

ANEXO II. A LA MEMORIA

MAPAS DE RIESGO POR ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR BAJO ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO

**PLAN TERRITORIAL PARCIAL DEL ÁREA FUNCIONAL
DE BILBAO METROPOLITANO. DOCUMENTO PARA
APROBACIÓN PROVISIONAL.**

MARZO 2023



Krean S. Coop



Fuentes de la información:

Informe técnico final del proyecto KLIMPACT: Evaluación del impacto de los componentes climáticos del ascenso del nivel del mar sobre el litoral vasco (Gobierno Vasco - IHOBE 2018)

Informe técnico final del proyecto KOSTAEGOKI: Vulnerabilidad, riesgo y adaptación de la costa del País Vasco frente al cambio climático (Gobierno Vasco - IHOBE 2022)

Nota: Las referencias bibliográficas completas de los artículos y estudios mencionados en el presente anexo se encuentran recogidas en los citados informes KLIMPACT Y KOSTAEGOKI.

1.1.KLIMPACT: Introducción

En el informe técnico final del proyecto KLIMPACT: Evaluación del impacto de los componentes climáticos del ascenso del nivel del mar sobre el litoral vasco, se han elaborado mapas de riesgo de inundación de 4 zonas costeras del País Vasco, bajo escenarios futuros de ascenso del nivel del mar como consecuencia del Cambio Climático (CC) y teniendo en cuenta distintas condiciones océano-meteorológicas. Las cuatro zonas piloto estudiadas han sido: la ría de Bilbao, Donostia-San Sebastián, Zarautz y Bermeo. Se han elegido estas zonas piloto por tratarse de áreas con problemáticas y con respuestas a los procesos de ascenso del nivel del mar claramente diferenciadas.

En estas áreas tiene especial incidencia los efectos de sincronización entre los máximos asociados a la marea astronómica y meteorológica. En estas localidades se planteó cartografiar las áreas inundables por el ascenso del Nivel Medio del Mar (NMM), asociados a dichos los niveles máximos de marea (astronómica y meteorológica de alta y baja frecuencia).

Entre las zonas seleccionadas se encuentran la zona urbana Ría de Bilbao con alta incidencia del ascenso del nivel del mar en la planificación territorial.

Se ha evaluado el riesgo de inundación (actual y futuro por ascenso del nivel del mar previsto para finales del siglo XXI) y se han generado mapas de dicho riesgo utilizando Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución basados en datos LIDAR. La aproximación sigue la metodología descrita por Chust et al. (2010, 2011), usando los últimos escenarios de ascenso del nivel del mar, Representative Concentration Pathways (RCP) descritos en el último informe del IPCC (IPCC, 2013).

Como referencia en lo relativo al Nivel Medio del Mar (NMM) actual se va a utilizar el obtenido para el final de la serie analizada (septiembre de 2017) el cual arroja un valor de 2,37 m referido al Cero del puerto. A continuación, se muestran los distintos valores de referencia asociados al nivel medio del mar actual en el mareógrafo de Bilbao:

- NMM_{bc}: Nivel Medio del Mar del mareógrafo de Bilbao, con respecto al cero del puerto de Bilbao (Datos de Puertos del Estado hasta septiembre 2017) = 2,37 m
- CeroAlic: Diferencia entre el 0 del Puerto de Bilbao al NMMA IGN-2008 = 2,06 m
- NMMB: Nivel Medio del Mar del mareógrafo de Bilbao, con respecto NMMA. $NMMB = NMM_{bc} - \text{CeroAlic} = 2,37 \text{ m} - 2,06 \text{ m} = + 0,31 \text{ m}$

En lo referente a los extremos de nivel del mar asociados a la concurrencia de los máximos de marea astronómica y meteorológica de alta frecuencia ($T < 2 \text{ h}$) y baja frecuencia ($T > 2 \text{ h}$) se ha definido como nivel de referencia la sobreelevación positiva con una probabilidad de ocurrencia asociada a un periodo de retorno de 50 años:

- Nivel máximo de referencia, NM_{Tr50} : 2,70 m (respecto al NMM en Bilbao).
- Nivel máximo de referencia actual, $NMMB_{Tr50}$: $NM_{Tr50} + NMMB = 2,70 \text{ m} + 0,31 \text{ m} = 3,01 \text{ m}$ (respecto a Alicante). $3,01 + 2,06 = 5,07 \text{ m}$ (respecto al cero del puerto de Bilbao).

