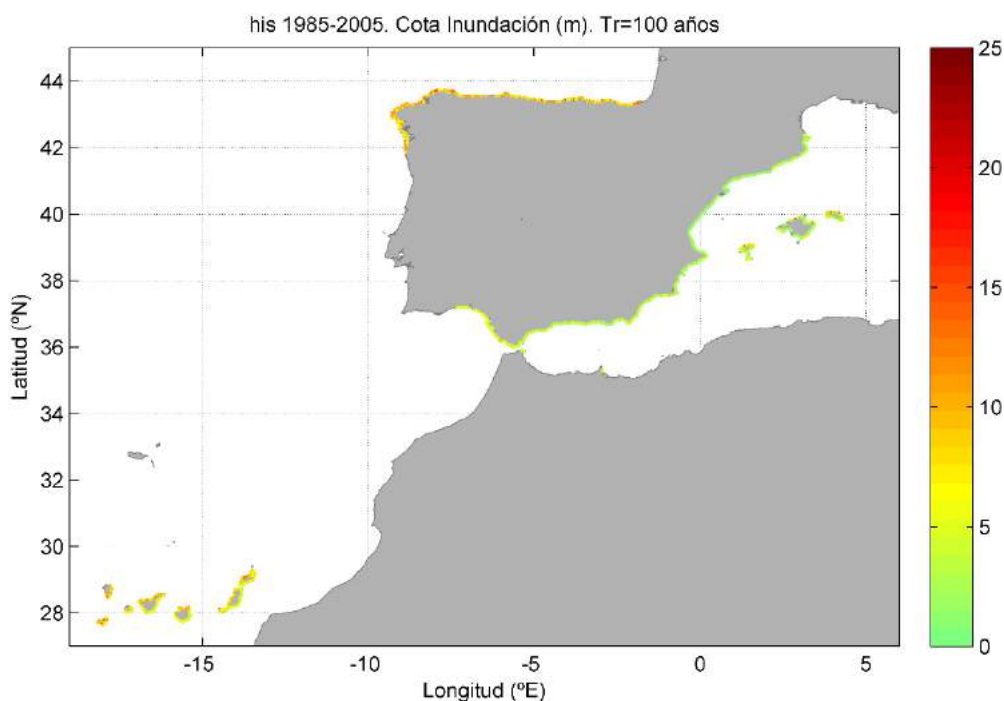


Figura 17. Mapa de Tr de la Cota de Inundación del periodo histórico de referencia (1985-2005), media del ensemble, para periodo de retorno 100 años. Metros en vertical sobre el nivel medio del mar en Alicante.

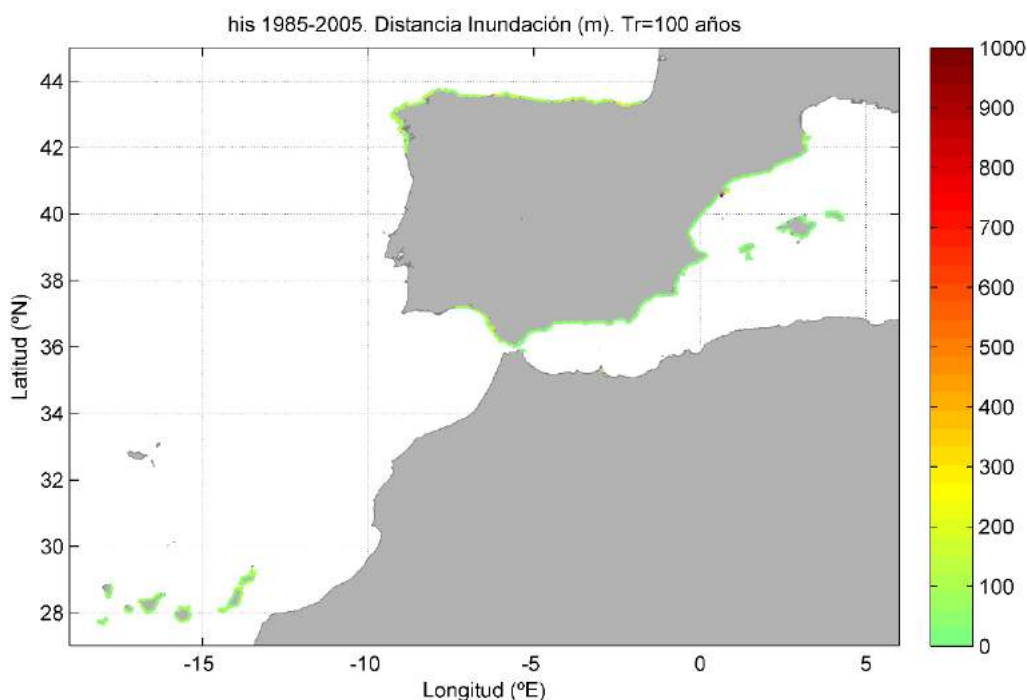


Figura 18. Mapa de Tr de la Distancia de Inundación del periodo histórico de referencia (1985-2005), media del ensemble, para periodo de retorno 100 años. Metros en horizontal desde la línea de costa del nivel medio del mar en Alicante.

A continuación se presentan varios mapas de incremento relativo de Cota de Inundación (ver Figura 19) y Distancia de Inundación (ver Figura 20). Ambas figuras para el valor medio del ensemble de modelos y $Tr=100$ años. En cada figura se presentan 4 paneles con las cuatro combinaciones posibles de escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5) y periodos futuros (Medio Plazo y Largo Plazo). En dichas figuras se puede observar, para el caso concreto de $Tr=100$ años que los incrementos relativos, tanto de cota como distancia de inundación son mayores en el Mediterráneo (pues la marea astronómica es menor en el Mediterráneo). Así mismo dichos valores de incremento relativo aumentan de forma más acusada para el periodo de largo plazo (2081-2100). Dichos resultados son acordes a los obtenidos en el atlas de TWL (ver Figura 8), aunque la magnitud de los impactos es mucho menor y más localizada, debido fundamentalmente a que se evalúan a una mayor resolución espacial (~ 200 m en lugar de los ~ 10 km del atlas) y teniendo en cuenta los procesos de propagación, rotura e inundación del oleaje en la costa.

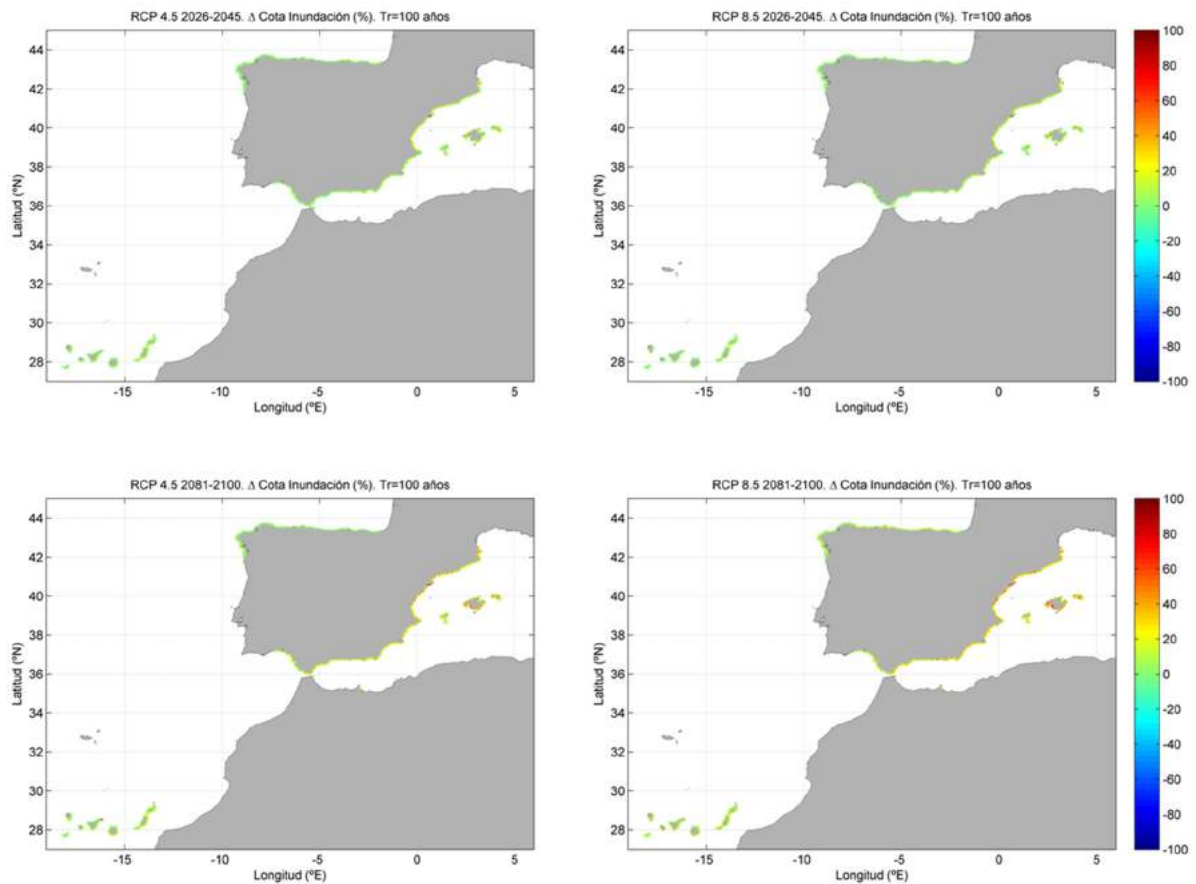


Figura 19. Mapas de incremento relativo de Cota de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

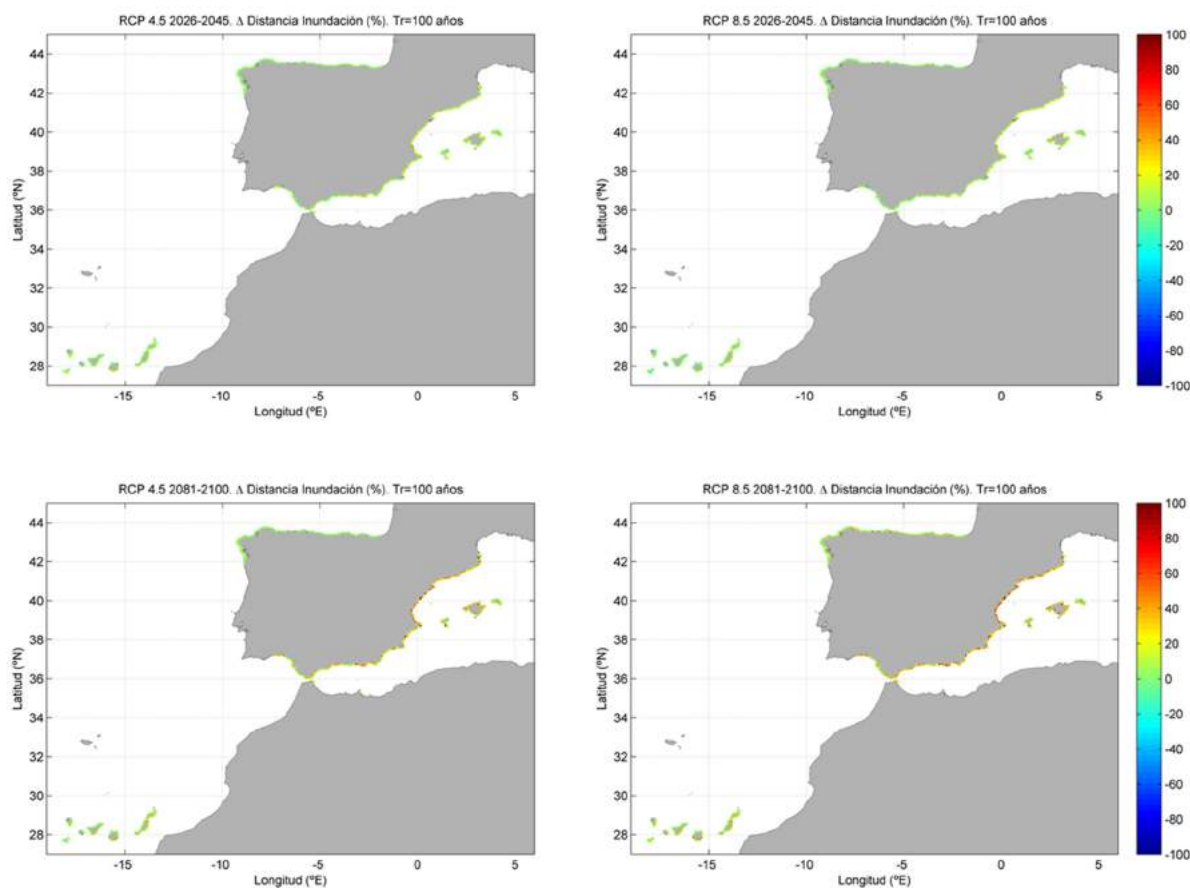


Figura 20. Mapas de incremento relativo de Distancia de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

También se presentan ejemplos de mapas del Factor de Amplificación de Tr de Cota de Inundación (ver Figura 21) y Distancia de Inundación (ver Figura 22). Ambas figuras para el valor medio del ensemble de modelos y Tr=100 años. En cada figura se presentan 4 paneles con las cuatro combinaciones posibles de escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5) y periodos futuros (Corto Plazo y Largo Plazo). En dichas figuras se puede observar, para el caso concreto de Tr=100 años que el Factor de Amplificación del periodo de retorno, tanto de cota como distancia de inundación, aumenta fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100) y en el Mediterráneo. Dichos resultados son acordes a los obtenidos en el atlas de TWL (ver Figura 10), aunque la magnitud de los impactos es menor y más localizada, debido fundamentalmente a que se evalúan a una mayor resolución espacial (~200 m en lugar de los ~10 km del atlas) y teniendo en cuenta los procesos de propagación, rotura e inundación del oleaje en la costa.

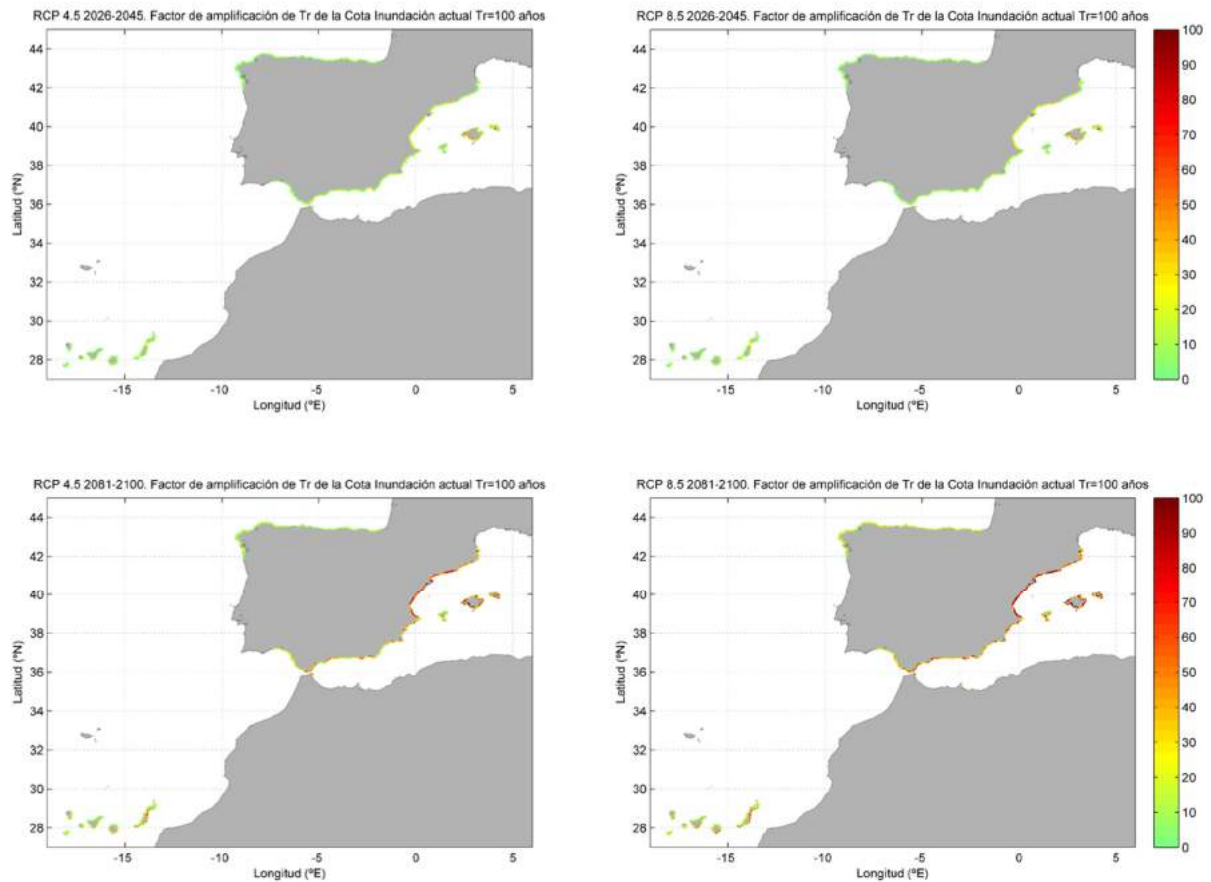


Figura 21. Mapas de Factor de Amplificación de Tr de la Cota de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

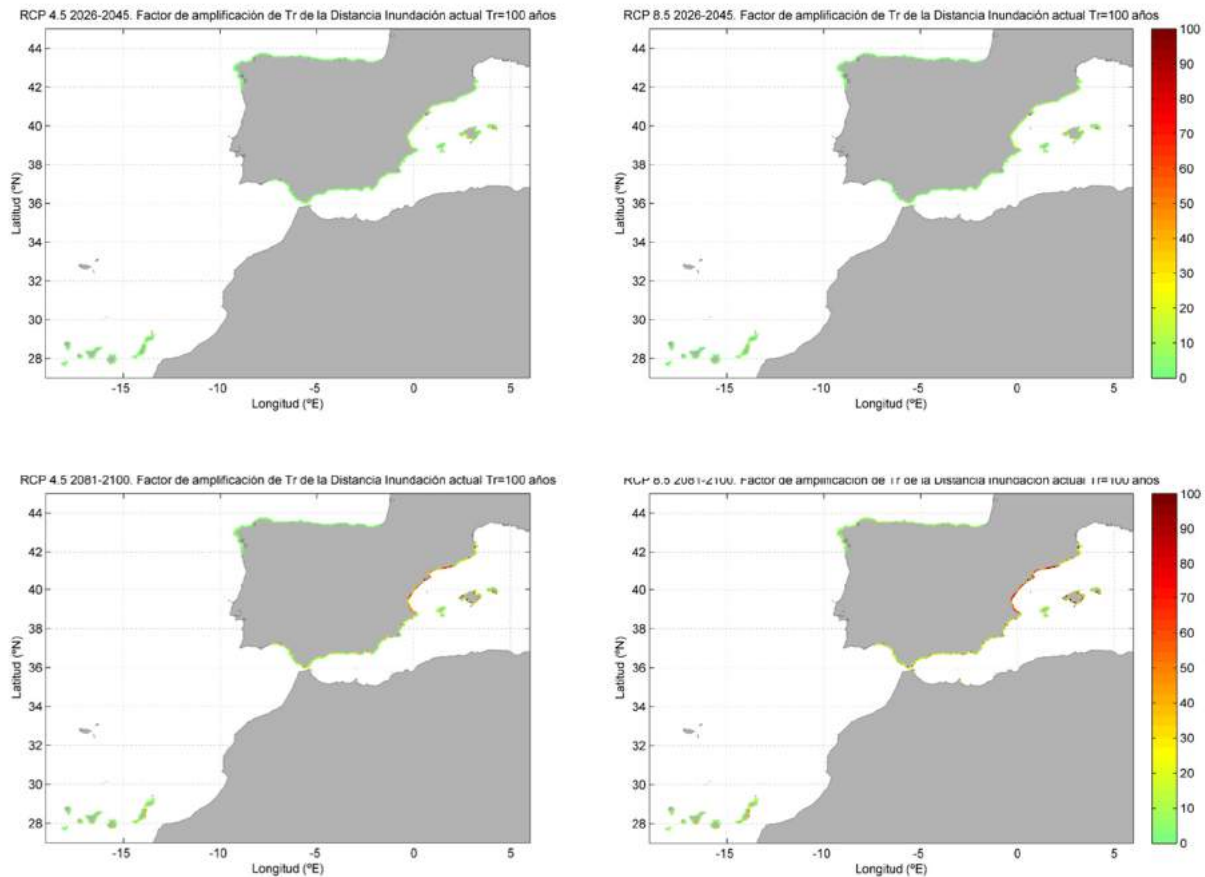


Figura 22. Mapas de Factor de Amplificación de Tr de la Distancia de Inundación, media del ensemble, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 4.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior izquierda). Escenario RCP 4.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior izquierda). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2026-2045 (panel superior derecha). Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100 (panel inferior derecha).

En la Figura 23 y la Figura 24 se muestran distintas zonas del mapa del Factor de Amplificación de Tr de la Distancia de Inundación, para $Tr=100$ años y ANMM del 50% Escenario Climático RCP 8.5 y Periodo 2081 – 2100, respectivamente el tramo costero entre los puertos de Castellón de la Plana y Sagunto, y la isla de Ibiza. Además, no sólo se presenta la media del ensemble de los modelos climáticos (como en la Figura 22), sino también la desviación típica de los ensembles. Ambas zonas tienen morfologías costeras muy distintas: el tramo costero entre Castellón y Sagunto presenta largos tramos costeros con bajas cotas y con playas abiertas; la isla de Ibiza es en su mayor parte acantilada, con pequeñas playas encajadas entre ellos.

En la Figura 23 hay amplias zonas costeras con valores de la media del ensemble del Factor de Amplificación del orden de 100, lo que implica que eventos de inundación que en la actualidad tienen un periodo de retorno 100 años, en el periodo 2081 – 2100, para el Escenario Climático RCP 8.5 tendrán un periodo de retorno anual. Dichas zonas no presentan mucha variabilidad de resultados entre modelos climáticos (desviaciones típicas entre 10 y 20), lo que implica que dichas predicciones de recurrencia en las distancias de inundación son bastante robustas para dicho escenario climático.

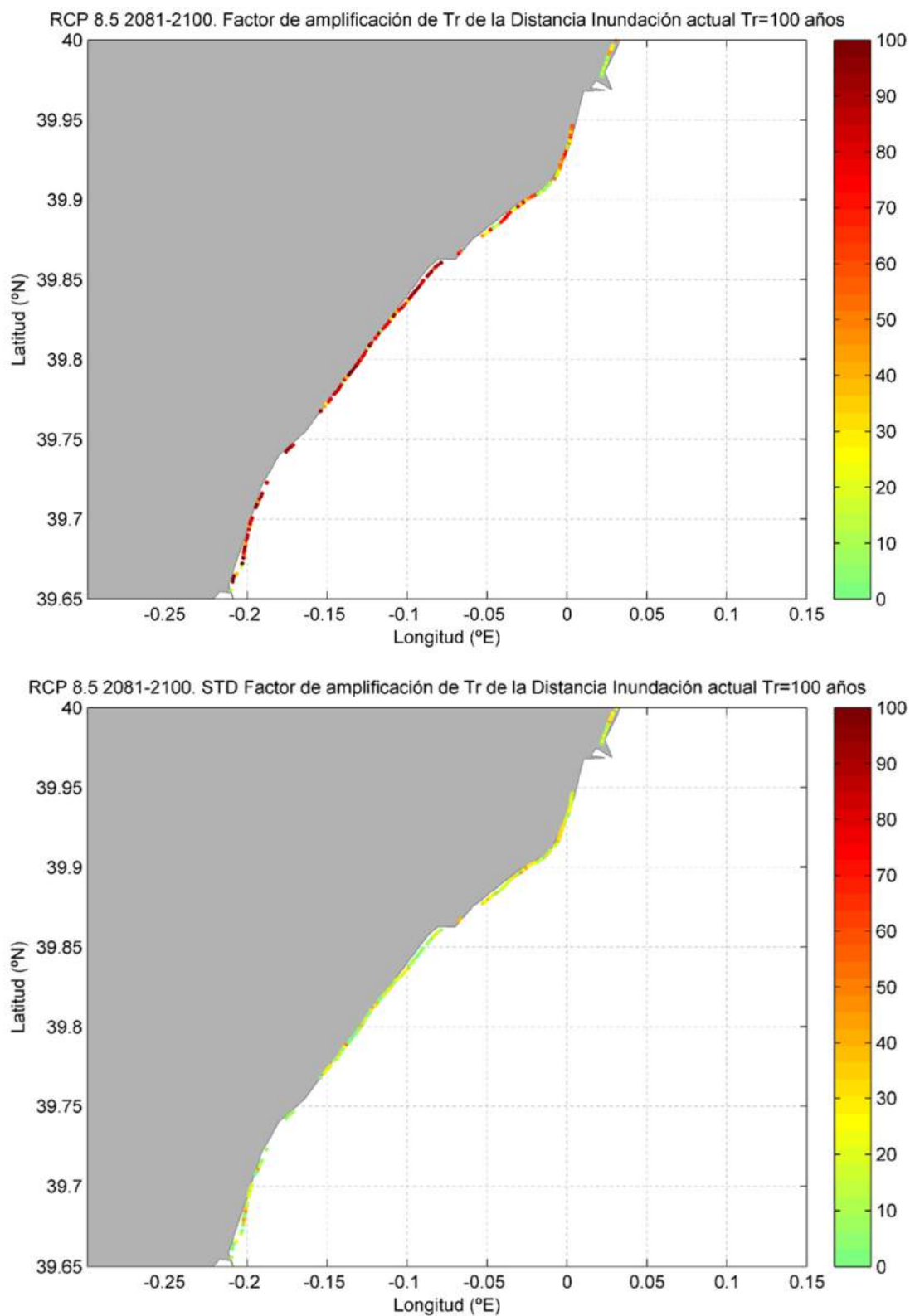


Figura 23. Mapas de Factor de Amplificación de T_r de la Distancia de Inundación en el tramo costero entre los puertos de Castellón de la Plana y Sagunto, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100. Media del ensemble (panel superior). Desviación típica del ensemble (panel inferior).

