

EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COSTA DE EUSKADI

Ignacio de la Puerta Rueda

Arquitecto.

Director de Planificación Territorial y Agenda Urbana del Gobierno Vasco

Resumen:

El calentamiento global y sus efectos en el clima y en el planeta, es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad. A pesar de los informes que desde hace años se han ido publicando, y de los acuerdos de las diferentes Conferencias Of Parties (COP), la realidad nos demuestra que nos encaminamos a una situación en la que el deshielo de glaciares y zonas polares, con la agregación del incremento de la masa de agua está provocando la elevación del nivel del mar de forma sostenida e irreversible.

En Euskadi, tras la aprobación de la revisión de las Directrices de Ordenación del Territorio (DOT), hemos iniciado el proceso de revisión del Plan Territorial Sectorial (PTS) de Protección del Litoral con el que se quiere analizar el impacto de los efectos del cambio climático en la costa del País Vasco.

En este artículo se resumen algunos de los principales elementos contenidos en el Diagnóstico elaborado previamente a la formulación del Avance, con los principales impactos identificados en las playas, los sistemas dunares, las marismas, los entornos urbanos y la red de espacios libres. Se han cuantificado y grafado en una cartografía que servirá de base para el nuevo PTS y se avanzan algunas de las principales conclusiones relacionadas con el impacto del cambio climático en nuestra costa.

Temática clave: Subida del nivel del mar/ Planificación Territorial / Cambio climático / Mitigación y Adaptación al cambio climático.

Introducción y encuadre general

En el año 2007 se aprobó el vigente Plan Territorial Sectorial (PTS) de Protección y Ordenación del Litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), cuya elaboración se inició en el año 1999, como instrumento de planificación formulado en desarrollo de las determinaciones de las Directrices de Ordenación Territorial (DOT) de la CAPV aprobadas en el año 1997 y al amparo de la Ley 4/1990, de Ordenación del Territorio del País Vasco.

En el ejercicio de las competencias transferidas, con ese documento se trataba de abordar el estudio de los fenómenos, actividades y

características singulares del espacio litoral, y dotar de los instrumentos de ordenación y planificación específicos necesarios para su conservación, posible mejora, buen uso y gestión. Lógicamente se hizo con la intención de tener en consideración todos los usos y actividades, tanto existentes como potenciales, del espacio litoral marítimo-terrestre y su área de influencia y dar un tratamiento integrado que contemplara tanto los aspectos urbanísticos como los del medio físico y natural; incorporando los derivados del sistema económico-productivo y el marco normativo-legal.

Era un momento en el que se identificó la necesidad de abordar el tratamiento general y con

carácter global para afrontar la situación generada por la invasión del dominio público marítimo - terrestre y la zona de servidumbre de protección por usos y actividades que le son si no siempre ajenos, sí incompatibles con la conservación de sus valores naturales, así como la incompleta aplicación de la Ley de Costas en materia de deslindes en algunos ámbitos.

Tratándose de un documento en el que se realizaba un detallado análisis de las características del litoral de Euskadi y de la diversidad de elementos que confluyen en su configuración, es cierto que los efectos del cambio climático no eran una prioridad en el momento de su redacción y hoy son un factor, no sólo relevante, sino de imprescindible consideración.

Según los trabajos realizados por el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S)¹, desde 1993, el nivel medio mundial del mar ha experimentado un aumento de aproximadamente $3,1 \pm 0,4$ mm / año, lo que equivale a un aumento total de aproximadamente 8 cm entre 1993 y 2020.

Las conclusiones de sus estudios señalan que aproximadamente el 30% de este aumento se puede atribuir a la expansión térmica del océano, mientras que el otro 70% se debe en gran parte al derretimiento del hielo terrestre, como el de los glaciares y el manto de hielo de la Antártida y Groenlandia, pero también a los cambios en el almacenamiento de agua terrestre, como los acuíferos.

En este fenómeno, el ciclo conocido como “el Niño” (evento climático que se genera cada cierto número de años por el calentamiento del océano Pacífico. Sus efectos son notables en el norte de la región Pacífica, los departamentos de la región Andina y en los departamentos de

la región Caribe) y su fase opuesta “la Niña”, son la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacífico, en la escala interanual.

Considerando el diferente y diverso impacto que la variación del nivel medio del mar puede tener a nivel global, según el C3S, entre 1993 y 2020, el nivel medio del mar aumentó de 2 a 4 mm / año en la mayoría de las zonas costeras de Europa.

Con el fin de analizar la información científica necesaria para abordar el problema del cambio climático y evaluar sus consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y de formular estrategias de respuesta realistas, en el año 1988 se constituyó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC²) formado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Desde aquella fecha, el IPCC ha emitido seis informes de evaluación (1990, 1995, 2001, 2007, 2013-2014, 2021) que han puesto de manifiesto la evolución de la situación del cambio climático y sus previsibles efectos a nivel global.

