ANÁLISIS DE LOS RIESGOS 5

Laura Asensio Martínez, Francisco García Sánchez, Nareme Herrera López, Cecilia Ribalaygua

5.1 ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN CLIMÁTICA

Según la definición que recoge el Sexto Informe de Evaluación de IPCC (MITECO,2022[1]), la **exposición** se define como la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructuras o activos económicos, sociales o culturales, en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente. Para el marco que nos ocupa, esta afección está directamente relacionada con la ocurrencia de eventos peligrosos relacionados con el clima, tanto para el horizonte actual como para el proyectado a corto, medio y largo plazo. Las fases para abordar el análisis de exposición son las siguientes:

- **Identificación del conjunto de elementos** que pueden verse afectados para cada una de las amenazas climáticas prioritarias en el municipio de Santander. En este sentido y en términos generales, se identifican cinco grandes conjuntos de elementos o componentes de exposición:

  1. Población residente
  2. Construcciones y viviendas residenciales
  3. Infraestructura, servicios públicos e instalaciones recreativas (viales, líneas eléctricas, infraestructura ferroviaria, área portuaria, construcciones destinadas a servicios públicos, como complejos deportivos, instalaciones industriales o recreativas etc.)
  4. Activos económicos (comercios, oficinas, construcciones destinadas a actividades industriales o agrícolas y hoteles)
  5. Áreas de interés y recursos naturales (playas, hábitats litorales, ecosistemas etc.)

- Obtención del conjunto de elementos expuestos mediante **intersección cartográfica** en entorno SIG para cada uno de los escenarios de amenaza analizados en el apar-

[1] Cambio climático: impactos, adaptación y vulnerabilidad (guía resumida del Sexto Informe de Evaluación del IPCC, grupo II, disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/ipcc-guia-resumida-gt2-imp-adap-vuln-ar6_tcm30-548667.pdf

tado anterior. Como resultado de esta intersección, se obtiene el nivel de exposición climática a nivel municipal para cada uno de los elementos considerados.

- **Cálculo de indicadores del nivel de exposición** climática por sección censal por conjunto de elementos y escenario climático. Esta fase está dedicada a la generación de indicadores normalizados de exposición climática a escala de sección censal, entendidos como medida representativa del nivel de exposición climática por grupo o conjunto de elementos.
- Cálculo del **índice final de exposición combinado** para cada uno de los escenarios climáticos contemplados. Incluye un sumatorio inicial de los valores obtenidos por componente y una nueva normalización de la serie de datos, tomando como valor máximo el más alto de la sección censal para el escenario más pesimista.

A continuación, presentamos los **resultados de exposición** de Santander para cada una de las amenazas analizadas.

EVENTOS DE PLUVIOMETRÍA EXTREMA

Los resultados de exposición para esta amenaza han sido obtenidos a través del **análisis de puntos encharcables** en condiciones de pluviometría extrema, con especial afectación a viales inundables por sección censal.

Para el estudio de la tendencia de eventos de pluviometría extrema en Santander se analiza la periodicidad de episodios de lluvia acumulada de 40 mm al día o superior para la serie histórica de 1985-2014, y se proyectan estos resultados bajo los escenarios locales de cambio climático en el corto, medio y largo plazo.

Según la media de los modelos climáticos para la serie histórica, se producen cerca de 3 eventos de pluviometría extrema al año en el municipio de Santander. Para el corto plazo se espera un incremento en la frecuencia de tales eventos, pasando a valores de 3,5 eventos/año de media para el conjunto de los escenarios analizados. Para el medio plazo los eventos de pluviometría extrema podrían ocurrir entre 3,5 y 4,5 veces al año de media, según el escenario, y en torno a 5 eventos/año para el largo plazo en los escenarios más pesimistas SSP3-7.0 y SSP5-8.5.

CUADRO 5.1. *Resultados de la frecuencia de eventos de pluviometría extrema en Santander*

MEDIA HISTÓRICA: 2,93878	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Corto plazo (2016-2040)	3,59749	3,56932	3,54964	3,51727
Medio plazo (2041-2070)	3,63165	3,88392	4,18938	4,46125
Largo plazo (2071-2100)	3,73712	4,42478	4,83402	5,15589

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024 a partir de escenarios climáticos locales basados en las salidas del Sexto Informe del IPCC.

El análisis combina distintos procesos y fuentes de datos, como el análisis de las condiciones de **subsidencia topográfica (Blue Spots),** el análisis de las áreas de encharcamientos documentadas por el PEMUSAN y la evaluación de tendencias de eventos de pluviometría extrema en condiciones de cambio climático.

A partir de su validación se establece que:

- El conjunto de tramos viales coincidentes con depresiones locales del terreno o puntos azules modelizados, se consideran tramos inundables con alta incertidumbre.
- Por otro lado, los viales coincidentes con las áreas de riesgo de encharcamiento establecidas por el PEMUSAN se consideran tramos inundables con baja incertidumbre y alta probabilidad, con variación a P10 años.

La detección de zonas endorreicas o sumideros, a través de la metodología de modelado *Blue Spots* de nivel 1, que permite una detección inicial de las depresiones locales del territorio. Para ello, se emplea un MDE con suficiente nivel de detalle que permita obtener una representación adecuada de las transformaciones introducidas por el trazado de la carretera. Para tal fin se ha empleado el modelo digital del terreno de 2 m de resolución del Instituto Geográfico Nacional, obtenido a partir de datos LIDAR (2ª cobertura).

A partir de este MDE se procede a realizar el cálculo de aquellas zonas que debido a su morfología del relieve pueden verse encharcadas en situaciones de precipitaciones intensas.

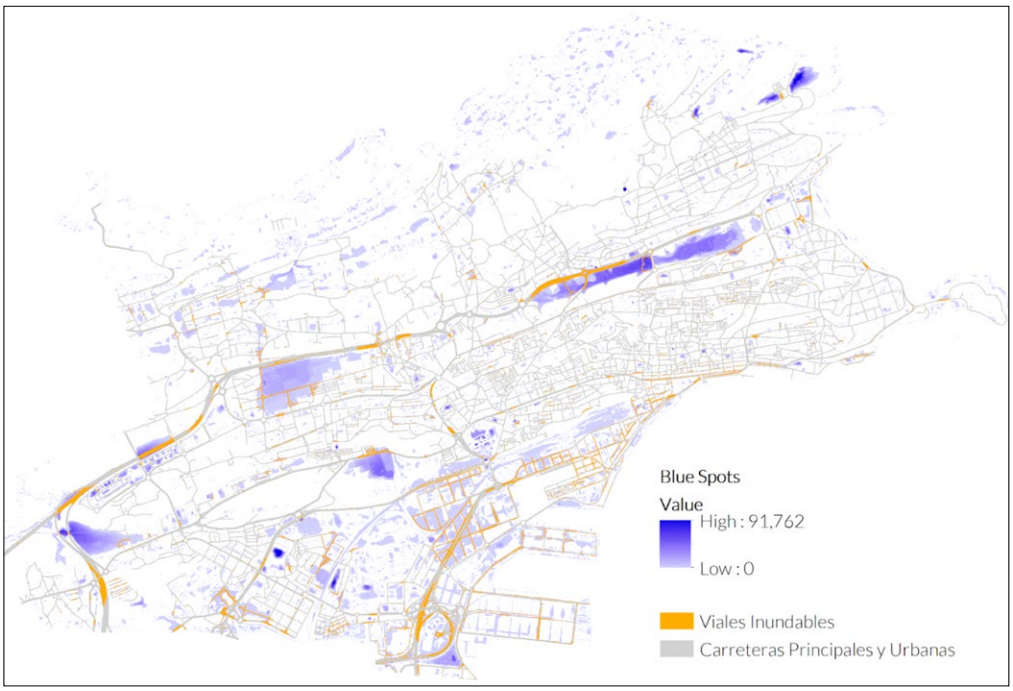


Figura 5.1. *Viales susceptibles de encharcamiento obtenidos a través del modelado de Blue Spots.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Posteriormente, a través de la **cartografía de riesgos** de encharcamiento aportada por el Ayuntamiento de Santander, a partir del Plan de Emergencias Municipal elaborado en el año 2016 y el trabajo propio de geolocalización de los **registros de intervenciones** efectuadas desde 2018 hasta 2022 por el Cuerpo de Bomberos del municipio, se validan los puntos de conflicto que pueden verse exacerbados por periodos de precipitación extrema a futuro.

El proceso de delimitación de los viales inundables con probabilidad de encharcamiento por eventos de pluviometría extrema en el municipio de Santander integra los resultados obtenidos y analizados en los pasos anteriores, con los siguientes criterios:

- El conjunto de tramos viales coincidentes con depresiones locales del terreno o puntos azules modelizados se consideran tramos inundables con **alta incertidumbre.** La posible ocurrencia de una inundación sobre estos será dependiente de la magnitud de un supuesto evento de pluviometría extrema y del estado del sistema de drenaje y colectores municipales.
- Todos los viales coincidentes con las áreas de riesgo de encharcamiento establecidas por el PEMUSAN se consideran tramos inundables con baja incertidumbre y alta probabilidad, teniendo en cuenta periodos de retorno de diez años. Para estas áreas además se asume una baja capacidad, insuficiencia o deterioro del sistema de drenaje municipal.
- El conjunto de viales incluidos en los registros de intervenciones, que presentan coincidencia en en su geolocalización y su descripción, se consideran tramos inundables con baja incertidumbre y de probabilidad variable, ya que no queda documentada la magnitud de los sucesos que generan tales intervenciones.

El conjunto de viales incluidos en los registros de intervenciones, que presentan coincidencia en su geolocalización y su descripción, se consideran tramos inundables con baja incertidumbre y de probabilidad variable. Los resultados muestran la superficie expuesta en ambas condiciones y su porcentaje de afectación respecto al total de kilómetros cuadrados de viales del municipio.

CUADRO 5.2. *Características según nivel de incertidumbre*

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	Km^2 ESTIMADOS* DE VIALES INUNDABLES	% RESPECTO A LOS Km^2 VIALES TOTALES DEL MUNICIPIO
Viales Inundables con alta incertidumbre	Viales ubicados en depresiones locales del terreno. No se han documentado sucesos de inundación.	0,645985	13,24
Viales inundables con baja incertidumbre	Viales con sucesos de inundación documentados a nivel local, PEMUSAN y Registro de Intervención de Bomberos.	0,17079	3,5

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024 a partir de escenarios climáticos locales basados en las salidas del Sexto Informe del IPCC.

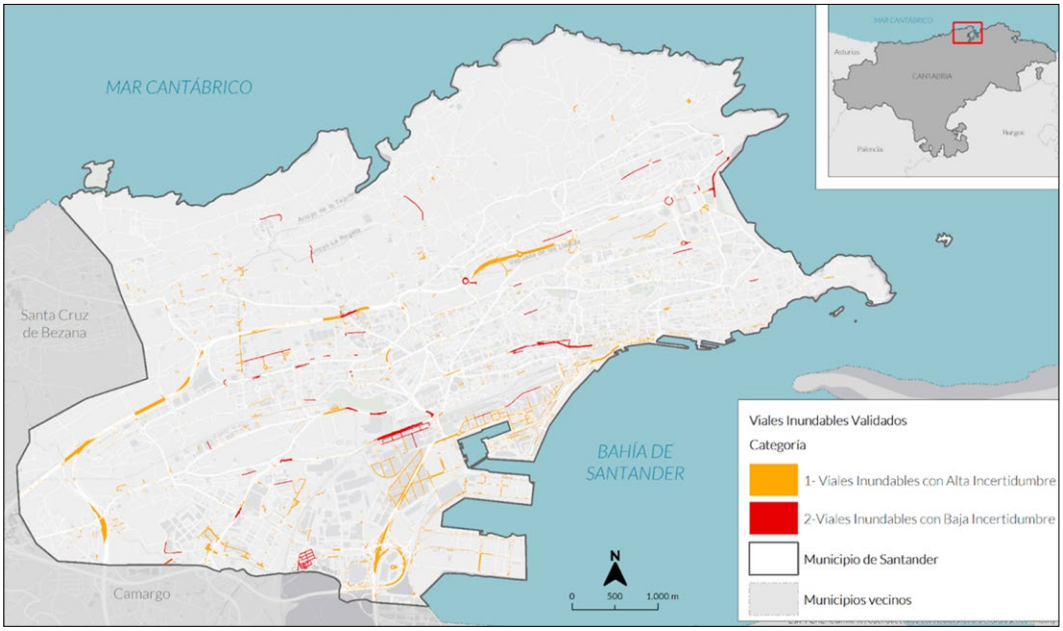


Figura 5.2. *Ubicación de viales susceptibles de encharcamiento.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Este análisis y modelizado no considera detalladamente el sistema de drenaje municipal a escala de detalle, como la **escorrentía y acumulación** del flujo generada por eventos de precipitación extrema considerando condiciones actuales y futuras para diferentes periodos de retorno, al no contar con esta información técnica gestionada por la entidad gestora de la red de drenaje. No obstante, en reuniones técnicas realizadas con los responsables técnicos locales, se informa de la capacidad actual del sistema para resolver eventos de encharcamiento puntual y drenar adecuadamente el espacio público. En cualquier caso, la información acumulada es suficiente para que el municipio cuente con una cartografía de exposición que le permita enfocar y priorizar estrategias de acción.

INUNDACIÓN FLUVIAL

Para las áreas de inundación fluvial analizadas se han identificado dos grandes conjuntos de elementos o **componentes de exposición:**

1. **Infraestructura vial,** específicamente caminos e infraestructura ferroviaria. La cartografía base procede de la Base Topográfica Nacional a escala de detalle (IGN, 2022).
2. **Activos económicos,** específicamente áreas de cultivo herbáceo y recursos naturales, específicamente áreas naturales terrestres cubiertas por arbolado, matorral, prados o

pastizales naturales. La cartografía base procede de la Cobertura y Usos del Suelo SIOSE de alta resolución (PNOA, 2017).

Infraestructura vial expuesta

Un total de 6 tramos de **caminos secundarios,** con una longitud de 381,3 metros, se ubican en zonas de amenaza por inundación fluvial dentro del municipio de Santander. El corte de tales vías por eventos de inundación fluvial podría limitar temporalmente y con carácter puntual, el acceso a determinadas fincas particulares cercanas.

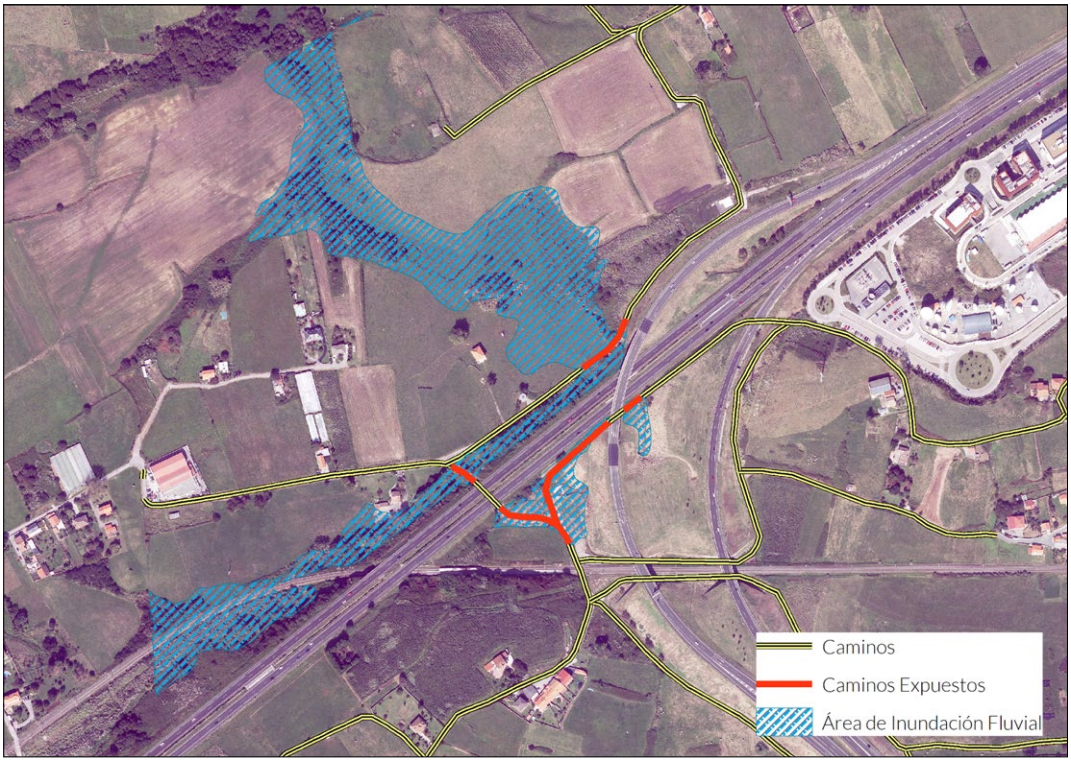


Figura 5.3. *Detalle de los tramos de caminos secundarios que se ubican en áreas de inundación fluvial.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Adicionalmente, un pequeño tramo de la línea de **ferrocarril convencional,** con una longitud de 152,5 metros, se encuentra también expuesta a amenaza de inundación fluvial. Específicamente se corresponde con el primer tramo de entrada al municipio en su extremo oeste. En este caso, aunque la longitud del tramo es menor, la inundación puntual podría generar una interrupción temporal en el tránsito regular de la línea de ferrocarril.