En la Figura 24 se puede comprobar que sólo se presentan resultados en tramos costeros de playas encajadas o calas de suficiente dimensión (del orden de 200 m), entre las zonas acantiladas donde no se generan resultados. En dichas playas, los resultados de tanto la media como la desviación típica del Factor de Amplificación varían en función de la geomtría de cada una. Por ejemplo, en las playas más grandes (al sur de la isla) se tienen valores espacialmente más costantes, con Factores de Amplificación para la Distancia de Inundación del orden de 50 para la media y valores del orden de 25 para la desviación típica. Estos valores implican que eventos de inundación que en la actualidad tienen un periodo de retorno 100 años, en el periodo 2081 – 2100, para el Escenario Climático RCP 8.5 tendrán un periodo de retorno del orden de 2 años, siendo dichas predicciones de recurrencia en las distancias de inundación son bastante robustas para dicho escenario climático.

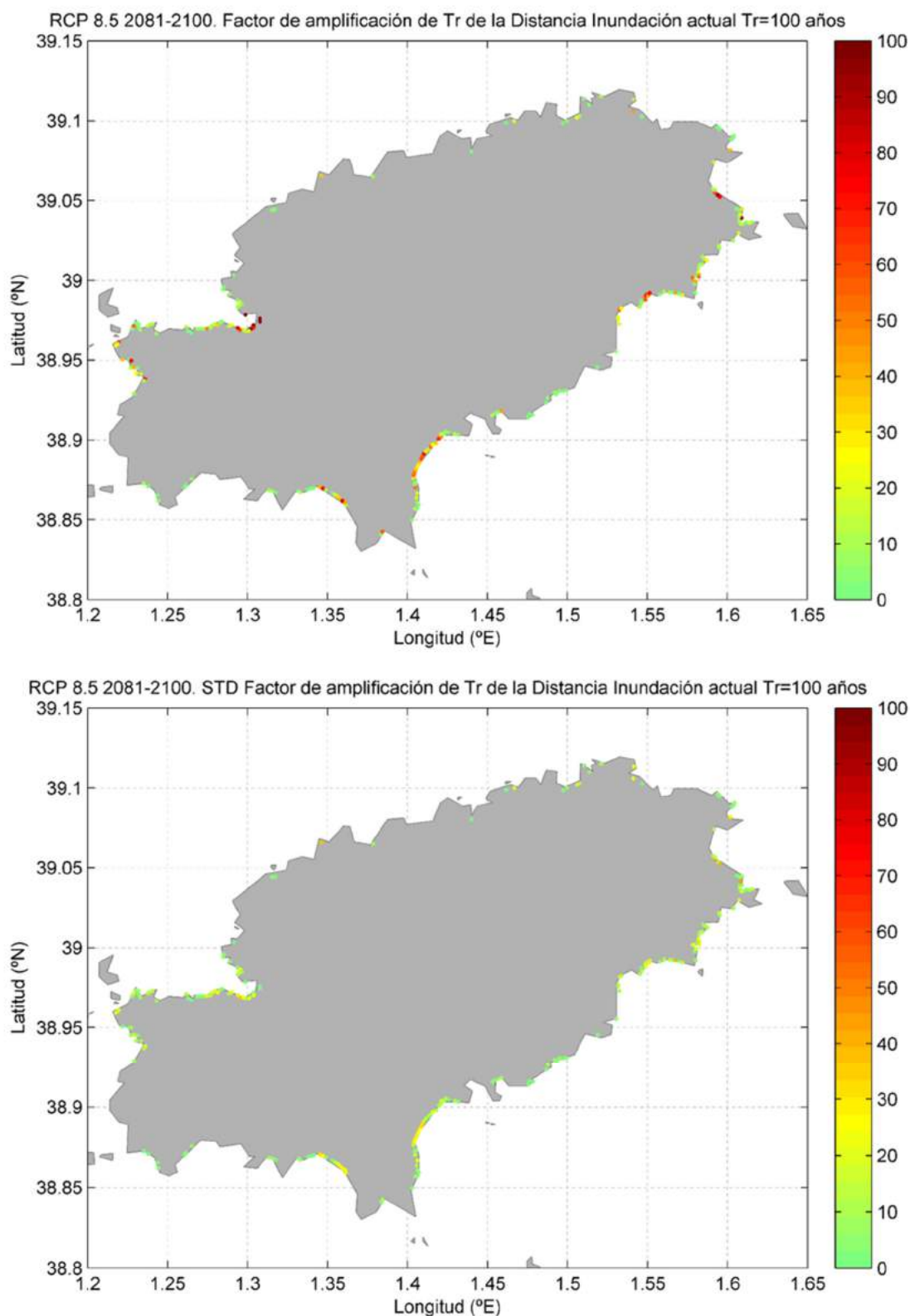


Figura 24. Mapas de Factor de Amplificación de T_r de la Distancia de Inundación en la isla de Ibiza, para periodo de retorno 100 años y ANMM del percentil 50%. Escenario RCP 8.5 y Periodo 2081-2100. Media del ensemble (panel superior).
Desviación típica del ensemble (panel inferior).

Finalmente, como se puede observar en las figuras anteriores, la representación de los mapas de resultados a escala nacional no permite ver la precisión con la que se han obtenido los resultados de los mapas, que agregan la información de perfiles cada aproximadamente 200 m. Es por ello que se ha considerado imprescindible elaborar un visor web de dichos resultados para poder visualizar todos los resultados obtenidos por demarcaciones hidrográficas o provincias, permitiendo gestionar los resultados concretos en cada zona.

4.3.1. Resumen a escala nacional

Tras la generación de todos los resultados de cota y distancia de inundación (accesibles a través del visor web, ver Anejo III), no se puede resumir los valores concretos que se han obtenido a escala nacional, debido a la altísima variabilidad de resultados de los mapas a lo largo de los distintos tramos costeros, pues dependen de la geometría de los perfiles cada 200 m, pero se puede resumir una serie de conclusiones generales tras la evaluación de los valores específicos detallados en las tablas del Anejo IV:

- Los incrementos relativos de Cota y Distancia de Inundación son mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico, en todos los casos, pues la marea astronómica es menor en el Mediterráneo. Los incrementos relativos aumentan para el periodo de largo plazo (2081-2100) y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno (fundamentalmente para $T_r=500$ años). Las diferencias entre los resultados de los dos Escenarios Climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son en general muy importantes. Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incrementos relativos, aumentan, en general, en función del periodo de retorno.
- Los Factores de Amplificación de Cota y Distancia de Inundación tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Los resultados son similares para los distintos escenarios climáticos evaluados. Los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100) y para el Mediterráneo. Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de Factores de Amplificación, aumentan, en general, en función del periodo de retorno.

4.3.2. Resumen por demarcaciones hidrográficas

Finalmente, se resume todos los resultados de cota y distancia de inundación (accesibles a través del visor web, ver Anejo III), para cada demarcación hidrográfica, cuyos valores específicos se detallan en las tablas del Anejo IV.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores

- valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 40% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 50% para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 50% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 50% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 290% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 65%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 105% y el 285%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
 - Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 95 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 40 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 325 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 210 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 170, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 125, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 40% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 50% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 70% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 80% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 70% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 160% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 80%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 80% y el 135%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 105 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 40 para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 290 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 7 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 195 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 205, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 170, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 70% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 600% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 80% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 130% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 55%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 55% y el 130%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 125 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 80 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 405 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 320 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 195, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 185, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 35% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 55% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 35% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente

incrementos del 25% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 60%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 45% y el 275%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr . Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 3 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 55 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 2 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 20 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 5 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 160 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 70 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 115, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 95, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Guadiana

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el $Tr=10$ años

- del RCP4.5, hasta del orden del 25% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 20% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 60% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 50% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 45% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 235% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 55%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 45% y el 145%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
 - Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr . Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 3 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 50 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 50 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 7 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 225 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 6 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 180 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 170, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 175, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.

Demarcación Hidrográfica del Tinto-Odiel-Piedras

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 40% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 20% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 55% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 85% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 135% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 60%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 40% y el 160%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 80 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 25 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 6 para

el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 260 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 190 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 145, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 135, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.

Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 50% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 80% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 50% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 165% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 16% y el 60%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 30% y el 85%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).

- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 95 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 55 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 390 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 7 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 285 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 185, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 140, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de la Guadalete-Barbate

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 75% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 95% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 35% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 100% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 140% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 240% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 60%, respectivamente para los periodos de retorno

Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 65% y el 140%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 195 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 150 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 500 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 490 para el Tr=500 años del RCP8.5. Los mayores valores son aproximadamente los valores de Tr.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 185, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 160, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas de Andalucía

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 65% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 125% para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 45% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 115% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 145% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 290% para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 75%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 65% y el 180%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 7 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 185 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 70 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 495 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 440 para el Tr=500 años del RCP8.5. Los mayores valores son aproximadamente los valores de Tr.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 215, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 195, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica del Segura

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 65% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 60% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 160% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 55% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 140% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 145% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 310% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 100%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 55% y el 230%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 210 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 90 para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 485 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 410 para el Tr=500 años del RCP8.5. Los mayores valores son aproximadamente los valores de Tr.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 220, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 260, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica del Júcar

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 75% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 100% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 135% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 80% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 165% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 225% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 335% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 95%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 85% y el 205%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 205 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 105 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 500 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 495 para el Tr=500 años del RCP8.5. Los mayores valores son aproximadamente los valores de Tr.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 240, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 250, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Ebro

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 65% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 80% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 205% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 100% para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 115% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 155% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 275% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 405% para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 90%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 50% y el 110%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 180 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 100 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores coinciden con los valores de Tr.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 220, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 265, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica del Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 75% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 80% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 150% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 70% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 130% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 170% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 425% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 90%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 80% y el 180%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 215 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 105 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores coinciden con los valores de Tr.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 225, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 235, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 85% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 80% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 85% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 90% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 150% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 210% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 260% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 95%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 60% y el 160%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr . Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 350 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por

otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 215 para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores coinciden con los valores de Tr.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 235, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 245, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Ceuta

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 85% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI son del orden del 20%.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 45% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 75% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 55% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 85%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 45%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).

- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 150 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 55 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 440 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 7 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 370 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 2 y 175, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 135, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Parte española de la Demarcación Hidrográfica Melilla

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Las diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son, en general, muy importantes, aunque siempre son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 20% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 60% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 55% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 150% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 65% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 240% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 785% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 75%, respectivamente para los periodos de retorno

Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 155% y el 355%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 8 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 310 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 210 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 495 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 490 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 240, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 240, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de Lanzarote

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 12% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 45% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 60% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 70% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde

aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 110% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 85% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 150% para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 15% y el 75%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 95% y el 115%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 180 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 60 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 460 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 300 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 210, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 190, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.

- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 15% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 75% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 90% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 230% para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 35% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 90% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 250% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 350% para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 16% y el 85%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 75% y el 110%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 7 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 220 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 160 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 500 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 460 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 240, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10

y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 230, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de Gran Canaria

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 18% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 70% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 75% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 155% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 125% para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan hasta incrementos del orden del 450%.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 16% y el 85%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 110% y el 185%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr . Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 6 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 200 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 4 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 120 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la

Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 500 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 460 para el Tr=500 años del RCP8.5.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 220, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 210, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de Tenerife

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 17% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 50% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 35% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 70% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 105% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 85% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 140% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 17% y el 85%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 65% y el 130%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).

- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 6 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 170 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 120 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 500 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 380 para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 220, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 200, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de La Gomera

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 10% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 35% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 65% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 80% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 150% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 95% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 100% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 19% y el 185%, respectivamente para los periodos de retorno

Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 150% y el 200%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 400 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 90 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores son aproximadamente los valores de Tr.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 190, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 140, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de La Palma

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 11% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 85% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 30% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 35% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 135% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan

desde aproximadamente incrementos del 70% para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden del 135% para el $Tr=500$ años del RCP8.5.

- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 20% y el 105%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 50% y el 160%, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.
- Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr . Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 7 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 220 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 4 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 70 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 10 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 500 para el $Tr=500$ años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 8 para el $Tr=10$ años del RCP4.5, hasta del orden de 220 para el $Tr=500$ años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 170, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 3 y 210, respectivamente para los periodos de retorno $Tr=10$ y 500 años.

Demarcación Hidrográfica de El Hierro

- Los Incrementos Relativos de Cota y Distancia de Inundación, aumentan fundamentalmente para el periodo de largo plazo (2081-2100), y también a medida que aumenta el valor de periodo de retorno. Existen diferencias entre los resultados de los dos escenarios climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) y en general, son mayores los de RCP 8.5.
 - Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 9% para el $Tr=10$ años del

- RCP4.5, hasta del orden del 30% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 95% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 120% para el Tr=500 años del RCP8.5.
- Los valores de incremento relativo máximos de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son en general mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente incrementos del 25% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 90% para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente incrementos del 85% para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden del 300% para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de CI y DI, tienen valores y patrones de variación similares, aumentando, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 35% y el 145%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre el 175% y el 350%, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.
 - Los Factores de Amplificación de CI y DI tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, aunque en general no se alcanzan dichos valores. Para los distintos escenarios climáticos evaluados (RCP 4.5 y 8.5), los resultados de FA tienen poca variación, aunque en general son mayores los de RCP 8.5. Las mayores diferencias se presentan fundamentalmente en función del periodo futuro analizado (2026-2045 ó 2081-2100), los mayores valores se observan para el periodo de largo plazo (2081-2100).
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el medio plazo (2026-2045), tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica, y en general son inferiores a los valores de Tr. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 4 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 120 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 3 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 50 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Los mayores valores de FA de CI y DI, para el largo plazo (2081-2100), son bastante mayores que los del medio plazo y también tienen una altísima variabilidad a lo largo de la Demarcación Hidrográfica. Los mayores valores para CI oscilan desde aproximadamente valores de 9 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 360 para el Tr=500 años del RCP8.5. Por otro lado, los mayores valores para DI oscilan desde aproximadamente 5 para el Tr=10 años del RCP4.5, hasta del orden de 170 para el Tr=500 años del RCP8.5.
 - Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de CI y DI aumentan, en general, en función del periodo de retorno. Para CI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 5 y 220, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años; para DI se presentan valores de hasta aproximadamente entre 4 y 180, respectivamente para los periodos de retorno Tr=10 y 500 años.

5. MODIFICACIÓN DE LOS MAPAS DE INUNDACIÓN EXISTENTES

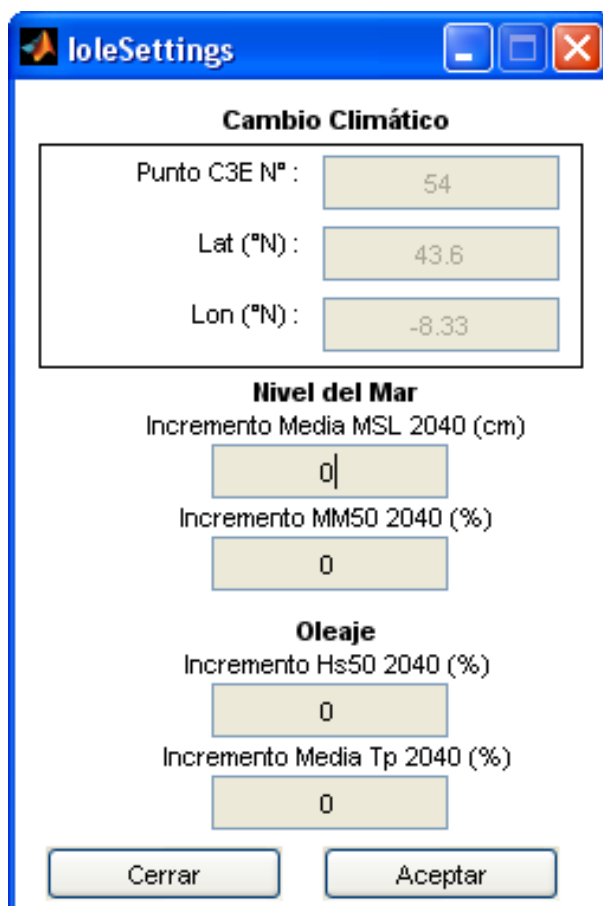
Tal y como se establece en la Directiva de Inundaciones, las posibles repercusiones del cambio climático en la inundación se tomarán en consideración en las revisiones de las distintas fases de implementación de la Directiva de Inundaciones y sus distintos ciclos de aplicación.

A partir de los resultados obtenidos en los capítulos anteriores (Capítulo 3: Atlas de Nivel del Mar Compuesto y Capítulo 4: Evaluación de la Cota y Distancia de Inundación) y su visualización y cuantificación por demarcaciones hidrográficas, se considera ya se ha tenido en cuenta la repercusión del cambio climático en la inundación costera en España, pues está perfectamente cuantificada respecto al periodo histórico de referencia.

Se han generado mapas de incremento relativo (índice que cuantifica la incidencia del cambio climático en la magnitud de los eventos extremos de inundación) y Factor de Amplificación (índice que cuantifica la incidencia del cambio climático en la frecuencia de los eventos extremos de inundación) del nivel del mar compuesto, cota de inundación y distancia de inundación, a lo largo de todo el litoral español. Para cada uno de ellos se han definido mapas para distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodo de tiempo futuro (Corto Plazo y Largo Plazo), estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica del multi-modelo), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (Percentiles del 95, 50 y 5%) y periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Lo que permite obtener una amplia visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos.

Además, por si fuese necesario o de interés generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera en algún tramo costero para el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, a continuación se explica la metodología concreta para generarlos, teniendo en cuenta las bases de datos generadas en la Tarea 2 del presente contrato de servicios (ver capítulo 2).

En este caso sería necesario aplicar la “Metodología para estimar la influencia del cambio climático en la extensión previsible de la inundación” definida en el proyecto iOLE y que puede ser desarrollada a partir del uso de la herramienta iOLE.exe (uso con Cambio Climático, ver www.iole.ihcantabria.com). En la Figura 25 se presenta un ejemplo de la interfaz donde deben introducirse los valores de los cambios (respecto al periodo actual) en las dinámicas por cambio climático en un punto determinado: aumento del nivel medio del mar e incrementos relativos de oleaje y marea meteorológica.



The screenshot shows a software window titled "ioleSettings" with a blue title bar. The window is divided into three main sections: "Cambio Climático", "Nivel del Mar", and "Oleaje". Each section contains input fields for various parameters. At the bottom, there are two buttons: "Cerrar" and "Aceptar".

Section	Parameter	Value
Cambio Climático	Punto C3E N°	54
	Lat (°N)	43.6
	Lon (°N)	-8.33
Nivel del Mar	Incremento Media MSL 2040 (cm)	0
	Incremento MM50 2040 (%)	0
	Incremento Hs50 2040 (%)	0
Oleaje	Incremento Media Tp 2040 (%)	0

Figura 25. Parámetros a introducir en el software iole.exe para incorporar los efectos del cambio climático.

Como puede observarse, en la figura anterior se indica que se introduzcan ciertos parámetros asociados al proyecto C3E, pero en ese punto se puede introducir los valores actualizados del presente contrato de servicios y calcular la extensión de la inundación en cada perfil de la zona de estudio.

En concreto se debería introducir los siguientes valores del punto más cercano de las bases de datos de partida, para el escenario climático, modelo climático, periodo, etc. que se quiera evaluar:

- Aumento del Nivel Medio del Mar (ANMM) en centímetros (Incremento Media MSL).
- Incremento relativo de la Marea Meteorológica (MM) de periodo de retorno 50 años, en % (Incremento MM50).
- Incremento relativo de la altura de ola significativa (Hs) de periodo de retorno 50 años, en % (Incremento Hs50).
- Incremento relativo del periodo de pico (Tp) medio, en % (Incremento Media Tp).

Finalmente con los valores obtenidos de extensión de la inundación que genera el software, se dibujarían los mapas de inundación según la metodología descrita en el proyecto iOLE (ver apartado de Generación de los mapas de inundación en el Anexo I).

6. CONCLUSIONES

En el presente documento se ha descrito la metodología y resultados obtenidos en la Tarea 4 del contrato de servicios “Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española”, financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), cuyo objetivo general es desarrollar las actualizaciones necesarias en la información generada durante el primer ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, para que en el presente segundo ciclo de aplicación de la misma se cumplan las obligaciones impuestas por la Unión Europea en cuanto a la incorporación del impacto del cambio climático en lo que a inundación costera se refiere.

Dicho objetivo general se ha resuelto haciendo uso de las nuevas bases de datos de proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas, para estimar el impacto en la inundación costera tomando como base las metodologías y herramientas desarrolladas en el proyecto iOLE (“Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera” <http://www.iole.ihcantabria.com/>, financiado por MAGRAMA y realizado por IHCantabria). Una de las tareas fundamentales de este trabajo ha sido adaptar la metodología original del iOLE para emplear dichas nuevas bases de datos en lugar de las originalmente utilizadas, desarrolladas en el proyecto C3E (“Cambio Climático en la Costa Española”, financiado por MAGRAMA, coordinado por la Oficina Española de Cambio Climático y ejecutado por IHCantabria). De esta forma se ha revisado el impacto del cambio climático en la inundación costera a lo largo de los perfiles topo-batimétricos generados en el proyecto iOLE que, cada aproximadamente 200 m, recorren todo el litoral español.

Dicha metodología ha permitido comparar el régimen extremal de inundación proyectado con el histórico, en cada perfil, acotando la incertidumbre en la determinación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España. Para ello se han utilizado distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodos de tiempo (1985-2005, 2026-2045, 2081-2100), modelos climáticos, función distribución de ANMM (aumento del nivel medio del mar) y periodos de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Cabe señalar que la Directiva de Inundaciones establece caracterizar al menos los periodos de retorno de 100 y 500 años. Este amplísimo escenario de alternativas estudiadas ha permitido obtener una profunda visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se han organizado en dos escalas espaciales. Primeramente, con base a los resultados obtenidos directamente en las proyecciones regionales de cambio climático de variables marinas (resolución espacial de aproximadamente 10 km) se ha generado un atlas con la distribución del nivel del mar compuesto (TWL) a lo largo de la costa española para los distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos establecidos (Capítulo 2). La definición de TWL utilizada, incorpora únicamente las componentes de nivel del mar respecto al nivel medio del mar local, es decir la suma de la marea astronómica, marea meteorológica y ANMM, sin la contribución del oleaje. Los resultados de dicho atlas permiten caracterizar de forma general el impacto del cambio climático en toda España, y de forma particular, dichos resultados son totalmente válidos en zonas dónde el oleaje no tiene relevancia (por ejemplo, en el interior de rías o estuarios, o al abrigo de infraestructuras portuarias).

Posteriormente, en el Capítulo 4, se ha evaluado la inundación costera a la escala de los 200 m, mediante el uso de los perfiles topo-batimétricos del iOLE, lo que ha permitido evaluar todos los procesos de inundación bidimensionales debidos a la acción conjunta del nivel del mar y el oleaje a lo largo de la línea de costa directamente expuesta a la acción del oleaje (sin analizar puertos, ni el interior de rías, estuarios, etc.). Es necesario aclarar que no se evalúa el impacto en acantilados, pues se considera que no se ven afectados por la inundación costera. La evaluación de la inundación costera a esta escala también se ha realizado para los distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos establecidos. La inundación costera se ha caracterizado por medio de la cota de inundación (CI, distancia en vertical, respecto al NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas) y la distancia de inundación (DI, distancia en horizontal, respecto a la línea costa del NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno del 2% de las olas). Cabe señalar que los procesos de inundación costera se han resuelto mediante el modelo numérico IH2VOF (<http://www.ih2vof.ihcantabria.com/>), que es uno de los más avanzados en su clase, debido fundamentalmente a su versatilidad, robustez y su extensa validación para reproducir la hidrodinámica en la zona de rompientes. Asimismo, la gran cantidad de información utilizada se ha administrado eficientemente mediante técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus et al., 2011).

La metodología desarrollada para el cálculo del impacto del cambio climático en la cota y distancia de inundación costera, se basa en la metodología original del iOLE, y comparte el mismo planteamiento e hipótesis simplificadoras. Una de las mayores hipótesis realizadas reside en el hecho de considerar la inundación costera bidimensional y resolverla a través de perfiles transversales del terreno orientados según la dirección de incidencia del oleaje (dirección del flujo medio de energía de temporales de oleaje). Como el cambio climático afecta, entre otros, a la dirección del oleaje, distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos podrían incidir en la redefinición de los perfiles del terreno utilizados. Dicho aspecto concreto ha sido evaluado y acotado, considerándose que la aproximación de utilizar los mismos perfiles de iOLE, para los distintos escenarios, horizontes y modelos climáticos, es adecuada para cumplir con los objetivos del estudio. Por otro lado, los perfiles del iOLE tienen una extensión máxima emergida de 1000 m, por lo que los perfiles en los que la inundación supere dicho valor, no se obtendrán resultados ni de cota, ni de distancia de inundación.

Todos los resultados obtenidos, tanto los del atlas del nivel del mar compuesto (Capítulo 3), como los de la evaluación de la cota y distancia de inundación (Capítulo 4) se organizan en mapas de cambios respecto al periodo histórico de referencia, calculando la media y la desviación típica del ensemble de los distintos modelos climáticos evaluados; aunque también se representan los valores del periodo histórico de referencia. Los mapas de cambios respecto al periodo histórico de referencia se generan de forma adimensional, permitiendo caracterizar la incidencia del cambio climático en la magnitud de los eventos extremos de inundación, mediante los mapas de incremento relativo (%) y también permitiendo caracterizar la incidencia del cambio climático en la frecuencia de ocurrencia de los eventos extremos de inundación, mediante los mapas de Factor de Amplificación del periodo de retorno (SROCC, 2019).

La ingente cantidad de mapas generados a escala nacional (192 + 8 mapas en el Capítulo 3 y 128 + 16 mapas en el Capítulo 4), complica la gestión y observación de los resultados a la escala espacial de su generación (hasta ~200 m a lo largo de la línea de costa). Por ello, todos los mapas se han hecho accesibles a través de un visor web específico del proyecto (descrito en el Anejo III), en el que se muestran los mapas a escala nacional, pero también se puede identificar y visualizar toda la información por demarcación hidrográfica o provincia, a elección del usuario, permitiendo gestionar los resultados concretos en cada zona.