En cuanto a las proyecciones de evolución del NMM el año horizonte es 2100 y los escenarios elegidos el RCP4.5 y RCP8.5 definidos por el IPCC (IPCC, 2013). El RCP4.5 asume una estabilización en la emisión de gases de efecto invernadero, mientras que el RCP8.5 considera unas emisiones máximas. Por coherencia con estudios previos en el golfo de Vizcaya (e.g. Slangen et al., 2014; Toimil et al., 2016), se usan los mismos valores regionalizados de Ascenso del Nivel medio del Mar (ANMM) proyectados a 2100; es decir, RCP4.5: +0,45 m y RCP8.5: +0,65 m. Si bien Voutsoukas et al. (2017) estiman valores ligeramente superiores: de +0,53 cm (RCP4.5) a +0,80 cm (RCP8.5) para finales del siglo XXI.

25 ABR 2023

BEHIN-BEHINEKO ONESPENA
APROBACIÓN PROVISIONAL

La línea de costa representada en la documentación cartográfica es la línea de costa de la cartografía oficial. Esta línea se corresponde con el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA IGN-2008), y es la única información que se encuentra disponible de manera homogénea en toda la costa del País Vasco. En las zonas en las que la franja terrestre del litoral está protegida por muelles o estructuras verticales esta línea puede ser equivalente al borde marítimo mientras que, en las zonas de playas o rasas mareales y zonas tendidas el NMMA se encuentra aproximadamente en el centro de la zona intermareal, por tanto, parte de las áreas afectadas por inundación, en la actualidad corresponden a zonas habitualmente sumergidas en pleamar. El objetivo del proyecto es analizar el incremento de área potencialmente inundable por el efecto del CC en las zonas piloto y con las dinámicas específicas (marea astronómica, marea meteorológica y efectos del oleaje además de CC), por lo que el incremento se calcula por diferencia de áreas utilizando siempre dicha línea de costa como referencia (NMMA IGN-2008 en este caso).

1.2.KLIMPACT: Mapas de inundación de la ría de Bilbao.

Ésta es una zona vulnerable a la inundación por marea astronómica y marea meteorológica de alta frecuencia. En la tabla siguiente se muestran las cotas consideradas en esta zona piloto para la determinación de las áreas inundables en la actualidad y en los dos escenarios de CC.

Tabla. Cotas de inundación (CI) y áreas afectadas en los escenarios analizados en la ría de Bilbao. El incremento de área de los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 se calculan como la diferencia con el área del escenario Actual.

Escenario	CI respecto al NMM Alicante	CI respecto al en cero del Puerto de Bilbao ¹	Área afectada respecto al NMMA (ha)	Incremento de área inundable (ha)
Actual	3,01 m	5,07 m	107	
RCP4.5	3,46 m	5,52 m	227	120
RCP8.5	3,66 m	5,72 m	331	224

En la documentación gráfica siguiente a continuación se presentan las zonas inundables en 2100, bajo los dos escenarios climáticos RCP4.5, +0,45 m y RCP8.5, +0,65 m.

En los escenarios RCP4.5 (subida del nivel del mar 45 centímetros) y 8.5 (subida del nivel del mar 65 centímetros) y las mismas condiciones de eventos extremos, las zonas actualmente inundables se extienden (120 ha en el RCP4.5 y 224 ha en el RCP8.5), sobre todo bajo el escenario más pesimista.