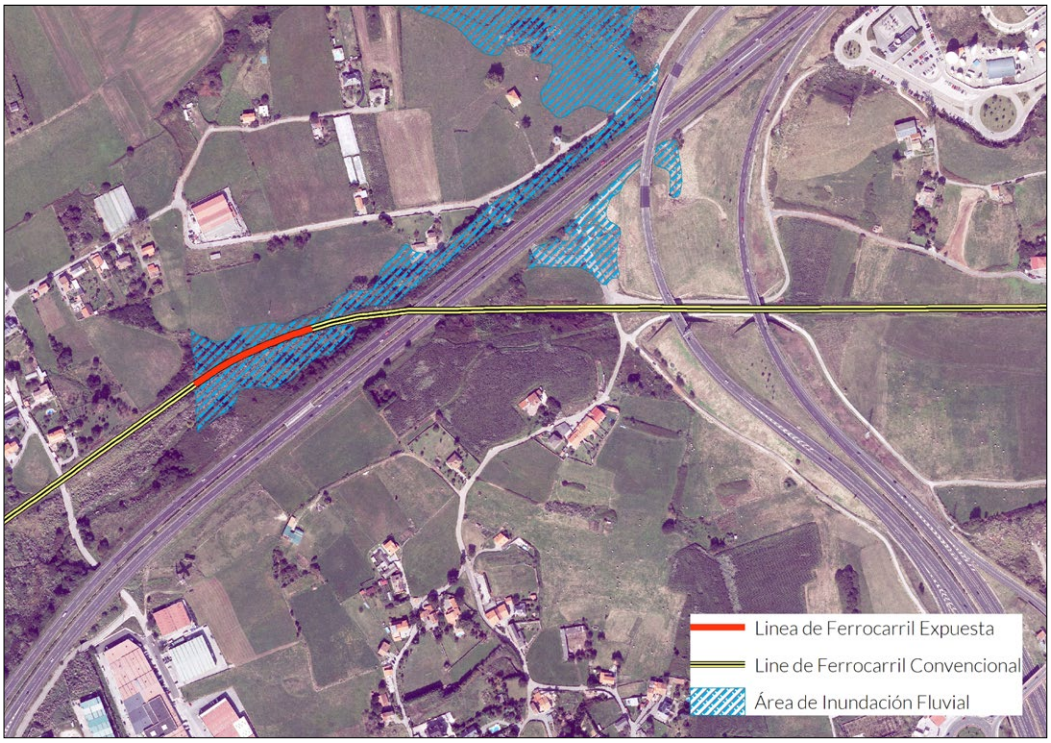


Figura 5.4. *Detalle del tramo de la línea de ferrocarril convencional que se ubica en áreas de inundación fluvial.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Cultivos y áreas naturales terrestres expuestas

CUADRO 5.3. *Distribución de coberturas vegetales en la zona de inundación*

COBERTURA	SUPERFICIE (HA)
Arbolado	0,08361
Cultivos herbáceos	0,074942
Matorral	0,204449
Pastizal	1,918821
Pastizal-matorral	1,622782
Prados	2,170966
Terrenos con escasa o nula vegetación	1,342482
Zona verde artificial y arbolado urbano	0,048441

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

El área de inundación fluvial acoge una superficie de 749,4 m² destinados a cultivos herbáceos y una superficie restante de 7,34 ha con coberturas vegetales naturales varias, entre las que destacan prados naturales, pastizales y matorrales.

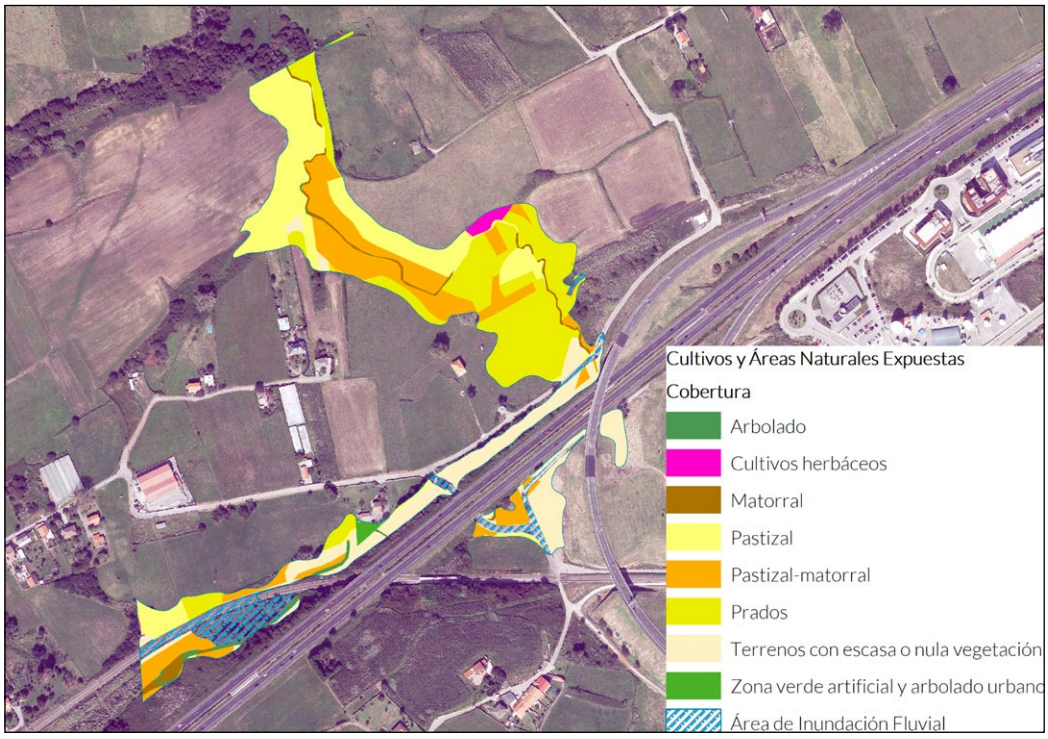


Figura 5.5. *Cultivos y áreas naturales expuestas a eventos de inundación fluvial.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

ISLAS DE CALOR URBANAS

La población residente expuesta a islas de calor urbanas (ICU) diurnas se ha obtenido a partir de la intersección entre la mancha propuesta como ICU y la cartografía oficial de habitantes por parcela del Ayuntamiento de Santander, empleando el método de estimación por aproximación a través de densidades de población por parcela, para aquellas áreas expuestas.

Un total de 58.964 personas residen en parcelas ubicadas en el interior de áreas propuestas como ICU para el conjunto del municipio de Santander. En cuanto a la sección censal, el porcentaje de población residente expuesta presenta una alta variabilidad. Los valores porcentuales más altos se concentran en determinadas secciones céntricas coincidentes con el centro urbano consolidado del municipio, junto con las secciones del suroeste, incluyendo las áreas industriales y la zona portuaria del municipio. Por el contrario, la costa este y gran parte de la costa norte presentan valores nulos.

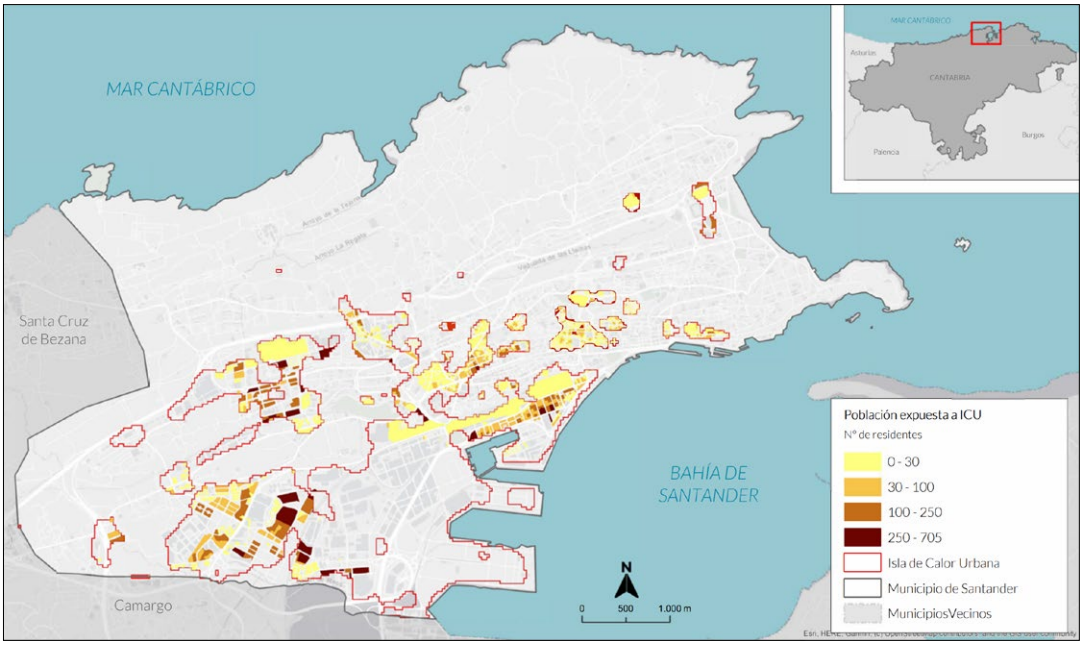


Figura 5.6. *Población residente expuesta por parcela frente a potenciales ICU diurnas.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

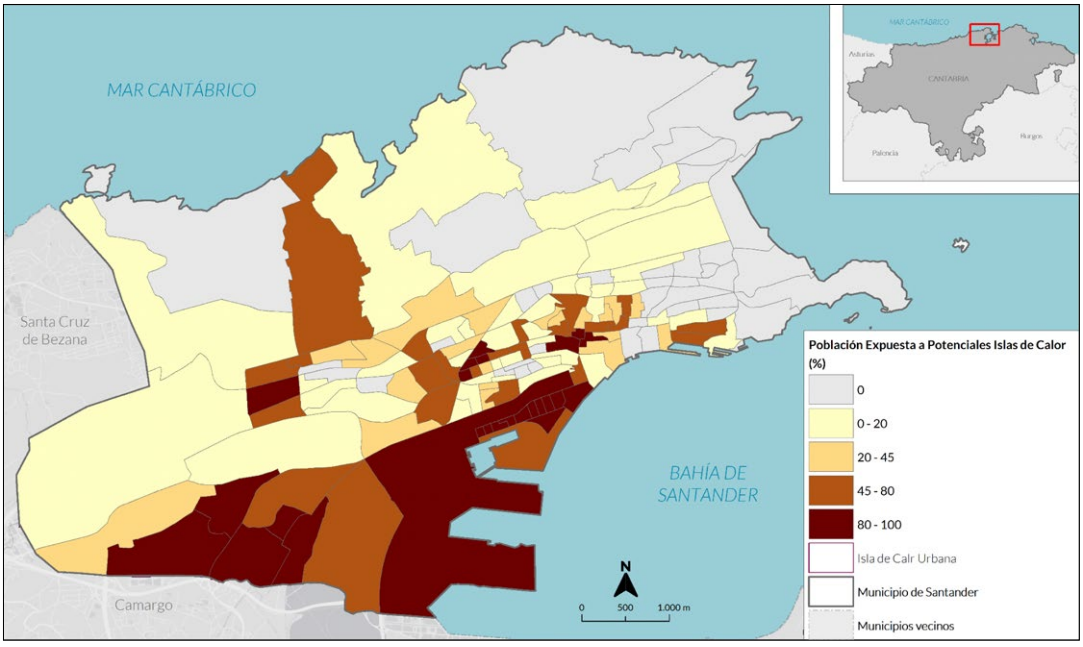


Figura 5.7. *Porcentaje de población residente expuesta frente a potenciales ICU diurnas.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

VIENTO EXTREMO DE COMPONENTE SUR

Para el caso de los eventos de viento extremo, el PEMUSAN zonifica el municipio en dos grandes áreas: aquellas que experimentan vientos del norte y viento gallego, y aquellas expuestas a vientos del sur. Estas últimas laderas son las que experimentan mayor número de intervenciones.

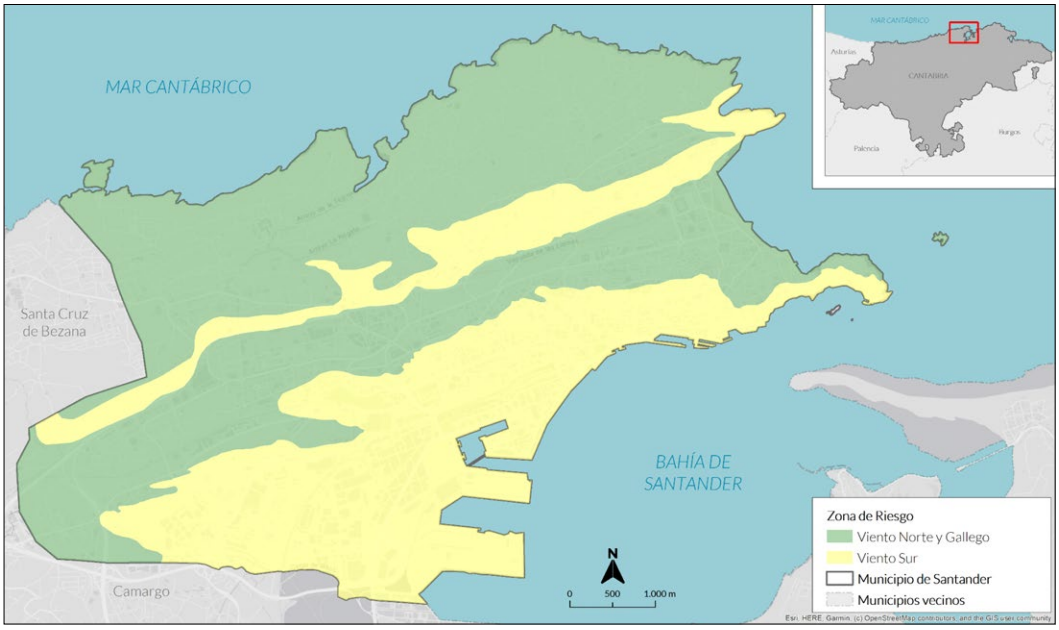


Figura 5.8. *Zonas de riesgo por fuerte viento en el municipio de Santander.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024 a partir de la información del Plan de Emergencias Municipal de Santander, Ayuntamiento de Santander, 2016.

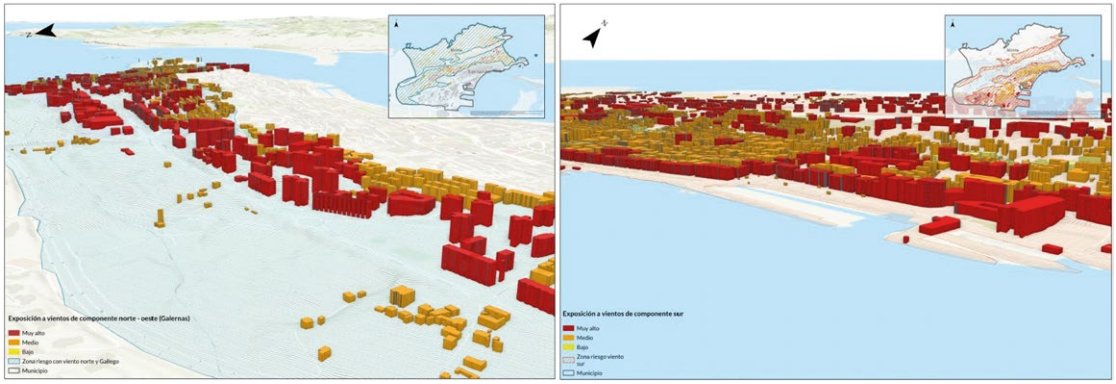


Figura 5.9. *Elementos expuestos y grado de exposición a viento extremo.*
Fuente: CINCc (UC), 2024.

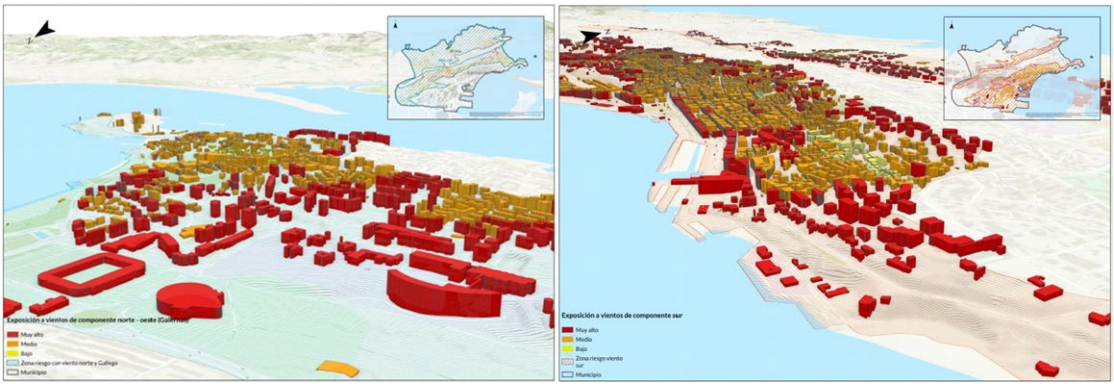


Figura 5.10. *Exposición a viento norte-noroeste y sur-suroeste en las áreas definidas por el PEMUSAN (2016).*

Fuente: CINCc (UC), 2024.