En todos ellos se constata la realidad del calentamiento, su incidencia en el cambio climático y los previsibles efectos en el medio y largo plazo, algunos de los cuales se están manifestando en diversas partes del mundo como fenómenos extremos (oleaje extremo, lluvias torrenciales, inundaciones, vientos huracanados, incendios, olas de calor...) que estamos viendo en todo el planeta.

En definitiva, se puede afirmar que el cambio climático es uno de los mayores retos a los que

1. Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) <https://climate.copernicus.eu/index.php/climate-indicators>

2. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch>

la humanidad ha de enfrentarse en las próximas décadas a escala mundial y, en ese escenario, la elevación del nivel del mar, puede considerarse como indicador clave para analizar la evolución del clima del planeta ya que en este fenómeno se integran tanto el calor agregado de la propia masa de agua como la pérdida de masa de las capas de hielo terrestre.

Ante estas evidencias, en la revisión de las DOT aprobadas en el año 2019³ (Premio Nacional del Consejo Superior de Arquitectos de España en la modalidad de Urbanismo 2020), los efectos del cambio climático impregnan todo su contenido y sirven para orientar las determinaciones hacia la mitigación de sus efectos y la adaptación del territorio al nuevo escenario al que nos enfrentamos.

En este contexto, ahora en las DOT, se establece la necesidad de incorporar en el planeamiento territorial y urbanístico la perspectiva climática con el siguiente alcance:

Revisar el Plan Territorial Sectorial (PTS) de Protección y Ordenación del Litoral identificando en las zonas costeras las medidas de adaptación a los efectos adversos de la elevación del nivel del mar y al oleaje extremo.

Incorporar, en el Plan Territorial Sectorial (PTS) de Ordenación de los Ríos y Arroyos y los Planes Hidrológicos, el tratamiento adecuado a las zonas sometidas a riesgos de inundación, prestando especial atención a las áreas donde los condicionantes de inundación se superpongan a otros riesgos, incluidos los vinculados a la condición litoral.

Fomentar la permeabilización y vegetación de los espacios públicos, fomentando las infraestructuras verdes y azules y las soluciones basadas en la naturaleza en ámbitos susceptibles de

sufrir inundaciones y estrés térmico, y en particular el efecto isla de calor.

Adicionalmente se establece el mandato para que los planes territoriales parciales (PTP) incorporen la perspectiva climática realizando un análisis básico de los impactos y de la vulnerabilidad asociada, definiendo las medidas de aplicación y, en su caso, los estudios de mayor detalle que fueran precisos.

Como consecuencia de estas previsiones, se ha iniciado el proceso de revisión del PTP de Protección y Ordenación del Litoral, resumiendo en este artículo las bases que se han utilizado y las principales conclusiones del Diagnóstico para elaborado por la UTE Salaberria y Monfort⁴, adjudicataria de los trabajos.

Bases para el análisis del impacto del cambio climático

Teniendo en cuenta los datos registrados por el C3S y las conclusiones de los informes del IPCC, las principales amenazas derivadas del cambio climático a las que se enfrenta la costa vasca están vinculadas a la elevación del nivel del mar por el aumento general de la temperatura debido a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Pero como se ha visto en relación a la variabilidad de El Niño y La Niña, el incremento de la temperatura trae consigo una acusada alteración del régimen pluviométrico, aunque no parece que vaya a significar cambios acusados en la intensidad de los temporales en esta zona, al menos en el medio plazo.

En consecuencia, los principales impactos que se producen en la costa vasca son la inundación y la erosión, que dependen del oleaje, de la ma-

3. Directrices de Ordenación del territorio del País Vasco. <https://www.euskadi.eus/directrices-de-ordenacion-territorial-dot/web01-a2lurral/es/>

4. <https://www.euskadi.eus/antecedentes-de-la-revision-del-pts-de-proteccion-y-ordenacion-del-litoral/web01-a2lurral/es/>

rea y del aumento del nivel medio del mar junto con la intensidad de la lluvia, además de la incidencia que el incremento de la temperatura del aire tiene sobre el medio biofísico provocando impactos sobre la flora y fauna.

Por tanto, para analizar el impacto de los efectos del cambio climático en estos ámbitos, se han considerado los diferentes efectos que se pueden esperar tanto en los entornos urbanos como en el medio físico, atendiendo a los siguientes fenómenos:

1. subida del nivel del mar con sus correspondientes variables por la marea astronómica, meteorológica y el oleaje,
2. temperatura del aire y del agua
3. y pluviometría

Para el estudio de estas amenazas, de acuerdo a los informes del IPCC, se han definido diversos escenarios de emisión clasificados en las denominadas Trayectorias de Concentración Representativas de gases de efecto invernadero (Representative Concentration Pathways - RCP, por sus siglas en inglés). Esas trayectorias describen diferentes futuros climáticos, que se consideran posibles dependiendo del volumen de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos en los próximos años, y reflejan la diferencia entre la insolación (luz solar) absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio medida en W/m².