Según se muestra en la documentación gráfica siguiente las zonas más vulnerables a la inundación se localizan en los municipios de Bilbao, Erandio, Leioa, Barakaldo y Trapagaran en el escenario RCP4.5 y en los municipios de Bilbao, Erandio, Leioa, Getxo, Barakaldo y Trapagaran en el escenario RCP8.5.

1.3.KOSTAEGOKI: Introducción

El proyecto KOSTAEGOKI se enmarca en el Plan de Impulso al Medio Ambiente (PIMA) Adapta Costas CCAA 2017, del entonces Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente - MAPAMA (actualmente Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico) dirigido a las Comunidades Autónomas, para desarrollar el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).

25 ABR 2023

BEHIN-BEHINEKO ONESPENA
APROBACIÓN PROVISIONAL

El objetivo principal del proyecto KOSTAEGOKI es aportar información y herramientas relevantes a los organismos competentes, con relación a los efectos del ascenso del nivel medio del mar provocado por el CC e impacto del oleaje sobre la costa vasca, para que su empleo en la planificación y gestión de zonas costeras permita hacer frente a los retos de este fenómeno global.

Para conseguir este objetivo principal se establecieron una serie de objetivos operativos, agrupados en fases. Este documento resume lo más destacado del estudio de vulnerabilidad y riesgo.

El objetivo de la Fase I es estimar el impacto del CC y el riesgo sobre los sistemas socioeconómicos y el medio natural. En el caso de los sistemas socioeconómicos, se estimaron las consecuencias esperables por los impactos de inundación y erosión costeras para distintos escenarios propuestos.

En lo que respecta al sistema natural, se analizó la afección a los hábitats y especies costeras debido a la inundación en los mismos escenarios climáticos propuestos.

1.4.KOSTAEGOKI: Mapas de inundación de la ría de Bilbao.

Los horizontes temporales son el actual, 2050 (cambios a medio plazo) y 2100 (consecuencias a largo plazo).

Con base en estos horizontes se definieron diez escenarios que combinan eventos extremos de oleaje de 100 y 500 años de periodo de retorno (Tr), con diferentes aumentos del nivel medio del mar. Todos ellos son valores medios de los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. del IPCC en la costa vasca modificado localmente con Slangen et al. (2014), a excepción de un ascenso del nivel medio del mar de +100 cm, usado como caso más pesimista.

A continuación, se listan y describen resumidamente los diez escenarios climáticos analizados:

- Escenario 1. T1 - Clima actual. Escenario de inundación del evento extremo de 100 años de Tr cuyo horizonte temporal es el clima actual.
- Escenario 2. T2 - Clima actual. Escenario de inundación del evento extremo de 500 años de Tr cuyo horizonte temporal es el clima actual.
- Escenario 3. SLR1 + T1 - Horizonte 2050. Combina el evento extremo de Tr=100 años y subida del nivel del mar de +26 cm (SLR 2050 RCP 4.5 y 8.5).
- Escenario 4. SLR1 + T2 - Horizonte 2050. Combina el evento extremo de Tr=500 años y subida del nivel del mar de +26 cm (SLR 2050 RCP 4.5 y 8.5).
- Escenario 5. SLR2 + T1 - Horizonte 2100. Escenario con el evento extremo de Tr=100 años y subida del nivel del mar de +51 cm (SLR 2100 RCP 4.5).
- Escenario 6. SLR3 + T1 - Horizonte 2100. Escenario con Tr=100 años y subida del nivel del mar de +70 cm (SLR 2100 RCP 8.5).
- Escenario 7. SLR2 + T2 - Horizonte 2100. Tr=500 años y subida del nivel del mar de +51 cm (SLR 2100 RCP 4.5).
- Escenario 8 SLR3 + T2 - Horizonte 2100. Tr=500 años y subida del nivel del mar de +70 cm (SLR 2100 RCP 8.5).
- Escenario 9. SLR4 + T1 - Horizonte 2100. Escenario más pesimista (RCP 8.5) donde se combina el evento extremo de Tr=100 años con una subida del nivel del mar de +100 cm en el horizonte temporal.