En el visor se organizan todos los mapas de las variables del periodo de referencia, los de incremento relativo y los de Factor de Amplificación del nivel del mar compuesto, cota de inundación y distancia de inundación, a lo largo de todo el litoral español. Para los mapas de cambios respecto al periodo histórico de referencia se presentan los resultados para distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5), periodo de tiempo futuro (2026-2045 y 2081-2100), estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica del multi-modelo), parámetro estadístico de la distribución de ANMM (Percentiles del 95, 50 y 5%) y periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años). Todo ello permite obtener una amplia visión de la repercusión del cambio climático en la inundación costera, estudiando las distintas escalas espaciales (~10 km, ~200 m), variables de impacto de la inundación costera (TWL, CI y DI) y prestando especial hincapié en la cuantificación de la incertidumbre del Cambio Climático en los resultados obtenidos.

Adicionalmente, en el Anejo IV se presentan una serie de tablas con los valores del Incremento Relativo y Factor de Amplificación de TWL, CI y DI, para los distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. También se presentan los valores de TWL, CI y DI para el periodo histórico de referencia. De todos ellos se evalúa la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

En cuanto a los resultados obtenidos, se presentan tanto a escala nacional, como por demarcaciones hidrográficas y provincias. Cabe señalar que las distintas variables de impacto han generado mapas coherentes entre si, por lo que ante la posible falta de resultados de CI o DI en una zona específica, siempre se puede recurrir a los de TWL. Los valores de TWL en general son algo mayores que los de CI y DI, y éstos últimos menores y más localizados, ya que se evalúan a una mayor resolución espacial y teniendo en cuenta los procesos de propagación, rotura e inundación del oleaje en la costa. Todos ellos (TWL, CI y DI) presentan incrementos relativos mayores en el Mediterráneo que en el Atlántico, pues la marea astronómica es menor en el Mediterráneo. Los incrementos relativos aumentan en función del ANMM y para el periodo de largo plazo (2081-2100). Las diferencias entre los resultados de los dos Escenarios Climáticos estudiados (RCP 4.5 y 8.5) no son en general significativas. Los Factores de Amplificación tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan, lo que implica que los periodo de retorno futuros descendiende hasta tener una recurrencia anual.

Como los resultados obtenidos de cota y distancia de inundación, debido a su altísima variabilidad espacial, no permite resumir los valores concretos que se han obtenido en los mapas del visor, se resumen únicamente los resultados del atlas de TWL:

- Los valores de incremento relativo máximos de TWL en el Mediterráneo, para el medio plazo (2026-2045), tienen valores bastante homogéneos a lo largo de la cuenca mediterránea para los periodos de retorno $Tr=10$ y 50 años, estando más zonificados los valores máximos para el periodo de retorno $Tr=500$ años. Dichos valores máximos oscilan desde aproximadamente incrementos del 40% para el RCP 4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 70% para el RCP 8.5 y ANMM=95%.
- Los valores de incremento relativo máximos de TWL, para el largo plazo (2081-2100) son mayores que los del medio plazo. En el Cantábrico se llegan a valores del orden del 30%, y hasta el 60% en las Canarias, ambos para el RCP 8.5 y ANMM=95%. En las Baleares, para la mayoría de casos analizados, se supera el 100% de incrementos relativos de TWL para los distintos Tr . Para la cuenca Mediterránea los valores máximos son aún mayores y varían en función del periodo de retorno analizado, disminuyendo los valores a medida que aumenta Tr ; así, por ejemplo, $Tr=10$ años, presenta valores máximos de incremento relativo de TWL en el Mediterráneo desde el 130% para el RCP 4.5 y ANMM=5%, hasta del orden del 230% para el RCP 8.5 y ANMM=95%; en cambio para $Tr=500$ años, dichos valores máximos serían, respectivamente, del 60% y 150%.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de incremento relativo de TWL, para todos los casos, tienen valores y patrones de variación similares. Presentan siempre valores inferiores al 10% en el Atlántico; en cambio, en el Mediterráneo presentan valores más elevados, llegando a valores máximos desde el 20% hasta el 70%, respectivamente para los periodos de retorno desde $Tr=10$ años hasta $Tr=500$ años.
- Los Factores de Amplificación de TWL tienen valores máximos aproximadamente iguales a los periodos de retorno que se evalúan. Para los distintos ANMM y para los distintos escenarios climáticos evaluados, los resultados de FA son similares. Las mayores diferencias se presentan en función del periodo futuro analizado (2026-2045, 2081-2100), para la península Ibérica y las islas Baleares. En el archipiélago Canario los valores de Factor de Amplificación siempre coinciden con el periodo de retorno ($FA=Tr$) y sus desviaciones típicas son muy pequeñas, lo que indica que de forma bastante robusta, el periodo de retorno futuro en la mayoría de casos desciende hasta 1 año.
 - Los valores máximos de FA de TWL en el la península Ibérica y las islas Baleares, para el medio plazo (2026-2045), son del orden de Tr . Los valores mínimos oscilan en función del periodo de retorno, para $Tr=10$ años los mínimos se producen en el Cantábrico y son del orden de 5; para $Tr=50$ y 100 años los mínimos se encuentran entre 5 y 1 en el Cantábrico y en el Mediterráneo; y para $Tr=500$ años, existen valores incluso inferiores a 1 en el Mediterráneo.

- Los valores máximos de FA de TWL en el la península Ibérica y las islas Baleares, para el largo plazo (2081-2100), también son del orden de Tr. Los valores mínimos tan solo se reducen en el Mediterráneo para Tr=500 años.
- Las desviaciones típicas de los distintos ensembles de modelos climáticos de FA de TWL, para la península Ibérica y las islas Baleares presentan siempre valores muy pequeños, sólo aumentan ligeramente cuando el FA es inferior a Tr.

Finalmente, en el Capítulo 5 se explica la metodología para generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera, por si fuese necesario o de interés en algún tramo costero. Aplicando dicha metodología se podrían actualizar dichos mapas para el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones, teniendo en cuenta las bases de datos generadas en la Tarea 2 del presente contrato de servicios. Aunque se considera que con toda la información que contiene el visor web del proyecto, se ha tenido en cuenta la repercusión del cambio climático en la inundación costera en España (tal y como expresa la Directiva de Inundaciones), pues el impacto del cambio climático en la inundación costera está perfectamente cuantificada respecto al periodo histórico de referencia. Lo que implica la no necesidad de generar nuevos mapas de peligrosidad de la inundación costera para el segundo ciclo de aplicación de la Directiva de Inundaciones.

REFERENCIAS

- Booij, N., R.C. Ris, L.H. Holthuijsen (1999). A third-generation wave model for coastal regions. Part I: model description and validation. *Journal of Geophysical Research*, 104 (C4), 7649-7666.
- Camus, P., Mendez, F., Medina, R. (2011a). A hybrid efficient method to downscale wave climate to coastal areas. *Coastal Engineering* 58, pp 851-861.
- Camus, P., Mendez, F., Medina, R., Cofiño, A. (2011b). Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate. *Coastal Engineering* 58, pp 453-452.
- Camus P., Mendez F.J., Medina R., Tomas A., Izaguirre C., 2013: "High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas". *Coastal Engineering*, 72, 56-68.
- Cid, A., Castanedo, S., Abascal, A. J., Menéndez, M., Medina, R. 2014. "A high resolution hindcast of the meteorological sea level component for Southern Europe: the GOS dataset". *Climate Dynamics*. doi:10.1007/s00382-013-2041-0
- Clarke, L., J. Edmonds, H. Jacoby, H. Pitcher, J. Reilly, R. Richels, 2007. Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, 7 DC., USA, 154 pp.
- Déqué, M., Rowell, D. P., Lüthi, D., Giorgi, F., Christensen, J.H., Rockel, B., Jacob, D., Kjellström, E., de Castro, M. and van den Hurk, B., 2007. An intercomparison of regional climate simulations for Europe: assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change*, 81, 53-70. Michelangeli et al., 2009
- GIOC, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (2000). Documento Temático. Vol. 1. Regeneración de Playas. Universidad de Cantabria.
- Holman, R.A., 1986: "Extreme Value Statistics for Wave Runup on a Natural Beach". *Coastal Engineering*, 9:6, 527-544.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. Available: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/> 2.
- Nielsen, P.; Hanslow, D.J., 1991. "Wave runup distributions on natural beaches". *Journal of Coastal Research*, 7:4, 1139-1152.
- Losada, I.J., Izaguirre, C., Díaz-Simal, P., 2014. *Cambio Climático en la Costa Española*. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 133 pg. ISBN: 978-84-491- 1403-8.

- Riahi, K. Gruebler, A. and Nakicenovic N.: 2007. Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change* 74, 7, 887-935.
- SROCC, 2019: Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].
- Stockdon, H.F.; Holman, R.A.; Howd, P.A.; Sallenger, A.H., 2006: "Empirical parameterization of setup, swash, and runup", *Coastal Engineering*, 53, 573-588.
- Tolman, H.L., Alleviating the Garden Sprinkler effect in wind wave models, *Ocean Model.* 4 (2002) 269–289. [http://dx.doi.org/10.1016/S1463-5003\(02\)00004-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1463-5003(02)00004-5).
- Tomás, A., Méndez, F.J., Medina, R., Jaime, F.F., Higuera, P., Lara, J.L., Ortiz, M.D. and Álvarez de Eulate, M.F. (2015), A methodology to estimate wave-induced coastal flooding hazard maps in Spain. *Journal of Flood Risk Management*. doi: 10.1111/jfr3.12198
- Torres-Freyermuth, A.; Losada, I.J.; Lara, J.L., 2007. "Modeling of surf zone processes on a natural beach using Reynolds-Averaged Navier-Stokes equations", *Journal of Geophysical Research. Oceans*. AGU. (American Geophysical Union), 112, C09014. doi: 10.1029/2006JC004050
- Wise, MA, KV Calvin, AM Thomson, LE Clarke, B Bond-Lamberty, RD Sands, SJ Smith, AC Janetos, JA Edmonds. 2009. Implications of Limiting CO2 Concentrations for Land Use and Energy. *Science*. 324:1183-1186. May 29, 2009.

ANEJO I: RESUMEN DE LA METODOLOGÍA IOLE

Tradicionalmente, los procesos de inundación costera se han caracterizado mediante el uso de formulaciones semi-empíricas que parametrizan el valor del run-up en playas a partir de la observación de éste en playa reales, como las de Stockdon et al. (2006) o las de Nielsen et al. (1991). Estas formulaciones tienden a simplificar en exceso la física del problema usando únicamente la energía de oleaje fuera de la zona de rompientes sin considerar aspectos como la forma del perfil de playa o la pendiente de ésta.

Por este motivo, entre otros, en el proyecto iOLE se utilizaron modelos numéricos en lugar de fórmulas semi-empíricas, para resolver los procesos de inundación costera. En concreto se utiliza el modelo IH2VOF (ver Anejo II), que se enmarca dentro de la familia de los modelos bidimensionales que resuelven las ecuaciones completas de Navier–Stokes. Es uno de los más avanzados en su clase y se considera como el más adecuado para el estudio de la hidrodinámica de la zona de rompientes y de swash. Uno de los aspectos más importantes que justifican su uso es el hecho de que no requiere de hipótesis simplificativas para la determinación de la teoría de ondas a usar o para la caracterización del tipo de rotura o de su localización a lo largo de la playa. Además su exhaustiva validación a partir de ensayos de laboratorio, centradas en los procesos no lineales de transformación del oleaje en la zona de rompientes, reducen la incertidumbre en su uso. En contrapartida, el coste computacional es relativamente elevado, lo que condiciona la cantidad de simulaciones a realizar.

Debido al uso de un modelo de alto coste computacional y por la gran cantidad de información utilizada en el proyecto, se utilizaron técnicas estadísticas de clasificación y selección de variables de alta dimensionalidad (Camus et al., 2011), para elegir el número óptimo de estados de mar y perfiles del terreno representativos de todo el litoral español, a ser simulados numéricamente con el modelo IH2VOF.

Así, la metodología desarrollada en el proyecto iOLE simplifica estadísticamente el problema del cálculo de la inundación costera a lo largo de todas las costas españolas, de forma que se resuelve eficientemente y con suficiente precisión para la escala de trabajo del proyecto.

Esta metodología general, en una primera aproximación, se inunda todo el litoral únicamente con la dinámica nivel del mar, sin oleaje (Fase 1ª). Con esta aproximación se tienen resultados válidos en las zonas donde el oleaje no tiene relevancia (interior de rías y estuarios o al abrigo de infraestructuras exteriores). Tras esta primera aproximación, se corrigen las zonas del litoral donde el oleaje incide directamente, es decir, en la línea de costa propiamente dicha que no está al abrigo del oleaje (Fase 2ª). En esta segunda aproximación se trazan perfiles del terreno cada 200 m para resolver numéricamente, con el modelo IH2VOF, la inundación, perfil a perfil, incorporando el efecto combinado del oleaje y nivel del mar.

La metodología de la Fase 1ª del iOLE obtiene resultados análogos a los presentados en el Capítulo 3 (sin oleaje), por lo que a continuación se desarrolla únicamente la explicación de la metodología de la Fase 2ª del iOLE (ver Figura 26, con oleaje y nivel del mar). En ella, el modelo numérico IH2VOF se aplica en perfiles del terreno tomados a lo largo del litoral español (con la información topobatemétrica descrita en el Apartado 2.3. Batimetría, Topografía y Nivel de Referencia). Para ello se obtienen perfiles del terreno a lo largo de la línea de costa expuesta directamente al oleaje, sin entrar

en rías, estuarios, interior de puertos, etc. (pues estas zonas han sido correctamente calculadas en la Fase 1ª). Los perfiles reales del terreno se simulan numéricamente mediante el uso del modelo IH2VOF, resolviendo la hidrodinámica en la zona de rompientes debida a la interacción y rotura del oleaje y nivel del mar con la batimetría (Torres-Freyermuth et al., 2007). Una vez resuelto el ascenso – descenso del oleaje en la playa, se asume, para cada estado de mar, que la zona inundada del perfil es la que es alcanzada por más del 2% de las olas. Éste es un valor usual para este tipo de trabajos (Holman, 1986). Una vez calculadas las distancias máximas hasta donde llega la inundación en cada perfil, se corrigen las zonas expuestas al oleaje en los mapas de inundación calculados en la Fase 1ª de la metodología general. A continuación, se explican los distintos pasos en los que se organiza la metodología de la Fase 2ª, más detalles se pueden encontrar en Tomás et al, 2015 o en <http://www.iole.ihcantabria.com/>

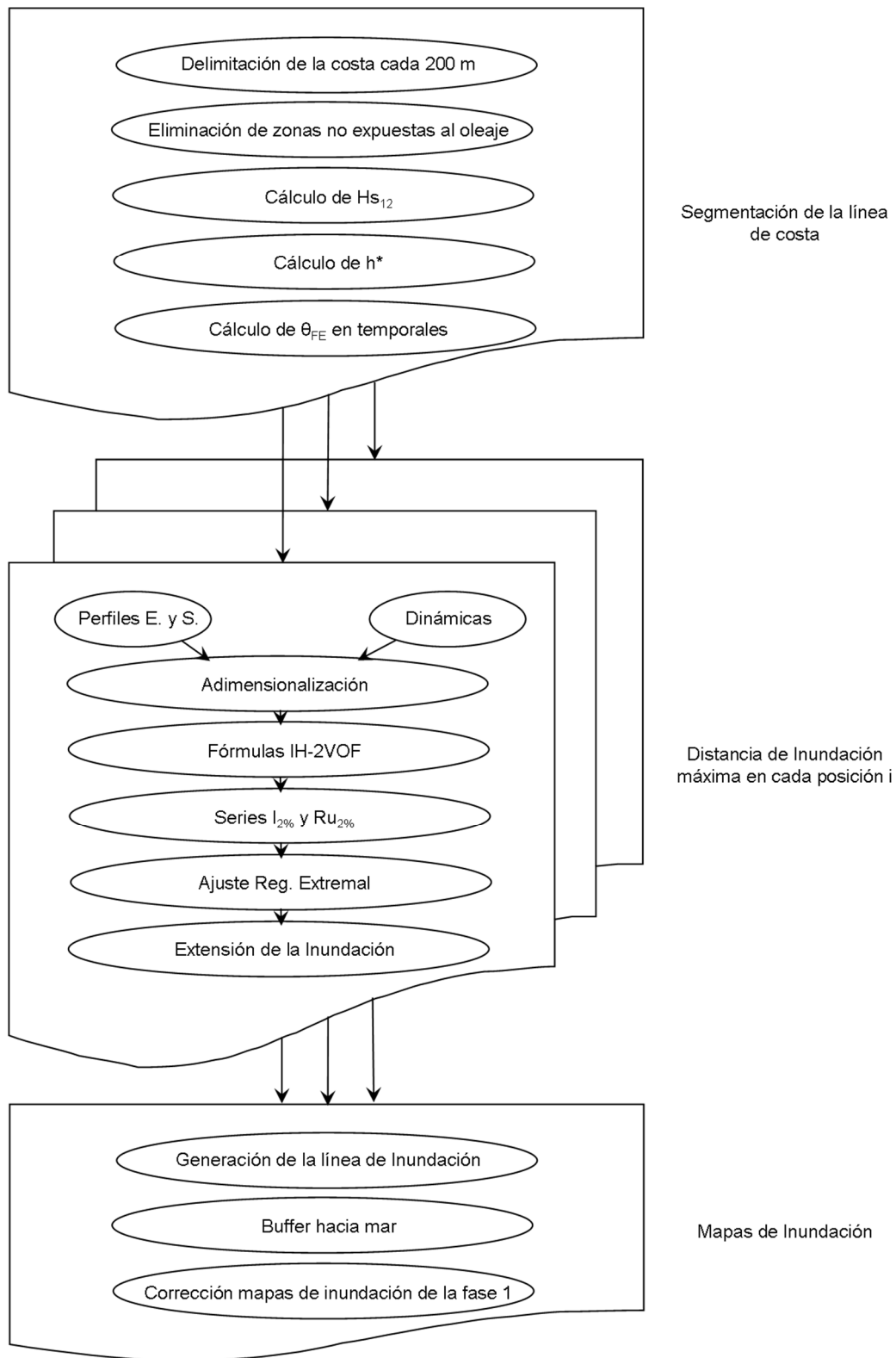


Figura 26. Esquema de la aplicación de la metodología con nivel del mar y oleaje.

Segmentación de la línea de costa

En este primer paso de la metodología se define como línea de costa aquella que tiene cota 0 respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante. Dicha línea de costa ha sido segmentada en puntos cada aproximadamente 200 m. Esta resolución espacial está condicionada por la resolución espacial de las base de datos de oleaje (DOW, Camus et al., 2013), pero es suficiente para representar correctamente el comportamiento de la inundación por oleaje a lo largo del litoral español.

Posteriormente, se eliminan los puntos de dicha segmentación de la línea de costa al abrigo del oleaje exterior, es decir los que están en el interior de rías, estuarios, bahías, etc. o al abrigo de infraestructuras portuarias.

Después se define, para cada punto, varios parámetros o características del oleaje asociados a dicha posición. Estos parámetros sirven para definir el perfil del terreno correspondiente a cada punto. Uno de los parámetros que se calcula para cada punto es la dirección del flujo medio de energía de los temporales en el inicio del perfil (θ_{FE}). Ésta es la dirección predominante con la que los temporales inundan la costa, por lo que los perfiles del terreno se cortarán siguiendo esa dirección; de esta forma se simula bidimensionalmente los procesos de inundación lo más correctamente posible. Se asume que la posición del inicio de cada perfil tiene la profundidad de cierre definida para playas (h^*). Para el cálculo tanto de θ_{FE} como de h^* se utiliza la altura de ola significativa que es superada 12 horas al año (Hs_{12}). Se asume $h^* = 1.57 \times Hs_{12}$ (GIOC, 2000).

Corte de los perfiles del terreno

Una vez realizada la segmentación de la línea de costa, con la que se determina el inicio y la dirección de cada perfil, se procede a realizar los cortes del Modelo Digital del Terreno (MDT) para calcular el "Perfil Emergido" o topográfico (~1000 m de longitud). El "Perfil Sumergido" o batimétrico se define usando el perfil teórico de Dean (1991) desde la profundidad de cierre (h^*). En la Figura 27 se puede ver un esquema de los elementos con los que se determina el perfil emergido y el perfil sumergido. De esta forma se obtiene una transición coherente y suave entre ambos.

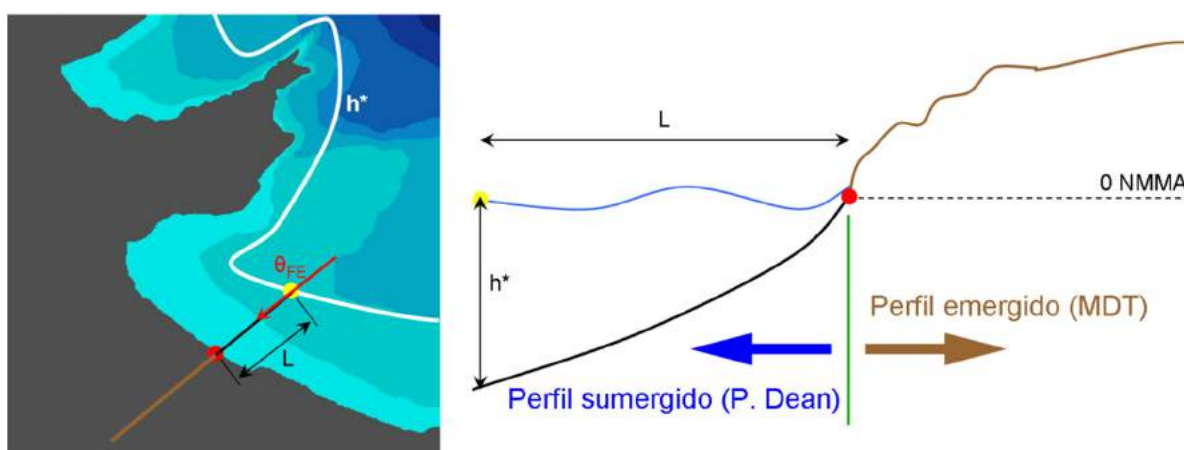


Figura 27. Esquema para determinar el perfil emergido y sumergido.

Siguiendo este procedimiento, se determinan todos los perfiles del terreno, (Emergidos y Sumergidos) a lo largo del litoral español (ver ejemplo en la Figura 12). En total se obtienen unos 30000 perfiles.

Definición de las dinámicas en cada perfil

Como se ha expuesto anteriormente, del proyecto C3E se tienen unas bases de datos de oleaje y nivel del mar a lo largo de todo el litoral español con una resolución espacial de al menos 200 m. Por lo que en el punto de inicio de cada perfil se puede extraer las series horarias de más de 60 años de nivel del mar compuesta por la marea meteorológica (GOS, Global Ocean Surge, Cid et al., 2014) y marea astronómica (GOT, Global Ocean Tide) y oleaje (altura de ola significativa y periodo de pico) del downscaling de oleaje DOW (Downscaled Ocean Waves, Camus et al, 2013).

Dichas series de datos son válidas para el periodo histórico, desde 1948 hasta 2008. Y su principal característica es que, aunque han sido generadas numéricamente, se ha aplicado un exhaustivo proceso de validación y/o corrección con información instrumental (boyas, mareógrafos y satélites), verificándose la excelente calidad de las mismas.

Cálculo de las series de Ru2% e I2% en cada perfil

El cálculo de la inundación en cada perfil se realiza a través de simulaciones numéricas con el modelo IH2VOF. A lo largo del litoral español se han obtenido del orden de 30000 perfiles, por lo tanto, la simulación de todos los temporales en cada perfil conllevaría ejecutar numéricamente un número de estados de mar inviable, por el tiempo de cómputo que ello supondría.

Para solucionar este problema, se ha desarrollado un novedoso método de clasificación con el que se selecciona un número factible de ejecuciones (del orden de 1000) que sean representativas del total. Para ello se utilizan algoritmos de selección y clasificación para variables de alta dimensionalidad (Camus et al. 2011).

Previamente a la clasificación, se incorpora la información de la dinámica actuante de cada estado de mar horario (Hs, Tp y Nivel) en la geometría real de cada perfil, de forma que se definen unos “perfiles adimensionales” para cada temporal y para cada posición de cada perfil. Con esta adimensionalización se busca tener en cuenta que distintas combinaciones de oleajes actuando sobre diferentes perfiles, pueden tener un mismo run-up o inundación.

En la Figura 28 se presenta la clasificación de los perfiles adimensionales basada en la técnica k-means. Con ello se define un número de perfiles adimensionalizados (~ 100 clústeres) representativos de todos los perfiles y eventos extremos a lo largo de la costa española, con distintas pendientes, dunas, arrecifes, etc., por ejemplo el clúster N°119 representa una duna.