De esos escenarios, para la revisión del PTS del Litoral, teniendo en cuenta la dificultad de lograr detener el incremento de la temperatura, se han considerado los incluidos en el quinto informe (IPCC 2014) adoptando los parámetros en: el RCP 4,5 (en el que se considera que se adoptan algunas medidas de mitigación que posibilitan una cierta estabilización en el proceso de incremento de la temperatura global, escenario planteado en el Acuerdo de París sobre el cambio climático) y el RCP 8,5 (en el que se considera que, a pesar de adoptar medidas,

se mantiene un nivel muy alto de emisiones de GEI). En base a ellos, se han definido tres escenarios con el horizonte final de 2100 y una visión intermedia en el año 2045:

1. el escenario correspondiente al estado actual, que sirve como base de comparación y determinación de los datos de partida.
2. el escenario RCP 4.5, en el que se considera que se desarrolla una cierta intervención para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por el uso de tecnologías y estrategias encaminadas a ese objetivo (Tabla 1),
3. y el escenario RCP 8.5, es el escenario que considera la ausencia de políticas de cambio climático (Tabla 2).

Para el año 2045 se ha considerado una elevación del nivel medio del mar similar para los dos escenarios analizados (RCP 4,5 y 8,5) con un valor que oscila entre 13 y 17 cm y de cara a la implicación en el PTS se propone como valor de subida del nivel del mar de 17 cm, ya que su repercusión no es muy importante y es sin duda un anticipo de la evolución del nivel del mar a lo largo de este siglo XXI.

Para el año 2100 (periodo 2080-2100) los dos escenarios de análisis marcan ya tendencias diferentes. Así y para el escenario RCP 4.5 la subida estimada del nivel del mar en la costa se sitúa entre 0,38 y 0,50 m. En este trabajo se marca para este escenario un incremento del nivel del mar de 0,49 m.

Para el año 2100 y dentro del escenario RCP 8.5, el estudio de IH Cantabria para el MITECO señala una elevación media del nivel del mar en un abanico entre 0.52-0.68 ±0.15 m, con una banda de confianza del 95%, el ascenso del nivel medio del mar oscila entre 0.71 m y 0.98 m. Por ello en el trabajo de "Estudios Previos" se propone utilizar el valor medio en esa banda de confianza del 95 % por lo que se utilizará una elevación del nivel del mar de 80 cm para ese escenario.

Tabla 1: Proyecciones de aumento del calentamiento global (°C)

	2046 – 2065	2081 - 2100
Escenarios	Media y rango probable	Media y rango probable
RCP 2.6	1,0 (0,4 a 1,6)	1,0 (0,4 a 1,6)
RCP 4.5	1,4 (0,9 a 2,0)	1,8 (1,1 a 2,6)
RCP 6	1,3 (0,8 a 1,8)	2,2 (1,4 a 3,1)
RCP 8.5	2,0 (1,4 a 2,6)	3,7 (2,6 a 4,8)

Fuente: Elaboración propia a partir del informe IPCC 2013-2014

Tabla 2: Proyecciones de aumento del nivel medio mundial del mar (m)

	2046 – 2065	2081 - 2100
Escenarios	Media y rango probable	Media y rango probable
RCP 2.6	0,24 (0,17 a 0,32)	0,40 (0,26 a 0,55)
RCP 4.5	0,26 (0,19 a 0,33)	0,47 (0,32 a 0,63)
RCP 6	0,25 (0,18 a 0,32)	0,48 (0,33 a 0,63)
RCP 8.5	0,30 (0,22 a 0,38)	0,63 (0,45 a 0,85)

Fuente: Elaboración propia a partir del informe IPCC 2013-2014

A partir de estos datos, para la revisión del PTS del Litoral, se han definido tres hipótesis dentro de estos dos escenarios:

1. Año 2045, en el que los dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 tienen una previsión muy parecida, prácticamente asimilable.
2. Año 2100 para el escenario RCP 4.5
3. Año 2100 para el escenario RCP 8.5

4. Infraestructuras, principalmente portuarias: 25,97 Km (aproximadamente el 10 % del total)

De los 251 municipios de Euskadi, hay 66 (44 en Bizkaia y 19 en Gipuzkoa) que se verán afectados por los efectos del cambio climático en la costa. Desde el punto de vista porcentual es la cuarta parte de los municipios de Euskadi (26,29%).

Caracterización del litoral de Euskadi: escenario actual

El litoral de la CAPV tiene una longitud de costa 275,5 km, incluyendo todos sus elementos e irregularidades con la siguiente proporción aproximada de cada uno de los elementos que lo conforman:

1. Zonas rocosas y acantilados: 223,87 Km (aproximadamente el 80% del total)
2. Estuarios o rías (medidos como líneas rectas entre las dos márgenes): 2,91 Km (aproximadamente el 1% del total)
3. Playas: 22, 95 Km (aproximadamente el 8% del total)

No obstante, los datos de superficie y población incluidas en el ámbito del PTS son:

1. Superficie el ámbito del PTS: 1.111 Km² (15,40% de la superficie de la CAPV).
2. Población incluida dentro del ámbito del PTS: 1.293.428 habitantes (58,80 % de la población de la CAPV).
3. Densidad de población del ámbito del PTS: 1.165 hab/km².
4. Viviendas incluidas en el ámbito del PTS: 614.419 de las cuales 529.270 son viviendas principales y 85.149 son secundarias o vacías.