- Escenario 10. SLR4 + T2 - Horizonte 2100. Escenario más pesimista (RCP 8.5) donde se combina el evento extremo de Tr=500 años con una subida del nivel del mar de +100 cm en el horizonte temporal.

En la documentación gráfica que se muestra a continuación se muestran los siguientes escenarios:

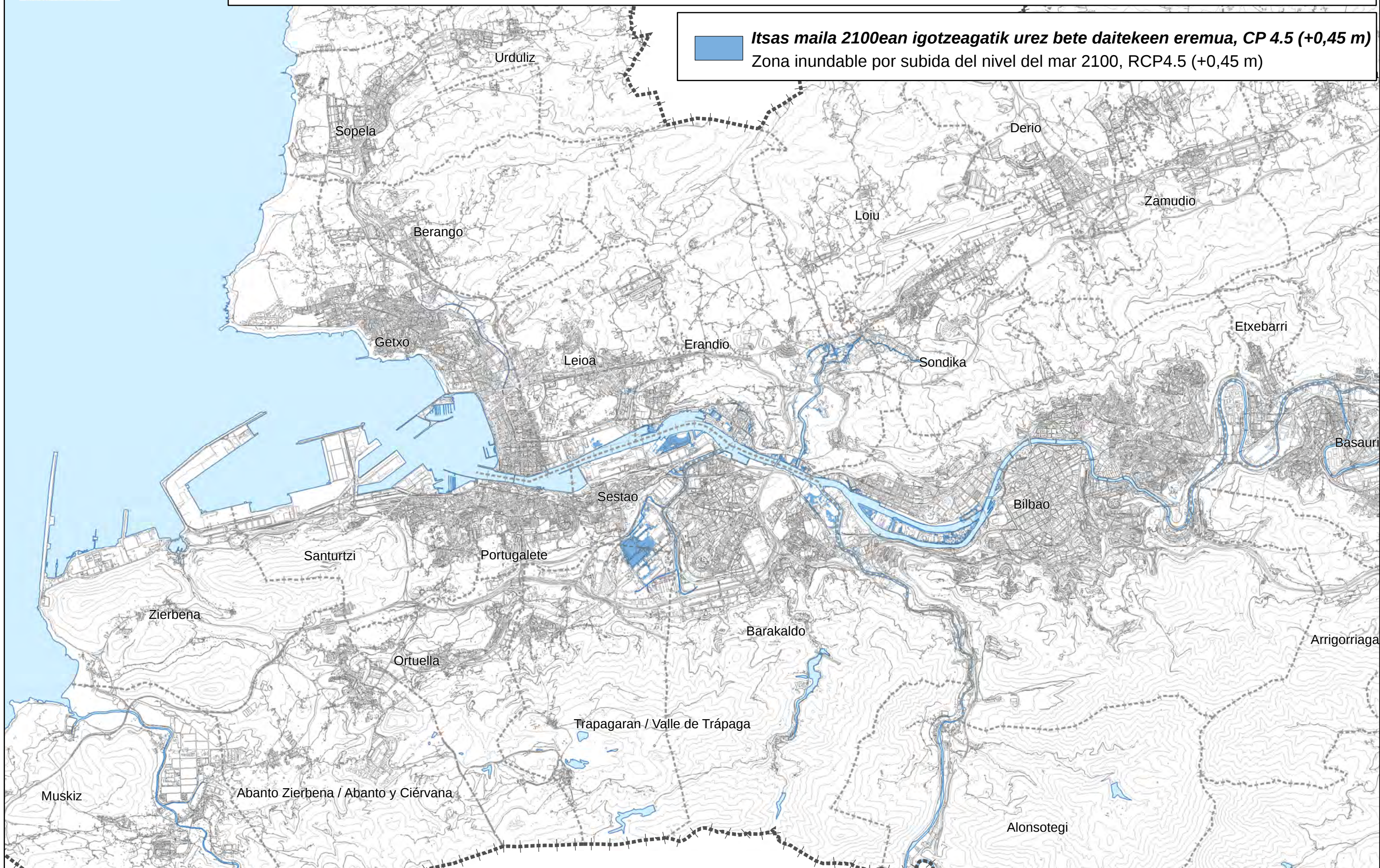
- Clima actual. Escenario de inundación del evento extremo de 500 años de Tr cuyo horizonte temporal es el clima actual. (Escenario 2).
- Horizonte 2100. Tr=500 años y subida del nivel del mar de +51 cm (SLR 2100 RCP 4.5). (Escenario 7).
- Horizonte 2100. Escenario más pesimista (RCP 8.5) donde se combina el evento extremo de Tr=500 años con una subida del nivel del mar de +100 cm en el horizonte temporal. (Escenario 10).