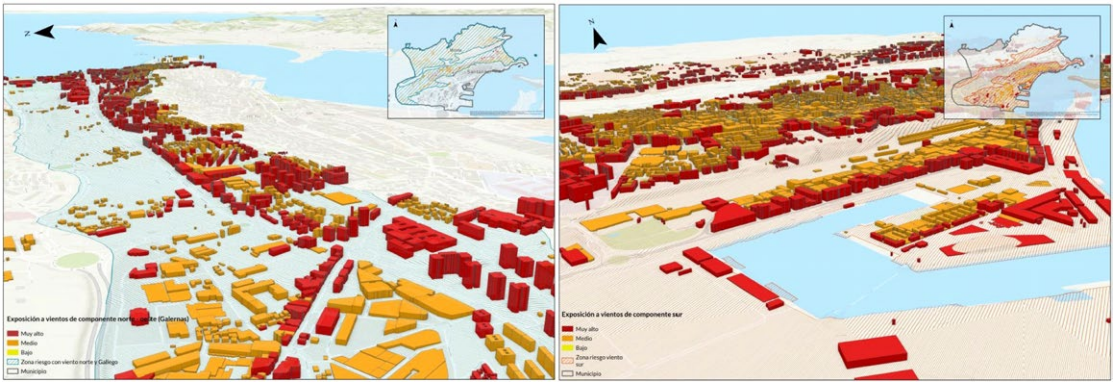


Figura 5.11. *Distribución de la exposición a viento extremo en diferentes áreas de la ciudad*

Fuente: CINCc (UC), 2024.

En las imágenes anteriores (figuras 5.9-5.11)) se presentan algunas áreas de exposición a viento extremo, tanto ante fenómenos de viento del noroeste como viento sur. No obstante, a efectos de cálculo se ha estimado como prioritario la afección a viento sur.

El nivel de exposición derivado de vientos de componente sur se analiza a partir del porcentaje de superficie de la sección censal cuyas laderas presentan esa orientación.

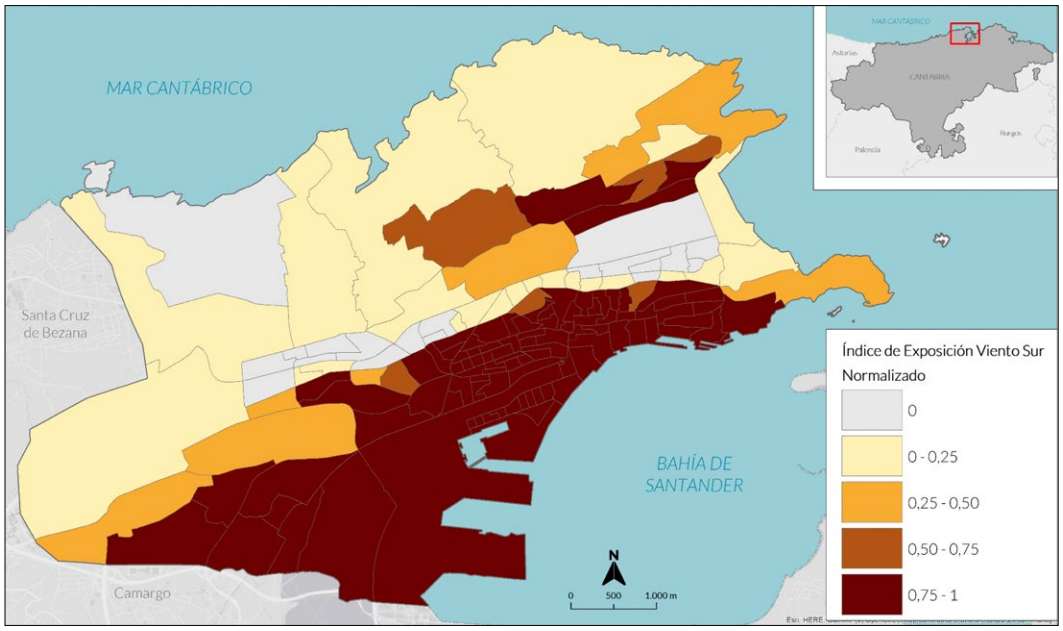


Figura 5.12. *Índice normalizado de exposición frente a rachas de viento de componente sur*

Nota. Obtenido como porcentaje de superficie de la sección censal que presenta orientación sur.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

INUNDACIÓN COSTERA O EMBATES DE MAR

Población residente expuesta

La población residente expuesta a eventos de inundación costera se obtiene a partir de la intersección entre la mancha de inundación de cada escenario y la cartografía oficial de habitantes por parcela disponible. El empleo de este método de aproximación presenta ciertas

CUADRO 5.4. *Población residente expuesta por inundación costera y escenarios, histórico y proyectados*

ESCENARIO MEDIO (TR100 AÑOS)	POB. RESIDENTE EXPUESTA TOTAL	INCREMENTO RESPECTO AL HISTÓRICO (%)
Histórico	27 personas	
Proyectado RCP4.5 2050	96 personas	255,5
Proyectado RCP8.5 2050	120 personas	344,4
Proyectado RCP4.5 2100	197 personas	629,6
Proyectado RCP8.5 2100	431 personas	1496,3

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

limitaciones, al no tener en cuenta, por ejemplo, a quienes residen en las plantas superiores de tales parcelas, por lo que debe interpretarse en condiciones de sobreestimación y alta incertidumbre. Otra cuestión que tener en cuenta es la presencia de población flotante que puede estar potencialmente expuesta a eventos de inundación costera: turistas y visitantes o población vinculada. Debido a su alto dinamismo espacio-temporal, su estimación es altamente compleja.

Para el escenario proyectado a 2050 y RCP 8.5, la población estimada en áreas de inundación es de 341 personas aproximadamente, lo que supone un incremento general respecto al histórico de 1496 %. Nuevamente, se observa un incremento de los valores para los barrios expuestos en el periodo histórico, además de afectar a nuevos barrios, específicamente al norte y sur del municipio, coincidente con suelo urbano de carácter residencial.

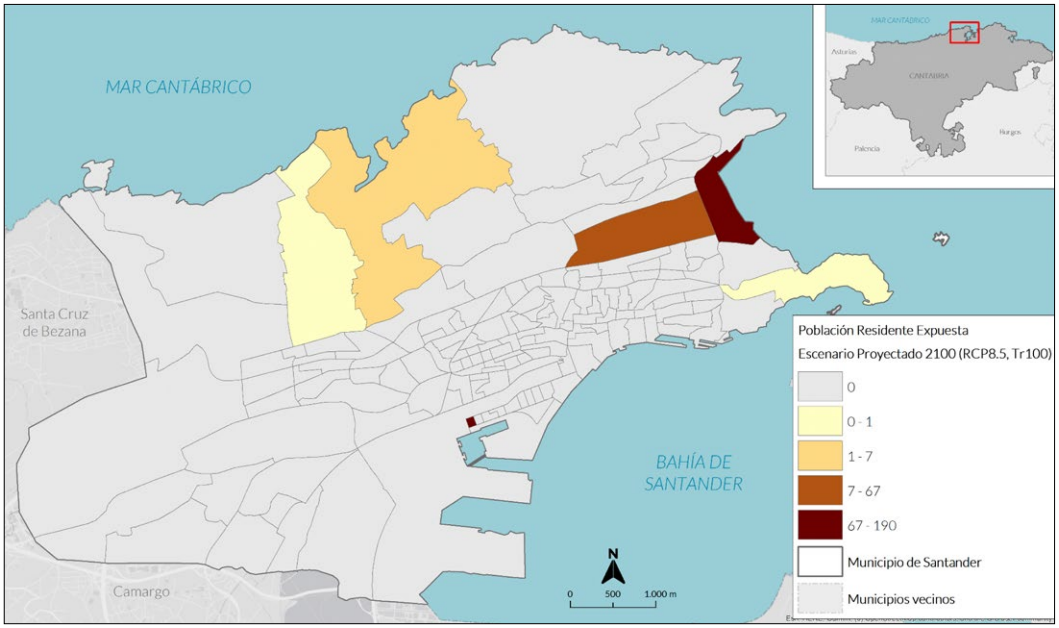


Figura 5.13. *Población residente expuesta a amenaza por inundaciones costeras.*
Nota. Para el escenario proyectado RCP8.5 a 2100, con un periodo de retorno de 100 años por secciones censales.
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Construcción residencial y vivienda expuesta

Los edificios de uso residencial expuestos a amenaza de inundación costera en cada uno de los escenarios que se contemplan han sido obtenidos a partir de la cartografía de edificios de la Dirección General de Catastro (Catastro, 2023). Los edificios residenciales expuestos pueden estar total o parcialmente contenidos en las áreas de inundación. Adicionalmente, se ha estimado el número de viviendas en planta baja que corresponden a los edificios residenciales expuestos para cada escenario, a través de consultas específicas a los datos abiertos de la sede electrónica del catastro. El número de viviendas ubicadas en planta baja que presen-

tan exposición a inundaciones costeras para el conjunto del municipio, tanto para el escenario histórico como para los escenarios proyectados a mediados de siglo, es de cinco viviendas. Cifra que se incrementa a siete y nueve viviendas expuestas para los escenarios a finales de siglo, RCP 4.5 y 8.5 respectivamente. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios de amenaza de inundación costera.

CUADRO 5.5. *Resultados para construcción residencial y vivienda expuesta*

ESCENARIO MEDIO (TR100 AÑOS)	EDIFICIOS RESIDENCIALES EXPUESTOS			ESTIMACIÓN DE VIVIENDAS EN PLANTA BAJA EXPUESTAS
	N.°	SUP. (m^2)*	INCREMENTO RESPECTO AL HISTORICO (%)	
Histórico	8	10.112		5
Proyectado RCP4.5 2050	8	10.112	0	5
Proyectado RCP8.5 2050	12	11.759	16,3	5
Proyectado RCP4.5 2100	19	14.485	43,2	7
Proyectado RCP8.5 2100	27	18.101	79,0	9

** Superficie construida en planta.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

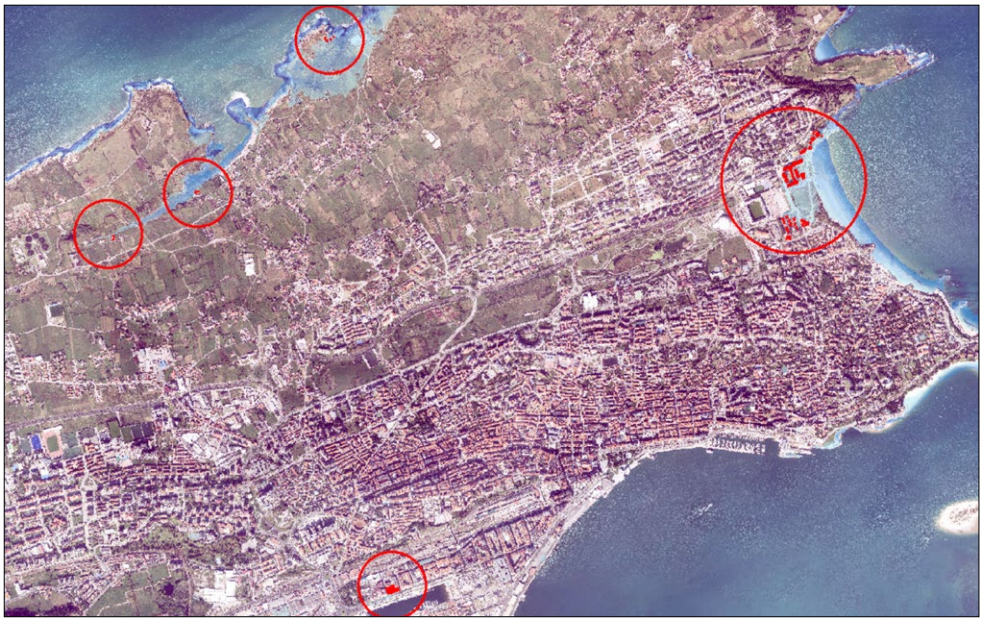


Figura 5.14. *Detalle de la ubicación de los edificios residenciales expuestos a inundación costera en el norte, este y sur.*

Nota. Para el escenario proyectado a 2050 (RCP8.5, Tr100 años).

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

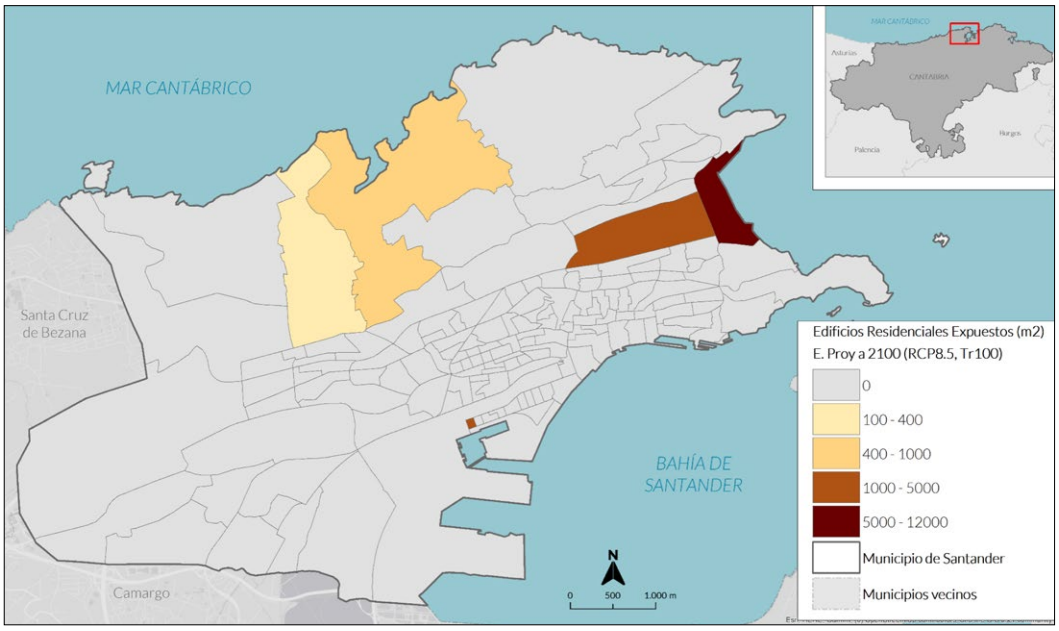


Figura 5.15. *Superficie (en metros cuadrados) de edificios residenciales expuestos a inundación costera.*

Nota. Para el escenario proyectado a 2100 (RCP8.5, Tr100) en el municipio de Santander.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Puede observarse que en el sector portuario la mancha de inundación pudiera afectar a algún sector residencial, sin embargo se considera plausible que, dada las condiciones de protección del sector Varadero, y con actuaciones constructivas de carácter defensivo y puntuales, estos inmuebles no se verían afectados.

INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PÚBLICOS EXPUESTOS

En este bloque se evalúa aquella infraestructura municipal ubicada en las áreas de inundación costera para cada uno de los escenarios, incluyendo infraestructura vial y portuaria, edificios destinados a servicios públicos, instalaciones industriales y recreativas, y conjuntos históricos del municipio. Las bases de datos utilizadas proceden de la Base Topográfica Nacional (IGN, 2022) a escala de detalle (1:2.000) y de las bases de datos de edificios de la Dirección General de Catastro (Servicio INSPIRE de Catastro, 2023).

La evaluación del conjunto de la infraestructura expuesta presenta varias unidades de medida diferentes, según el tipo de elemento específico analizado. Para analizar el nivel de exposición para el conjunto de elementos contenidos en este grupo a escala de sección censal, los resultados obtenidos para cada escenario y elemento se normalizan previamente a escala de 0 a 1. Esto permite, en primer lugar, comparar el nivel de exposición entre cada uno de los escenarios y entre cada una de las secciones censales, y al mismo tiempo identificar de forma

integral aquellas secciones que presentan una mayor concentración de infraestructura e instalaciones expuestas a inundaciones costeras. Se presentan a continuación los resultados del nivel de exposición en infraestructura e instalaciones, obtenidos para el escenario 2100 RCP8.5.

CUADRO 5.6. *Conjunto de infraestructuras e instalaciones expuestas a inundaciones costeras*

ESCENARIO MEDIO (TR100 AÑOS)	VIALES EXPUESTOS			EDIFICIOS PÚBLICOS, INSTALACIONES INDUSTRIALES Y RECREATIVAS		CONJUNTOS HISTÓRICOS (m^2)
	CARRETERAS (Km)	CAMINOS (Km)	ESTACIÓN PORTUARIA DE FC (m^2)	N.°	SUP. (m^2)*	
Histórico	1	2	298	7	40.770	4.538
Proyectado RCP4.5 2050	1,3	2,3	298	8	42.789	6.765
Proyectado RCP8.5 2050	1,9	2,3	298	8	42.789	8.016
Proyectado RCP4.5 2100	3,2	3,1	1.357	10	44.851	12.977
Proyectado RCP8.5 2100	4,1	3,5	3.100	12	58.377	18.045

** Construido en planta baja.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

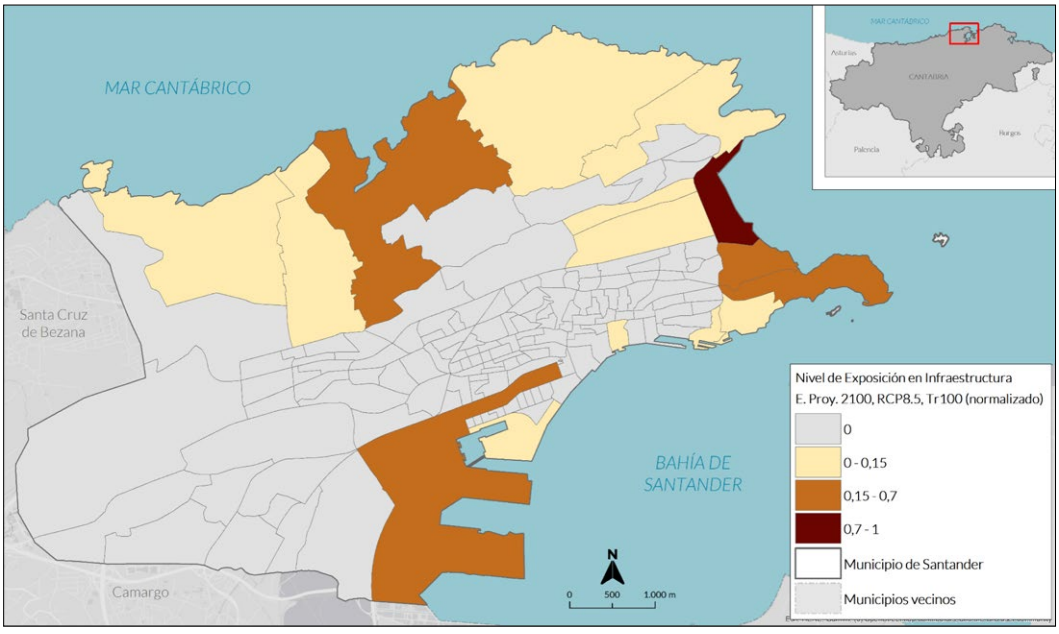


Figura 5.16. *Nivel de exposición en infraestructura e instalaciones por amenaza de inundación costera.*

Nota. Para el escenario proyectado a 2100 (RCP8.5, Tr100) por secciones censales en el municipio de Santander.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

ACTIVOS ECONÓMICOS EXPUESTOS

El análisis de activos económicos expuestos a eventos de inundaciones costeras se lleva a cabo a través de la identificación de locales comerciales, oficinas, construcciones destinadas a actividades agrícolas, restaurantes y hoteles ubicados total o parcialmente en las áreas de incidencia de cada uno de los escenarios que se contemplan. Las bases de datos utilizadas proceden de la Base Topográfica Nacional (IGN, 2022) a escala de detalle (1:2.000) y de las bases de datos de edificios de la Dirección General de Catastro (Servicio INSPIRE de Catastro, 2023).