Para la definición de los datos de partida, se ha trabajado con el levantamiento LIDAR de 2016,

realizado en coordenadas UTM ETRS-89 y con la altimetría de la red de Nivelación de Alta Precisión (NAP) 2008, asumiendo que, tanto en las zonas de playa como en algunos de los ámbitos de suelo urbano, puede haber variaciones significativas por su evolución temporal.

A partir de estos datos, los parámetros de referencia del escenario actual son los siguientes:

1. Cota del nivel medio del mar: 0,31 m
2. Cota de la máxima pleamar viva equinoccial: 2,69 m
3. Cota de la máxima pleamar meteorológica: 2,91 m
4. Inundaciones fluviales en las zonas de rías. Se han tenido en cuenta los modelos y manchas de inundación de la Agencia Vasca del Agua (URA), a partir de la máxima pleamar viva equinoccial (2,69 m).
5. Impactos por olas. Se ha tenido en cuenta la información del visor C3E del Instituto Hidráulico de Cantabria (IH Cantabria), con el que se ha marcado la cota que alcanza la ola durante su rotura y su run-up a través de la arena. Teniendo en cuenta que las cotas no son homogéneas (por situación de la playa, pendiente...), se ha simplificado el análisis dividiendo la costa en dos ámbitos: uno

para el este del cabo Matxitxako y otro para el oeste.

- Playas situadas al oeste de Matxitxako: cota 6,24 m
- Playas situadas al este de Matxitxako: cota 5,97 m.

6. Zonas de estuarios no protegidos: 3,31 m.

Aplicación de las hipótesis de análisis a la Costa de Euskadi

A partir de la caracterización de la Costa Vasca y tras la aplicación de los datos de la Tabla 1 y de la Tabla 2, se efectúa el cálculo de lo que supone la aplicación de las tres hipótesis definidas (RCP 4,5 y 8,5 en el 2045, RCP 4,5 en el 2100 y RCP 8,5 en el 2100) como posibles situaciones producidas del impacto del cambio climático en cada uno de las situaciones y condiciones descritas y que sirven para efectuar el análisis de su impacto en el territorio:

Con relación a la elevación del nivel del mar

Con estos criterios, los datos utilizados para el análisis del impacto de las afecciones por la elevación del nivel del mar, se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Proyecciones de elevación del nivel del mar por mareas astronómicas

IMPACTO	ZONA	ESCENARIO			
		Actual	RCP 4.5/8.5 a 2045 (+0,29 m)	RCP 4.5 a 2100 (+0,49 m)	RCP 8.5 a 2100 (+0,80 m)
MAREA ASTRONÓMICA	Máxima Pleamar Viva Equinoccial	2,69 m	2,98 m	3,18 m	3,49 m
MAREA METEOROLÓGICA	Máxima Pleamar Meteorológica	2,91 m	3,20 m	3,40 m	3,71 m

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del Plan Territorial Sectorial del Litoral (Salaberría et al, 2019)

Sobre este apartado hay algunas consideraciones relevantes que es conveniente realizar:

En el escenario RCP 4,5/8,5 a 2045, se ha considerado el impacto de 0,29 m como valor medio

de ambos escenarios (RCP 4,5 y RCP 8,5) por aproximarse al valor medio del peor (RCP 8,5) y estar muy próximo al máximo del más favorable (RCP 4,5). En los otros dos escenarios se ha adoptado el valor más desfavorable de las



Imagen 1: Playa de Bakio. En azul claro se representa la inundación en el estado actual y en azul oscuro la inundación en el escenario RCP 8.5 del año 2100

Fuente: Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)

Por último, en el escenario RCP 8.5 para el año 2100, se prevé una pérdida de 26,61 Ha, lo que significa una pérdida sería del 34,03 %, destacando por encima del 70 % las pérdidas de playa seca en la playa de La Concha (Donostia), playa de Ea, Isuntza en Lekeitio, Itzurun en Zumaia, Kanala, Laidatxu y San Antonio en Urdaibai y Oribazar en Aia. Esto significa la casi desaparición de estas playas durante las pleamares vivas equinocciales.

2. Pérdida de superficie de dunas por incremento del nivel del mar durante una pleamar máxima astronómica. De igual forma se ha estudiado la pérdida de superficie ocupada por dunas, teniendo en cuenta que no se ha considerado el efecto de ero-

sión durante los temporales. Esta pérdida de superficie se ha evaluado a nivel individual y se ha asociado por áreas funcionales (Tabla 5).

En el análisis pormenorizado de los sistemas dunares, destaca la afección de los de Urdaibai, inmersos en el interior del estuario, que resultarán más afectados ante el incremento del nivel del mar, seguidos por las dunas de Iñurritza.