Según se muestra en la documentación gráfica siguiente las zonas más vulnerables a la inundación se localizan en los municipios de:

- Bilbao, Barakaldo, Erandio y Muskiz según el clima actual
- Bilbao, Barakaldo, Sestao, Zierbena, Muskiz, Erandio, Sondika, Leioa, Getxo y Sopela en el escenario RCP4.5. Tr 500 subida del nivel del mar +51 cm.
- Bilbao, Barakaldo, Sestao, Portugalete, Santurtzi, Zierbena, Muskiz, Erandio, Sondika, Leioa, Getxo y Sopela en el escenario RCP8.5. Tr 500 subida del nivel del mar +100 cm.

KLIMPACT: ITSAS MAILA 2100ean IGOTZEAGATIK UREZ BETE DAITEZKEEN EREMUA, AGERTOKI KLIMATIKOA RPC 4.5 IZANIK
KLIMPACT: ZONAS INUNDABLES POR SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR EN 2100, BAJO EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP4.5

 **Itsas maila 2100ean igotzeagatik urez bete daitekeen eremua, CP 4.5 (+0,45 m)**
Zona inundable por subida del nivel del mar 2100, RCP4.5 (+0,45 m)

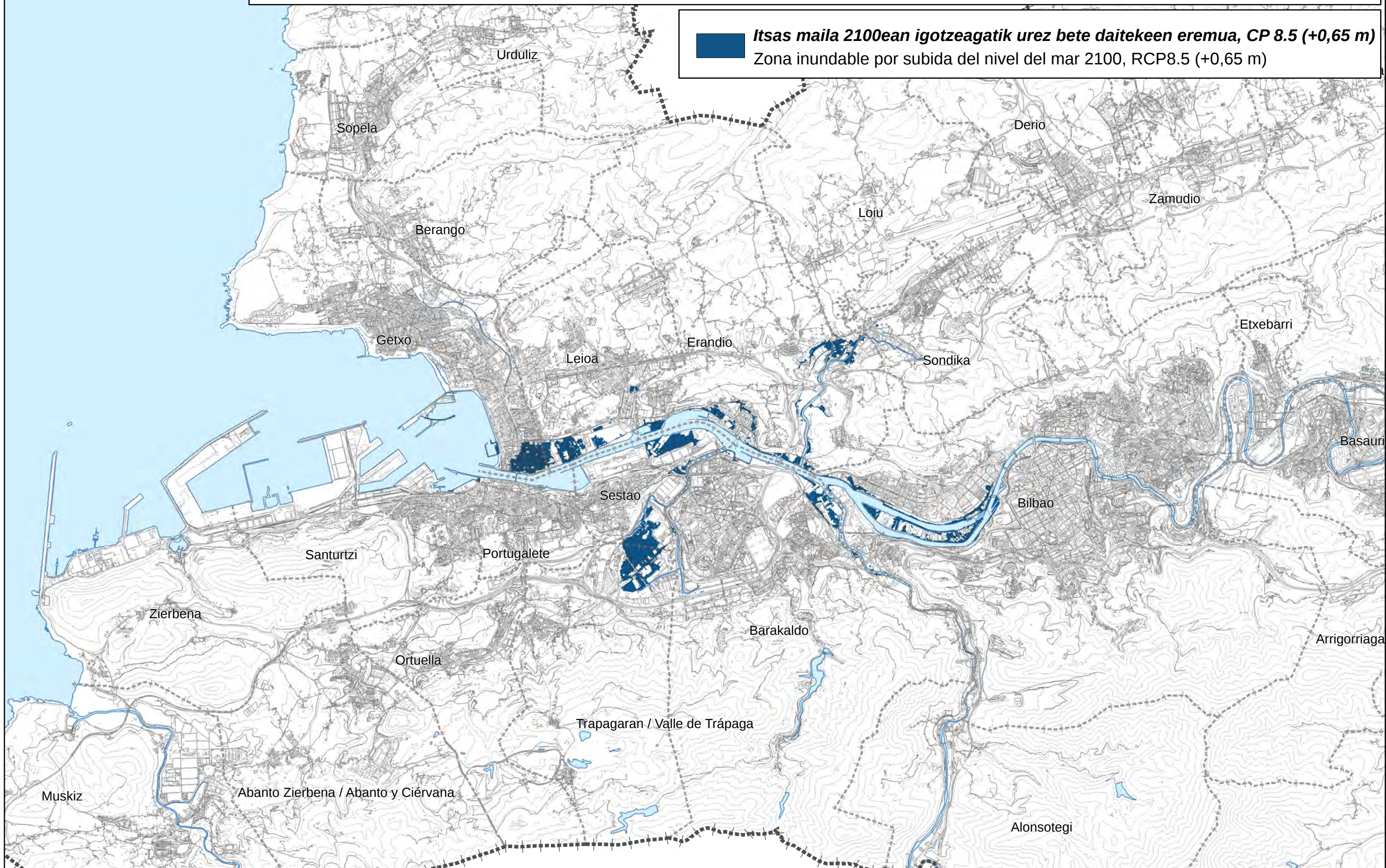


KLIMPACT: ITSAS MAILA 2100ean IGOTZEAGATIK UREZ BETE DAITEZKEEN EREMUA, AGERTOKI KLIMATIKOA RPC 8.5 IZANIK

KLIMPACT: ZONAS INUNDABLES POR SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR EN 2100, BAJO EL ESCENARIO CLIMÁTICO RCP8.5