CUADRO 5.7. *Conjunto de activos económicos expuestos a inundaciones costeras para cada uno de los escenarios*

ESCENARIO MEDIO (TR100 AÑOS)	LOCALES COMERCIALES, HOTELES Y OFICINAS			CONSTRUCCIONES DESTINADAS A ACTIVIDADES AGRÍCOLAS		
	N.°	SUP. (m^2)	INCREMENTO RESPECTO AL HISTÓRICO (%)	N.°	SUP. (m^2)	INCREMENTO RESPECTO AL HISTÓRICO (%)
Histórico	5	10.253	–	27	2.376	–
Proyectado RCP4.5 2050	5	10.253	0	28	2.390	0,6
Proyectado RCP8.5 2050	7	11.576	13	28	2.390	0,6
Proyectado RCP4.5 2100	9	12.824	25	31	2.594	9,2
Proyectado RCP8.5 2100	12	14.334	40	38	2.903	22,2

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

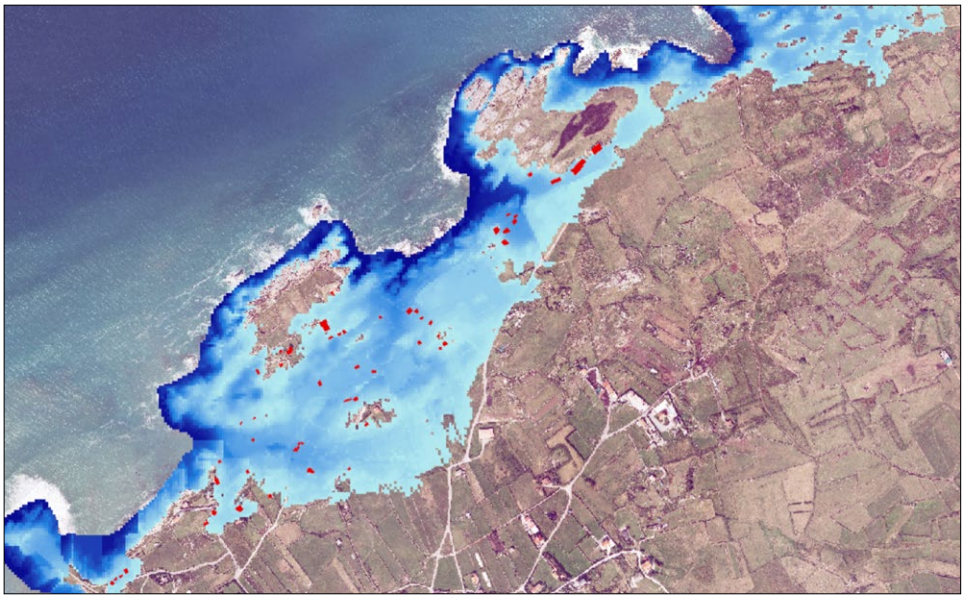


Figura 5.17. *Detalle de la concentración de construcciones expuestas a inundaciones costeras.*
Nota. Destinadas a actividades agrícolas y para el escenario proyectado a 2100 (RCP8.5, Tr100) en el sector norte.
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Figura 5.18. *Detalle de la concentración de activos económicos en el sector costero este.*
Nota. Para el escenario proyectado a 2100.
Fuente: ClNCc (UC) - FIC, 2024.

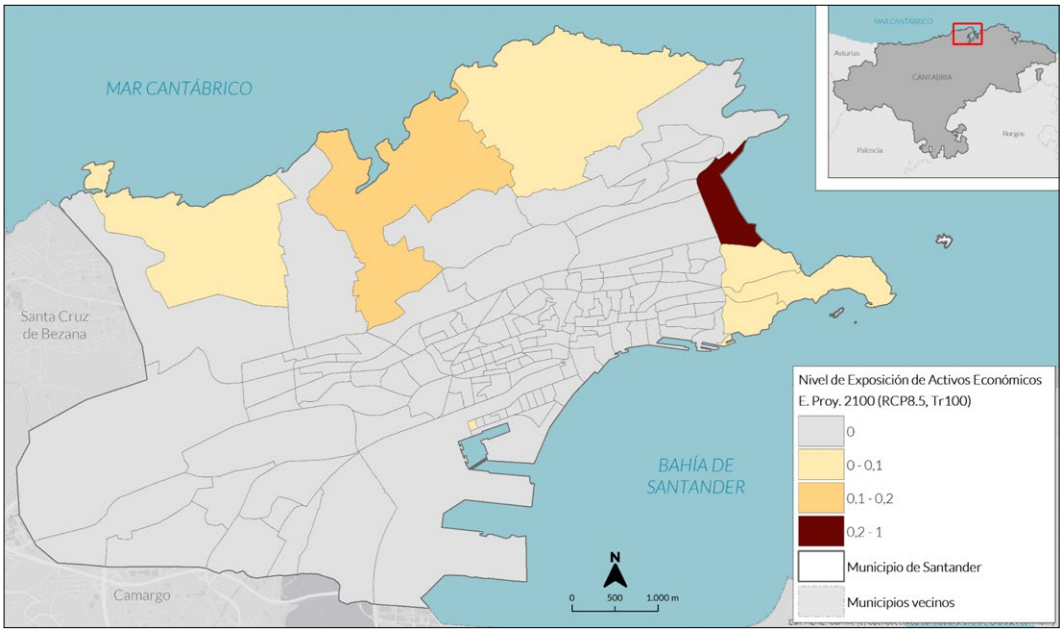


Figura 5.19. *Nivel de exposición en activos económicos frente a inundaciones costeras.*
Nota. Para el escenario proyectado a 2100 RCP8.5, (Tr100) por sección censal en Santander.
Fuente: ClNCc (UC) - FIC, 2024.

Los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios se calculan a nivel de sección censal, incluyendo la superficie expuesta. En la figura 5.19 anterior se presentan los resultados de exposición normalizados en activos económicos frente a amenaza de inundaciones para el escenario de finales de siglo RCP8.5.

ÁREAS DE INTERÉS Y RECURSOS NATURALES EXPUESTOS

El análisis de áreas de interés y recursos naturales expuestos a eventos de inundaciones costeras se lleva a cabo a través de la identificación de playas y hábitats litorales ubicados en las áreas de incidencia de inundaciones costeras para cada uno de los escenarios que se contemplan. La cartografía de playas del municipio procede del informe Adapta-Costa Cantabria (2019-2021), y la cartografía de hábitats litorales considerados procede del Inventario Nacional de Hábitats Terrestres (MITECO, 2005).

CUADRO 5.8. *Conjunto de recursos naturales expuestos a inundaciones costeras*

ESCENARIO MEDIO (TR100 AÑOS)	PLAYAS EXPUESTAS			HÁBITATS LITORALES EXPUESTOS		
	SUP (ha)	(% SUP)	INCREMENTO RESPECTO AL HISTÓRICO (%)	SUP (ha)	(% SUP)	INCREMENTO RESPECTO AL HISTÓRICO (%)
Histórico	32,89	87,15	–	41,87	24,2	–
Proyectado RCP4.5 2050	33,72	89,34	2,5	42,3	24,5	1,23
Proyectado RCP8.5 2050	33,78	89,50	2,7	42,3	24,5	1,23
Proyectado RCP4.5 2100	34,84	92,32	5,9	46,6	26,9	11,3
Proyectado RCP8.5 2100	35,20	93,30	7,1	48,4	28	15,6

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

El municipio cuenta con 15 playas, que cubren una superficie de casi 38 hectáreas, de las cuales 7 corresponden a playas de arena dentro del ámbito urbano. En términos generales, el porcentaje de playas expuestas a eventos de inundación costera es muy alto en todos los escenarios contemplados, desde valores de más del 87 % para el escenario histórico hasta más del 93 % de la superficie de playas expuestas para el escenario más pesimista, RCP8.5 a 2100 (figura 5.20).

Los resultados obtenidos de exposición para cada uno de los escenarios se calculan también en este caso a nivel de sección censal. Para cada uno de los escenarios y para cada sección se obtiene el porcentaje de superficie de playa expuesta respecto a la superficie de playa total de la sección censal. La siguiente figura muestra los resultados obtenidos para el escenario histórico y para el escenario proyectado a 2100, RCP8.5, Tr100 años (figura 5.21).

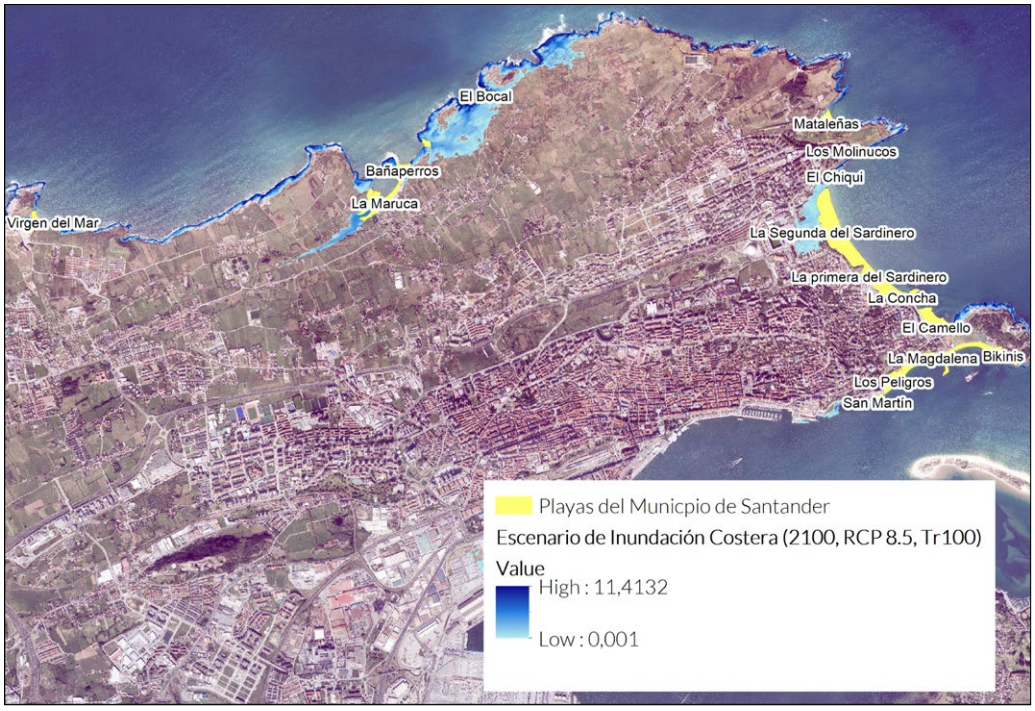


Figura 5.20. *Mapa de exposición de inundación costera*

Fuente: ClNCc (UC) - FIC, 2024.

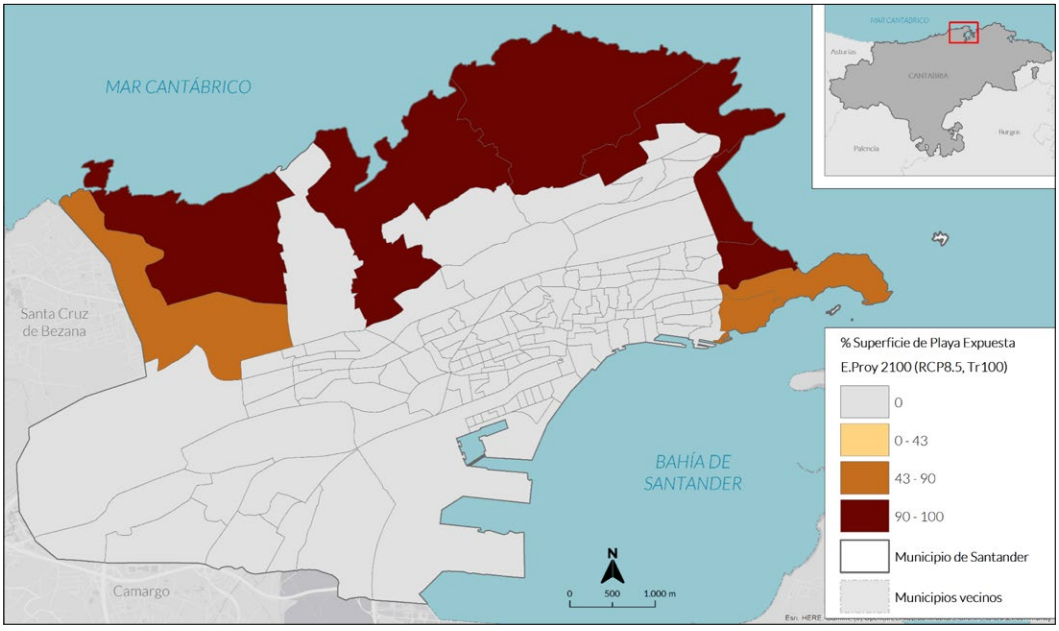


Figura 5.21. *Porcentaje de superficie de playa expuesta a inundación costera.*

Nota. Por sección censal para el escenario proyectado a 2100 (RCP8.5, Tr100)

Fuente: ClNCc (UC) - FIC, 2024.

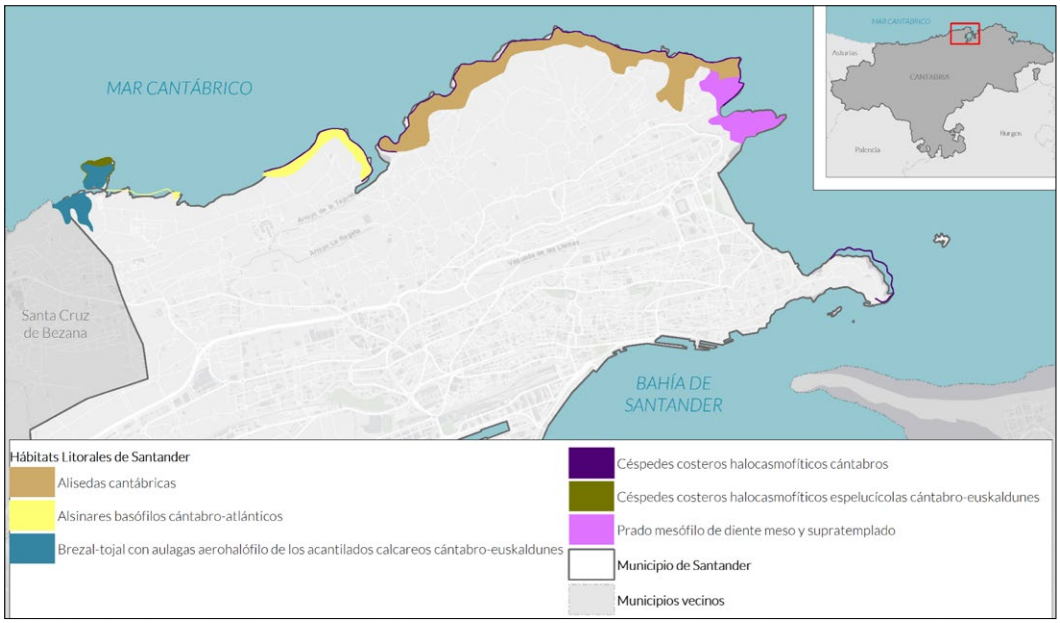


Figura 5.22. *Hábitats litorales de Santander.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

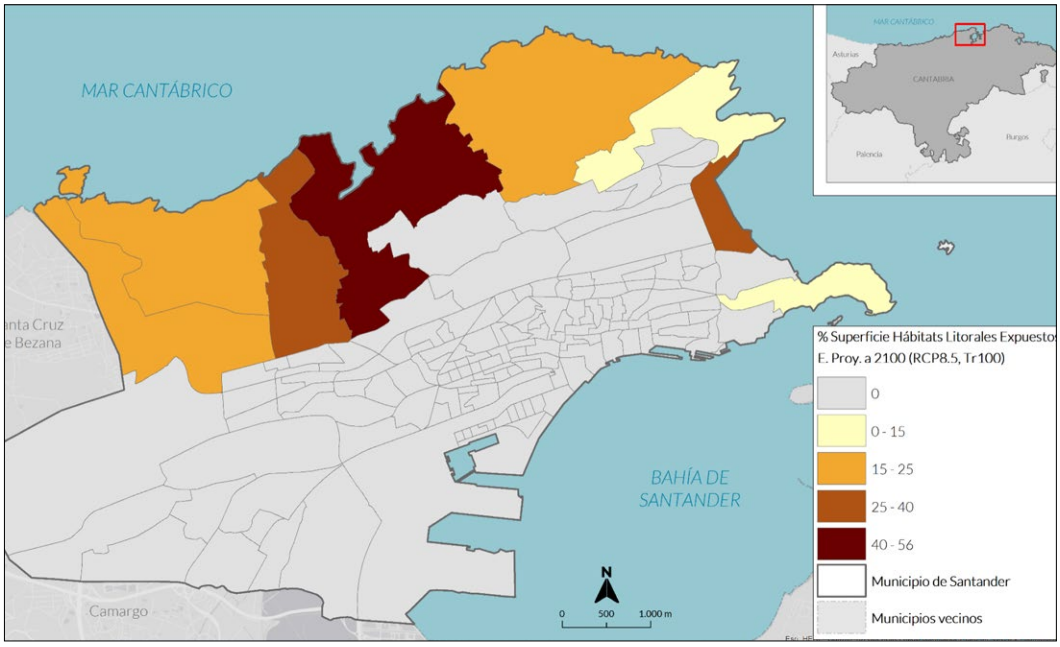


Figura 5.23. *Porcentaje de superficie de hábitats litorales expuestos a inundación costera.*

Nota. Por sección censal para el escenario proyectado a 2100 (RCP8.5, Tr100).