Imagen 2. Urdaibai. En verde claro se representa la única superficie dunar que no se ve afectada por el incremento del nivel del mar en el escenario RCP 8.5 del año 2100 .

Fuente: Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)

3. Pérdida de superficie de marisma por incremento del nivel del mar. Las marismas van a sufrir un impacto elevado por incremento del nivel del mar, pero con independencia de la cota de la pleamar astronómica (Tabla 6).

Tabla 5. Pérdida de superficie de dunas por marea astronómica.

	Has inundadas	Pérdida	% Zona inundada
Superf. total de dunas actual (27,65 Has)	2,16		7,81 %
RCP 4,5/8,5 2045	2,16	0,00	7,81 %
RCP 4,5 2100	5,12	2,96	18,52 %
RCP 8,5 2100	8,97	6,81	32,44 %

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)

Tabla 6. Pérdida de superficie de marismas por marea astronómica.

	Superficie	Perdida	%
Superf. total marismas	315,44		
RCP 4,5/8,5 2045	257,88	57,57	18,25 %
RCP 4,5 2100	157,37	158,07	50,11 %
RCP 8,5 2100	78,54	236,90	75,10%

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)



Imágenes 03 – 04: Marismas en el río Butroi. En la izquierda se representa la inundabilidad en el estado actual y en la derecha en el escenario RCP 8.5 del año 2100.

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)

De las 315,44 Ha de marismas existentes en el litoral vasco, en el año 2045 quedarán 257,88 Ha, mientras que en el año 2100 bajo el escenario RCP 4.5 se reducirá aproximadamente al 50 % de la superficie de marisma actual y, en el mismo año bajo el escenario RCP 8.5, quedarán el 25 % de la superficie existente en la actualidad.

4. Incremento de inundabilidad o vulnerabilidad en zonas urbanas o urbanizables por incremento del nivel del mar durante una pleamar máxima astronómica. Se han analizado dos tipos de vulnerabilidades:

- a. el de las zonas que en la actualidad están por debajo del nivel de la pleamar máxima, pero protegidas del mar o de la ría y que, en el futuro,

por incremento del nivel del mar, seguirán en esa situación

- b. el de inundación directa por superar la marea la cota de urbanización.

La primera situación presenta problemas de inundación con la precipitación de lluvia ante la imposibilidad de su evacuación por encontrarse bajo el nivel del agua del mar provocado por la marea.

El resultado del análisis de la afección a cada suelo, en función de su calificación global es el que se recoge en la Tabla 7 de la página siguiente.

En resumen, la afección en los escenarios RCP 4,5 a 2045 y RCP 8,5 a 2100, es prácticamente igual, incidiendo en el 4,22% y 4,82% respecti-

Tabla 7. Suelos urbanos y urbanizables inundados por marea astronómica

USO DEL SUELO	ESCENARIO	Superficie inundada	Incremento	%
Residencial 10.503,90 Has	Estado actual	118,74		1,13%
	RCP 4,5/8,5 2045	149,21	30,47	1,42%
	RCP 4,5 2100	220,52	101,78	2,10%
	RCP 8,5 2100	289,74	171,00	2,76%
Actividades económicas 6.425,50 Has	Estado actual	92,17		1,43%
	RCP 4,5/8,5 2045	112,51	20,35	1,75%
	RCP 4,5 2100	159,22	67,06	2,48%
	RCP 8,5 2100	233,84	141,68	3,64%
Sistema general de equi- pamiento 2.174,72 Has	Estado actual	16,93		0,78%
	RCP 4,5/8,5 2045	19,47	2,54	0,90%
	RCP 4,5 2100	27,00	10,07	1,24%
	RCP 8,5 2100	38,01	21,08	1,75%
Sistema general de in- fraestructuras de trans- porte y comunicaciones 4.892,00 Has	Estado actual	74,21		1,52%
	RCP 4,5/8,5 2045	84,87	10,65	1,73%
	RCP 4,5 2100	106,63	32,42	2,18%
	RCP 8,5 2100	133,41	59,20	2,73%
Sistema general de in- fraestructuras básicas 617,36 Has	Estado actual	2,18		0,35%
	RCP 4,5/8,5 2045	2,67	0,49	0,43%
	RCP 4,5 2100	3,93	1,75	0,64%
	RCP 8,5 2100	6,40	4,22	1,04%
Sistema general de espa- cios libres 4.716,11 Has	Estado actual	50,52		1,07%
	RCP 4,5/8,5 2045	55,55	5,03	1,18%
	RCP 4,5 2100	67,32	16,80	1,43%
	RCP 8,5 2100	79,86	29,35	1,69%
Infraestructura Verde 16.355,52 Has	Estado actual	1.203,94		7,36%
	RCP 4,5/8,5 2045	1.254,27	50,33	7,67%
	RCP 4,5 2100	1.341,62	137,68	8,20%
	RCP 8,5 2100	1.420,24	216,30	8,68%
Sistema general de espa- cios libres 4.716,11 Has	Estado actual	50,52		1,07%
	RCP 4,5/8,5 2045	55,55	5,03	1,18%
	RCP 4,5 2100	67,32	16,80	1,43%
	RCP 8,5 2100	79,86	29,35	1,69%
TOTAL 45.685,11 Has	Estado actual	1.558,69	0,00	3,41%
	RCP 4,5/8,5 2045	1.678,55	119,86	3,67%
	RCP 4,5 2100	1.926,24	367,56	4,22%
	RCP 8,5 2100	2.201,50	642,83	4,82%