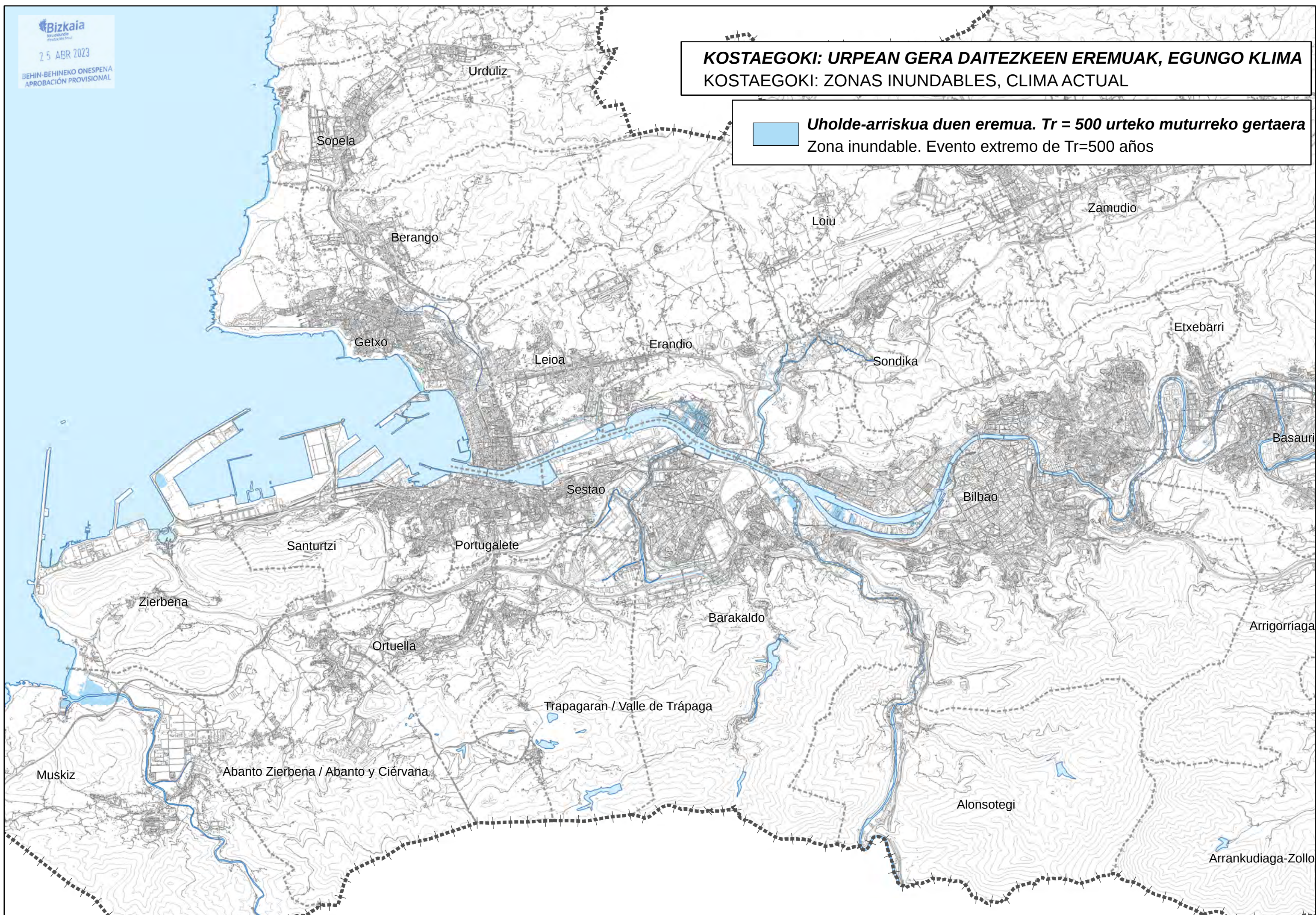
Itsas maila 2100ean igotzeagatik urez bete daitekeen eremua, CP 8.5 (+0,65 m)

Zona inundable por subida del nivel del mar 2100, RCP8.5 (+0,65 m)



KOSTAEGOKI: URPEAN GERA DAITEZKEEN EREMUAK, EGUNGO KLIMA
KOSTAEGOKI: ZONAS INUNDABLES, CLIMA ACTUAL

Uholde-arriskua duen eremua. $Tr = 500$ urteko muturreko gertaera
Zona inundable. Evento extremo de $Tr=500$ años