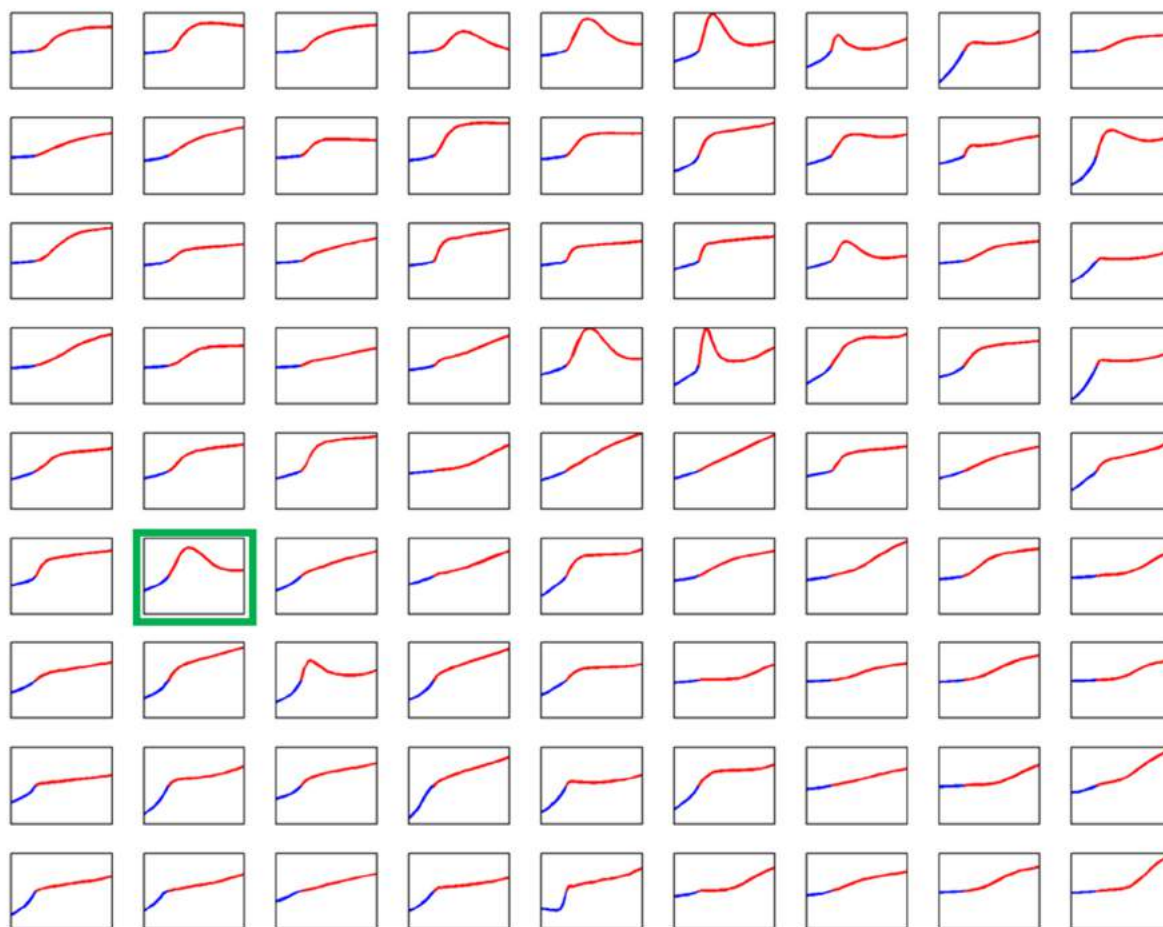


Figura 28. Clasificación k-means de perfiles adimensionalizados, sólo se muestran los centroides de los 81 clústeres más representativos. Perfil emergido en rojo y perfil sumergido en azul. El clúster N°119 está marcado en verde.

Es importante señalar que los clústeres representados en la figura anterior representan los centroides de los perfiles adimensionales más representativos, ya que cada centriode es una simplificación de la geometría real (en la Figura 29 se representa la banda de confianza del 95 % de todos los perfiles a los que le corresponde el clúster N°119). Por ello, de cada uno de los clústeres seleccionados se ejecutan con el modelo IH2VOF al menos los 10 casos reales más distintos entre sí (seleccionados con la técnica Max-Diss).

Una vez seleccionados los estados de mar y los perfiles a simular con el modelo numérico IH2VOF se ejecutan y se obtiene el remonte o Run-Up asociado al 2% de las olas (Ru2%) y también el alcance de la inundación asociado al 2% de las olas (I2%). Posteriormente, se agrupan los resultados de Ru2% y de I2% de cada "clúster" o tipo de perfil adimensional y finalmente se ajustan leyes o fórmulas que rijan el comportamiento del Ru2% y el I2% en cada clúster (ver ejemplo de ajuste en la Figura 29 para el clúster N°119).

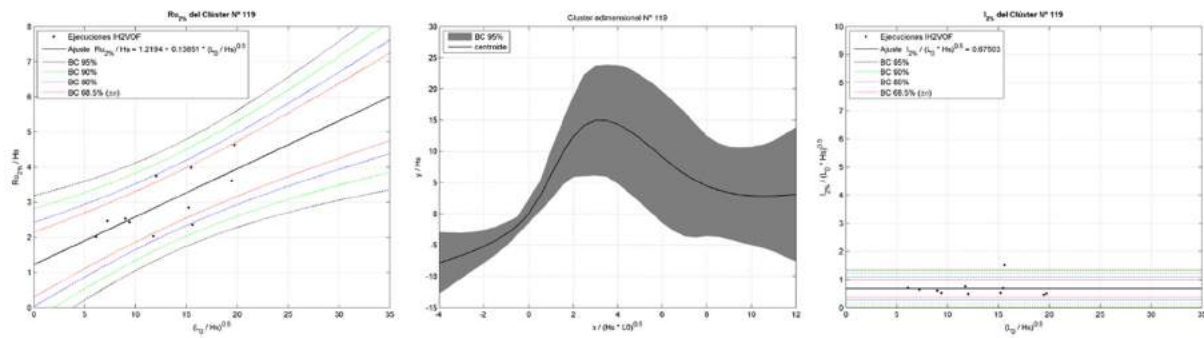


Figura 29. Fórmula del alcance horizontal de la inundación (panel derecho) y run up o remonte vertical (panel izquierdo) asociadas al 2% de las olas del clúster N°119. Los puntos negros son los resultados del IH2VOF, la línea negra es el ajuste de las fórmula y las líneas discontinuas de colores son distintas bandas de confianza (95, 90, 80 y 68.5%). Centroide y banda de confianza del 95% del Clúster N°119 (panel central).

De esta forma se puede usar la colección de fórmulas ajustadas para I2% y Ru2%, en cada clúster, de forma predictiva para otros estados de mar no simulados con el modelo numérico, sin tener que ejecutar el modelo.

En resumen, una vez obtenida la colección de fórmulas del IH2VOF, para realizar el cálculo de los valores de I2% y Ru2% en cada perfil (a un determinado nivel de confianza, en concreto al 90%); primero se identifica cada temporal (oleaje y nivel del mar) de cada perfil; posteriormente se aplica la adimensionalización del perfil para determinar cuál es el clúster que le corresponde; y finalmente se utilizan las fórmulas ajustadas de dicho clúster para calcular los valores de Ru2% y de I2%.

Ajuste de los regímenes extremales de inundación en cada perfil

A partir de las series de valores extremos de I2% y Ru2%, calculados en cada perfil, se ajustan sendos regímenes extremales a la función de distribución de Pareto-Poisson utilizando la técnica POT (Peaks Over Threshold) de selección de máximos sobre un umbral. A partir de dichos ajustes se determinan los valores asociados a distintos periodos de retorno (CI Tr y DI Tr) asociados a la banda de confianza del 90%. En concreto se determinan los valores asociados a los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 años (los periodos de retorno de 100 y 500 años son establecidos por la Directiva de Inundaciones).

Cabe señalar que antes de realizar el ajuste de los regímenes extremales hay que referenciar las variables al mismo sistema de referencia u origen, de forma que se pueda agregar espacialmente los resultados finales. Por ejemplo, el ajuste del régimen extremal de cota de inundación se obtiene como resultado de la superposición del Run-Up, el nivel del mar (MA y MM) y la referencia del nivel medio del mar respecto al Nivel Medio del Mar en Alicante (Ref, ver Figura 11). De forma análoga a como se referencia la cota de inundación, también se referencia la distancia o alcance de la inundación respecto al corte del terreno con el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA). En la parte derecha de la Figura 30 se muestra un esquema de ello. La Distancia de Inundación (DI) se define como la superposición de la distancia desde el inicio del perfil emergido (corte con el NMMA) hasta el corte con el nivel del mar (I1) y el I2% obtenido con las fórmulas del IH2VOF (que está referenciado al nivel del mar). En la parte izquierda de la Figura 30 se presenta un ejemplo de ajuste del régimen extremal, con su intervalo de confianza del 90%. Se representa el valor de la distancia de inundación frente al periodo de retorno en años (Tr).

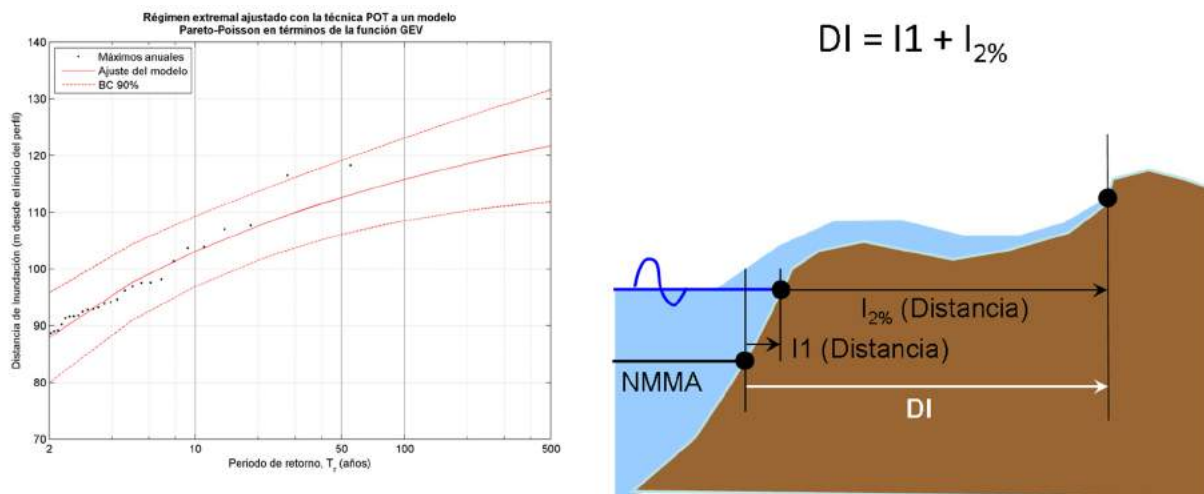


Figura 30. Ejemplo de ajuste del régimen extremal de distancia de inundación con nivel del mar y oleaje.

Cálculo de la extensión de la inundación en cada perfil

El resultado final que se busca en cada perfil es el cálculo de la extensión máxima de la inundación a lo largo del corte transversal del terreno, asociada a unos periodos de retorno concretos. Para ello se cuenta con los valores de cota de inundación (CI Tr), medida en vertical y distancia de inundación (DI Tr), medida en horizontal, para cada periodo de retorno. A partir cada una de ellas se puede calcular la extensión de la inundación (medida en horizontal), pues la forma del perfil liga las distancias en vertical y en horizontal de la inundación. Pero al ser variables distintas y haberse tratado de forma independiente, no se obtienen los mismos resultados en función de si se calcula la extensión de la inundación a partir de unos u otros valores.

Como criterio general se utilizarán los valores de la extensión de la inundación que sean menores de entre las dos alternativas de cálculo, los obtenidos a partir de la cota de inundación (CI Tr) o los de distancia de inundación (DI Tr).

Generación de los mapas de inundación

El último paso de la segunda fase de la metodología consiste en generar los mapas de inundación. Este proceso ha sido desarrollado completamente en GIS. Los mapas de inundación por oleaje y nivel en la costa se generan a partir de los valores de la extensión de la inundación calculados en el apartado anterior, que reflejan hasta dónde llega la inundación, cada aproximadamente 200 m, para los distintos periodos de retorno calculados.

Finalmente, la obtención de la zona de inundación definitiva se determina como la máxima entre los mapas de inundación por nivel del mar (Fase 1ª) y los mapas de inundación por nivel del mar y oleaje en la costa (Fase 2ª). Dichos mapas se obtienen de la fusión de ambos mapas para los distintos periodos de retorno. En la Figura 31 se presenta el ejemplo final de la una zona de la Manga del Mar Menor (Murcia).



Figura 31. Ejemplo de mapa de inundación por nivel del mar y oleaje (Fases 1ª y 2ª), para los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años en la Manga del Mar Menor.

ANEJO II: MODELO NUMÉRICO IH2VOF

Descripción del modelo

El modelo numérico IH2VOF, <http://www.ih2vof.ihcantabria.com/>, es un modelo desarrollado en IHCantabria orientado al estudio de la interacción flujo-estructura, es decir, al estudio de la acción del oleaje sobre estructuras marítimas y la hidrodinámica en la zona de rompientes.

IH2VOF es un modelo en plena expansión y el más avanzado entre los de su categoría para el estudio de la interacción onda-estructura. Entre sus principales características destacan su capacidad para la simulación de todo tipo de estructuras marítimas a escala de prototipo o laboratorio; proporciona el campo de velocidades, presiones y turbulencia en un dominio bidimensional; y es capaz de simular todo tipo de oleajes: oleaje regular, irregular, onda solitaria, etc. Todo ello proporciona al modelo IH2VOF gran versatilidad, siendo capaz de simular dominios a escala de prototipo de hasta un kilómetro. IHCantabria ha calibrado y validado el modelo para el caso de diques en talud de materiales sueltos mediante numerosos ensayos de laboratorio, además de haber sido aplicado al diseño de obras marítimas.

IH2VOF resuelve las ecuaciones bidimensionales en dos fases de Navier-Stokes, con el promediado de Reynolds, para tener en cuenta el papel de los procesos turbulentos del flujo. Dentro de los medios porosos, como son los mantos de las estructuras de materiales sueltos, se realiza un promediado a lo largo de un volumen de control. Por tanto el modelo resuelve las llamadas ecuaciones VARANS (Volume-Averaged/Reynolds-Averaged Navier-Stokes). El seguimiento de la superficie libre se resuelve mediante la técnica VOF y la turbulencia se modela mediante un modelo $k-\epsilon$.

En el desarrollo del modelo IH2VOF, se ha prestado una especial atención a los procesos de generación/absorción del oleaje. Para ello se ha incorporado un algoritmo matemático, basado en contornos móviles (moving boundaries), que permite simular el movimiento de la pala generadora del oleaje (pala dinámica) junto con un proceso de absorción del oleaje reflejado en las estructuras.

Además, el número de publicaciones científicas asociadas al uso de este modelo y de su validación a partir de ensayos de laboratorio y de medidas en campo, centradas en los procesos no lineales de transformación del oleaje en la zona de rompientes, reducen la incertidumbre en su uso. Dentro de estas publicaciones destacan los trabajos de Torres et al. (2007) y Torres et al. (2010), donde se presenta por primera vez el uso de un modelo RANS, en este caso el modelo IH2VOF, para el estudio de los procesos de transformación del oleaje en playas combinando el efecto conjunto de la modelización de la banda gravitatoria e infra-gravitatoria del oleaje. En Torres et al. (2007) se realizó un análisis prestando especial atención a los procesos de transformación de las ondas infra-gravitatorias en una playa natural disipativa, como efecto forzador del run-up en la playa. Los resultados numéricos se corroboraron con medidas en campo de la evolución temporal de la superficie libre y de velocidades dentro de la zona de rompientes, encontrando un error en la predicción del modelo inferior al 10%. En Torres et al. (2010), se desarrolla una metodología de trabajo, que posteriormente se perfecciona por Lara et al. (2011), que permite asegurar una adecuada representación de las características del oleaje, en ambas dos bandas, gravitatoria e infra-gravitatoria. Uno de los aspectos señalados por Torres et al. (2010) era la falta de uniformidad en las condiciones de contorno usadas en el modelado numérico para el tratamiento de la energía reflejada en la playa

por efecto de la radiación de las ondas largas liberadas en rotura. Torres et al. (2010) y posteriormente Lara et al. (2011), mejoran los procesos de generación y absorción numérica para una adecuada caracterización de los procesos que se desencadenan en la zona de rompientes y swash. Lara et al. (2011) aplica esta metodología para el estudio de la amplificación de la onda larga y el run-up en playas con un bajo muy largo en su perfil transversal.

A partir de estos trabajos, Ruju et al. (2012) utiliza el modelo IH2VOF para demostrar la existencia de un proceso de disipación de onda larga en la zona de swash que condiciona el run-up en la playa. A partir de los algoritmos desarrollados y de los resultados del modelo numérico Ruju et al. (2012) demuestran numéricamente aspectos de la transferencia de energía entre las bandas gravitatoria e infra-gravitatoria en la zona de rompientes y swash que solo había sido predicha a partir de medidas en campo.

En resumen, la calidad y precisión de los resultados de validación del modelo IH2VOF ha sido avalada por la comunidad científica internacional. Esto nos permite reproducir numéricamente los procesos no lineales que tienen lugar en la zona de rompientes y en la zona de ascenso y descenso del oleaje sobre una playa. Además el modelo considera los procesos de transferencia de energía entre las ondas infragravitatorias y el oleaje, que condicionan el run-up en playas. A modo de ejemplo se presentan dos figuras con resultados de validación del modelo, en la Figura 32 la evolución del oleaje en la zona de rompientes y swash presentados por Torres et al. (2010) y en la Figura 33 una simulación de detalle del run-up en una playa.

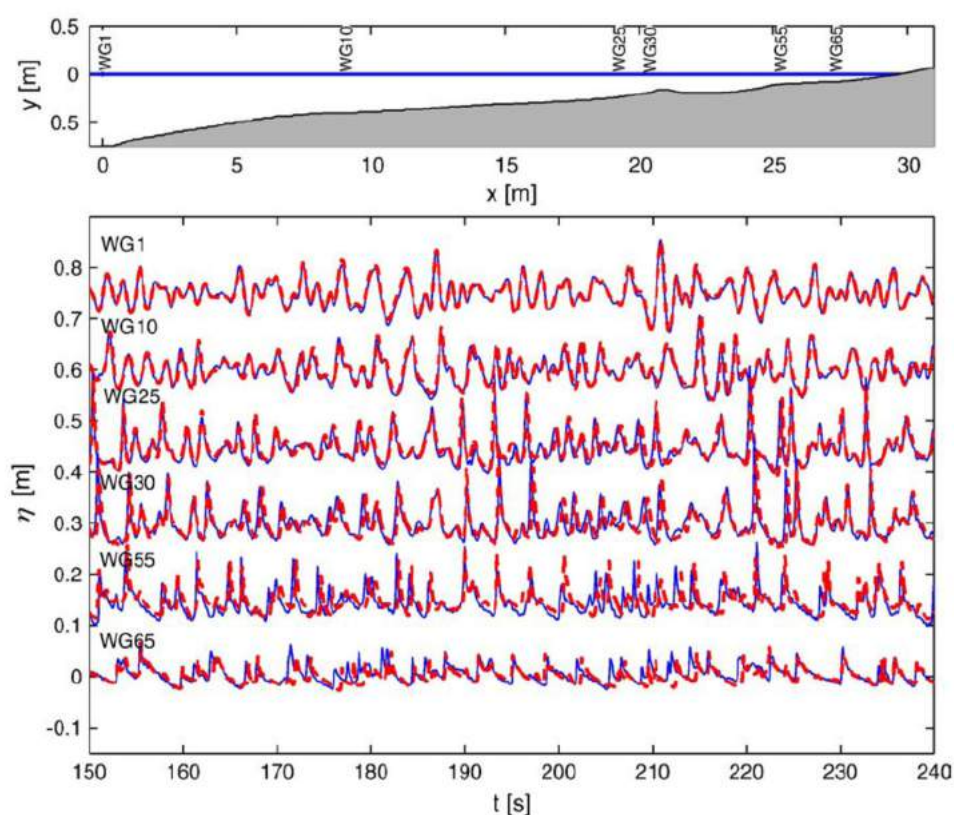


Figura 32. Comparación de la elevación de la superficie libre a lo largo de diferentes puntos del perfil transversal de una playa real. Línea roja: Modelo IH2VOF. Línea azul: medidas de campo.

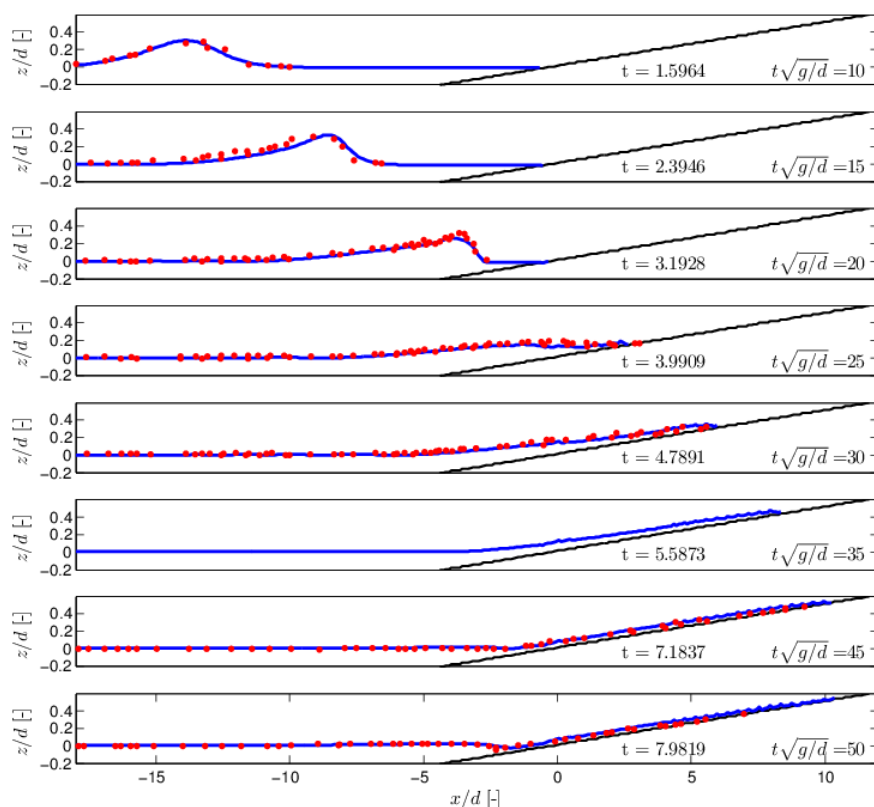


Figura 33. Evaluación de la lámina de agua durante el proceso de run-up en una playa. Línea continua: Modelo IH2VOF. Puntos: medidas de laboratorio.

Objetivo específico de uso

El objetivo del uso del modelo IH2VOF en este proyecto es la determinación de la evolución temporal de ascenso y descenso del oleaje en playas y la estadística de este a partir de simulaciones de estados de mar completos, en concreto el Run-Up del 2% de las olas en la costa, a partir del nivel del mar y oleaje antes de la zona de rotura.

Para caracterizar la inundación debida al oleaje no sólo se calcula el Run-Up del 2% ($Ru_{2\%}$) a partir de la evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso-descenso sobre la playa (Z); sino que también, a partir de la evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso-descenso sobre la playa (X), se calcula el valor del 2% del alcance de la inundación ($l_{2\%}$). En la Figura 34 se muestra un esquema de la definición de las distancias X y Z (horizontal y vertical respectivamente), que son las proyecciones del ascenso-descenso sobre la playa, tomando como origen el corte del perfil de playa con el nivel del mar.

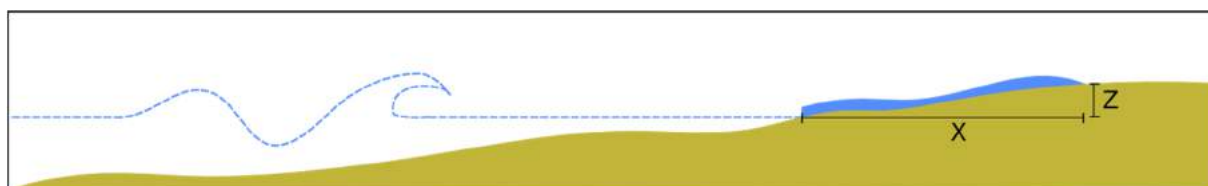


Figura 34. Esquema de la definición de las proyecciones X (distancia horizontal) y Z (distancia vertical) del ascenso-descenso del oleaje sobre un perfil de playa.

Así, el objetivo final de uso del modelo IH2VOF es el cálculo de los valores de $I_{2\%}$ (alcance del 2%) y $Ru_{2\%}$ (Run-up o remonte del 2%) para distintas geometrías o perfiles de playa y distintas condiciones de dinámicas actuantes (nivel del mar y oleaje).

Metodología

A continuación se detalla la metodología para realizar las simulaciones numéricas con el modelo IH2VOF, así como el pre-proceso y post-proceso para el cálculo del $I_{2\%}$ (alcance del 2%) y del $Ru_{2\%}$ (Run-up o remonte del 2%), en función de los distintos datos de partida (geometrías y dinámicas). En la Figura 35 se presenta un esquema de dicha metodología.

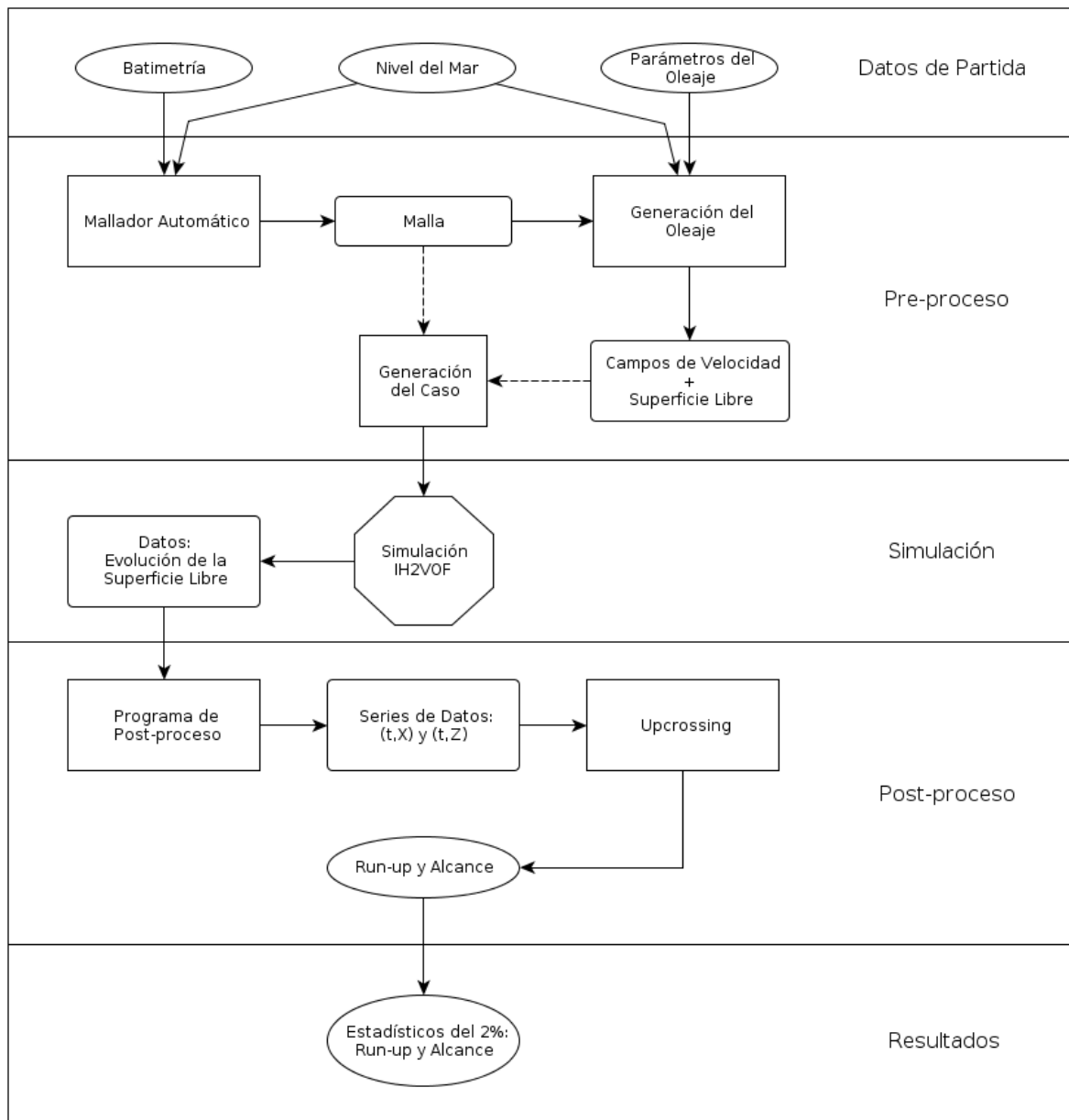


Figura 35. Esquema de la metodología para el cálculo del Run-Up y Alcance de la inundación, mediante el uso del modelo IH2VOF.