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024. FIC – UC.

Por otro lado, el municipio de Santander cuenta con una superficie aproximada de 173 hectáreas de hábitats litorales terrestres, representadas principalmente por vegetación costera presentes en los acantilados, y varias alianzas de especies, tales como quercíneas, alisedas cántabras, prados mesófilos, brezales de *Erica*, tojales con aulagas, entre otros, que principalmente se distribuyen al norte y noreste del municipio (figura 5.22).

La superficie de **hábitats litorales terrestres** expuestos a eventos de inundación costera ronda valores absolutos de entre 41 a 48 ha, para el escenario histórico y proyectado a 2100 (RCP8.5, Tr100) respectivamente, lo que supone en términos porcentuales un 24 a 28 % respecto de la superficie total de hábitat litoral del municipio. Por lo tanto, el incremento proyectado es de aproximadamente un 15 % para el escenario más pesimista respecto al histórico (figura 5.23).

Índice de exposición combinado frente a la amenaza de inundación costera

En los apartados anteriores se han obtenido indicadores de exposición para cada uno de los componentes analizados frente a eventos de amenaza por inundación costera, obtenidos a su vez como sumatorio de los valores de exposición normalizados por tipo de elemento incluido en cada componente. Sin embargo, el **índice de exposición combinado** permite:

1. Identificar aquellas secciones censales con **mayor concentración** de elementos expuestos frente a inundaciones costeras con enfoque multidimensional o multisectorial.
2. Disponer de una **visión holística de la información,** es decir, una valoración integral y combinada, que, no obstante, permite su desagregación en componentes de diferente índole de forma coherente y consistente, ya que son derivados de cuantificaciones elementales precisas sobre el territorio.
3. Comparar de forma relativa el nivel de exposición entre **múltiples escenarios climáticos,** evaluar el nivel de cambio, analizar las tendencias en el territorio y derivar posibles puntos de intervención más prioritarios desde la componente de exposición.

A continuación, se presentan los resultados finales del índice de exposición combinado para el escenario histórico, el proyectado a 2050 y RCP8.5 y el proyectado a 2100 y RCP8.5.

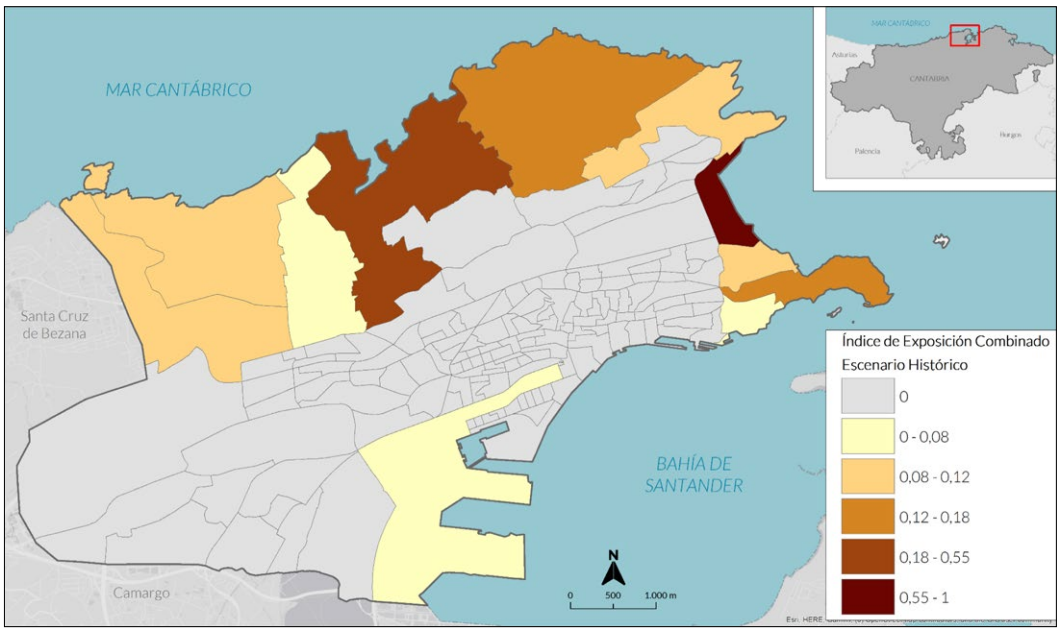


Figura 5.24. *Índice de exposición combinado (adimensional) frente a amenaza de inundación costera histórico.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

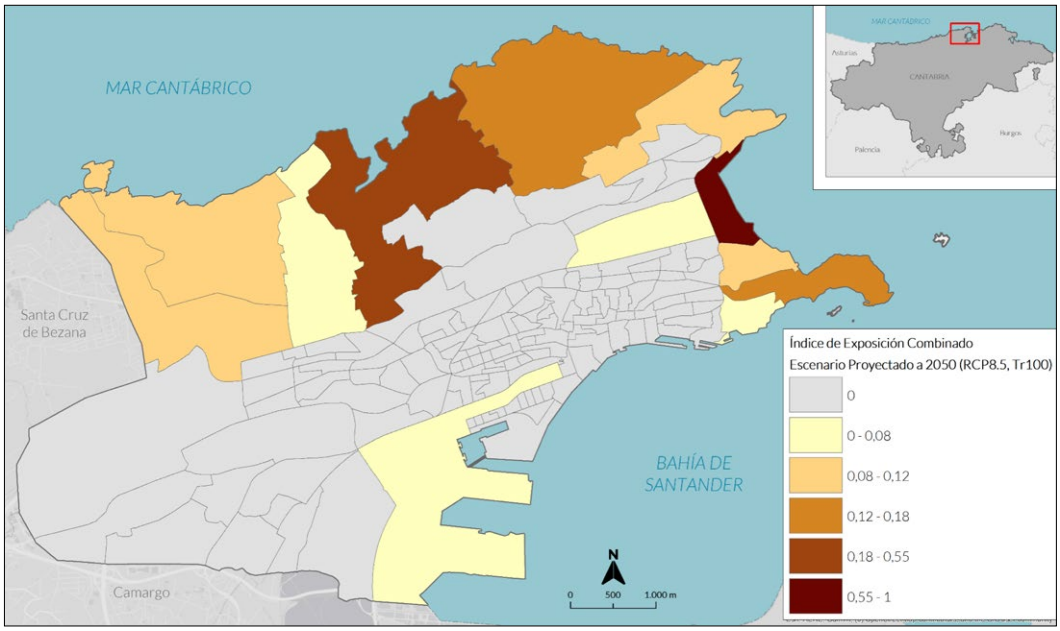


Figura 5.25. *Índice de exposición combinado (adimensional) frente a amenaza de inundación costera 2050.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

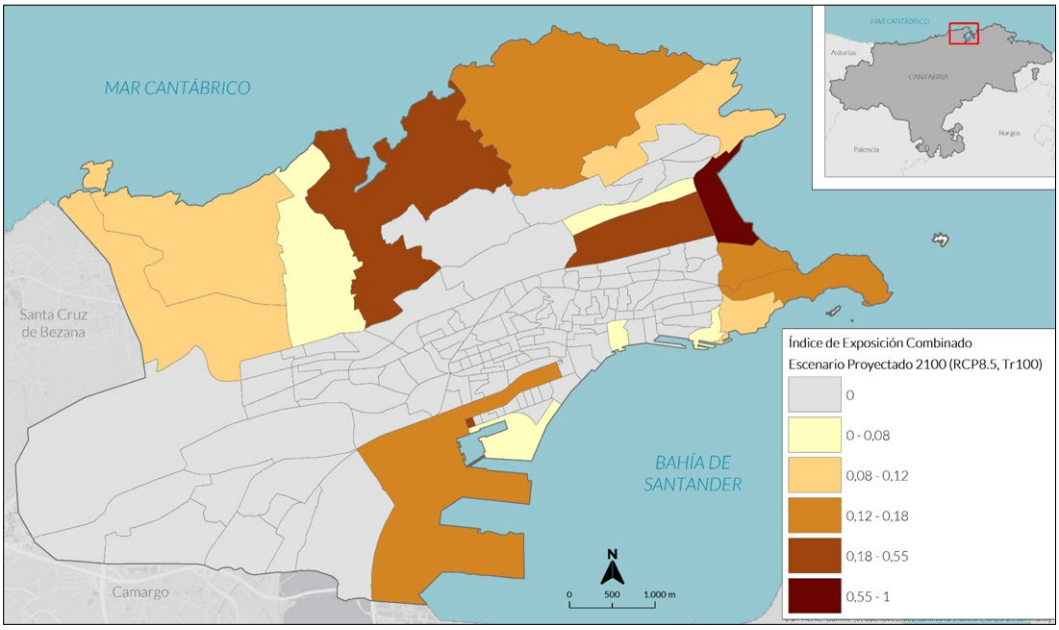


Figura 5.26. *Índice de exposición combinado (adimensional) frente a amenaza de inundación costera 2100.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

5.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La **vulnerabilidad** es la propensión o predisposición a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad engloba una serie de conceptos y elementos, como la **sensibilidad** o susceptibilidad al daño y la **capacidad adaptativa,** que implica estar preparado para hacer frente y adaptarse al problema (IPCC, 2022a). En general, la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas al cambio climático difiere sustancialmente entre las regiones. Incluso dentro de ellas está influenciada por aspectos como patrones de desarrollo socioeconómico que se entrecruzan, el uso insostenible de los océanos y la tierra, la inequidad, la marginación, y las pautas históricas y actuales de desigualdad, entre otras muchas cuestiones demográficas.

Entre 2010-2020, la mortalidad humana por inundaciones, sequías y tormentas fue 15 veces mayor en las regiones altamente vulnerables, en comparación con las regiones con una vulnerabilidad muy baja (IPCC, 2022b). La vulnerabilidad a diferentes niveles espaciales se ve exacerbada por la desigualdad y la marginación vinculadas al género, la etnia, los bajos ingresos o combinaciones de estos, especialmente para muchos pueblos indígenas y comunidades locales. También en el futuro, la vulnerabilidad humana seguirá concentrándose allí

donde las capacidades de los gobiernos locales, municipales y nacionales, las comunidades y el sector privado sean menos capaces de proporcionar infraestructuras y servicios básicos. Los sistemas de infraestructuras clave, como el saneamiento, el agua, la salud, el transporte, las comunicaciones y la energía serán cada vez más vulnerables si las normas de diseño no tienen en cuenta las condiciones climáticas cambiantes.

METODOLOGÍA Y FASES DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La metodología para abordar el estudio de la vulnerabilidad está centrada en un proceso mixto que combina la evaluación de factores específicos de sensibilidad y capacidad de adaptación a nivel local con enfoque social, económico, material y ambiental, junto con el criterio experto, a través de las siguientes fases de desarrollo:

- Fase 1. **Identificación de factores de vulnerabilidad climática** para cada una de las amenazas priorizadas. Esta fase incluye la elaboración inicial de una lista de factores de vulnerabilidad climática derivados de los procesos de revisión documental y bibliográfica a nivel local. Esta lista inicial de factores potenciales se somete a evaluación pública a través de talleres ciudadanos con participación institucional clave.
- Fase 2. **Colecta de información y evaluación** de índices de vulnerabilidad. Para los factores de vulnerabilidad relevantes se analizan las fuentes de información oficiales disponibles que posibiliten su evaluación. Una vez recolectadas, contrastadas y validadas estas fuentes de información primaria, se aborda la evaluación de la vulnerabilidad a través de indicadores, entendidos como medida que caracteriza la vulnerabilidad de un sistema, específicamente para las componentes socioeconómica, ambiental y material. Para cada uno de los factores de vulnerabilidad clave, se desarrolla al menos un indicador de vulnerabilidad representativo.
- Fase 3. **Normalización de los valores** de los índices evaluados respecto al valor más alto que puede alcanzar la serie. Esta normalización permite relativizar la magnitud del índice y posibilita su comparación e integración posterior. Para ello se aplica el método de normalización lineal para obtener valores de 0 a 1.
- Fase 4. **Integración y desarrollo de un índice de vulnerabilidad** climática final para cada una de las amenazas clave, obtenido por combinación de cada uno de los índices de vulnerabilidad normalizados y ponderados según su relevancia. Esta relevancia se analiza combinando el valor de relevancia otorgado por el conjunto de encuestados en el taller de percepción del riesgo, junto con el valor de relevancia otorgado por el criterio experto. Esta ponderación permite establecer un orden de jerarquía y relevancia entre los índices normalizados para cada una de las amenazas.
- Fase 5: **Análisis de vulnerabilidad proyectada** a 2050 y 2100. Esta última fase comprende la definición de hipótesis y escenarios de cambio para cada uno de los

factores de sensibilidad analizados para 2050 y 2100. Como resultado de dichas hipótesis se establecerán previsiones de cambio porcentual que serán de aplicación a nivel de sección censal respecto al valor obtenido para el horizonte actual.

NORMALIZACIÓN Y COMBINACIÓN DE INDICADORES

Realizadas las fases 1 y 2, que consisten en la definición de los indicadores y la obtención de datos específicos de estos, la normalización del conjunto de indicadores de sensibilidad evaluados tiene por objetivo permitir que posteriormente se integren. El índice de vulnerabilidad final para cada una de las amenazas se basa en una combinación de datos o indicadores cuantitativos, por lo que es preciso incorporar un método de control y normalización de variables que las haga comparables entre sí y permita al mismo tiempo su integración estandarizada en un indicador final. La "objetividad" de los datos cuantitativos se mantiene tras el proceso de normalización, aportando informaciones esenciales relativas al contexto o factor analizado en cada caso.

El proceso de **normalización** se realiza mediante el método lineal simple para obtener valores de 0 a 1. Por lo tanto, como resultado del proceso de normalización se obtienen unas tasas cuyos valores se presentan en un rango constante entre 0 y 1, teniendo en cuenta los valores mínimos y máximos que alcanza la serie, a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Z_i = (x_i - mínimo\ (x)) / (máximo\ (x) - mínimo\ (x))}$$

donde:

- **Z_i:** el i-ésimo valor normalizado del conjunto de datos
- **x_i:** el i-ésimo valor en el conjunto de datos
- **mín (x):** el valor mínimo en el conjunto de datos
- **mán (x):** el valor máximo en el conjunto de datos

Para determinados factores de sensibilidad se realiza un proceso adicional de **combinación de indicadores,** con el objetivo de evaluar de manera integral circunstancias complejas que no dependen de un único indicador o de varios indicadores independientes; es decir, una realidad determinada en un contexto específico, como la precariedad en la vivienda, depende, a su vez, de varias variables o circunstancias específicas multidimensionales que inciden de forma sinérgica. Para estos casos, se calcula primero la suma de los valores de sus respectivos indicadores por sección censal y, después, el resultado se normaliza mediante el mismo procedimiento lineal. A continuación, se muestras los cuadros de **indicadores de sensibilidad** (socio-económica, material y ambiental), que recogen el conjunto de factores e indicadores evaluados, junto con el método de normalización y combinación empleado en cada caso.