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et alt., 2019)

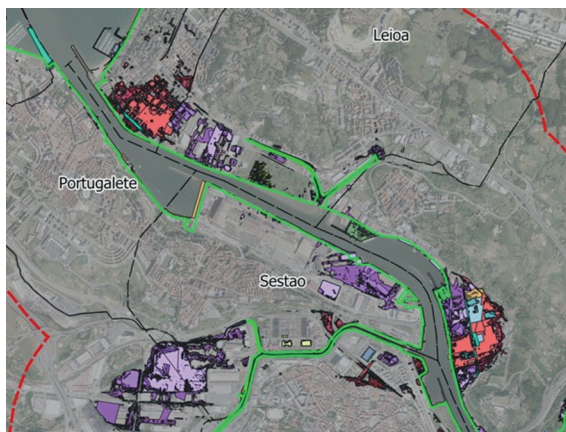


Imagen 5. Ría del Nervión. Vulnerabilidad en zonas urbanas o urbanizables según Udalplan (cuanto mayor es la intensidad del color mayor es el incremento del nivel del mar) Fuente: Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)

vamente de los suelos con destino a los diversos usos globales previstos en el planeamiento vigente, en una superficie aproximada de 1.900 a 2.200 Has. Hay incidencia de inundaciones por el efecto de la elevación del nivel del mar debido a la pleamar máxima astronómica en todos los usos, siendo la Infraestructura Verde la que mayor afección sufrirá con una inundación del 8,68% de la superficie total.

Asumiendo que la afección a los sistemas generales de espacios libres y a la Infraestructura Verde (sufriendo la inundación en 1.500 Has, equivalente al 3,28% del total de suelo calificado) pudiera ser asumible, la que se produ-

ce en el resto de los suelos (700 has. Equivalentes al 1,54% del total del suelo calificado) puede ser significativa por los daños que se pudieran producir en bienes y personas, en especial en los suelos destinados a actividades económicas (233 Has) o en el suelo residencial (290 Has).

5. Incremento de inundabilidad o vulnerabilidad en la Infraestructura Verde por incremento del nivel del mar durante una pleamar máxima astronómica. De forma similar a los análisis realizados en los anteriores apartados, se ha analizado la Infraestructura Verde en todo su conjunto, conscientes de que parte de esta Infraestructura Verde ha sido ya cuantificada en el estudio de las marismas, dunas y de algunas playas que configuran parte de esta Red.

6. Incremento de inundabilidad o vulnerabilidad en zonas urbanas o urbanizables por incremento del nivel del mar durante una pleamar máxima meteorológica. La máxima pleamar por marea meteorológica supone un incremento en todos los escenarios analizados de 22 cm respecto a la máxima pleamar viva equinoccial. El análisis de este impacto se ha centrado en el medio urbano, siguiendo una sistemática idéntica a la expuesta por lo que sólo cambian las superficies vulnerables.



Imágenes 6 – 7. Inundación en Txingudi y Aeropuerto de San Sebastián. A la izquierda se representa el estado actual y en la derecha el escenario RCP 8.5 del año 2100. (Fuente: Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral, Salaberria et al.)



Imagen 8. Infraestructura Verde en Zumaia superpuesta con la inundabilidad por la máxima marea viva equinoccial en los diferentes escenarios (azul estado actual, línea roja año 2045 RCP 4.5 y 8.5, amarillo RCP 4.5 en el 2100 y rosa RCP 8.5 en el 2100).

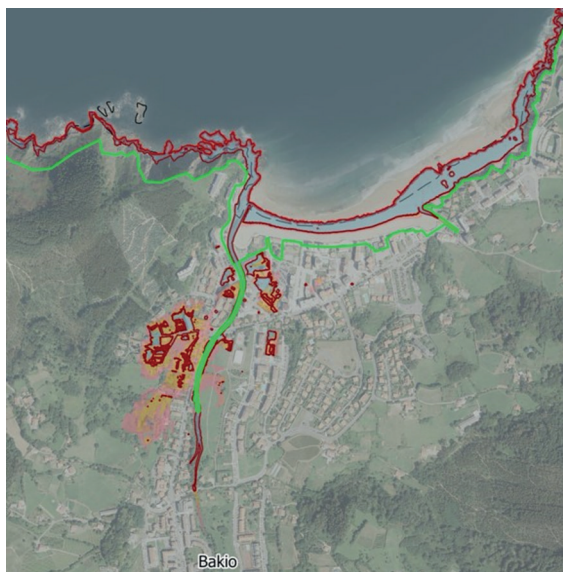


Imagen 9. Bakio. Inundabilidad por marea meteorológica en los diferentes escenarios (azul estado actual, línea roja año 2045 RCP 4.5 y 8.5, amarillo RCP 4.5 en el 2100 y rosa RCP 8.5 en el 2100).