El proceso para la generación de los casos de IH2VOF comienza con el mallado del dominio de estudio, en el que se incluye el nivel del agua y la batimetría.

Las mallas para IH2VOF se generan con un mallador nominado Coral. Éste genera mallas con celdas rectangulares, totalmente ortogonales y conformes. Asimismo permite definir obstáculos en forma de polilíneas, haciendo que las celdas interiores a él sean totalmente impermeables al flujo. Como convención se establece como contorno generador de oleaje el izquierdo, mientras que el derecho se fija como capaz de absorber el agua que llega. El mallado sigue un proceso automático siguiendo un número de normas generales. Estas permiten conseguir mallas de calidad, y a la vez reducir el número de celdas en zonas donde una menor discretización sigue representando correctamente los procesos físicos. Para ello se establecen dos zonas diferenciadas en la dirección horizontal, y otras dos en la vertical (ver Figura 36).

- Zonas horizontales: zona de generación o general y zona de run-up o de detalle. La línea de división entre ambas se define como la vertical en la que el agua intersecta con la batimetría, retranqueada un 10% de la longitud del dominio hacia la zona de generación. En la zona de generación las celdas varían su longitud en el eje X de 50 cm a 25 cm. En la zona de run-up (zona de detalle), la discretización horizontal se mantiene constante igual a 25 cm. De esta forma se ahorra en número de celdas donde no son necesarias (en generación), mientras que se obtiene una muy buena resolución en la zona de run-up.
- Zonas verticales: zona de profundidad o general y zona de run-up o de detalle. La línea de división entre ambas es el nivel del mar. La parte superior mantiene una discretización igual a 10 cm, ya que cubre la zona en la que se desarrolla el run-up. La porción inferior no necesita tanto detalle en las zonas adyacentes al fondo de la malla, por lo que la discretización vertical varía desde 25 cm en el fondo, hasta 10 cm en la superficie del mar.



Figura 36. Esquema de las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH2VOF.

La discretización empleada ha sido elegida de forma que la longitud de onda esté discretizada por al menos 100 celdas; y la altura ola (en vertical) por un mínimo de 5. Lo cual permite tener definidos los procesos de ascenso y descenso con una resolución muy fina. En la Figura 37 se muestra un ejemplo de la zonificación horizontal y vertical, con sus respectivas resoluciones; en la zona de detalle se consigue 10 cm en vertical y 25 cm en horizontal.

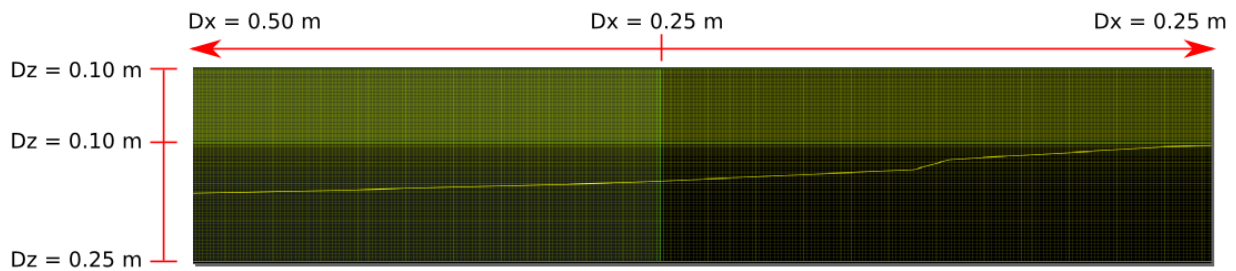


Figura 37. Esquema de las resoluciones obtenidas en las zonas generales y de detalle en una malla de cálculo del IH-2VOF.

La etapa de pre-proceso se completa mediante la generación del oleaje. Este paso también está totalmente automatizado. Para cada perfil/malla se considera un determinado nivel del mar y oleaje; éste último caracterizado por unos parámetros estadísticos: altura de ola significativa, período de pico y dispersión frecuencial γ de JONSWAP. Todos los oleajes se han generado usando la forma espectral JONSWAP, para una duración de 1 hora de estado de mar, para un número de componentes espectrales igual a 512 y para un $\gamma = 3.3$, que son adecuados para definir este tipo de oleajes.

El modo de obtención del oleaje se basa en la suma lineal de las 512 componentes aleatorias, recomponiendo la serie de elevación de la superficie libre en el punto de generación. Esta serie de superficie libre es analizada de forma que si los parámetros estadísticos obtenidos no coinciden con los parámetros objetivo, dentro de una tolerancia, se generan de nuevo aleatoriamente las componentes espectrales de una nueva superficie libre. Adicionalmente se descartan los oleajes en los que la altura de ola máxima sea menor a 1.8 veces la altura de ola significativa, ya que se considera que no son suficientemente energéticos. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta aceptar el oleaje (se obtenga los parámetros objetivo). El resultado final es una serie sintética de oleaje, con un informe como el que se detalla a continuación en la Figura 38.

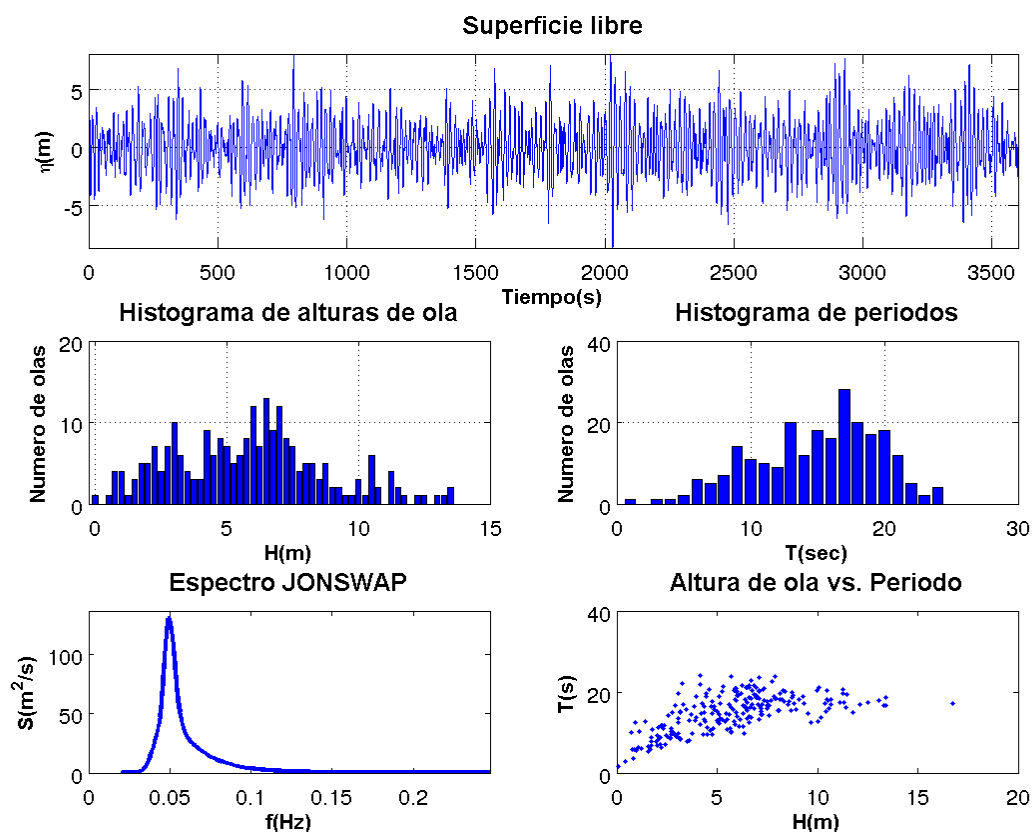


Figura 38. Ejemplo de serie de oleaje generado con el modelo IH2VOF. Panel superior: Evolución de la superficie libre de un estado de mar horario. Paneles centrales: histogramas de altura de ola (izquierda) y periodo de ola (derecha). Paneles inferiores: espectro de oleaje (izquierda) y diagrama de dispersión altura – periodo (derecha).

Como paso previo a la simulación se generan las series temporales de superficie libre y velocidades en el formato de entrada del modelo. Para ello se obtienen ambas variables como suma de las expresiones para componentes lineales. La superficie libre se guarda como un nivel, mientras que las componentes de la velocidad se calculan y guardan para cada celda del contorno izquierdo en la dirección vertical.

Una vez realizadas todas las etapas del pre-proceso, se realiza la simulación propiamente dicha, en la plataforma de computación. Únicamente se requiere la evolución de la superficie libre para el post-proceso de los datos, por lo que se guardan únicamente dichos datos. En la Figura 39 se muestra un ejemplo de resultados obtenidos, la superficie libre en cuatro instantes de tiempo. A partir de los resultados de la superficie libre en todos los instantes de tiempo, en el post-proceso, se obtiene la evolución del ascenso-descenso sobre el perfil de playa.

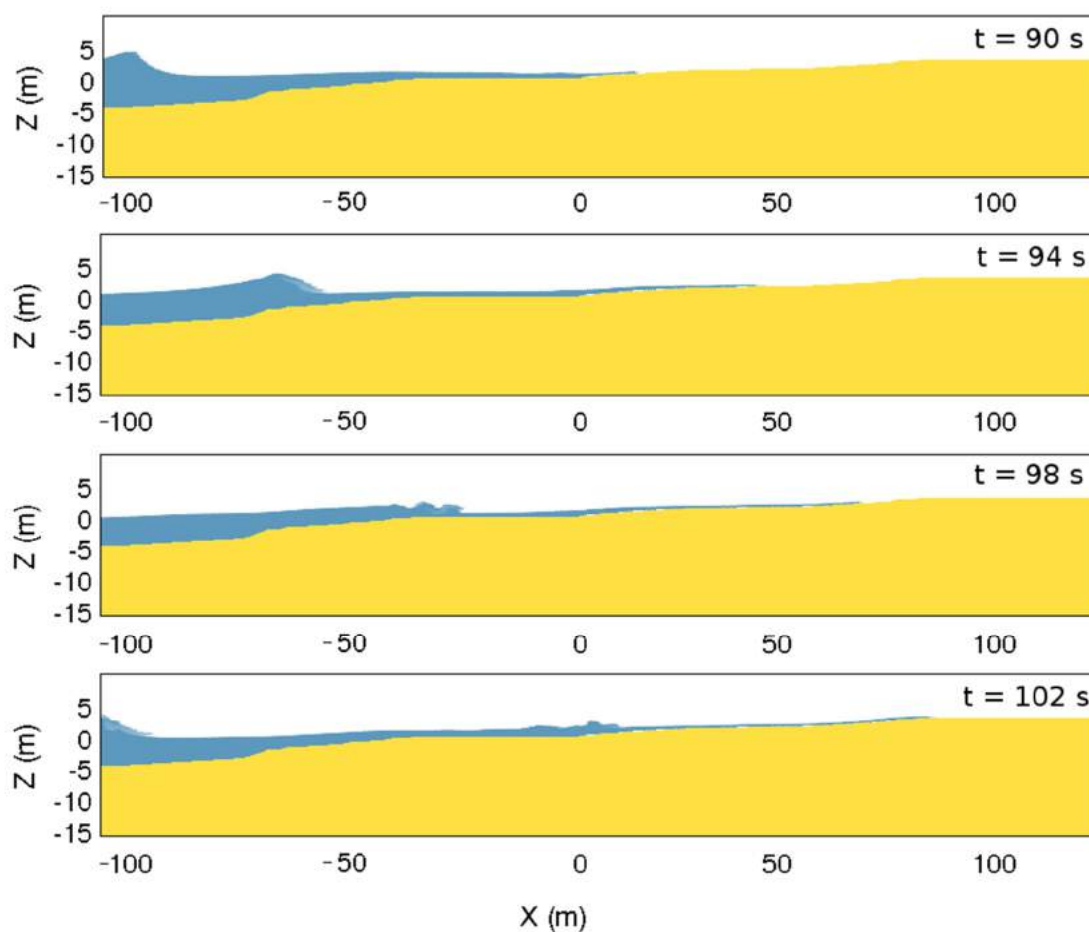


Figura 39. Representación de la posición de la superficie libre, ascenso – descenso sobre una playa, en cuatro instantes de tiempo ($t=90, 94, 98$ y 102 s).

El post-proceso del modelo numérico IH2VOF está diseñado para identificar automáticamente las celdas inmediatamente adyacentes a las que constituyen la batimetría. Para evitar un excesivo número de datos, se delimita una zona en la que se monitorizan dichas celdas y con las que, posteriormente, se calculará el run-up.

Para cada paso de tiempo se guarda el valor de la cantidad de fluido en cada celda del grupo seleccionado de celdas. Los valores adimensionales posibles son los siguientes: 0 = celda vacía, 1 = celda llena de agua, 0-1 = celda parcialmente llena. Previamente se han obtenido las coordenadas centrales de cada celda, posibilitando la obtención del ascenso - descenso tanto en la coordenada horizontal (Alcance de la inundación) como en vertical (Run-Up o remonte). Así para cada instante se obtiene el índice de la celda más alejada que presenta un valor de cantidad de fluido adimensional mayor de 0.5 (límite establecido para el cálculo de la superficie libre), y con ella la cota y alcances máximos de la lámina de agua.

A continuación se presenta un ejemplo de ello; en la Figura 40 se muestra la evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso-descenso sobre la playa (X) y en la Figura 41 se muestra la evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso-descenso sobre la playa (Z). Los resultados son muy similares, y están ligados por las pendientes del perfil real. Es por ello que en ambas figuras se aprecia

un gran pico en la parte central de la señal. Su magnitud relativa es mucho más grande en la componente X que en la Z; esto quiere decir que nos encontramos ante una zona bastante plana al final del perfil.

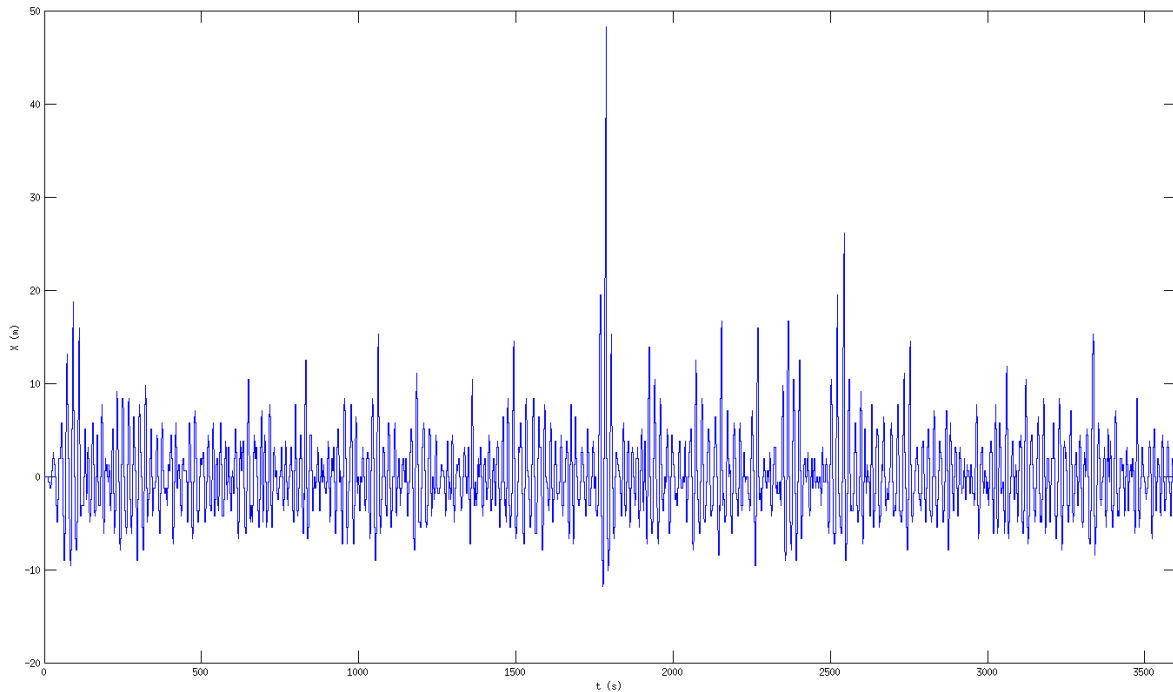


Figura 40. Evolución temporal de la distancia en horizontal del ascenso - descenso sobre una playa, X (m).

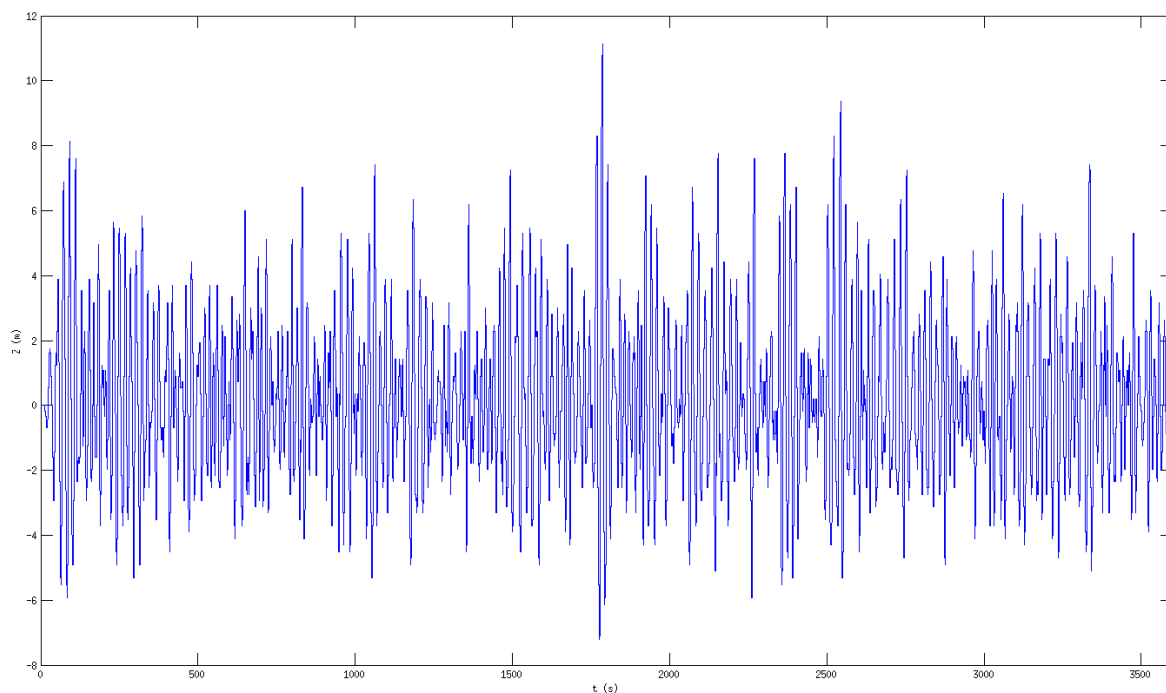


Figura 41. Evolución temporal de la distancia en vertical del ascenso - descenso sobre una playa, Z (m).

Basándose en la evolución instantánea de las proyecciones horizontales y verticales del ascenso-descenso (X y Z) se calcula la máxima inundación producida por cada ola o evento individual. La identificación de la inundación de cada ola y el cálculo de su máximo, se lleva a cabo mediante un análisis de up-crossing o pasos ascendentes por cero, en cada serie. En la Figura 42 se muestra un ejemplo de ello. Se obtiene así los valores de Alcance (I) y Run-Up (Ru) de todas las olas del estado de mar horario.

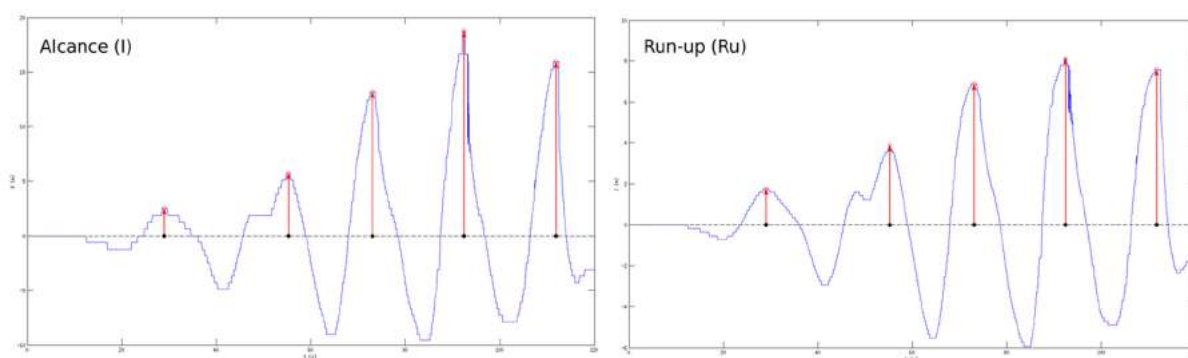


Figura 42. Definición del Alcance (I) y Run-Up (Ru) a partir de la evolución temporal de la distancia en horizontal (X) y vertical (Z) del ascenso - descenso sobre una playa.

Es en este momento cuando los eventos individuales de Alcance y Run-up se ordenan de menor a mayor, calculándose el valor del 2% mediante interpolación lineal a partir de las curvas de distribución empírica. En la Figura 43 se muestran las funciones de distribución empíricas del Alcance y del Run-Up, situándose los valores del 2% con un círculo rojo.

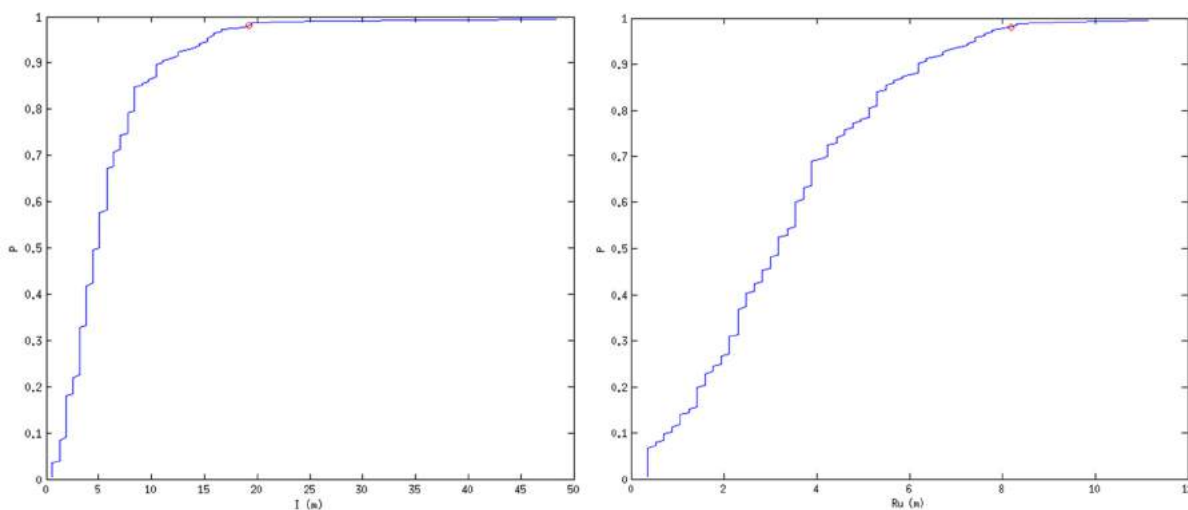


Figura 43. Función de distribución empírica del Alcance, I (izquierda) y del Run-Up o remonte, Ru (derecha) con los valores del 2% respectivamente I2% y Ru2%, en rojo.

Cabe señalar que como se ejecutan estados de mar de una hora de duración, los valores de Alcance y Run-Up del 2% se definen con suficiente precisión. Se verifica siempre que se obtengan más de 100 eventos de inundación para realizar la estadística (más de 100 olas disponibles).

Rendimiento computacional

El proceso de generación de los casos se lleva a cabo por partes, como se ha mostrado anteriormente. La primera parte es el mallado, que se lleva a cabo en un periodo corto de tiempo (~ 1 minuto). Después se procede a generar el oleaje. Puesto que esta etapa es aleatoria no tiene un tiempo fijo, sin embargo la mayor parte de los casos convergen para un tiempo de unos 10 minutos. Posteriormente la creación de los ficheros de oleaje es la etapa que más tiempo lleva, ya que tiene que generarse velocidades para todas las celdas verticales en todos los pasos de tiempo. Se estima que como media este paso lleva alrededor de 30 minutos.

Una vez que se ha llegado a este punto puede empezar a generarse el siguiente caso, mientras el anterior se va transfiriendo a la plataforma de computación. En cuanto se termina la transferencia se lanza la simulación.