CUADRO 5.9. *Sensibilidad socio-económica*

TIPO	N.°	FACTOR DE SENSIBILIDAD	INDICADOR DE SENSIBILIDAD	MÉTODO NORMALIZACIÓN
SENSIBILIDAD SOCIO-ECONÓMICA	SE 1	Nivel de pobreza social por renta	SE1-1: porcentaje de población con ingresos por unidad de consumo por debajo de 60 % de la mediana a nivel nacional	LINEAL 0 A 1
	SE 2	Nivel de pobreza social por precariedad en la vivienda	SE2-1: n° viviendas < 45 m^2 secciones renta baja/n° viviendas sección censal	LINEAL 0 A 1 (COMBINADOS)
			SE2-2: n° viviendas de 1 habitación /N° viviendas sección censal	
			SE2-3: n° viviendas sin calefacción colectiva o privada/n° viviendas sección censal	
	SE 3	Nivel de desempleo	SE3-1: porcentaje se población parada / población activa por sección censal	LINEAL 0 A 1
	SE 4	Nivel de desigualdad social	SE4-1: Índice de Gini	LINEAL 0 A 1
	SE 5	Nivel educativo insuficiente	SE5-1 porcentaje de población analfabeta, sin estudios o con primer grado / Población >15 años por sección censal	LINEAL 0 A 1
	SE 6	Nivel insuficiente en la cobertura sanitaria	SE6-1: porcentaje de población que reside fuera de las áreas óptimas de servicio de los centros de salud pública	LINEAL 0 A 1 COMBINADOS
			SE6-2: porcentaje de superficie de la sección censal fuera de las áreas óptimas de servicio de los centros de salud pública	LINEAL 0 A 1 COMBINADOS
	SE 7	Nivel de densidad poblacional	SE7-1: n° habitantes / km^2	LINEAL 0 A 1
	SE 8	Presencia de grupos vulnerables	SE8-1: porcentaje de población de edad > 65 años/Población total de la sección censal	LINEAL 0 A 1
			SE8-2: porcentaje de población de edad < 5 años/Población total de la sección censal	LINEAL 0 A 1
	SE 9	Nivel de dependencia climática sectorial (ocupados en sectores dependientes del clima)	SE9-1: porcentaje de ocupados en sectores dependientes/población total ocupada por sección censal	LINEAL 0 A 1
	SE 10	Diferencias de género	SE10-1: porcentaje de mujeres por sección censal	LINEAL 0 A 1

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

CUADRO 5.10. *Sensibilidad material*

TIPO	N.°	FACTOR DE SENSIBILIDAD	INDICADOR DE SENSIBILIDAD	MÉTODO NORMALIZACIÓN
SENSIBILIDAD MATERIAL	M1	Antigüedad de la vivienda	M1-1: Porcentaje de viviendas en edificios anteriores a 1940 / Total viviendas por sección censal	LINEAL 0 A 1
	M2	Calidad constructiva deficiente en la vivienda	M2-1: % de viviendas con calidad constructiva deficitaria / N° viviendas total por sección censal	LINEAL 0 A 1
	M3	Estado de mantenimiento deficiente en la vivienda	M3-1: % viviendas en estado ruinoso, malo o deficiente/N° viviendas total de la sección censal	LINEAL 0 A 1
	M4	Nivel de densidad constructiva	M4-1: N° viviendas / ha	LINEAL 0 A 1

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

CUADRO 5.11. *Sensibilidad ambiental, calidad de vida y bienestar social*

TIPO	N.°	FACTOR DE SENSIBILIDAD	INDICADOR DE SENSIBILIDAD	MÉTODO NORMALIZACIÓN
SENSIBILIDAD AMBIENTAL, CALIDAD DE VIDA Y BIENESTAR SOCIAL	A1	Nivel de pobreza social por precariedad en la vivienda	A1-1 Volumen edificado/superficie de sector	LINEAL 0 A 1
			A1-2 % Superficie urbana impermeable / Superficie de sección censal	
	A2	Nivel de ruido y contaminación atmosférica	A2-1 % pob estimada afectada por ruidos > 65 dB por sección censal (indicador de FB CBA- 004)	LINEAL 0 A 1 (COMBINADOS)
			A2-2 Nivel de contaminación atmosférica por tráfico vehicular	
	A3	Nivel de presión turística	A3-1: Tasa de función turística (plaza tur/100hab)	LINEAL 0 A 1 (COMBINADOS)
			A3-2: Índice de presión socioambiental teniendo en cuenta zonas de afluencia turística (móviles)	
			A3-3: Tasa de función turística de alojamientos no regulados (Airbnb)	
	A4	Nivel de presión antrópica	A4-1: Déficit de m^2 de áreas verdes por habitante respecto al óptimo de 20m^2/ hab. por sección censal	LINEAL 0 A 1

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.11**

TIPO	N.°	FACTOR DE SENSIBILIDAD	INDICADOR DE SENSIBILIDAD	MÉTODO NORMALIZACIÓN
SENSIBILIDAD AMBIENTAL, CALIDAD DE VIDA Y BIENESTAR SOCIAL	A5	Presencia de áreas con degradación ambiental	A5-1: % superficie de áreas degradadas por sección censal	LINEAL 0 A 1
	A6	Cobertura insuficiente del sistema de gestión de residuos urbanos	A6-1: pob. estimada de la sección censal fuera del nivel de cobertura óptimo de la gestión de residuos	LINEAL 0 A 1
	A7	Presencia de edificaciones sin certificación energética	A7-1: % de edificios sin certificación energética o con certificación de categoría inferior a la clase E	LINEAL 0 A 1
	A8	Población alejada de zonas verdes	A8-1: % población > 400 m de área verde pública de 0,5 Ha de sup. mínima (CBS-002 de la FB)	LINEAL 0 A 1
	A9	Población sin espacios verdes privados	A9-1: % población estimada por sección censal sin espacios verdes privados	LINEAL 0 A 1

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Integración de indicadores de sensibilidad climática

Una vez concluido el proceso de normalización del conjunto de indicadores, se procede a su integración final para cada una de las amenazas climáticas. El **proceso de integración** ha implicado el desarrollo de las siguientes tareas sucesivas:

1. Identificación y selección de los indicadores de sensibilidad climática que inciden en cada una de las amenazas climáticas.
2. Evaluación del nivel de relevancia ("peso") de cada uno de los indicadores por amenaza climática.
3. Cálculo del índice de sensibilidad climática final para cada una de las amenazas evaluadas en el municipio, a través de la suma de valores alcanzados para el conjunto de los indicadores por sección censal, ponderados por su peso o nivel de importancia relativa. Esta integración, por lo tanto, ofrece la posibilidad de combinar varias entradas para crear un análisis integrado de la sensibilidad, incorporando pesos o importancia relativa con doble enfoque analítico, importancia otorgada para cada indicador y para cada amenaza evaluada.

$$\text{Media ponderada} = \sum_{i=1}^{N} x_i P(x_i) = x_1 P(x_1) + x_2 P(x_2) + x_3 P(x_3) + \ldots + x_N P(x_N)$$

Tanto el proceso de selección como la importancia de los indicadores de sensibilidad se realizan partiendo de dos fuentes de información:

(i) Resultados obtenidos en el taller participativo con actores clave, específicamente aquellos relativos al bloque de vulnerabilidad y sensibilidad (percepción social e institucional).

(ii) Resultados obtenidos del análisis por criterio experto a partir de la en encuesta a 5 investigadores del equipo de la Universidad de Cantabria y de la Fundación para la Investigación del Clima. El peso específico por indicador se obtiene sumando el puntaje final obtenido por indicador (i+ii), dividido entre el puntaje final obtenido para el conjunto de indicadores de cada amenaza, en tantos por uno.

El resultado de cada indicador se ha proyectado a futuro para los escenarios 2050 y 2100 mediante la incorporación de proyecciones oficiales. Para cada uno de los indicadores de sensibilidad climática analizados en el municipio de Santander se han establecido hipótesis de cambio para 2050 y 2100 según un conjunto amplio de referencias documentales oficiales con implicación en las tendencias territoriales y políticas del municipio.

Resultados del índice de sensibilidad climática proyectada a 2050 y 2100

Sensibilidad climática proyectada frente a inundaciones pluviales

Para la amenaza de inundaciones derivadas de eventos de pluviometría extrema, el valor medio del índice de sensibilidad de Santander es de 0,56, aproximadamente un 12 % superior respecto al valor base del índice. Para este escenario proyectado a mediados de siglo se prevén los valores mínimos más altos, en torno a 0,22. También valores máximos más altos, alcanzando el valor 1 en barrios del sur de la capital, superior a los a máximos de 0,9 alcanzados en el horizonte actual. A los incrementos más acusados se llega en barrios periféricos principalmente, ubicados al norte, sur y este del municipio (figura 5.27).

Para el escenario proyectado (2100), se observa una tendencia decreciente en el índice de sensibilidad, con valor medio de 0,52, un 4,18 % superior al escenario base. Los mayores decrementos se producen en secciones ubicadas en la costa sur y centro de la capital (figura 5.28).

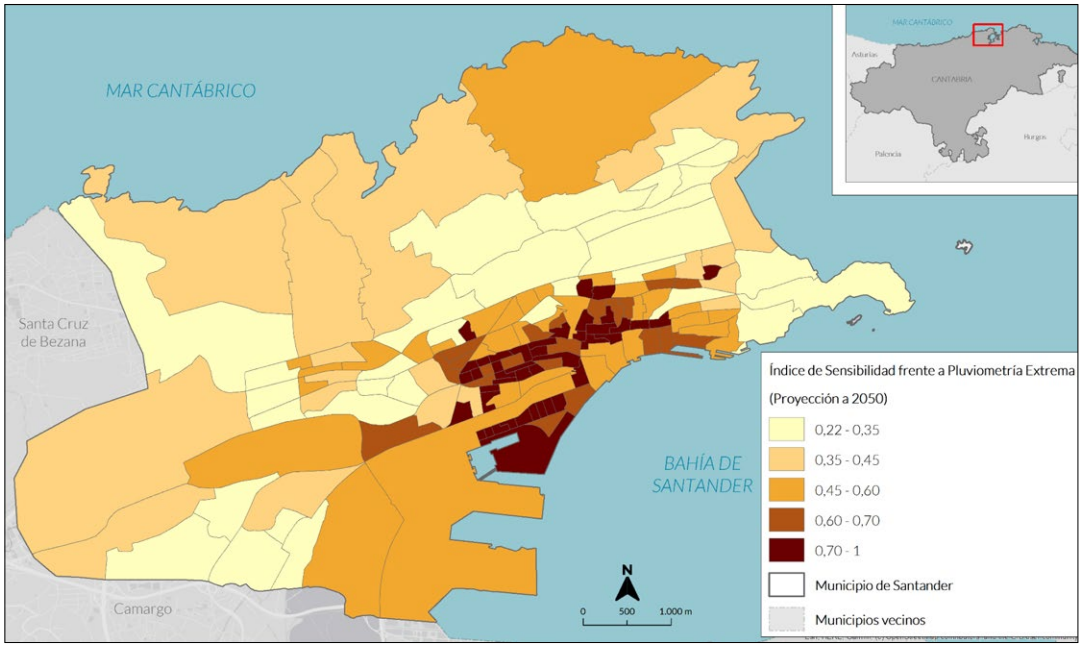


Figura 5.27. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de inundaciones pluviales 2050.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

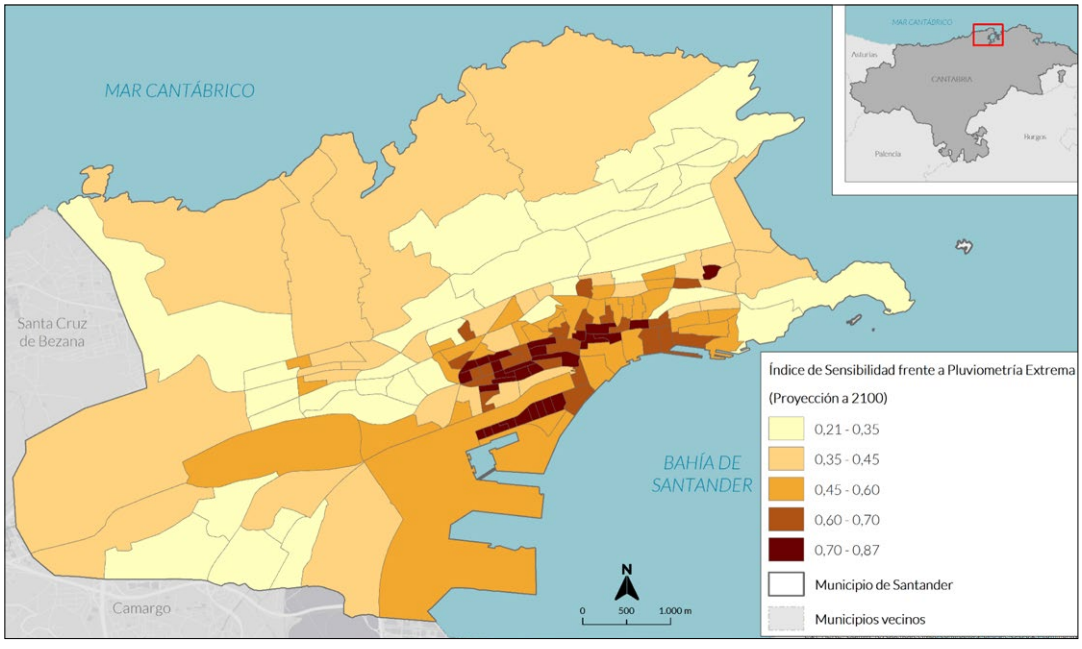


Figura 5.28. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de inundaciones pluviales 2100.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Sensibilidad climática proyectada frente a eventos de temperatura extrema

Por último, para la amenaza de eventos de temperatura extrema, el valor medio es de 0,59, un 9,7 % inferior al valor base del índice. Para este escenario proyectado a mediados de siglo se prevé un descenso generalizado en los valores del índice de sensibilidad.

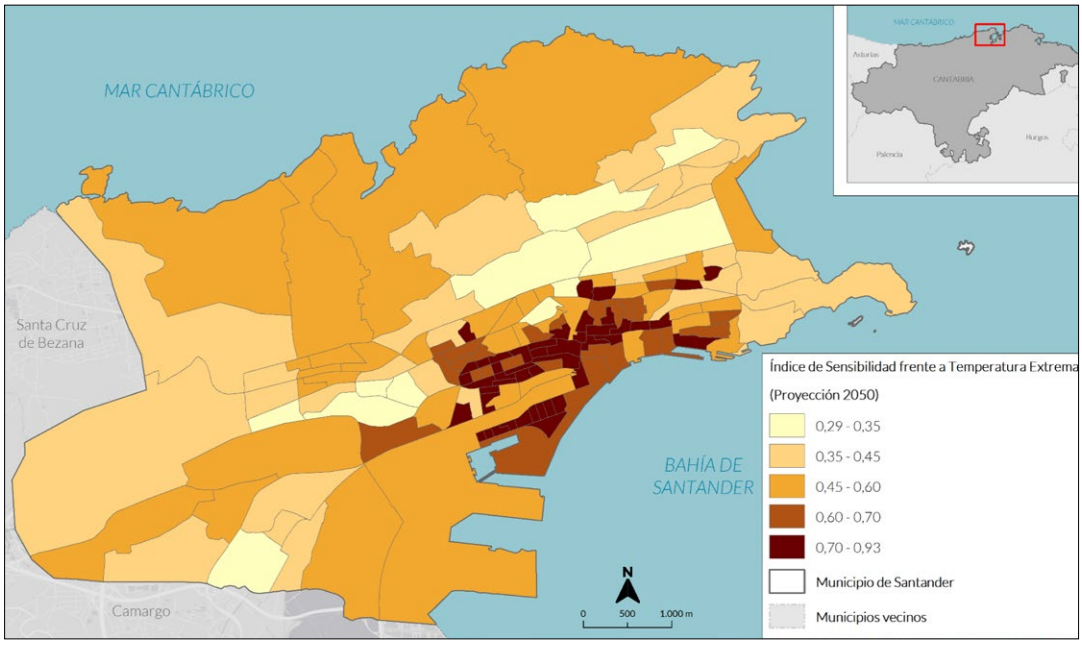


Figura 5.29. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de temperatura extrema 2050.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

En el escenario proyectado a finales de siglo, se alcanza el valor medio del índice de sensibilidad más bajo del municipio, en torno a 0,49, casi un 20 % inferior al valor base del índice. Para este escenario se prevén los valores más bajos de sensibilidad, tanto para el extremo inferior como para el extremo superior del índice, alcanzando máximos de hasta 0,78 en determinadas secciones del centro urbano consolidado. Esta tendencia decreciente es también generalizada, principalmente asociada a los barrios periféricos del norte y oeste.

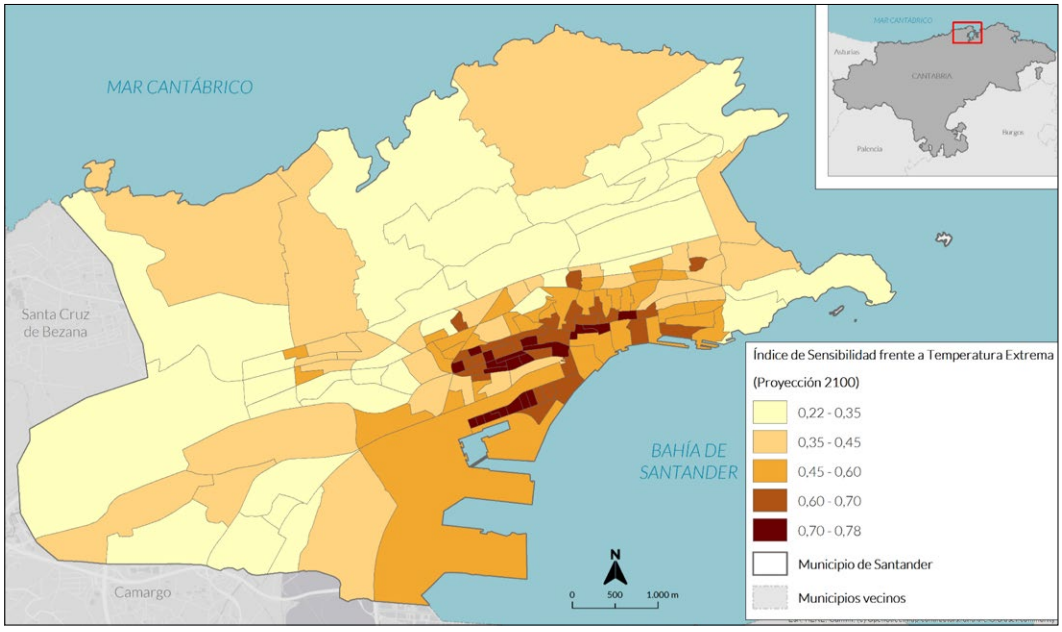


Figura 5.30. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de temperatura extrema 2100.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Sensibilidad climática proyectada frente eventos de sequía meteorológica

Para la amenaza de sequía meteorológica, el valor medio del índice de sensibilidad municipal es de 0,55, aproximadamente un 9 % inferior respecto al valor base del índice. Para este escenario proyectado a mediados de siglo se prevé un descenso generalizado en los valores del índice de sensibilidad, que principalmente se observa en barrios periféricos del norte, oeste y sur, junto con algunos barrios de alta sensibilidad del centro de la capital (figura 5.31).