Fuente: Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral, Salaberria et al., 2019

Con relación al impacto del oleaje

Los datos utilizados para el análisis del impacto de las afecciones por la elevación del nivel del mar, se resumen en la tabla 8.

Por otra parte, hay que destacar que la problemática de la inundabilidad por oleaje es doble, dado que al subir el nivel del mar respecto a la tierra la probabilidad de sufrir daños por un

temporal aumenta de forma importante pero también lo es el incremento de la altura de la ola sobre la costa debido al incremento del nivel del mar.

En el Diagnóstico se han analizado exclusivamente aquellas zonas que pueden tener una afección real con riesgo para los bienes, infraestructuras o personas. Con este criterio, no se han considerado aquellas zonas de acantila-

Tabla 8. Datos relativos a la elevación del nivel del mar por el impacto por oleaje.

IMPACTO	ZONA	ESCENARIO			
		Actual	RCP4.5/8.5 a 2045 (+0,29 m)	RCP4.5 a 2100 (+0,49 m)	RCP8.5 a 2100 (+0,80 m)
OLEAJE	Playas al Este de Matxitxako	5,97 m	6,26 m	6,46 m	6,77 m
	Playas al Oeste de Matxitxako	6,24 m	6,53 m	6,73 m	7,04 m
	Impacto de ola en frentes de costa al Este del cabo Matxitxako	17,43 m	17,72 m	17,92 m	18,23 m
	Impacto de ola en frentes de costa al Oeste del cabo Matxitxako	18,60 m	18,89 m	19,09 m	19,40 m

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Salaberria et al., 2019)

dos o playas en donde no hay riesgo de afectación para estos elementos.

Con este objetivo, se han empleado dos cotas de ola diferentes, dependiendo de las condiciones de exposición (en playa, acantilado o contra elementos de impacto vertical como diques, muros...). En consecuencia, no se ha estudiado el impacto que crea la ola por erosión tanto en acantilados como en playas y dunas.

En definitiva, el análisis del impacto producido por la ola se ha centrado en la probabilidad de inundación de la costa por la ola durante los temporales, con los resultados de la Tabla 9.

su cuenca sirviente. Este fenómeno es el que se produjo en agosto de 1983 provocando el desbordamiento del Ibaizabal - Nervión y de la ría de Bilbao a lo largo de su recorrido con unas inundaciones que desolaron gran parte del territorio.

En consecuencia, para este cálculo, en el Diagnóstico se ha supuesto la superposición de la máxima marea viva equinoccial y la circulación en los cauces fluviales del caudal de avenida de 10, 100 o 500 años de periodo de retorno (Tabla 10).

Comparando estos resultados con los relativos al efecto aislado de la máxima marea viva equinoccial se constata que el efecto de la marea

Tabla 9. Datos relativos a la longitud de costa expuesta al impacto por ola.

	Longitud (Km)	Incremento	%
Estado actual. Longitud de costa expuesta	19,53		6,76 %
RCP 4,5/8,5 2045	20,85	1,32	6,76 %
RCP 4,5 2100	22,63	3,10	15,89 %
RCP 8,5 2100	23,18	3,65	18,68%

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral, (Salaberria et al., 2019)

En el análisis pormenorizado realizado en el Diagnóstico, se identifica que el mayor incremento de la exposición para el escenario 2100 RCP 8.5 lo tiene Donostialdea-Bajo Bidasoa. En cambio, Urola Kosta es el Área Funcional con más kilómetros expuestos al impacto de la ola en zonas urbanas o en infraestructuras en la actualidad y seguirá siendo en los escenarios futuros

Con relación a la confluencia de la elevación del nivel del mar por marea astronómica y la inundación fluvial por avenidas de 10 – 110 y 500 años de período de retorno.

Uno de los mayores incidentes que se puede producir, es la confluencia de la pleamar con grandes avenidas en los cursos de los ríos por intensas lluvias en la cabecera y/o a lo largo de

se ve más eclipsada (crecimiento lineal y tendido) cuando hay efecto del caudal fluvial. Por esta razón los incrementos son más pequeños (y aún más pequeños cuanto mayor es el caudal fluvial o mayor es el periodo de retorno de la avenida fluvial). En el caso del efecto de la marea, si bien las superficies vulnerables eran menores, el incremento de éstas, comparando los distintos escenarios, era mucho más pronunciado llegando a ser exponencial.