La ejecución del IH2VOF que simula un estado de mar de 1 hora de duración tarda un tiempo variable, dependiendo del número de celdas de la malla. En este caso, puesto que los dominios son muy largos, se estima que las simulaciones tardan del orden de 4 días en completarse.

El post-proceso se realiza in situ en la plataforma de computación, por lo que no hay necesidad de descargar los datos completos. Esto supone ahorro en tiempo, ya que el caso se completa e inmediatamente se post-procesa. El post-proceso lleva alrededor de 2 minutos por cada caso.

Sumando todos los tiempos y teniendo en cuenta que el cluster no limita el número de simulaciones simultáneas, 1000 ejecuciones con el modelo numérico IH2VOF se lleva a cabo aproximadamente en unos 12 días.

ANEJO III: VISOR WEB

Los resultados obtenidos en la Tarea 4 “Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (Directiva de Inundaciones)” del presente documento, se exponen en el GeoVisor Web PIMA Directiva Inundaciones:

<https://pima-directiva.ihcantabria.com/>

El GeoVisor Web se encuentra alojado en el Centro de Proceso de Datos (CPD) de IHCantabria proporcionando un acceso seguro (https) a la información a través de un navegador Web estándar (sistema desarrollado para Google Chrome, Firefox, Internet Explorer). El sistema se compone de componentes back-end, haciendo uso de la tecnología .Net, y componentes front-end, los cuales permiten la interacción con el usuarios a través de tecnología javascript.

El acceso al GeoVisor Web es restringido, por lo tanto las siguientes credenciales son requeridas para la navegación:

Usuario: pima

Contraseña: Inundaciones2020

En la Figura 44 se muestra la página de bienvenida al GeoVisor. Se describe el marco contextual, la introducción general de los resultados que se van a mostrar y el acceso a la descarga del presente documento “Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación”.

PIMA Directiva Inundaciones

Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Introducción Atlas Nivel del Mar Compuesto Impactos por inundación costera

Introducción



El presente visor presenta los resultados relativos a la incorporación de los efectos del cambio climático a la evaluación de los riesgos de inundación costera para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación de la Unión Europea (Directiva de Inundaciones).

Para ello, se ha hecho uso de las nuevas bases de datos de proyecciones climáticas regionales de variables marinas (oleaje, marea meteorológica, marea astronómica y nivel medio del mar) a disposición del MITERD. Con dichas proyecciones climáticas se ha estimado el impacto en la inundación costera, tomando como base las metodologías y herramientas desarrolladas en el proyecto iOLE ("Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera") por el MITERD. Dicha información permite comparar los eventos extremos de inundación costera proyectados en el futuro para diferentes escenarios (RCP4.5 y RCP8.5) y diferentes horizontes temporales (2026-2045 y 2081-2100) con el período de referencia histórico (1985-2005), considerando la incertidumbre en la determinación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España. Es necesario destacar que la incertidumbre climática se introduce, además, considerando varios modelos climáticos y percentiles de la distribución del aumento del nivel medio del mar (5%, 50% y 95%) para un mismo horizonte y escenario climático.

PIMA Directiva

Contrato de servicios para la elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española.

Un proyecto de la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Descargas

Informe (PDF)

Figura 44. GeoVisor Pima Directiva Inundaciones. Introducción.

Navegación y estructura de datos

Con el fin de facilitar la navegación y visualización de la información espacial alojada en el GeoVisor Web, la estructura de datos se organiza de acuerdo a las dos escalas espaciales y a dos tipos de resultados obtenidos (ver Figura 45):

- Atlas del Nivel del Mar Compuesto (TWL, por sus siglas en inglés): datos puntuales a lo largo de todo el litoral español con una resolución espacial de aproximadamente 10 km.
- Impactos por inundación costera (Cota y Distancia de Inundación, respectivamente CI y DI): datos puntuales a lo largo de todo el litoral español con una resolución espacial de aproximadamente 200 m.

PIMA Directiva Inundaciones

Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Introducción Atlas Nivel del Mar Compuesto Impactos por inundación costera

Introducción



El presente visor presenta los resultados relativos a la incorporación de los efectos del cambio climático a la evaluación de los riesgos de inundación costera para dar cumplimiento a la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación de la Unión Europea (Directiva de Inundaciones).

Para ello, se ha hecho uso de las nuevas bases de datos de proyecciones climáticas regionales de variables marinas (oleaje, marea meteorológica, marea astronómica y nivel medio del mar) a disposición del MITERD. Con dichas proyecciones climáticas se ha estimado el impacto en la inundación costera, tomando como base las metodologías y herramientas desarrolladas en el proyecto iOLE ("Asistencia Técnica a la Elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación Costera") por el MITERD. Dicha información permite comparar los eventos extremos de inundación costera proyectados en el futuro para diferentes escenarios (RCP4.5 y RCP8.5) y diferentes horizontes temporales (2026-2045 y 2081-2100) con el período de referencia histórico (1985-2005), considerando la incertidumbre en la determinación del impacto del cambio climático en la inundación costera en España. Es necesario destacar que la incertidumbre climática se introduce, además, considerando varios modelos climáticos y percentiles de la distribución del aumento del nivel medio del mar (5%, 50% y 95%) para un mismo horizonte y escenario climático.

PIMA Directiva

Contrato de servicios para la elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático en la costa española.

Un proyecto de la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Descargas

Informe (PDF)

Figura 45. Navegación y estructura de datos.

Tanto el bloque del "Atlas del Nivel del Mar Compuesto" (ver Figura 46), como el bloque de "Impactos por Inundación Costera" (ver Figura 47) se presentan con una breve descripción de los mismos y un árbol de capas donde se almacena la información espacial. Los respectivos arboles se estructuran en tres niveles:

- Valores del Periodo de Referencia.
- Incremento relativo.
- Factor de amplificación Tr.

PIMA Directiva Inundaciones

Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Introducción Atlas Nivel del Mar Compuesto Impactos por inundación costera

Atlas Nivel del Mar Compuesto

Este Atlas contiene la información relativa al nivel del mar compuesto (TWL) con una resolución espacial de 10 km a lo largo de la costa española. El nivel del mar compuesto incorpora únicamente el nivel medio del mar, la marea astronómica y la marea meteorológica, sin considerar la contribución del oleaje. Esta información se presenta para diferentes escenarios (RCP4.5 y RCP8.5), horizontes temporales (2026-2045 y 2081-2100) con el periodo de referencia histórico (1985-2005), varios modelos climáticos, percentiles de la distribución del aumento del nivel medio del mar (5%, 50% y 95%).

Valores Período de Referencia

Incremento relativo

Factor amplificación Tr



© 2020 - Con la Tecnología de IH Cantabria

IH cantabria

UC

GOBIERNO DE ESPAÑA

Figura 46. Atlas Nivel del Mar Compuesto.

PIMA Directiva Inundaciones

Incorporación de los efectos del cambio climático para dar cumplimiento a la directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

Introducción Atlas Nivel del Mar Compuesto Impactos por inundación costera

Impactos por inundación costera

El impacto de la inundación costera se ha evaluado mediante una extensión de la metodología IOLE, consistente en modelar numéricamente los procesos de inundación costera en perfiles topo-batimétricos cada, aproximadamente, 200 m a lo largo de la costa española incorporando las proyecciones climáticas. En este caso, los procesos característicos de la inundación han considerado la acción conjunta del nivel del mar y el oleaje bidimensionalmente. Los resultados se han caracterizado por medio de la cota de inundación (CI, distancia en vertical, respecto al NMMA, alcanzada sobre el perfil del terreno por el 2% de las

Valores Período de Referencia

Incremento relativo

Factor amplificación Tr



© 2020 - Con la Tecnología de IH Cantabria

IH cantabria

UC

GOBIERNO DE ESPAÑA

Figura 47. Impactos por Inundación Costera.

Para los valores del periodo histórico de referencia (1985-2005), para ambos bloques, se visualizan los resultados para los distintos periodos de retorno calculados ($Tr=10, 50, 100$ y 500 años) y, para cada uno de ellos, los valores de la media y la desviación típica del ensemble de los distintos modelos climáticos considerados.

Por otro lado, los mapas de Incremento Relativo y los de Factor de Amplificación, para ambos bloques, representan los mapas de cambios respecto al periodo histórico de referencia. Para todos ellos se organizan primeramente las variables de cada caso (TWL, CI o DI) y el parámetro estadístico de la distribución de ANMM (Percentiles del 95, 50 o 5%); posteriormente se definen los resultados para los distintos escenarios climáticos (RCP 4.5 y 8.5) y periodo de tiempo futuro (2026-2045 y 2081-2100) analizados; finalmente se presentan los valores para cada periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años) y estadísticos asociados al ensemble de modelos (media y desviación típica del multi-modelo).

Según los criterios anteriores, la visualización de la información espacial se despliega en el mapa base (ver ejemplo en la Figura 48) con una representación individual de las variables que almacena el árbol de navegación. En cada petición de visualización se activa una descripción de la variable así como la leyenda acorde a los datos.

Atlas Nivel del Mar Compuesto

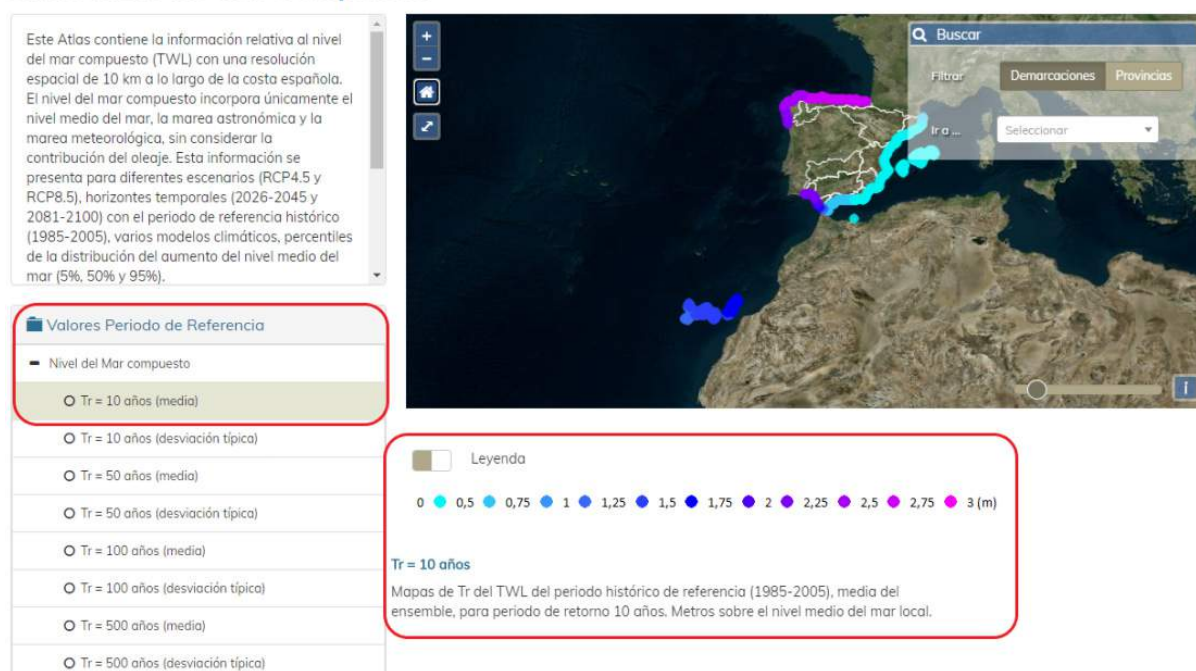


Figura 48. Representación individual de variable.

Herramientas de navegación en el GeoVisor

Las herramientas de navegación estándar de un GeoVisor permiten dinamizar la visualización y potenciar la interacción del usuario con las variables proporcionadas en el árbol de capas.

- Herramientas de navegación: iconos de acercar mapa, alejar mapa, zoom inicial España y mapa a pantalla completa.



- Herramientas de interacción:
 - Activación de límites de demarcaciones y provincias costeras como capas base.



- Zoom a demarcaciones y provincias costeras



Figura 51. Funcionalidades de interacción. Zoom a demarcaciones costeras.



Figura 52. Funcionalidades de interacción. Zoom a provincias costeras.

ANEJO IV: TABLAS DE RESULTADOS

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional, siendo la nomenclatura utilizada para cada Demarcación Hidrográfica:

- DH1: Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental.
- DH2: Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.
- DH3: Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa.
- DH4: Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.
- DH5: Parte española de la Demarcación Hidrográfica Guadiana.
- DH6: Demarcación Hidrográfica del Tinto-Odiel-Piedras.
- DH7: Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- DH8: Demarcación Hidrográfica de la Guadalete-Barbate.
- DH9: Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas de Andalucía.
- DH10: Demarcación Hidrográfica del Segura.
- DH11: Demarcación Hidrográfica del Júcar.
- DH12: Parte española de la Demarcación Hidrográfica Ebro.
- DH13: Demarcación Hidrográfica del Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña.
- DH14: Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares.
- DH15: Parte española de la Demarcación Hidrográfica Ceuta.
- DH16: Parte española de la Demarcación Hidrográfica Melilla.
- DH17: Demarcación Hidrográfica de Lanzarote.
- DH18: Demarcación Hidrográfica de Fuerteventura.
- DH19: Demarcación Hidrográfica de Gran Canaria.
- DH20: Demarcación Hidrográfica de Tenerife.
- DH21: Demarcación Hidrográfica de La Gomera.
- DH22: Demarcación Hidrográfica de La Palma.
- DH23: Demarcación Hidrográfica de El Hierro.

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional					
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max								
Valores Periodo de Referencia (1985-2005)	Nivel del Mar Compuesto (m NMML)	REF 1985-2005	Tr = 10 años	media	2.6	2.6	2.5	2.6	2.1	2.5	2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.6	2.0	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.7	0.8	0.5	0.5	1.6	1.7	1.5	1.6	1.3	1.5	1.3	1.4	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	0.3	2.6		
				desviación típica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
			Tr = 50 años	media	2.6	2.7	2.6	2.7	2.1	2.6	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0.7	2.0	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.8	0.9	0.6	0.6	1.6	1.7	1.5	1.6	1.3	1.5	1.3	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2	0.4	2.7		
				desviación típica	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		
			Tr = 100 años	media	2.6	2.7	2.6	2.7	2.1	2.6	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	0.7	2.0	0.5	0.9	0.5	0.6	0.5	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7	0.4	0.5	0.8	0.9	0.6	0.6	1.6	1.7	1.5	1.6	1.4	1.5	1.3	1.5	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	0.4	2.7
				desviación típica	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		Tr = 500 años	media	2.7	2.8	2.6	2.8	2.1	2.6	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	0.8	2.1	0.6	0.9	0.6	0.8	0.6	0.9	0.7	0.8	0.6	0.8	0.5	0.7	0.9	1.0	0.8	0.8	1.6	1.7	1.5	1.6	1.4	1.5	1.3	1.5	1.3	1.4	1.3	1.4	1.2	1.2	0.5	2.8	
			desviación típica	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	

Tabla 6. Valores del Nivel del Mar Compuesto para el periodo histórico de referencia y distintos Periodos de Retorno. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional			
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max						
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 5% (%)	RCP 4.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	4.0	4.4	4.5	6.1	5.4	7.7	6.6	6.6	7.1	7.1	6.7	7.0	6.3	6.7	6.8	24.5	18.8	39.4	32.9	42.0	25.4	41.4	23.4	26.8	19.1	25.9	32.8	41.5	17.9	20.6	26.9	26.8	9.5	10.4	9.8	11.2	10.9	12.8	11.6	13.1	12.6	13.7	12.8	13.9	14.2	14.7	4.2	41.0	
			desviación típica	2.3	2.5	2.4	2.8	0.1	3.2	2.9	2.9	2.5	2.6	2.7	2.9	2.8	3.3	1.9	6.8	3.1	12.0	10.6	18.1	3.4	16.7	3.6	7.4	3.4	11.1	10.1	25.3	3.8	5.0	7.5	7.5	0.6	1.5	0.7	1.6	1.1	1.4	1.0	1.5	1.1	1.3	1.3	1.5	0.9	1.6	0.7	21.6	
		Tr = 50 años	media	3.6	4.4	4.4	7.7	6.3	7.6	7.0	7.0	6.7	6.8	6.3	6.5	6.0	6.2	6.4	23.2	18.4	27.9	19.0	40.1	11.9	38.9	7.7	15.4	6.7	16.9	21.9	39.1	14.8	21.5	22.0	22.0	9.5	10.2	9.5	11.1	10.7	12.8	11.5	13.3	12.8	14.1	13.1	14.5	14.8	15.4	4.1	38.0	
			desviación típica	3.2	4.1	3.4	4.4	0.1	5.8	5.2	5.2	3.9	4.1	4.3	4.6	4.5	5.3	2.8	11.6	6.0	26.0	15.2	33.6	8.3	26.2	6.8	15.3	4.0	15.9	14.0	41.4	6.3	12.4	19.3	19.3	1.2	2.4	1.3	2.8	2.0	2.5	1.7	2.7	1.8	2.1	2.1	2.4	1.7	2.5	1.3	33.1	
		Tr = 100 años	media	3.4	4.6	4.5	8.4	6.5	8.2	7.3	7.3	6.6	6.7	6.1	6.3	5.9	6.1	6.2	23.3	16.9	31.4	13.3	41.8	6.3	38.7	1.5	11.3	1.0	14.4	16.5	39.9	13.4	22.7	20.8	20.8	9.3	10.2	9.4	11.1	10.7	12.8	11.5	13.4	12.9	14.3	13.2	14.7	15.0	15.7	2.1	37.9	
			desviación típica	3.5	4.8	3.7	5.1	0.2	7.0	6.1	6.1	4.5	4.8	5.0	5.4	5.1	6.1	3.2	14.2	7.6	35.3	17.1	41.8	9.1	32.3	8.9	19.6	6.0	17.8	14.9	49.3	7.5	16.6	26.9	25.9	1.4	2.8	1.5	3.3	2.3	2.9	2.0	3.1	2.1	2.4	2.4	2.8	2.0	2.8	1.5	38.4	
	Tr = 500 años	media	3.1	4.8	4.6	10.2	7.1	10.2	8.0	8.0	6.4	6.6	5.8	6.1	5.7	5.8	5.9	25.3	6.7	46.4	0.8	49.9	-5.6	40.2	-11.5	3.4	-11.0	9.5	5.1	44.3	10.1	27.6	20.3	20.3	9.1	10.1	9.2	11.1	10.6	12.9	11.5	13.6	13.1	14.6	13.4	15.1	15.5	16.3	-9.9	44.4		
		desviación típica	4.4	6.4	4.4	6.5	0.2	9.7	8.3	8.3	5.7	6.1	6.3	6.9	6.5	7.8	4.1	21.7	11.2	64.8	20.9	64.6	11.0	49.7	13.7	30.0	9.8	21.9	16.4	71.1	10.3	29.2	44.8	44.8	1.8	3.5	1.8	4.1	2.8	3.7	2.5	3.9	2.6	3.0	3.0	3.5	2.6	3.5	1.9	60.1		
	RCP 4.5 2081-2100	Tr = 10 años	media	14.1	14.6	14.3	16.4	15.6	20.0	19.1	19.1	22.4	22.4	21.9	22.3	21.6	22.2	22.4	70.0	54.2	107.1	105.8	112.2	92.2	115.5	94.6	100.7	82.9	103.3	110.9	129.8	53.0	68.0	83.0	83.0	28.9	30.9	29.2	32.4	32.6	36.3	34.2	38.2	36.2	39.3	36.8	39.5	40.3	41.5	14.3	126.7	
			desviación típica	1.7	2.4	1.7	2.3	0.1	1.9	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4	2.3	1.9	2.7	1.6	5.4	3.5	12.1	9.6	14.2	3.3	15.3	4.5	9.6	6.9	13.1	4.4	18.0	4.1	5.2	7.4	7.4	1.2	2.9	1.2	2.5	1.5	2.0	1.2	2.1	1.3	1.8	1.6	1.8	1.3	1.7	1.2	15.3	
		Tr = 50 años	media	13.2	14.2	13.4	15.9	15.3	20.0	19.0	19.0	22.3	22.4	22.2	22.3	21.8	22.6	22.4	59.9	51.1	86.8	80.4	92.6	71.1	96.1	69.6	81.8	70.9	91.8	92.4	111.1	47.8	53.9	64.0	64.0	28.5	31.7	28.8	32.8	32.3	35.8	34.0	37.5	35.8	38.7	36.6	39.2	39.9	41.0	13.4	109.0	
			desviación típica	2.6	3.5	2.4	3.4	0.1	3.2	2.0	2.0	2.3	2.3	2.4	4.4	3.2	5.0	1.3	12.9	8.6	23.7	13.1	28.0	12.5	29.4	12.5	20.2	10.0	27.9	5.2	29.9	5.4	10.7	21.7	21.7	2.1	5.3	1.8	4.6	2.0	3.4	1.7	3.5	2.0	2.5	2.4	3.1	2.1	2.7	1.8	28.0	
		Tr = 100 años	media	12.8	14.1	13.1	15.7	15.3	20.0	19.0	19.0	22.4	22.5	22.2	22.7	22.0	23.1	22.5	56.3	47.1	79.6	69.1	86.1	64.6	92.8	60.2	75.3	62.2	88.5	82.0	107.9	45.4	52.7	56.5	56.5	28.4	32.1	28.7	33.1	32.2	35.7	34.0	37.4	35.6	38.5	36.7	39.1	39.8	40.8	13.0	105.4	
			desviación típica	2.9	3.9	2.7	3.8	0.1	3.8	2.4	2.4	2.7	2.8	2.7	5.4	3.8	6.2	1.2	16.4	10.8	29.6	15.2	34.6	16.1	37.0	16.8	25.7	10.5	35.7	6.0	35.5	5.8	13.5	28.4	28.4	2.4	6.2	2.0	5.5	2.2	3.9	1.9	4.0	2.2	2.8	2.7	3.6	2.4	3.1	2.0	34.4	
	Tr = 500 años	media	12.2	13.9	12.5	15.5	15.2	20.1	19.2	19.2	22.7	22.9	22.3	23.5	22.4	24.6	22.7	49.3	33.0	67.8	46.0	74.9	51.1	90.7	41.0	63.3	44.7	83.8	61.8	107.6	40.5	51.5	41.2	41.2	28.2	33.0	28.5	33.8	32.2	35.5	34.1	37.1	35.5	38.3	36.6	39.1	39.6	40.7	12.4	101.1		
		desviación típica	3.6	4.7	3.3	4.6	0.1	5.6	3.3	3.3	3.8	4.0	3.6	7.8	5.0	9.5	1.1	24.8	16.1	45.1	21.3	51.9	27.5	57.3	24.4	38.4	12.2	56.6	7.7	49.0	6.6	20.9	43.7	43.7	3.0	8.1	2.4	7.2	2.5	4.9	2.2	5.0	2.7	3.5	3.3	4.6	2.8	3.9	2.3	52.6		
	Incremento Relativo	RCP 8.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	4.8	5.1	4.9	6.5	5.8	8.0	7.9	7.9	8.0	8.1	7.6	8.0	7.3	7.7	7.7	25.3	18.7	38.3	32.1	39.1	27.9	38.0	26.8	30.2	26.1	34.5	32.8	39.8	19.3	20.7	32.2	32.2	11.6	12.7	11.6	13.3	13.4	14.9	13.9	15.9	14.8	16.2	15.1	16.4	16.4	17.0	4.9	39.1
				desviación típica	1.3	2.3	2.0	2.3	0.1	2.2	2.1	2.1	0.9	1.0	1.2	1.6	1.2	1.8	1.0	3.0	3.0	12.2	7.3	12.1	7.4	18.0	5.0	7.8	4.5	9.9	3.8	10.0	2.3	3.8	8.3	8.3	0.7	1.5	0.7	1.9	0.8	1.6	0.7	1.3	0.6	1.2	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	16.2
			Tr = 50 años	media	4.2	4.9	4.5	7.3	6.8	8.9	8.7	8.7	7.5	7.6	6.9	7.4	6.6	7.1	6.9	19.6	12.4	27.5	16.8	26.6	13.9	23.5	16.8	18.6	19.6	29.2	15.2	34.0	15.6	18.2	23.3	23.3	11.2	12.9	11.1	13.1	13.0	14.8	13.7	15.7	14.4	16.0	15.0	16.4	16.4	17.0	4.5	32.6
				desviación típica	1.9	4.2	3.2	4.2	0.1	4.5	3.4	3.4	1.9	2.0	2.1	2.8	2.3	3.1	2.2	6.0	5.5	22.0	12.7	21.7	10.8	33.2	13.5	18.2	14.0	24.0	8.2	22.0	10.3	20.0	13.2	13.0	1.3	2.9	1.2	2.9	1.3	2.4	1.0	1.9	0.9	1.8	0.8	1.2	0.6	0.8	0.7	29.2
			Tr = 100 años	media	4.0	4.9	4.3	7.7	7.2	9.5	9.1	9.1	7.3	7.4	6.6	7.2	6.3	6.9	6.6	17.5	8.1	23.7	9.0	22.1	8.9	19.7	12.4	14.7	17.5	29.4	8.3	33.0	14.3	17.8	20.2	20.2	11.0	13.0	11.0	13.1	12.8	14.7	13.6	15.6	14.3	16.0	14.9	16.4	16.4	17.0	4.3	31.4
				desviación típica	2.1	5.0	3.7	5.0	0.1	5.7	3.9	3.9	2.2	2.4	2.5	3.3	2.7	3.7	2.7	7.8	6.7	26.6	15.0	26.1	11.9	40.1	17.3	23.1	18.5	31.6	10.3	38.0	7.6	8.2	26.7	26.7	1.5	3.3	1.3	3.2	1.5	2.6	1.1	2.2	1.1	2.0	0.9	1.4	0.7	0.9	0.8	34.8
	Tr = 500 años	media	3.6	4.7	4.1	8.7	8.0	11.1	10.1	10.1	6.9	7.1	6.0	6.8	5.9	6.5	6.0	15.8	-1.0	24.1	-8.0	13.3	-11.9	13.5	3.3	7.8	14.7	34.5	-5.2	33.7	11.5	17.5	15.5	15.5	10.8	13.2	10.7	13.1	12.6	14.7	13.4	15.6	14.1	16.0	14.9	16.5	16.4	17.0	-1.9	32.0		
		desviación típica	2.5	6.8	4.6	7.0	0.1	8.6	5.0	5.0	3.0	3.3	3.3	4.4	3.5	4.8	3.7	12.9	9.5	45.4	20.1	36.8	13.7	56.9	25.7	34.0	29.6	62.7	15.4	45.8	11.4	12.9	45.6	45.6	1.8	4.2																