En el escenario proyectado a finales de siglo se alcanza el valor medio del índice de sensibilidad más bajo del municipio, en torno a 0,48. Para este escenario se prevén los valores más bajos tanto para el extremo inferior como para el extremo superior del índice. Esta tendencia decreciente es también generalizada, principalmente asociada a los barrios periféricos del norte y oeste (figura 5.32).

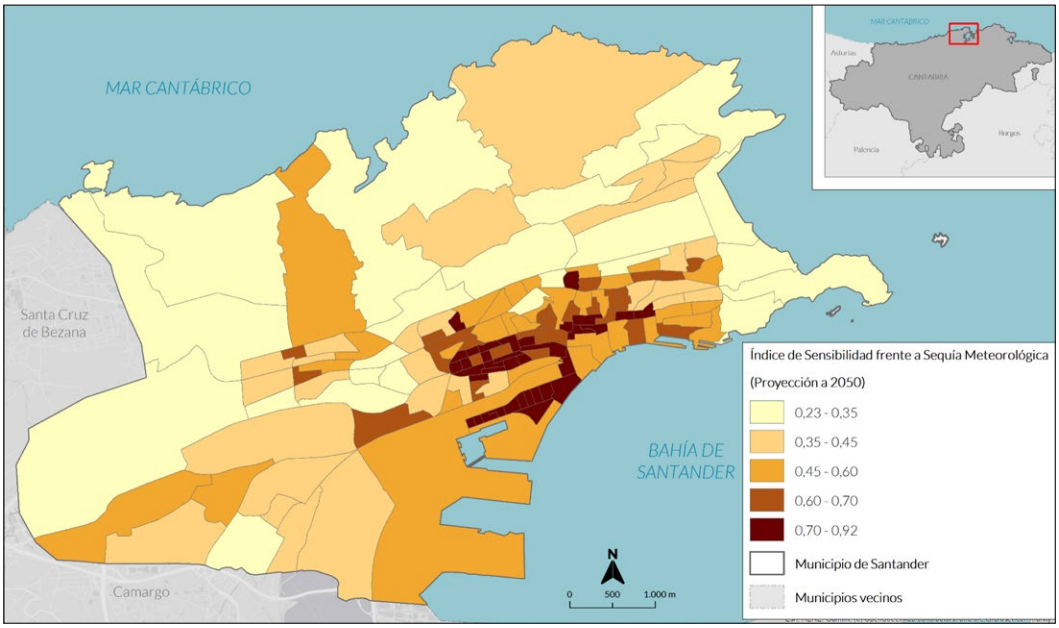


Figura 5.31. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de sequía meteorológica 2050*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

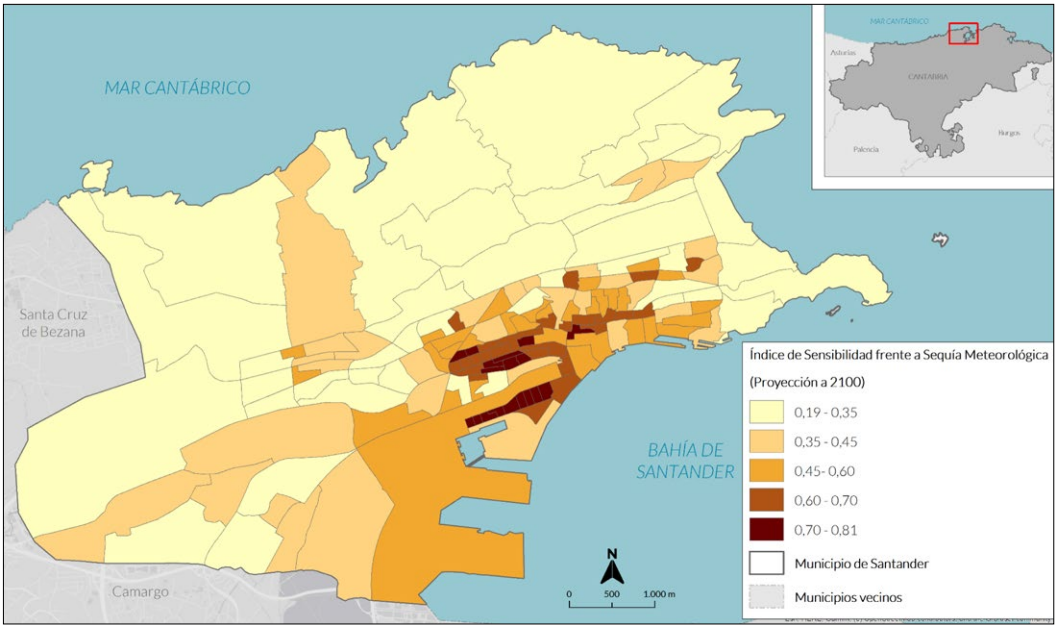


Figura 5.32. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de sequía meteorológica 2100.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Sensibilidad climática proyectada frente a eventos de viento extremo

Para esta amenaza el valor medio del índice de sensibilidad es de 0,56, un 9,3 % inferior respecto al valor base del índice. Para este escenario proyectado a mediados de siglo, se prevé un descenso generalizado en los valores del índice de sensibilidad, que alcanza valores mínimos por encima de 0,31 para algunos barrios ubicados en la diagonal que recorre el municipio.

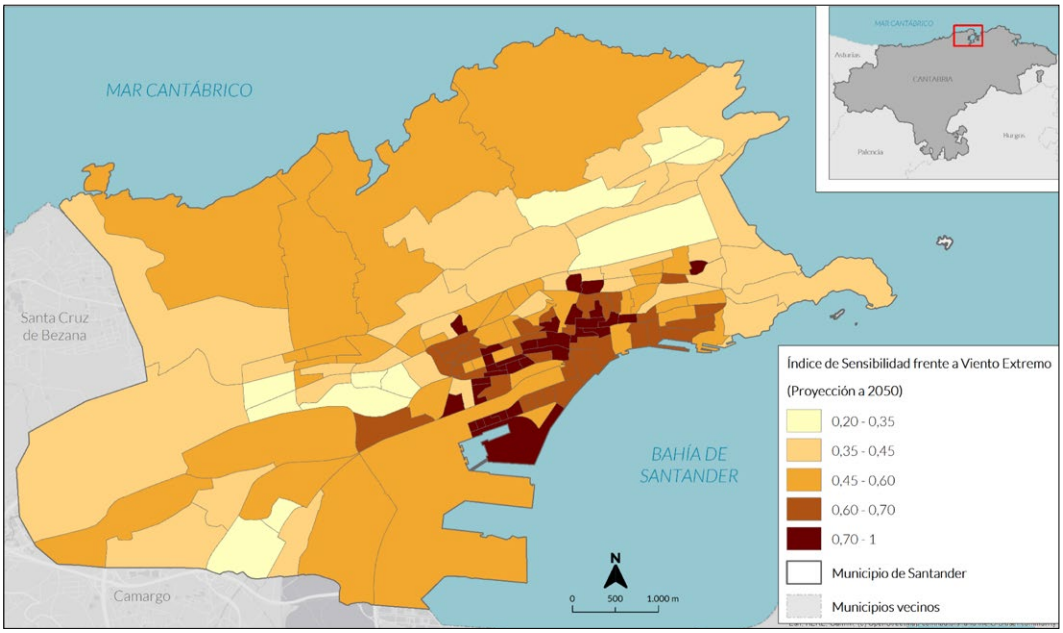


Figura 5.33. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de viento extremo 2050.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Para el escenario proyectado a finales de siglo, se observa una tendencia general decreciente y acusada en el índice de sensibilidad respecto al escenario anterior, con valor medio del municipio de 0,45, un 27 % inferior al escenario base (figura 5.34).

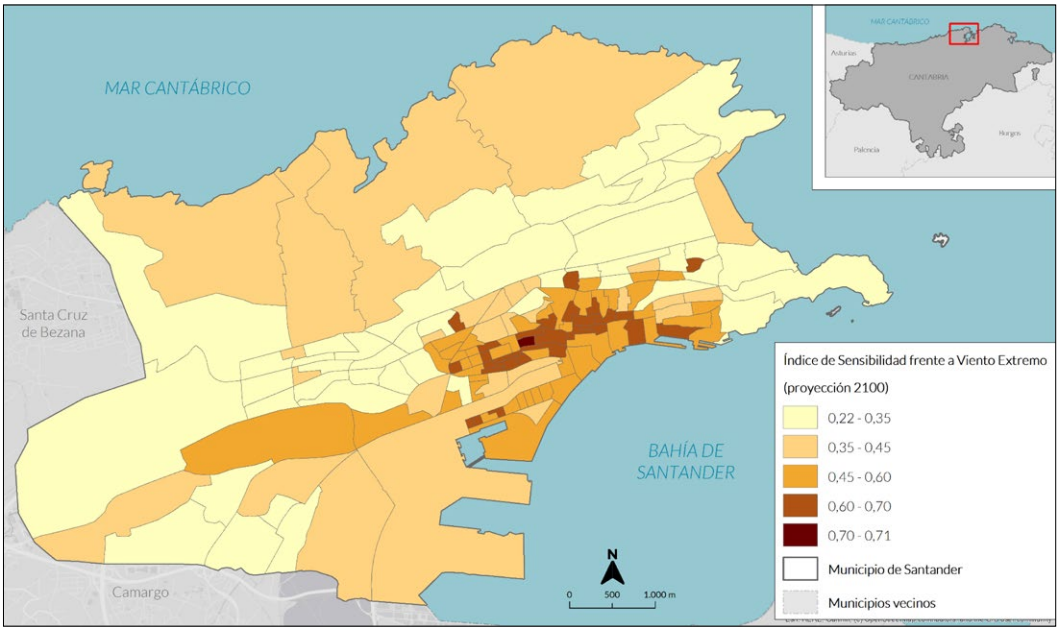


Figura 5.34. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a eventos de viento extremo 2100.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Sensibilidad climática proyectada frente a inundaciones costeras

El valor medio del índice normalizado de sensibilidad climática frente a inundaciones costeras es de 0,54 para 2050, lo que supone un incremento final de aproximadamente un 3,3 % respecto al valor medio obtenido para el horizonte actual. En términos generales, la sensibilidad climática por inundación costera tiende a reducirse en el medio plazo en los sectores periféricos del norte, mientras que presenta una tendencia al alza en las secciones del centro urbano (figura 5.35).

Para finales de siglo, la sensibilidad frente a inundaciones costeras ronda valores medios de 0,49, lo que supone una reducción del 5,9 % respecto al valor base del índice. En este escenario existe una tendencia general a la baja en el conjunto del municipio, se alcanzan los valores mínimos (por debajo de 0,19 en secciones al norte de la capital) y se producen fuertes descensos de la sensibilidad para secciones de la costa sur y centro de la capital.

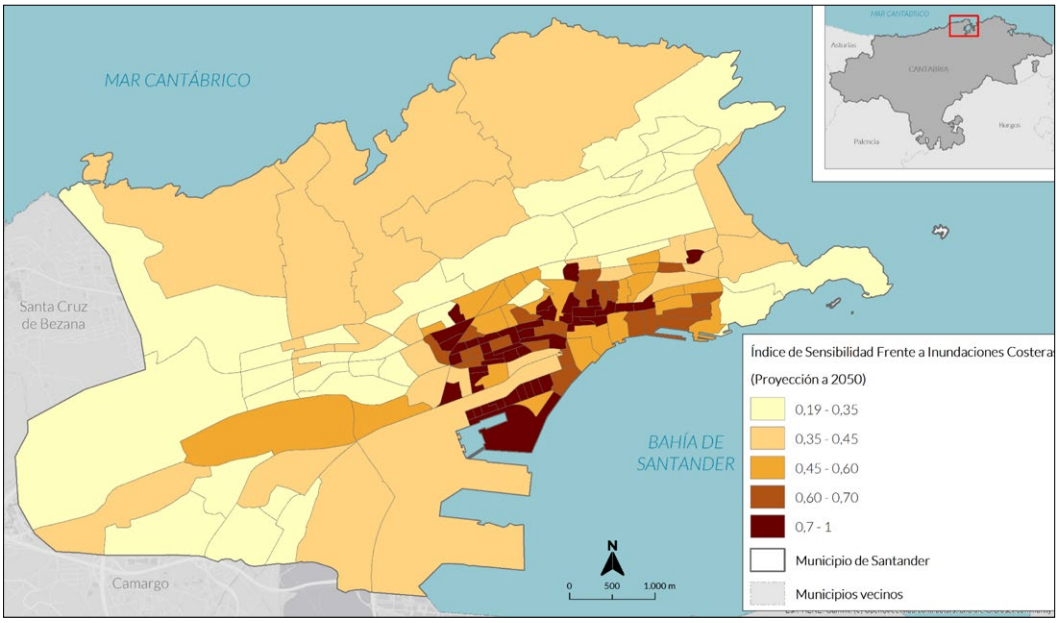


Figura 5.35. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a inundaciones costeras 2050.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

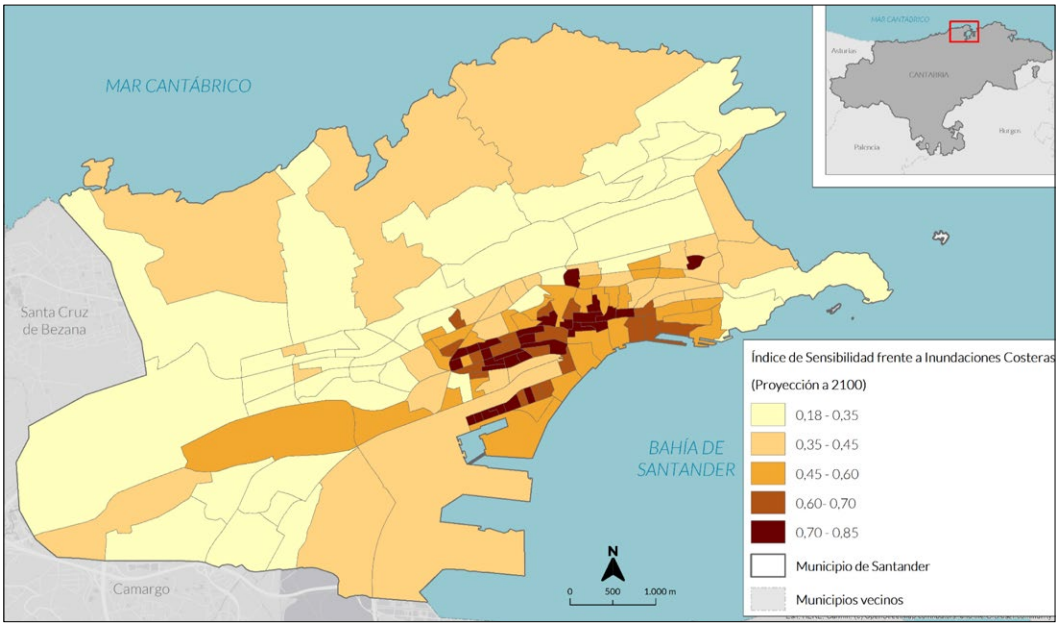


Figura 5.36. *Índice normalizado de sensibilidad climática frente a inundaciones costeras 2100.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

5.3
ANÁLISIS DE RIESGOS CLIMÁTICOS

El riesgo representa el potencial de pérdidas que pueden ocurrirle a un sujeto o sistema expuesto como resultado de la convolución de **amenaza, exposición** y **vulnerabilidad.** El riesgo puede expresarse de forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un cierto sitio y durante un cierto periodo de tiempo.

$$\text{ÍNDICE DE RIESGO} = \text{AMENAZA CLIMATÍCA} + \text{EXPOSICIÓN} + \underbrace{[\text{Sensibilidad} - \text{Capacidad adaptativa}]}_{\text{VULNERABILIDAD}}$$

En el presente marco de trabajo, el riesgo se conceptualiza de forma holística o integral, de acuerdo con la integración de los enfoques social, económico, material y ambiental. Por lo tanto, para la escala urbana considerada, el riesgo no solamente está relacionado con la ocurrencia potencial de un suceso, sino que considera la vulnerabilidad del municipio como factor interno del riesgo, es decir, su capacidad de soportar esa amenaza y sus implicaciones.

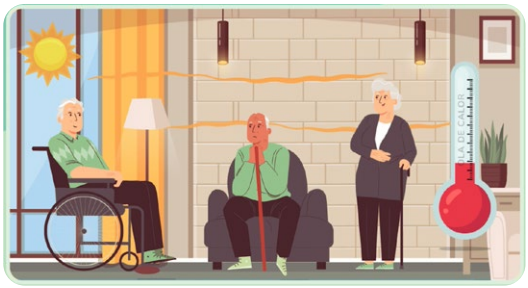
Figura 5.37. *Componentes del riesgo.*
Fuente: IPCC, 2022b.