Decálogo de conclusiones

Las principales conclusiones que se derivan del contenido del Diagnóstico elaborado son:

1. El altísimo grado de impacto que los efectos del cambio climático pueden

Tabla 10. Superficie inundada por confluencia de la máxima marea equinoccial e inundación fluvial

PERIODO DE RETORNO	ESCENARIO	Superficie inundada	Incremento	%
10 AÑOS	Estado actual	3358,88		
	RCP 4,5/8,5 2045	3467,94	109,05	3,25%
	RCP 4,5 2100	3701,60	342,72	10,20%
	RCP 8,5 2100	3914,19	555,31	16,53%
100 AÑO	Estado actual	4125,90		
	RCP 4,5/8,5 2045	4219,80	93,90	2,28%
	RCP 4,5 2100	4401,35	275,45	6,68%
	RCP 8,5 2100	4586,87	460,97	11,17%
500 AÑOS	Estado actual	4862,25		
	RCP 4,5/8,5 2045	4914,61	52,36	1,08%
	RCP 4,5 2100	5062,05	199,80	4,11%
	RCP 8,5 2100	5222,68	360,42	7,41%

Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico para la Revisión del PTS del Litoral (Sala-berria et al., 2019)

generar en el Territorio, tanto en el escenario RCP 4,5 como en el RCP 8,5 tanto en el año horizonte del año 2045 como en el 2100.

- La población afectada supera el 55% de la de Euskadi, y se ubica en municipios con una elevada densidad de población urbana en especial en las áreas de Bilbao Metropolitano y Donostialdea, en las que se llega a 2.758 habitantes/Km² y 1.165 habitantes/Km² respectivamente.
- En el medio urbano son reseñables los impactos producidos tanto por mareas astronómicas como meteorológicas y los producidos por el impacto de la ola, destacando la vulnerabilidad de las zonas bajas, incluso las existentes por debajo de las actuales pleamares equinocciales, la reducción de la protección o la no protección de estructuras actuales como diques y la de las playas urbanas. En los entornos urbanos se va a producir un incremento de la superficie inundada, con frecuencias muy superiores

a las actuales, incrementándose de forma significativa la superficie afectada, tanto en los suelos residenciales como en los destinados a actividades económicas o equipamientos.

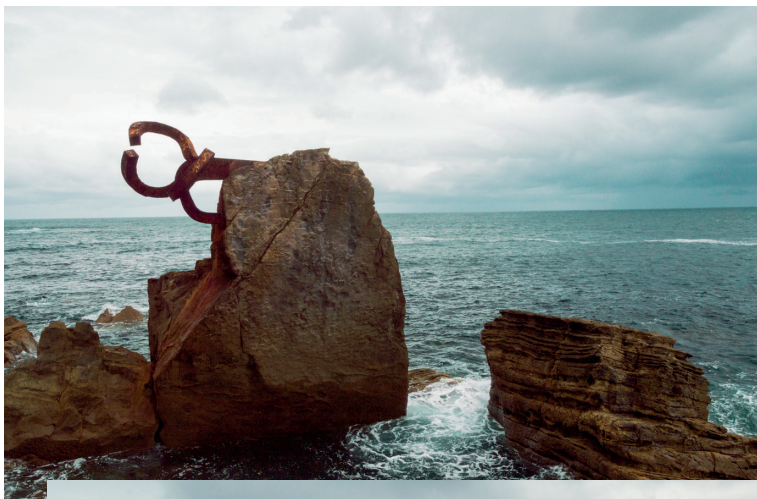
- También se van a producir impactos en el medio físico con serias afecciones a la superficie de playa seca y sistemas dunares, pero va a ser especialmente perjudicial en las zonas de marisma, que prácticamente desaparecerán.
- La confluencia de las mayores mareas meteorológicas (impredecibles) y las mayores mareas astronómicas, con lluvias torrenciales es el peor escenario esperable que, lamentablemente ya se ha vivido en este territorio en fechas no muy lejanas.
- Las condiciones de las infraestructuras de protección y de evacuación de las aguas de lluvia, van a ser insuficientes para garantizar la seguridad de bienes y personas en los escenarios analizados,

por lo que va a ser preciso desarrollar un plan de intervención a largo plazo y la adopción de las medidas que permitan adoptar las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

7. Es preciso incorporar en los entornos urbanos consolidados las soluciones basadas en la naturaleza (infraestructuras verdes y azules) que permitan reducir los efectos del calentamiento y la mejora de la gestión del agua mediante soluciones de drenaje sostenible, permeabilización, retención, almacenamiento...
8. Teniendo en cuenta la incertidumbre sobre la evolución de las condiciones climáticas y su impacto en el territorio, es necesario orientar los nuevos

desarrollos hacia ubicaciones que no estén afectados por los impactos identificados.

9. En las intervenciones de renovación urbana, en ámbitos afectados por los impactos identificados, deberán adoptarse las medidas de adaptación que garanticen la seguridad de bienes y personas y la correcta funcionalidad del entorno urbano y sus equipamientos e infraestructuras.
10. Con el fin de garantizar la idoneidad y adecuación de las intervenciones de mitigación y adaptación, es imprescindible establecer los mecanismos de interlocución, coordinación y colaboración multiagente y multinivel que permitan su ejecución.



Cantábrico. Peine del Viento.
San Sebastián (Guipuzkoa)
Fotos: E. Antequera