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional		
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max					
Incremento Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 50% (%)	RCP 8.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	6.8	7.2	6.4	9.7	8.9	11.0	10.2	10.2	9.4	9.4	9.0	9.3	8.8	9.2	9.2	39.4	22.6	59.8	44.1	51.2	39.9	50.9	42.7	44.4	37.5	49.0	50.1	58.7	23.1	24.7	40.4	40.4	14.2	15.0	14.2	16.4	15.9	18.2	16.4	18.8	18.0	19.4	18.4	20.2	19.2	20.5	6.4	57.6
			desviación típica	1.3	2.3	2.0	2.4	0.1	2.2	2.1	2.1	0.9	1.0	1.2	1.6	1.3	1.8	1.0	3.0	3.0	12.6	7.5	12.5	7.4	18.6	5.5	8.1	5.0	10.2	3.8	10.1	2.3	3.9	8.3	8.3	0.7	1.5	0.7	1.9	0.8	1.6	0.7	1.3	0.6	1.2	0.5	0.7	0.4	0.6	0.4	0.6
		Tr = 50 años	media	6.2	6.9	6.2	10.6	9.8	11.5	11.0	11.0	8.8	8.9	8.3	8.7	8.0	8.5	8.4	24.1	18.9	37.7	26.1	36.8	23.2	33.3	27.9	30.1	29.1	41.4	28.3	49.3	19.1	21.6	30.0	30.0	13.7	15.2	13.7	16.0	15.4	18.0	16.1	18.4	17.6	19.1	18.2	20.2	19.1	20.4	6.3	47.7
			desviación típica	1.9	4.2	3.3	4.2	0.1	4.5	3.4	3.4	1.9	2.0	2.2	2.9	2.3	3.2	2.3	6.1	5.6	22.5	13.0	22.7	10.4	34.1	14.3	19.2	14.8	24.7	8.1	22.4	5.8	6.8	20.2	20.2	1.3	2.9	1.2	2.9	1.3	2.4	1.0	2.0	0.9	1.8	0.8	1.2	0.5	0.8	0.7	29.9
		Tr = 100 años	media	5.9	6.8	6.1	11.0	10.3	12.2	11.4	11.4	8.5	8.7	8.0	8.5	7.8	8.3	8.1	21.8	14.7	33.0	17.0	31.4	17.2	28.6	22.4	25.3	26.2	39.7	20.2	47.4	17.6	21.1	26.4	26.4	13.6	15.2	13.5	15.9	15.3	18.0	16.0	18.4	17.5	19.0	18.1	20.2	19.1	20.4	6.2	45.5
			desviación típica	2.1	5.0	3.7	5.1	0.1	5.7	3.9	3.9	2.3	2.5	2.6	3.4	2.7	3.7	2.7	7.9	6.8	27.2	15.3	27.3	11.3	41.1	18.1	24.3	19.5	32.5	10.1	28.2	7.7	8.3	26.9	26.9	1.5	3.4	1.4	3.3	1.5	2.7	1.1	2.2	1.1	2.0	0.9	1.4	0.7	0.9	0.7	35.5
	Tr = 500 años	media	5.5	6.7	5.8	12.0	10.9	13.9	12.4	12.4	8.1	8.3	7.4	8.1	7.2	7.9	7.5	18.7	4.5	29.6	-2.0	21.0	5.8	22.2	11.5	16.7	22.3	42.7	4.2	46.5	14.6	20.5	20.6	20.6	13.3	15.4	13.3	16.0	15.0	17.9	15.8	18.3	17.2	18.9	18.1	20.3	19.1	20.4	4.4	44.1	
		desviación típica	2.5	6.9	4.6	7.0	0.1	8.7	5.1	5.1	3.1	3.3	3.3	4.4	3.6	4.9	3.7	13.1	9.6	45.6	20.5	37.8	12.9	58.0	26.8	35.6	30.9	63.9	15.0	46.0	11.4	13.0	45.9	45.9	1.9	4.2	1.6	4.2	1.9	3.1	1.3	2.6	1.4	2.3	1.1	1.7	0.8	1.2	0.9	52.1	
	RCP 8.5 2081-2100	Tr = 10 años	media	22.0	22.8	20.8	27.3	25.3	32.1	29.1	29.1	31.3	31.4	30.5	31.2	30.4	31.2	31.6	101.8	79.2	162.2	157.7	164.5	135.1	167.0	142.4	148.6	116.0	149.2	157.2	185.6	76.6	84.1	126.5	126.5	42.7	45.9	43.5	48.8	49.3	54.3	62.2	58.5	56.8	60.4	67.4	62.7	61.0	64.7	20.9	181.1
			desviación típica	2.5	3.0	2.7	3.2	0.1	3.1	2.7	2.7	1.9	1.9	1.8	1.9	1.6	1.8	1.5	4.1	1.5	9.1	4.2	13.1	5.6	19.9	10.3	15.2	8.5	15.9	5.5	25.1	1.6	3.2	5.9	5.9	1.1	1.9	1.2	1.9	1.2	2.4	1.1	2.6	1.7	2.7	1.4	2.2	1.8	2.2	1.2	22.3
		Tr = 50 años	media	20.4	21.9	20.1	28.0	25.9	32.0	28.9	28.9	30.3	30.4	29.2	30.1	29.9	29.9	30.2	84.1	71.0	122.4	109.4	121.9	90.3	120.6	103.7	114.9	88.0	120.5	119.7	148.9	67.3	73.6	94.3	94.3	42.4	45.8	42.8	47.9	48.4	53.5	51.5	57.9	56.1	59.6	66.5	62.1	60.4	64.0	20.4	144.5
			desviación típica	3.3	4.2	3.6	4.9	0.2	4.8	4.1	4.1	3.0	3.0	2.6	3.0	2.3	2.8	2.2	10.9	4.8	20.5	1.9	22.4	2.9	31.0	19.6	28.6	11.8	25.6	8.1	39.1	3.0	4.5	17.7	17.7	1.8	3.1	1.8	2.9	1.9	3.3	1.9	3.7	2.5	3.7	2.4	3.3	2.4	3.3	1.9	31.3
		Tr = 100 años	media	19.9	21.6	19.8	28.5	26.3	32.0	29.0	29.0	29.9	30.1	28.8	29.8	28.6	29.5	29.7	77.8	68.1	107.5	88.8	106.6	74.4	107.3	89.6	103.0	77.0	110.6	100.5	136.8	63.7	69.7	81.7	81.7	42.4	45.8	42.6	47.6	48.1	53.3	51.3	57.7	56.0	59.4	66.3	62.0	60.4	63.8	20.0	132.4
			desviación típica	3.6	4.7	3.9	5.7	0.2	5.5	4.7	4.7	3.5	3.5	3.1	3.5	2.7	3.2	2.4	14.3	6.7	25.6	2.3	27.0	3.4	37.0	23.5	33.9	13.2	31.5	9.3	43.9	4.2	6.2	23.5	23.5	2.0	3.6	2.1	3.4	2.2	3.6	2.2	4.0	2.8	4.1	2.8	3.6	2.7	3.7	2.0	35.7
	Tr = 500 años	media	18.8	21.0	19.1	29.9	27.1	32.0	29.3	29.3	29.4	29.6	28.1	29.2	27.8	28.9	28.8	65.4	47.1	75.8	47.1	75.8	42.7	81.5	61.4	79.8	54.8	97.3	62.6	118.5	56.0	61.9	55.3	55.3	42.1	46.1	42.3	47.2	47.7	53.0	51.1	57.6	55.7	59.1	65.9	61.8	60.2	63.7	19.2	116.1	
		desviación típica	4.2	5.9	4.5	7.6	0.2	7.5	6.2	6.2	4.6	4.6	4.0	4.7	3.5	4.1	3.0	22.6	11.5	36.3	5.6	35.9	6.7	48.6	31.5	44.0	16.4	47.3	11.0	51.8	7.0	11.0	36.3	36.3	2.4	4.5	2.5	4.4	2.7	4.0	2.7	4.0	2.7	4.7	3.3	4.6	3.5	4.3	2.5	47.3	

Tabla 8. Valores del Incremento Relativo del Nivel del Mar Compuesto, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional. (Tabla 2 de 2)

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional											
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max														
Factor de Amplificación Tr	RCP 4.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	3.7	4.4	3.8	4.5	4.1	9.7	5.3	5.3	7.2	7.3	6.5	7.1	5.9	6.7	6.7	9.2	8.2	9.9	8.0	9.3	5.9	8.5	7.2	8.0	5.5	8.0	8.6	9.8	8.9	9.0	8.7	8.7	9.6	9.7	9.7	9.8	9.7	9.9	9.8	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	10.0	3.8	9.9										
			desviación típica	1.8	2.1	1.7	2.1	0.0	2.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9	1.7	2.2	0.5	1.7	0.1	0.9	0.6	1.6	0.3	1.8	0.7	1.1	0.4	1.0	0.1	1.9	0.5	0.6	0.7	0.7	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1								
		Tr = 50 años	media	8.2	11.7	8.6	13.8	10.2	48.0	13.5	13.5	22.4	22.9	18.2	21.6	15.7	19.6	14.0	32.5	8.3	21.6	9.8	15.7	3.9	13.4	4.6	7.8	3.4	10.4	11.5	29.6	18.0	20.3	10.0	10.0	45.2	47.1	46.2	48.2	46.8	48.9	47.0	49.0	48.0	49.1	48.0	49.0	49.0	49.4	3.9	49.1									
			desviación típica	8.9	10.3	9.0	10.5	0.1	11.4	9.8	9.8	12.5	13.1	13.5	14.2	13.3	14.9	2.5	18.0	3.5	12.3	6.1	13.1	2.0	8.7	2.7	5.3	1.5	6.6	5.3	14.0	5.6	9.9	7.4	7.4	2.0	4.0	1.1	2.8	0.6	2.4	0.5	2.2	0.6	1.0	0.6	1.3	0.3	0.7	0.5	14.2									
		Tr = 100 años	media	12.8	19.3	13.5	23.9	16.1	95.7	22.0	22.0	37.8	38.6	29.8	36.1	25.9	32.2	14.5	53.7	5.7	27.3	8.3	15.9	3.0	12.2	1.9	5.6	2.1	8.7	5.6	39.9	20.6	24.5	10.4	10.4	88.5	93.0	90.7	95.7	92.0	97.2	92.3	97.5	94.9	97.7	95.0	97.4	97.4	98.4	2.5	97.8									
			desviación típica	16.1	19.6	16.7	19.9	0.2	22.5	18.1	18.1	25.0	26.0	27.4	29.6	27.2	30.4	4.2	38.3	3.7	19.8	8.5	21.8	1.9	12.8	2.1	7.8	1.9	10.5	4.7	28.1	11.1	18.6	8.8	8.8	5.3	10.9	2.7	8.1	1.6	6.7	1.3	6.2	1.5	2.5	1.6	3.7	0.8	2.0	1.2	29.1									
		Tr = 500 años	media	44.5	71.6	47.6	95.4	52.8	477.1	76.8	76.8	140.4	143.2	111.8	133.5	100.4	117.8	16.2	204.3	2.8	50.9	5.2	23.2	2.1	16.9	0.9	6.7	0.6	10.2	2.4	93.9	30.6	36.9	13.2	13.2	423.7	454.2	434.7	472.6	443.9	482.0	444.4	484.5	464.5	484.8	463.8	481.6	481.1	488.7	1.0	484.8									
			desviación típica	63.5	86.1	68.5	90.4	0.8	109.6	77.4	77.4	109.3	116.4	130.5	146.5	132.0	144.8	11.2	182.9	2.6	60.4	9.2	50.6	2.2	25.3	0.9	13.5	0.3	20.5	2.4	129.4	32.1	52.8	13.7	13.7	41.4	84.1	18.6	70.2	11.0	56.2	8.7	50.4	10.2	18.7	12.3	32.9	7.0	16.5	1.0	145.3									
		RCP 4.5 2081-2100	Tr = 10 años	media	9.8	9.9	9.8	9.9	9.9	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.8	10.0								
				desviación típica	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
			Tr = 50 años	media	43.2	47.9	43.6	48.3	46.1	50.0	49.0	49.0	50.0	50.0	49.9	50.0	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0					
				desviación típica	1.5	6.6	1.0	6.0	0.0	3.9	1.2	1.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Tr = 100 años		media	79.6	93.3	80.7	95.0	85.9	100.0	95.7	95.7	99.9	99.9	99.3	99.8	99.1	99.7	99.8	100.0	86.1	100.0	88.0	100.0	71.1	100.0	86.8	94.0	82.4	100.0	89.8	100.0	100.0	100.0	96.1	96.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
			desviación típica	5.0	19.9	3.0	18.0	0.0	14.1	4.7	4.7	0.2	0.3	0.3	1.0	0.4	1.1	0.0	0.3	0.0	31.1	0.0	25.6	0.0	41.2	13.3	29.4	0.0	31.3	0.0	22.7	0.0	0.0	8.7	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Tr = 500 años		media	326.0	432.3	333.4	455.9	346.9	500.0	440.7	440.7	495.9	497.3	483.7	495.0	477.3	493.2	393.3	500.0	171.9	499.8	217.6	400.3	138.1	405.1	318.8	401.2	278.7	460.8	305.0	500.0	498.2	499.2	303.8	303.8	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0				
			desviación típica	53.4	152.8	29.0	141.0	0.0	149.1	64.2	64.2	5.7	8.5	9.0	21.8	9.5	25.1	0.0	192.6	0.3	273.3	129.8	258.7	110.2	247.5	208.8	248.6	87.6	246.3	0.0	267.3	1.7	2.6	241.4	241.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
	RCP 8.5 2026-2045		Tr = 10 años	media	4.3	5.2	4.4	5.3	4.6	9.7	5.9	5.9	8.2	8.3	7.7	8.1	7.2	8.0	8.0	9.9	8.7	9.9	9.3	9.9	6.6	9.6	8.1	8.8	6.4	9.2	9.2	9.9	9.8	9.8	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9			
				desviación típica	1.2	1.6	1.1	1.5	0.0	1.2	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	1.0	0.7	1.1	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.5	0.2	3.0	0.5	1.2	0.4	1.1	0.0	1.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
			Tr = 50 años	media	9.9	14.4	10.3	16.0	11.8	48.2	16.1	16.1	28.1	28.8	23.3	27.1	20.3	25.9	19.2	39.5	5.6	28.8	8.7	20.4	5.6	16.3	8.6	12.2	7.6	18.3	13.1	34.4	24.7	25.4	18.6	18.6	48.2	48.8	48.4	49.5	49.1	49.7	49.1	49.8	49.5	49.8	49.6	49.8	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9
				desviación típica	6.1	8.6	6.2	9.3	0.1	9.2	6.1	6.1	6.8	7.1	8.8	11.8	9.4	12.6	6.1	13.6	3.5	13.0	7.1	16.2	3.6	8.8	4.7	7.2	4.0	7.9	2.0	13.7	6.9	10.3	12.0	12.0	1.2	2.1	0.4	1.8	0.3	1.2	0.2	1.1	0.2	0.5	0.2	0.6	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1		
		Tr = 100 años	media	15.0	23.5	15.7	27.2	18.1	96.3	25.4	25.4	47.2	48.7	37.8	45.1	32.6	42.8	20.4	66.5	3.4	37.4	6.9	18.4	4.6	10.0	6.7	11.0	8.1	19.4	7.1	49.0	27.7	30.2	17.8	17.8	95.4	97.0	95.8	98.9	97.5	99.3	97.7	99.5	98.8	99.6	98.9	99.6	99.7	99.8	99.7	99.8	99.7	99.8	99.7	99.8	99.7	99.8	99.7	99.8	
			desviación típica	10.4	16.4	10.6	17.6	0.2	19.4	12.8	12.8	15.9	18.2	20.4	26.7	22.3	27.9	13.1	38.0	4.1	23.0	6.4	23.5	2.7	9.7	4.0	9.4	7.0	12.9	4.2	23.5	12.6	19.3	13.4	13.4	3.1	5.9	0.9	5.1	0.7	3.3	0.6	3.2	0.5	1.3	0.5	1.7	0.1	0.3	0.5	1.7	0.1	0.3	0.2	25.7					
		Tr = 500 años	media	43.4	84.4	46.7																																																						

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional						
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max									
Factor de Amplificación Tr Nivel del Mar Compuesto con ANMM del 50% (-)	RCP 8.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	6.2	7.2	5.7	7.9	7.2	10.0	7.8	7.8	9.0	9.1	8.7	9.0	8.4	8.9	8.9	10.0	9.9	10.0	10.0	10.0	9.9	10.0	9.9	10.0	9.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	5.8	10.0					
			desviación típica	0.9	1.5	0.8	1.5	0.0	1.1	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.8	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5		
		Tr = 50 años	media	17.1	23.3	15.7	29.4	20.5	49.7	25.3	25.3	34.7	35.4	30.1	33.6	26.9	33.0	30.1	46.3	19.0	40.2	22.3	39.0	14.5	35.3	24.9	31.8	16.5	40.5	32.4	49.6	37.1	37.2	31.2	31.2	49.5	49.7	49.6	49.9	49.8	50.0	49.8	50.0	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	15.8	50.0			
			desviación típica	9.4	11.3	7.2	11.6	0.0	10.7	6.9	6.9	6.5	7.3	8.3	11.2	8.8	12.3	2.8	10.2	5.9	15.6	10.5	22.0	6.3	14.9	14.1	16.8	5.7	15.6	0.3	21.3	5.9	8.4	16.5	16.5	0.4	0.7	0.1	0.5	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.4
		Tr = 100 años	media	27.7	39.6	25.3	52.6	32.5	99.5	42.2	42.2	60.7	62.5	50.3	58.2	44.2	56.9	36.3	84.1	11.6	59.1	17.2	48.2	11.0	38.1	25.3	39.5	18.8	57.6	42.9	94.9	48.3	49.6	38.1	38.1	98.6	99.2	98.9	99.8	99.3	99.9	99.4	99.9	99.8	99.9	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	13.2	100.0	
			desviación típica	17.9	23.5	15.2	23.1	0.0	24.9	15.4	15.4	16.3	18.5	20.6	27.4	22.3	29.4	11.8	33.4	7.2	31.9	14.9	38.2	8.3	23.2	17.0	23.2	11.7	25.6	2.7	42.0	17.3	24.5	31.4	31.4	1.1	2.2	0.2	1.7	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.3
	Tr = 500 años	media	91.3	148.2	86.5	214.9	104.2	497.1	146.5	146.5	228.2	238.0	179.6	215.6	159.1	209.4	48.1	304.2	3.8	116.7	8.3	54.4	5.9	20.3	12.4	34.2	23.3	83.9	21.1	336.9	61.5	79.2	31.1	31.1	488.1	494.2	490.6	498.8	494.1	499.4	494.3	499.4	498.6	499.6	498.5	499.8	499.7	499.9	5.9	499.9					
		desviación típica	71.6	116.6	66.1	116.2	0.2	143.3	85.6	85.6	104.5	118.7	130.7	166.6	145.6	170.7	56.5	219.2	5.7	113.6	8.9	106.6	3.7	20.9	10.4	41.3	25.7	71.3	28.1	170.5	41.7	83.0	27.2	27.2	8.9	20.3	1.2	16.3	0.9	10.8	0.8	10.4	0.6	2.2	0.4	3.1	0.0	0.3	0.1	168.5					
	RCP 8.5 2081-2100	Tr = 10 años	media	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0			
			desviación típica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
		Tr = 50 años	media	49.9	50.0	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0		
			desviación típica	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Tr = 100 años	media	99.4	100.0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
			desviación típica	0.0	1.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Tr = 500 años	media	471.4	499.9	478.1	500.0	496.8	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0			
		desviación típica	0.1	62.7	0.0	46.6	0.0	5.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

Tabla 10. Valores del Factor de Amplificación de Cota y Distancia de Inundación, para distintos Periodos de Retorno, Escenarios y Periodos. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional. (Tabla 2 de 2)

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional		
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max					
Valores Periodo de Referencia (1985-2005)	Cota de Inundación (m vertical NMMA)	Tr = 10 años	media	4.3	12.5	3.8	12.6	3.3	14.2	6.3	12.4	3.3	5.3	3.4	5.9	3.4	6.9	1.8	8.4	1.4	5.1	1.2	4.7	0.9	4.5	0.7	4.2	0.9	5.5	0.8	8.4	2.2	7.5	1.1	5.4	2.8	12.9	2.7	10.9	2.7	11.6	2.5	11.5	2.4	9.5	2.9	12.8	4.3	14.5	1.0	12.2
			desviación típica	0.0	0.6	0.1	0.6	0.0	0.8	0.1	0.6	0.0	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.2	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.7	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	1.8	0.1	1.3	0.0	0.7
		Tr = 50 años	media	4.5	13.8	4.0	14.1	3.5	15.2	6.7	14.0	3.5	5.7	3.6	6.4	3.6	8.6	1.9	9.2	1.5	6.2	1.3	5.5	1.0	4.9	0.9	4.6	1.0	6.1	0.8	9.5	2.3	9.5	1.2	5.9	3.0	13.8	2.8	11.4	2.8	12.0	2.7	12.5	2.4	9.9	3.0	14.1	4.4	16.0	1.1	13.1
			desviación típica	0.0	1.3	0.1	1.9	0.1	1.6	0.1	1.5	0.1	0.6	0.1	0.7	0.1	1.1	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	1.0	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.0	1.2	0.0	0.9	0.0	0.3	0.1	1.7	0.0	1.6	0.1	1.3	0.0	1.7	0.0	0.9	0.1	3.7	0.1	2.8	0.0	1.4
		Tr = 100 años	media	4.5	14.8	4.1	15.3	3.5	15.6	6.8	15.2	3.6	5.8	3.7	6.5	3.6	9.6	1.9	9.7	1.5	7.0	1.3	6.2	1.0	5.0	0.9	4.9	1.0	6.2	0.8	10.3	2.3	10.4	1.3	6.0	3.0	14.3	2.9	11.9	2.8	12.2	2.7	13.3	2.4	10.0	3.0	15.2	4.5	17.4	1.1	13.7
			desviación típica	0.1	2.0	0.1	2.7	0.1	2.2	0.1	2.2	0.1	0.7	0.1	0.9	0.1	1.6	0.0	1.4	0.0	1.2	0.0	1.3	0.0	0.8	0.0	0.9	0.0	1.0	0.0	1.6	0.0	1.5	0.0	0.4	0.1	2.5	0.0	2.1	0.1	1.7	0.0	2.3	0.0	1.0	0.0	5.4	0.1	3.9	0.0	2.0
	Tr = 500 años	media	4.7	18.5	4.2	19.2	3.6	17.2	7.1	18.3	3.7	6.0	3.9	6.8	3.7	12.3	1.9	12.3	1.5	9.6	1.4	8.1	1.1	5.9	1.0	5.8	1.0	7.1	0.9	12.2	2.4	12.8	1.3	6.2	3.2	15.5	2.9	14.1	2.8	12.8	2.8	16.9	2.5	10.2	3.0	22.0	4.5	23.2	1.2	15.1	
		desviación típica	0.1	4.5	0.1	5.3	0.1	4.8	0.1	4.3	0.1	1.1	0.1	2.0	0.1	3.6	0.0	2.7	0.0	2.4	0.0	2.8	0.0	1.5	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	3.3	0.0	3.3	0.0	0.7	0.1	5.2	0.0	4.4	0.1	3.3	0.1	4.5	0.0	1.9	0.1	10.8	0.1	8.2	0.0	4.0	
	Distancia de Inundación (m horizontal NMMA)	Tr = 10 años	media	18.2	430.6	15.3	366.3	15.3	285.1	42.6	154.4	49.5	128.3	25.4	122.8	25.4	128.5	11.6	257.3	10.2	99.5	7.5	69.1	5.9	86.1	8.6	794.8	7.7	120.5	3.1	82.2	16.2	43.2	5.7	94.9	12.1	166.2	7.5	250.5	8.2	241.8	7.5	136.5	6.1	127.1	7.2	107.1	9.5	118.2	6.7	209.1
			desviación típica	0.1	20.1	0.1	21.7	0.1	25.4	0.2	20.0	1.3	13.3	0.7	12.3	0.3	7.1	0.1	20.3	0.1	11.0	0.1	10.3	0.1	11.9	0.1	18.7	0.1	9.1	0.0	7.1	0.1	3.5	0.1	6.8	0.1	18.7	0.1	24.5	0.1	21.9	0.1	13.9	0.1	32.3	0.1	16.4	0.1	15.7	0.1	15.3
		Tr = 50 años	media	18.6	439.3	15.5	368.9	15.9	294.7	46.2	189.9	54.9	137.3	28.1	127.1	26.5	136.2	12.0	265.0	11.0	116.4	7.9	94.9	7.2	106.7	9.0	837.1	8.0	140.5	3.5	97.5	17.5	48.2	6.3	107.6	12.5	186.7	7.8	263.3	10.0	258.7	8.4	155.4	6.3	145.3	7.4	119.5	10.5	128.0	7.3	226.4
			desviación típica	0.2	32.1	0.1	57.3	0.2	46.5	0.2	54.9	1.1	26.1	0.6	27.2	0.4	12.7	0.2	38.9	0.2	21.6	0.1	27.4	0.2	22.3	0.2	36.6	0.1	18.5	0.0	14.9	0.2	4.8	0.2	11.8	0.1	36.4	0.1	29.9	0.1	35.6	0.2	21.1	0.1	30.5	0.1	23.9	0.1	53.9	0.1	28.1
Tr = 100 años		media	18.8	440.8	15.5	369.9	16.2	307.1	46.9	206.8	56.7	140.5	28.9	140.1	26.7	138.9	12.2	266.7	11.2	128.5	8.0	113.5	7.5	112.3	9.0	845.8	8.0	151.0	3.5	102.8	18.0	49.4	6.4	112.2	12.6	199.9	7.9	285.9	10.1	259.4	8.8	160.7	6.3	152.4	7.4	124.3	10.6	147.8	7.5	234.0	
		desviación típica	0.2	36.3	0.1	57.7	0.2	51.7	0.2	55.3	1.1	33.7	0.7	36.4	0.4	15.3	0.2	51.7	0.3	29.3	0.1	32.3	0.2	30.3	0.2	44.7	0.1	24.8	0.1	19.1	0.2	6.4	0.3	13.2	0.2	48.8	0.2	40.2	0.1	43.2	0.2	24.7	0.2	35.8	0.1	35.1	0.1	55.1	0.1	36.0	
Tr = 500 años	media	19.2	443.3	15.6	399.8	16.4	312.7	47.4	251.7	58.3	147.2	30.4	171.4	27.2	144.8	12.9	304.6	11.4	169.3	8.2	160.0	8.1	133.8	9.2	853.3	8.1	182.6	3.8	114.8	19.1	52.6	6.6	121.1	13.9	248.0	8.1	305.9	10.3	291.8	9.3	173.9	6.4	195.9	7.5	208.6	10.7	198.6	7.9	254.7		
	desviación típica	0.2	50.4	0.2	113.1	0.2	70.8	0.2	258.3	1.1	56.0	0.9	66.8	0.5	30.6	0.2	94.6	0.3	57.3	0.2	60.8	0.2	43.3	0.3	45.3	0.2	51.4	0.1	33.0	0.3	7.7	0.6	18.1	0.2	67.8	0.2	59.6	0.1	62.5	0.2	52.6	0.2	47.4	0.1	81.1	0.2	78.3	0.1	58.6		

Tabla 11. Valores de la Cota y Distancia de Inundación del periodo histórico de referencia para distintos Periodos de Retorno. Se calcula la media y desviación típica del ensemble de los modelos, así como los valores mínimos y máximos asociados a los percentiles 1% y 99% respectivamente, para cada Demarcación Hidrográfica y también a Escala Nacional.