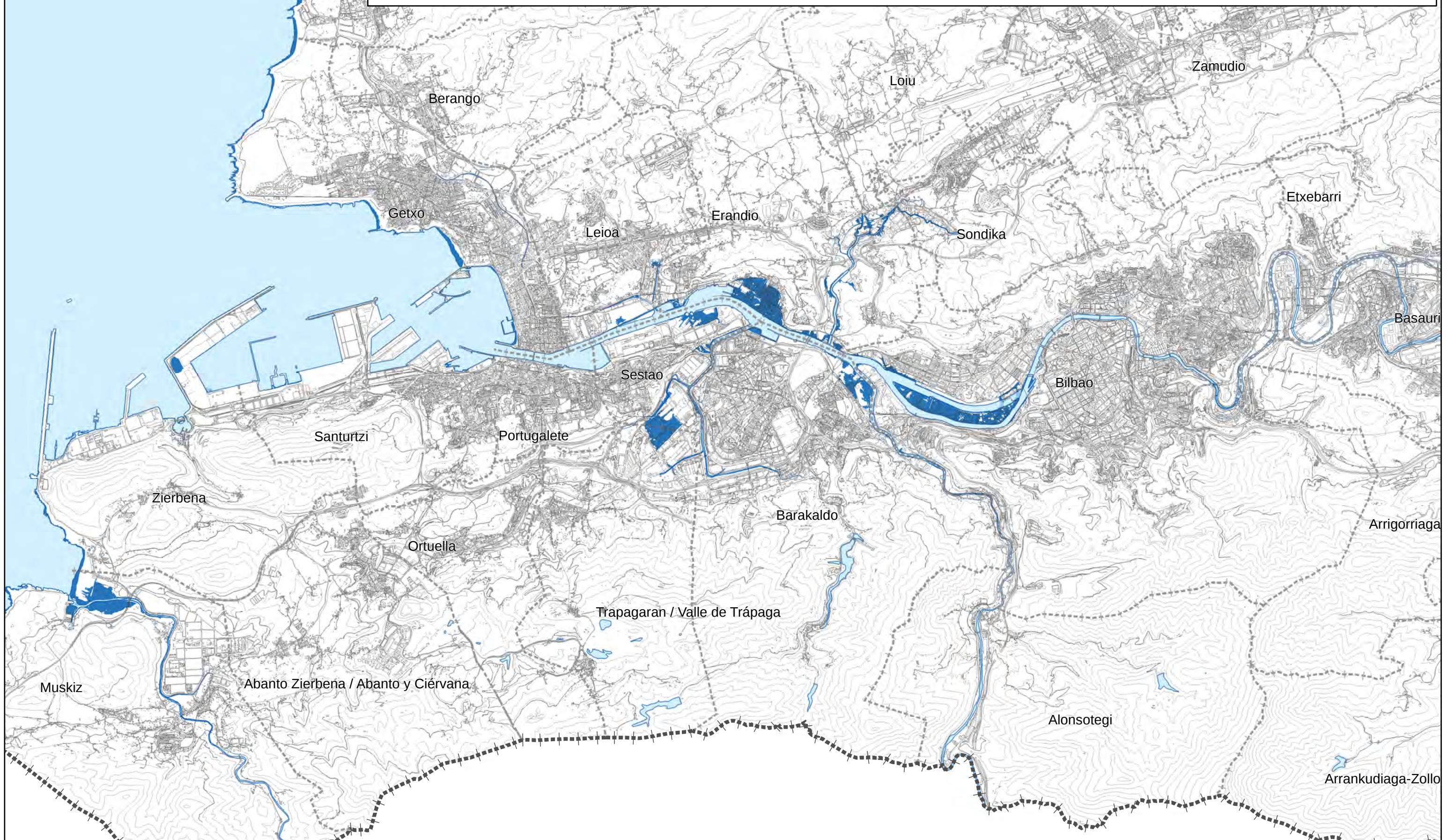
KOSTAEGOKI: 2100ean URPEAN GERA DAITEZKEEN EREMUA, RCP 4.5 AGERTOKIAREN AZPIAN

KOSTAEGOKI: ZONAS INUNDABLES EN 2100 BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5



Uholde-arriskua duen eremua. $Tr = 500$ urteko muturreko gertaera eta itsas mailaren +51 cm-ko igoera konbinatzen ditu

Zona inundable. Combina el evento extremo de $Tr=500$ años y subida del nivel del mar de +51 cm



KOSTAEGOKI: 2100ean URPEAN GERA DAITEZKEEN EREMUA, RCP 8.5 AGERTOKIAREN AZPIAN

KOSTAEGOKI: ZONAS INUNDABLES EN 2100 BAJO EL ESCENARIO RCP 8.5

**Uholde-arriskua duen eremua. Tr = 500 urteko muturreko gertaera eta itsas mailaren +100 cm-ko igoera konbinatzen ditu**

Zona inundable. Combina el evento extremo de Tr=500 años y subida del nivel del mar de +100cm