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional		
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max			
Incremento Cota de Inundación (%)	RCP 4.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	-4.3	13.5	-2.2	13.1	-3.4	11.2	-1.0	8.9	-10.3	8.9	-6.9	8.0	-0.4	11.9	-9.4	12.7	-7.1	23.2	-1.0	27.4	-3.1	29.4	-2.1	63.0	-1.3	27.9	-4.6	38.0	-1.3	9.6	0.0	17.0	-7.7	11.7	-8.2	14.8	-9.5	17.4	-9.5	16.1	-3.0	9.3	-5.8	10.6	-9.0	9.0	-5.5	28.0
			desviación típica	1.4	12.9	1.4	14.5	1.0	13.4	1.0	6.4	1.9	11.2	1.4	10.5	1.3	11.9	1.2	10.5	1.1	11.4	1.4	14.7	1.8	14.8	1.5	15.8	1.3	12.7	1.3	16.5	1.2	12.0	2.5	9.0	1.0	13.0	1.0	14.0	1.0	14.8	1.2	16.5	1.4	12.8	1.2	14.1	1.0	17.5	1.2	14.1
		Tr = 50 años	media	-6.6	18.7	-5.5	25.8	-7.3	17.6	-4.0	15.7	-10.7	10.3	-10.0	11.9	-5.0	18.0	-13.7	18.9	-15.4	30.5	-5.8	34.0	-9.5	35.8	0.4	45.1	-8.4	34.8	-9.9	42.1	-8.0	11.7	-0.5	23.7	-15.0	20.5	-12.3	23.7	-11.4	27.6	-15.2	26.4	-7.5	12.0	-14.3	26.9	-16.9	12.3	-10.8	32.3
			desviación típica	1.9	25.5	1.4	33.1	1.2	26.1	0.7	10.4	2.0	23.4	1.9	18.0	1.7	21.9	1.7	22.9	2.4	31.9	2.4	30.3	2.1	27.0	1.9	28.8	1.8	33.6	1.2	25.2	3.9	18.8	1.3	27.3	1.0	28.4	1.5	28.0	1.5	28.3	1.5	16.3	2.1	38.0	1.3	27.9	1.6	28.1		
		Tr = 100 años	media	-7.3	23.0	-7.3	31.6	-9.7	21.9	-5.0	19.3	-10.2	13.0	-11.2	15.0	-7.8	20.3	-16.6	21.5	-20.0	36.3	-9.1	40.9	-12.0	44.2	-4.2	48.2	-11.5	45.0	-14.3	49.8	-10.9	13.2	-0.9	30.9	-18.2	24.9	-15.6	30.7	-14.0	33.9	-17.1	32.3	-9.3	13.0	-18.9	27.6	-20.4	15.7	-14.4	37.9
			desviación típica	1.9	35.0	1.4	43.4	1.3	33.0	0.9	12.4	1.6	30.7	1.8	22.0	2.0	26.7	1.8	28.1	2.0	29.3	2.7	43.3	2.5	37.8	2.4	34.0	2.2	39.3	1.4	34.0	2.2	39.3	1.3	36.1	4.5	23.7	1.5	36.0	1.1	39.6	1.5	38.9	1.5	38.9	1.6	18.8	2.5	49.2	1.3	36.7
	Tr = 500 años	media	-9.5	37.4	-11.3	49.5	-16.4	34.6	-6.8	29.6	-7.7	25.6	-13.6	24.1	-16.2	28.3	-25.7	33.2	-32.5	62.0	-16.9	60.9	-24.7	64.0	-14.8	63.0	-19.4	69.9	-21.0	73.0	-17.5	18.3	-2.5	52.1	-27.0	42.1	-18.3	47.9	-21.1	63.4	-26.0	60.7	-13.1	14.7	-21.6	57.1	-27.6	28.6	-22.5	67.5	
		desviación típica	2.1	64.1	1.7	74.0	1.6	54.0	0.9	19.1	1.2	53.7	2.0	32.4	2.5	46.5	2.1	58.0	2.3	62.9	3.3	74.1	3.1	63.4	3.1	54.6	2.8	73.7	2.2	80.9	1.3	71.2	6.0	36.7	1.9	68.9	1.5	75.1	1.8	75.7	1.8	67.8	1.6	24.7	3.2	82.9	1.2	63.2	2.0	67.4	
	RCP 4.5 2081-2100	Tr = 10 años	media	-7.9	27.6	-2.5	22.2	-3.8	26.2	-4.7	14.2	-10.9	14.5	-13.4	16.2	1.4	29.0	-17.2	32.6	-6.1	42.9	-3.7	54.2	2.3	78.5	9.7	114.3	2.6	68.8	-3.0	85.1	-2.3	41.2	4.6	36.7	-13.1	25.7	-14.0	33.2	-17.2	38.2	-13.0	29.6	-8.3	23.2	-12.1	21.9	-14.9	24.0	-9.1	63.3
			desviación típica	1.3	13.2	0.9	13.3	1.2	12.9	1.5	10.7	1.8	8.9	1.5	13.0	0.9	15.1	1.2	11.6	1.2	14.7	2.0	19.9	1.5	17.5	1.3	14.8	1.4	16.5	1.3	17.2	0.9	12.7	2.1	15.3	1.2	13.7	1.1	14.8	1.3	14.2	1.3	14.8	1.1	16.0	1.5	19.9	1.3	30.3	1.2	16.0
		Tr = 50 años	media	-13.5	26.7	-6.7	26.9	-12.4	29.2	-3.4	19.9	-16.2	18.5	-18.0	21.0	-5.8	40.7	-28.7	40.3	-14.7	51.6	-7.7	69.2	-8.7	104.1	5.5	82.6	-3.0	76.9	-7.5	92.0	-8.8	49.1	8.2	41.3	-20.2	32.8	-18.3	41.6	-20.4	52.5	-23.2	38.0	-15.6	23.0	-24.5	29.9	-28.1	24.6	-14.7	70.2
			desviación típica	1.4	24.7	1.4	26.5	1.3	23.7	0.9	23.2	3.5	13.9	2.0	23.9	2.2	24.9	1.3	22.4	1.7	28.9	2.3	38.5	2.5	37.1	1.4	25.1	2.2	34.0	1.8	34.1	0.8	19.8	5.2	24.6	1.6	24.4	1.3	31.5	1.2	29.0	1.7	30.4	1.8	35.0	1.2	53.1	1.6	31.8		
		Tr = 100 años	media	-15.5	26.2	-10.9	32.7	-15.2	31.5	-3.1	23.4	-19.1	20.8	-20.4	24.3	-10.0	45.7	-32.0	48.4	-22.4	58.2	-9.6	82.3	-13.0	113.6	0.7	71.8	-5.0	88.2	-12.6	105.1	-11.4	52.7	1.7	44.3	-23.7	37.6	-20.9	50.4	-24.4	63.8	-26.6	45.8	-18.2	23.0	-31.3	35.6	-33.5	33.7	-18.7	79.2
			desviación típica	1.4	30.8	1.4	34.1	1.3	30.6	0.5	31.4	3.7	15.7	2.6	24.5	2.5	32.9	1.5	27.2	1.9	38.9	2.4	47.7	2.8	50.7	1.6	29.1	2.4	44.7	2.0	46.0	0.8	23.7	6.3	29.6	1.8	32.1	1.4	40.9	1.9	42.4	2.2	26.2	1.8	43.5	1.2	64.5	1.8	41.5		
	Tr = 500 años	media	-22.1	31.7	-21.4	62.1	-25.2	47.8	-4.0	33.5	-25.0	31.4	-26.1	46.2	-20.6	61.4	-39.2	73.6	-38.3	82.3	-18.6	123.1	-23.7	178.5	-8.9	77.3	-22.7	125.1	-26.7	147.4	-16.9	61.8	-12.6	53.3	-37.5	62.9	-28.0	75.3	-30.7	119.5	-36.9	70.6	-23.3	28.2	-44.4	69.2	-44.2	63.8	-28.3	108.7	
		desviación típica	1.5	62.2	1.5	60.8	1.5	48.6	0.7	56.9	4.8	30.5	3.7	56.6	3.2	58.1	1.8	43.5	2.1	66.6	2.8	82.1	3.5	94.9	3.2	39.1	3.2	87.1	2.3	82.5	0.8	34.0	6.7	43.6	2.0	59.8	1.4	75.2	2.0	79.3	2.0	81.8	2.7	42.2	2.2	68.9	1.2	105.6	2.0	75.7	
	RCP 8.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	-4.4	16.4	-3.1	10.1	-2.6	14.0	-0.3	7.9	-12.8	6.1	-7.4	7.5	-3.1	15.3	-10.8	13.0	-8.8	19.3	-2.5	28.7	-3.2	30.4	-2.5	75.5	-1.0	32.2	-4.7	38.4	-4.5	11.8	-2.7	21.3	-10.4	12.9	-7.2	15.7	-9.7	20.2	-11.8	13.2	-8.6	9.9	-11.2	11.6	-13.0	8.9	-6.8	26.3
			desviación típica	0.9	8.9	0.8	12.0	0.9	11.8	1.0	11.2	1.4	8.3	1.2	8.1	1.7	11.4	1.1	12.0	1.1	12.3	1.1	12.7	1.6	15.4	1.8	16.2	1.2	13.9	1.3	15.5	1.1	12.5	2.5	10.3	1.3	12.4	0.9	13.1	1.1	13.3	1.0	14.3	1.3	13.4	1.0	15.4	1.2	16.9	1.1	14.1
		Tr = 50 años	media	-6.9	24.4	-7.2	17.7	-7.0	19.5	-1.7	16.0	-16.1	8.1	-11.6	15.5	-7.2	21.6	-16.6	21.0	-13.1	22.3	-6.5	38.0	-10.5	38.9	-3.6	56.6	-6.5	40.7	-9.3	42.0	-8.4	26.2	-5.3	25.5	-15.0	21.5	-10.8	28.5	-15.2	28.3	-17.2	20.9	-13.7	13.1	-20.2	24.6	-21.2	11.7	-12.6	31.8
			desviación típica	1.6	19.1	1.2	23.8	1.5	24.7	0.9	20.4	2.6	16.6	2.5	15.1	2.7	22.4	1.7	22.5	1.6	26.1	1.8	23.7	2.2	30.0	2.3	34.4	1.8	29.0	1.8	32.7	1.4	33.1	4.7	26.3	1.5	26.6	1.0	30.4	1.3	25.6	1.6	28.7	1.7	24.9	1.1	30.1	1.2	32.7	1.5	27.8
		Tr = 100 años	media	-7.2	28.2	-10.3	20.9	-9.6	24.1	-3.2	20.6	-17.1	10.9	-13.4	20.3	-10.0	27.1	-21.5	25.4	-18.6	28.3	-10.2	46.3	-14.6	46.7	-7.9	56.0	-10.6	50.3	-14.3	55.1	-10.1	39.4	-6.3	33.1	-17.7	25.3	-12.6	38.2	-19.8	37.6	-19.5	29.3	-15.6	15.9	-24.9	38.4	-24.4	13.8	-16.5	37.3
			desviación típica	1.8	25.3	1.3	31.0	1.6	32.9	0.6	25.7	2.7	21.0	3.1	21.2	3.0	29.7	1.8	28.5	1.9	32.7	2.2	31.2	2.2	39.9	1.7	46.7	2.3	38.0	1.9	41.2	1.5	45.3	5.3	36.4	1.5	35.7	1.0	42.8	1.3	34.7	1.8	38.3	1.9	36.8	1.1	36.1	1.2	43.1	1.7	36.3
	Tr = 500 años	media	-13.8	38.1	-16.9	35.7	-16.2	40.5	-8.3	34.3	-18.6	21.1	-17.0	39.2	-13.7	44.4	-32.5	41.8	-30.2	40.7	-17.9	63.9	-25.5	70.5	-17.7	77.2	-18.2	70.8	-24.7	83.7	-13.7	83.0	-12.4	57.6	-26.0	42.2	-18.0	73.4	-29.7	69.1	-25.1	47.0	-20.9	33.6	-39.0	33.2	-33.4	26.9	-24.1	97.8	
		desviación típica	1.8	47.0	1.5	51.7	1.8	52.0	1.1	41.8	2.9	33.7	2.9	32.5	2.9	52.5	2.0	42.2	2.2	58.6	2.7	85.4	2.7	71.7	2.0	87.6																									

Variable	Escenario y Periodo	Periodo de Retorno	DH1		DH2		DH3		DH4		DH5		DH6		DH7		DH8		DH9		DH10		DH11		DH12		DH13		DH14		DH15		DH16		DH17		DH18		DH19		DH20		DH21		DH22		DH23		Nacional				
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max					
Factor de Amplificación Tr Cota de Inundación (-)	RCP 4.5 2026-2045	Tr = 10 años	media	0.7	3.9	0.7	3.9	0.5	4.0	0.9	2.5	0.3	3.0	0.3	3.3	0.9	3.7	0.3	5.4	0.5	6.5	0.9	6.0	0.7	7.9	0.6	8.0	0.9	8.5	0.6	9.7	0.9	5.0	1.0	7.9	0.4	5.3	0.4	6.9	0.3	5.2	0.3	6.2	0.5	9.0	0.5	6.5	0.4	3.8	0.5	8.1		
			desviación típica	0.4	2.4	0.3	2.4	0.3	2.3	0.2	1.6	0.4	1.9	0.2	2.2	0.3	1.9	0.2	2.3	0.2	2.3	0.3	2.1	0.3	2.1	0.3	2.3	0.5	2.6	0.3	2.3	0.2	2.7	0.4	2.0	0.5	2.1	0.2	2.3	0.2	2.7	0.2	2.4	0.2	2.5	0.3	2.6	0.2	2.1	0.3	2.5	0.2	2.4
		Tr = 50 años	media	0.7	12.2	0.3	12.3	0.4	12.9	0.9	7.3	0.7	9.0	0.3	11.4	0.4	11.9	0.1	19.5	0.1	22.1	0.5	22.5	0.6	24.9	1.8	24.1	0.8	26.6	0.4	41.5	0.2	20.5	1.5	32.8	0.2	20.0	0.2	23.9	0.2	18.9	0.3	19.4	0.3	39.9	0.3	23.4	0.2	14.3	0.3	29.8		
			desviación típica	0.8	12.4	0.4	13.3	0.5	11.7	0.9	6.5	0.8	9.8	0.4	9.9	0.5	8.6	0.2	11.7	0.1	13.6	0.5	12.5	0.6	13.6	1.6	12.9	0.8	14.1	0.5	16.6	0.3	10.6	0.9	12.1	0.2	11.0	0.3	13.8	0.3	13.0	0.3	12.2	0.4	13.6	0.3	10.8	0.2	11.0	0.4	14.0		
		Tr = 100 años	media	0.8	22.2	0.2	22.5	0.3	23.6	1.0	13.3	0.9	15.6	0.2	20.7	0.3	19.9	0.1	36.6	0.0	39.8	0.4	41.9	0.5	45.6	3.0	38.2	0.7	46.3	0.4	75.3	0.0	39.3	1.7	62.1	0.1	36.8	0.2	44.9	0.2	34.4	0.3	35.9	0.3	76.5	0.2	43.1	0.2	27.0	0.2	53.6		
			desviación típica	1.1	24.9	0.3	26.9	0.5	22.8	1.6	12.4	1.1	19.4	0.2	19.2	0.4	17.4	0.2	22.9	0.1	27.8	0.5	24.9	0.8	28.2	2.6	26.9	1.0	28.3	0.5	35.0	0.0	20.9	1.0	26.0	0.1	22.3	0.2	27.5	0.4	26.3	0.3	24.5	0.6	27.4	0.2	23.8	0.2	21.3	0.3	28.7		
		Tr = 500 años	media	1.3	99.0	0.1	103.8	0.2	102.1	1.9	69.1	1.6	63.2	0.0	94.4	0.0	84.3	0.0	169.9	0.0	188.8	0.3	189.2	0.4	199.3	1.4	168.4	0.1	195.7	0.0	335.9	0.0	187.0	1.8	286.0	0.0	162.2	0.0	203.8	0.2	158.0	0.1	153.7	1.0	354.2	0.1	187.4	0.1	126.2	0.1	229.6		
			desviación típica	3.0	124.2	0.1	134.3	0.4	106.3	3.9	59.1	2.8	95.7	0.0	91.7	0.0	83.7	0.0	112.3	0.0	138.1	0.5	129.1	0.6	147.1	2.5	150.0	0.2	146.5	0.1	180.0	0.0	103.1	1.9	139.2	0.0	109.8	0.1	137.8	0.3	131.4	0.2	119.5	2.2	138.0	0.2	102.2	0.1	152.1				
		RCP 4.5 2081-2100	Tr = 10 años	media	0.4	7.1	0.8	7.3	0.5	9.0	0.4	4.1	0.0	6.4	0.0	5.8	1.2	7.9	0.1	9.9	0.6	9.9	0.9	9.9	1.9	10.0	2.7	10.0	2.0	10.0	0.8	8.4	1.4	9.8	0.1	9.6	0.1	9.9	0.0	9.8	0.2	10.0	0.5	10.0	0.0	9.9	0.3	8.1	0.3	10.0			
				desviación típica	0.3	2.4	0.3	2.7	0.2	2.7	0.3	2.1	0.0	3.0	0.0	2.3	0.3	2.3	0.0	2.5	0.0	2.5	0.1	2.5	0.8	2.4	0.0	1.6	0.0	1.0	0.0	2.0	0.8	2.0	0.3	1.9	0.2	2.1	0.1	2.8	0.0	2.8	0.0	3.3	0.0	2.7	0.0	2.8	0.3	4.0			
	Tr = 50 años		media	0.1	26.5	0.3	26.3	0.1	37.0	0.8	13.4	0.0	20.9	0.0	21.9	1.0	30.3	0.0	48.3	0.2	47.3	0.8	45.9	2.3	49.9	9.1	50.0	2.2	50.0	0.7	50.0	0.5	36.2	2.3	47.6	0.0	40.7	0.0	47.7	0.0	47.5	0.0	50.0	0.0	48.5	0.0	31.4	0.1	49.9				
			desviación típica	0.1	12.8	0.3	16.6	0.1	17.0	0.9	10.6	0.0	13.1	0.0	12.6	0.4	12.6	0.0	15.4	0.0	15.3	0.0	14.3	0.2	17.3	1.0	15.9	0.0	18.9	0.0	16.6	0.0	19.6	0.4	13.5	1.4	23.3	0.0	17.0	0.0	20.8	0.0	17.2	0.0	17.7	0.0	12.8	0.1	19.0				
	Tr = 100 años		media	0.0	47.1	0.2	46.7	0.0	68.9	1.3	23.9	0.0	36.1	0.0	36.0	0.4	57.0	0.0	95.4	0.0	91.2	0.0	91.2	0.7	86.9	14.0	100.0	2.7	99.9	0.5	100.0	0.4	71.2	3.2	93.6	0.0	75.8	0.0	93.0	0.0	93.2	0.0	93.6	0.0	100.0	0.0	96.1	0.0	58.7	0.0	99.5		
			desviación típica	0.1	26.3	0.2	33.3	0.0	33.1	1.7	21.2	0.0	24.2	0.0	29.7	0.4	26.7	0.0	31.3	0.0	36.4	1.1	34.4	0.5	37.5	0.0	34.9	0.0	37.0	0.0	40.6	0.4	29.5	2.7	44.9	0.0	35.0	0.0	41.8	0.0	35.0	0.0	37.1	0.0	25.3	0.0	38.0						
	Tr = 500 años		media	0.0	203.8	0.0	195.8	0.0	306.6	0.9	109.0	0.0	145.6	0.0	177.7	0.1	258.4	0.0	464.2	0.0	424.3	0.0	424.3	0.4	394.4	1.5	482.4	44.1	497.0	0.8	493.6	0.1	500.0	0.3	347.8	7.8	452.3	0.0	367.4	0.0	437.5	0.0	428.9	0.0	452.1	0.1	500.0	0.0	468.1	0.0	270.6	0.0	490.5
			desviación típica	0.0	144.7	0.0	168.9	0.0	170.8	1.4	106.4	0.0	120.8	0.0	129.9	0.1	145.7	0.0	164.1	0.0	202.9	0.8	201.1	0.8	209.9	6.0	207.5	0.4	210.8	0.0	219.3	0.3	156.9	7.5	181.9	0.0	188.3	0.0	229.1	0.0	183.5	0.0	184.8	0.0	171.8	0.0	124.7	0.0	188.5				
	RCP 8.5 2026-2045		Tr = 10 años	media	0.5	3.6	0.7	4.0	0.6	4.7	0.9	2.5	0.0	2.7	0.2	3.3	0.7	3.8	0.3	6.1	0.5	6.5	0.8	6.4	0.8	8.4	0.6	8.3	1.0	8.9	0.5	9.8	0.7	4.3	0.7	8.1	0.3	6.2	0.4	7.4	0.3	6.4	0.3	7.2	0.5	9.5	0.3	7.6	0.2	4.1	0.4	8.5	
				desviación típica	0.2	1.9	0.4	2.3	0.2	2.3	0.2	1.7	0.1	1.9	0.2	1.7	0.4	2.1	0.2	2.2	0.2	2.3	0.2	2.3	0.3	2.8	0.3	2.5	0.3	2.3	0.1	2.7	0.2	1.6	0.5	1.7	0.3	2.2	0.2	2.7	0.3	2.4	0.2	2.4	0.2	2.4	0.1	2.6	0.2	2.5			
		Tr = 50 años	media	0.4	11.1	0.5	12.9	0.4	15.2	0.8	6.9	0.0	6.8	0.0	10.0	0.3	11.9	0.0	22.7	0.2	22.2	0.6	24.9	0.7	26.3	1.8	26.9	0.5	28.8	0.3	43.6	0.4	16.6	1.0	34.8	0.1	21.4	0.3	24.9	0.1	24.8	0.1	23.0	0.2	43.7	0.1	26.3	0.0	31.6	0.3	31.0		
			desviación típica	0.4	9.6	0.8	12.5	0.4	11.7	0.4	7.8	0.0	6.9	0.0	8.5	0.3	9.8	0.0	11.5	0.2	13.3	0.4	13.1	0.7	15.7	2.2	16.0	0.6	13.9	0.4	16.7	0.4	8.5	0.8	12.1	0.1	11.6	0.3	14.9	0.2	13.1	0.2	11.3	0.5	14.4	0.1	12.0	0.0	11.8	0.3	14.6		
		Tr = 100 años	media	0.3	20.2	0.4	23.5	0.3	27.5	0.7	12.3	0.0	11.6	0.0	17.7	0.1	21.4	0.0	43.4	0.1	40.6	0.5	43.9	0.7	47.4	3.2	44.1	0.8	50.9	0.2	81.5	0.2	31.4	0.8	66.3	0.1	40.3	0.2	46.8	0.1	43.9	0.1	42.1	0.2	84.7	0.0	49.0	0.0	25.4	0.1	55.9		
			desviación típica	0.3	18.8	0.7	23.2	0.5	23.1	0.6	15.7	0.0	13.4	0.0	16.2	0.2	18.5	0.0	23.2	0.1	26.7	0.5	27.1	0.7	31.8	2.3	31.4	0.8	29.7	0.3	36.0	0.5	16.8	0.9	25.9	0.1	22.6	0.4	30.4	0.1	26.4	0.1	21.9	0.4	29.3	0.1	24.2	0.0	23.2	0.2	30.5		
		Tr = 500 años	media	0.1	91.2	0.5	102.8	0.1	121.2	0.9	53.0	0.0	46.6	0.0	75.8	0.0	93.5	0.0	194.4	0.0	182.9	0.3	207.9	0.9	201.5	0.4	180.0	0.2	211.6	0.0	347.8	0.3	147.0	0.5	307.9	0.0	178.5	0.2	211.8	0.0	193.2	0.0	167.0	0.1	400.6	0.0	215.6	0.0	117.2	0.0	239.7		
			desviación típica	0.1	91.9	0.8	106.8	0.2	110.0	1.3	79.1	0.0	62.4	0.0	74.6	0.0	85.4	0.0	113.0	0.0	134.0	0.5	139.0	1.2	163.9	0.6	155.6	0.2	152.0	0.0	190.0	0.7	82.8	0.9	149.6	0.0	120.5	0.3	148.2	0.1	131.0	0.0	108.0	0.3	147.6	0.0	124.1	0.0	113.3	0.0	158.8		
		RCP 8.5 2081-2100	Tr = 10																																																		