Esta vulnerabilidad se analiza a través de un conjunto amplio de factores de sensibilidad a escala de sección censal, considerando que la capacidad adaptativa será implementada a través de las medidas de adaptación incluidas en este documento, entre las que se incluyen aspectos clave como la actualización de los diversos documentos de gestión de riesgos y planificación urbana, así como los mecanismos de gestión, sensibilización y capacitación.

La evaluación del Sexto Informe del IPCC incorpora la naturaleza intrínsecamente compleja del riesgo climático, la vulnerabilidad, la exposición y los impactos, que incluyen retroalimentaciones, cascadas, comportamientos no lineales y el potencial de sorpresa.

Valorando el grado de exposición y vulnerabilidad (socioeconómico, material y ambiental) hacia las amenazas analizadas, se han identificado cuatro tipos de riesgo. Un primer grupo recoge los riesgos relacionados con la **pluviometría extrema,** que afecta fundamentalmente a los viales del casco urbano, con fenómenos de encharcamiento o escorrentía superficial, y también pueden suponer periodos de crecidas en cauces y vaguadas.

Otro gran grupo de riesgo recoge los fenómenos derivados de **temperaturas extremas,** con especial incidencia en las temperaturas superficiales. Estas situaciones contribuyen a las islas de calor urbano, las olas de calor y la ocurrencia de noches cálidas con especial afección a la salud. Además, los periodos de sequía meteorológica pueden verse exacerbados por este fenómeno. Un tercer grupo está relacionado con el **viento extremo** y que en este documento se ha centrado en los impactos de viento sur. Finalmente, el cuarto grupo recoge la **inundación costera,** debido al conjunto de impactos derivados de la subida del nivel del mar, combinado con marejadas ciclónicas o la influencia de periodos tormentosos o la afección del viento sur.



5.3.1. Riesgos derivados de pluviometría extrema

Riesgo derivado de eventos de inundación pluvial en viales

El índice de riesgo por eventos de inundación pluvial en viales para cada horizonte temporal y sección censal se obtiene por combinación y normalización de tres variables: (I) del índice de amenaza, obtenido a través de la media de la frecuencia de eventos de pluviometría extrema de los distintos escenarios climáticos; (II) del resultado de viales inundables como medida representativa del nivel de exposición, calculado como porcentaje de km^2 de viales con probabilidad de inundación respecto a los km^2 totales de viales del municipio; y (III) del índice de sensibilidad climática para eventos de precipitación extrema actual y proyectada a 2050 y 2100.

El índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de inundaciones en viales por eventos de precipitación extrema mantiene valores de bajos a moderados tanto para el periodo histórico como para el proyectado a corto plazo en casi la totalidad del municipio, exceptuando determi-

nados barrios del centro de la capital y costa sur, donde se alcanzan valores relativamente más altos, por debajo de 0,88. El índice de riesgo medio en el municipio es de 0,45 y 0,49 para el periodo histórico y proyectado a corto plazo, respectivamente. Para el medio plazo y largo plazo, se observa una tendencia creciente generalizada, principalmente hacia valores medios o medios-altos en el índice de riesgo normalizado, manteniendo en ambos casos valores muy moderados en los sectores norte y este del municipio. La media para el medio y largo plazo se sitúa en 0,55 y 0,57, respectivamente, alcanzando valores máximos principalmente asociados a barrios residenciales del sur, coincidentes con el sector consolidado de la capital.

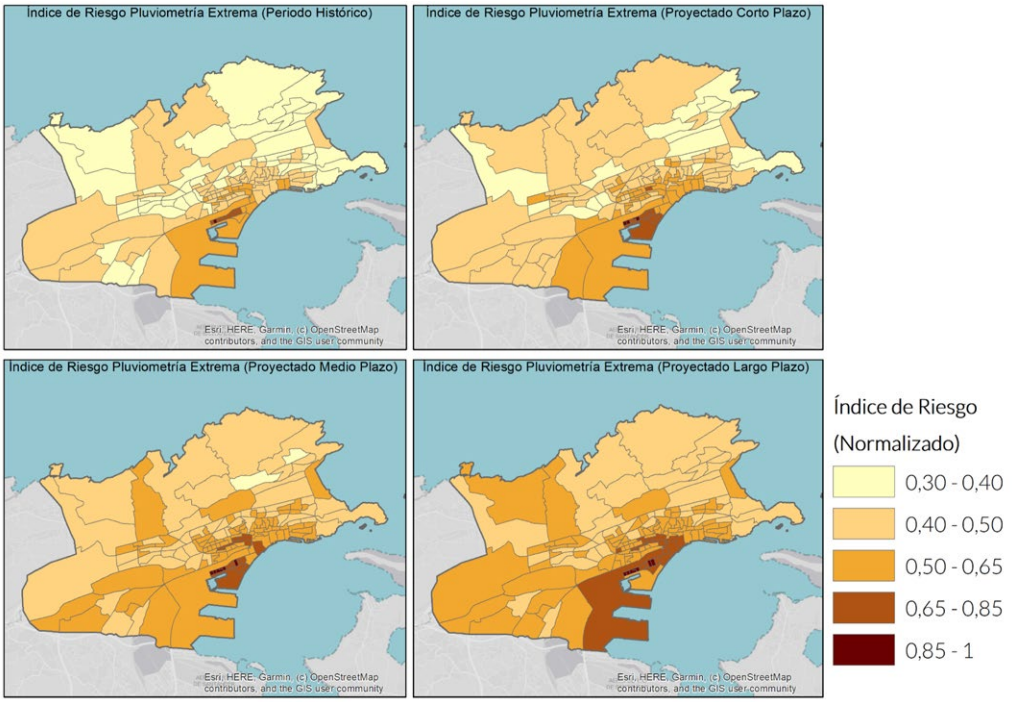


Figura 5.38. *Índice de riesgo normalizado por eventos de inundación pluvial en viales.*

Nota. Para periodo histórico (arriba a la izquierda) proyectado a corto (arriba a la derecha), medio (abajo a la izquierda) y largo plazo (abajo a la derecha) por secciones censales.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

El **índice de riesgo normalizado** a eventos de inundación pluvial con significativa afectación a los viales del casco urbano muestra un impacto severo en diferentes secciones del barrio de Castilla – Hermida, y con valores más reducidos, pero igualmente importantes, en otras áreas del centro, en el entorno de las Estaciones, así como en barrios como la calle Alta y San Fernando. Conviene tener presente que la variabilidad de las precipitaciones puede comprometer el sistema de drenaje existente, por lo que se deben plantear estudios específicos relacionados con precipitaciones extremas en cortos periodos de tiempo para los sectores indicados. El análisis pormenorizado de las condiciones reales de la red de drenaje ante estas proyecciones permite definir la necesidad de ampliar la red con un sistema separativo o incrementar las secciones de los colectores existentes.

En cualquier caso, la propuesta del plan de adaptación sigue criterios de sostenibilidad y protección medioambiental, por lo que se prioriza la creación de una red separativa con medidas de aprovechamiento de las precipitaciones y la ejecución combinada de soluciones basadas en la naturaleza, sistemas de drenaje sostenible y el aumento de la permeabilidad de los suelos urbanizados, para favorecer una gestión sostenible de las precipitaciones extremas. Dado el elevado coste de estas medidas, se considera necesario priorizar los sectores urbanos en los que desarrollar las soluciones de adaptación. Por tanto, el sector urbano de Castilla – Hermida y las áreas centrales de la ciudad de Santander deben situarse en la lista prioritaria de inversiones destinadas a reducir el impacto por precipitaciones extraordinariamente intensas y en cortos periodos de tiempo.

CUADRO 5.12. *Barrios y secciones censales con elevado índice de riesgo a impactos por pluviometría extrema*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	PLUVIOMETRÍA EXTREMA			
		ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Calle Alta - Cabildo	3907501009				
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505005				
	3907505006				
	3907505007				
	3907505008				
	3907505009				
	3907505011				
	3907505012				
	3907505014				
	3907505015				
	3907505013				
Centro	3907501001				
	3907501002				
	3907501008				
Estaciones - Catedral	3907505001				
	3907505002				
	3907505004				
	3907505010				
	3907505003				
San Fernando	3907502004				
	3907502012				
	3907506001				
	3907506003				

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Riesgo derivado de eventos de inundación fluvial

El índice de riesgo por eventos de inundación fluvial se obtiene por combinación de los valores normalizados de amenaza, que es indicativa del porcentaje de área amenazada; de exposición, expresada como el porcentaje de viales expuestos, y de los valores de sensibilidad para eventos de inundación en el periodo actual.

Las inundaciones fluviales presentan una relativa baja incidencia dentro del término municipal de Santander. Únicamente aparecen zonas inundables al oeste del municipio, coincidiendo con áreas aledañas al arroyo Otero, de una longitud aproximada de unos 1,3 km, pertenecientes al sistema Pas-Miera de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Esta zona de inundación fluvial afectaría a una única sección censal del municipio. El porcentaje de superficie amenaza para esa sección sería de 0,027 %. Además, dentro de este sector, los viales expuestos apenas alcanzan un 0,5 % de los viales totales, por lo que, en términos generales, el riesgo por inundación fluvial es bajo en Santander, pudiendo desencadenar impactos puntuales por cortes de acceso a fincas privadas, o bien por interrupciones temporales de la vía de ferrocarril.

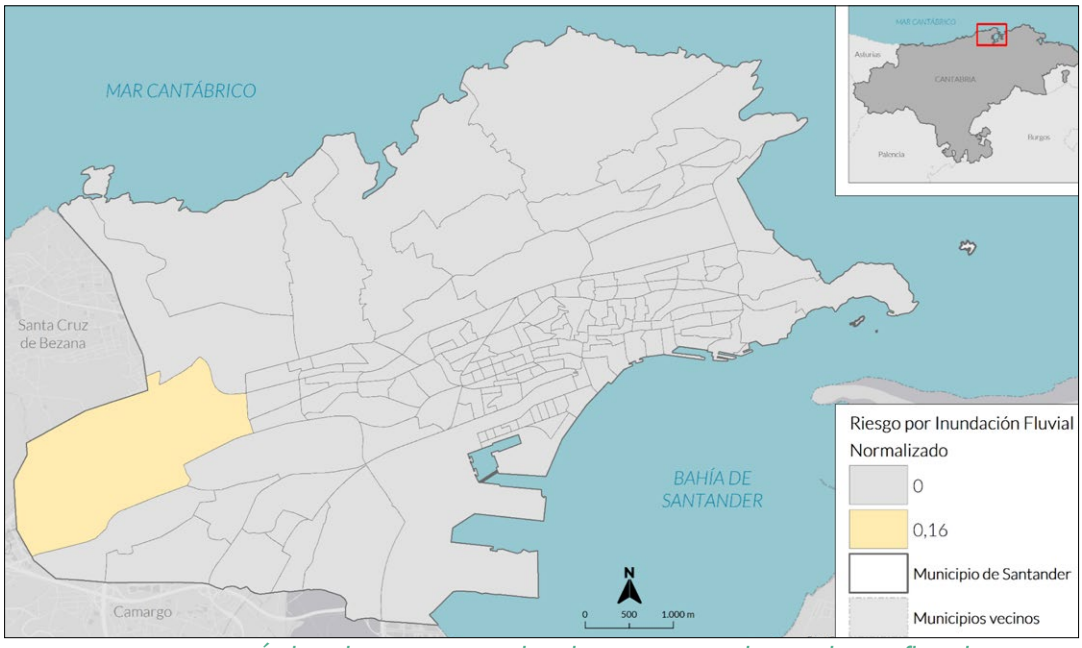


Figura 5.39 *Índice de riesgo normalizado por eventos de inundación fluvial.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Como se ha indicado, la única sección censal afectada y con un nivel de riesgo bajo de inundación fluvial se sitúa en el barrio Camarreal – Ojáiz / El Alisal. Si bien el impacto de

esta amenaza sobre el territorio es muy reducido, conviene potenciar el valor natural de este sector y restaurar ambientalmente el área de forma coordinada con el municipio de Santa Cruz de Bezana, con el objetivo de reducir posibles impactos en la infraestructura ferroviaria y el medio natural.

CUADRO 5.13. *Relación de barrios con los índices de riesgo más elevados por inundación fluvial*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	INUNDACIÓN FLUVIAL
Camarreal - Ojaiz / El Alisal	3907508004	

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

5.3.2. Riesgos derivados de temperaturas extremas

Riesgo derivado de episodios de islas de calor diurnas

El índice normalizado de riesgo por fenómenos de **ICU** diurnas en el municipio de Santander presenta valores generalizados bajos o nulos para las secciones del norte y este del municipio. Las áreas del sur del municipio, coincidentes con el sector portuario y secciones residenciales del centro, constituyen las zonas de mayor nivel de riesgo frente a la ocurrencia de fenómenos de ICU diurna. En estas zonas confluyen diversos factores de riesgo, ya que concentran altos porcentajes de superficie expuesta a tales amenazas, con elevados porcentajes de población y, por lo general, varias condicionantes de sensibilidad humana y ambiental.

Estos niveles de riesgo son de aplicación para el ámbito de **salud humana** principalmente, y pueden provocar malestar general, problemas respiratorios, insolaciones, deshidratación o aumento del cansancio. Por lo tanto, puede tener impacto en el número de fallecimientos u hospitalizaciones por golpes de calor derivados de eventos de temperaturas extremas, principalmente para grupos de población de mayor edad. Estos fenómenos, además, agravan las consecuencias del cambio climático en las ciudades, por ejemplo, incrementando el número o intensidad de noches cálidas (tórridas o ecuatoriales) (figura 5.40).

La relación de secciones censales y barrios con los índices de riesgo más elevados corresponde a los definidos en el siguiente cuadro. Dado el volumen de personas que residen en el entorno de Castilla-Hermida, y algunos sectores de zonas céntricas de la ciudad, se debe priorizar en estos barrios la realización de acciones adaptativas a este fenómeno. Igualmente, como se ha señalado en función del grado de exposición, los polígonos industriales próximos a sector portuario, Parayas y Candina especialmente, presentan elevados índices de riesgo con afección directa a las personas que desarrollan sus actividades laborales en estos ámbitos.

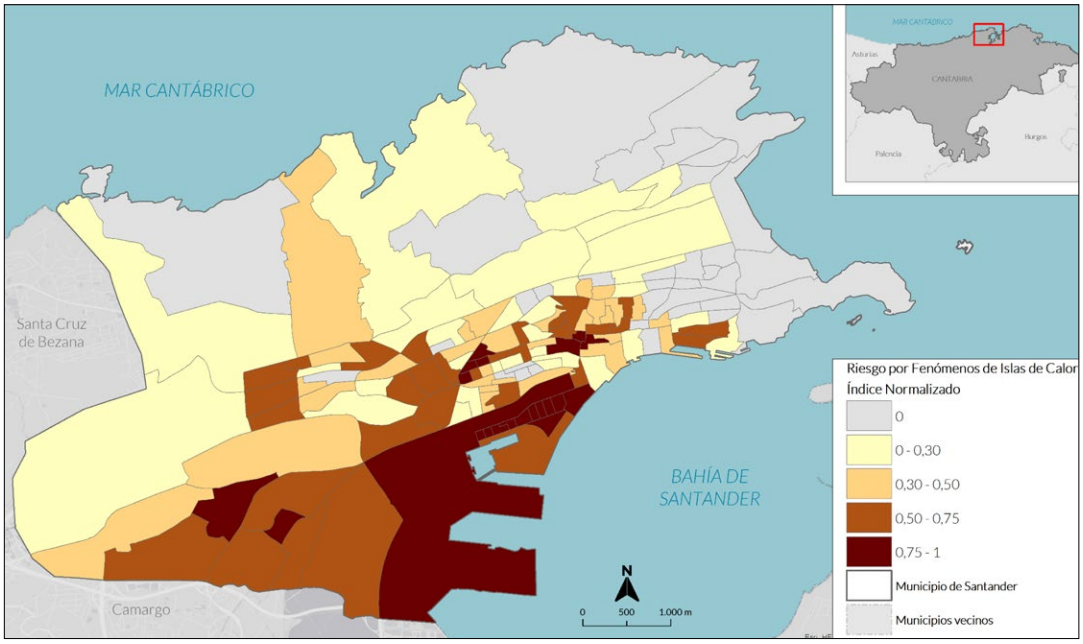


Figura 5.40. *Índice normalizado de riesgo por potenciales ICU.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Algunas de estas áreas deberían ser identificadas como áreas de adaptación prioritarias y establecer las medidas correctoras necesarias, con un aumento notable de la vegetación, la permeabilidad del suelo y el uso de materiales de alto albedo, fundamentalmente.

CUADRO 5.14. *Relación de barrios con los índices de riesgo más elevados por ICU*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	ISLA DE CALOR
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505005	
	3907505006	
	3907505007	
	3907505008	
	3907505011	
	3907505012	
	3907505014	
	3907505015	
Estaciones - Catedral / Castilla - Hermida - Pesquero	3907505003	
	3907505013	

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.14**

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	ISLA DE CALOR
Centro	3907501001	
	3907501004	
	3907501005	
Estaciones - Catedral	3907505004	
	3907505010	
La Tierruca	3907502007	
Peñacastillo - Hermanos - Calderón	3907508021	
	3907508029	
San Fernando	3907502010	
	3907502012	
	3907502026	

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Riesgo derivado de la ocurrencia de noches cálidas

El nivel de riesgo por la ocurrencia de noches cálidas es de aplicación para el ámbito de **salud humana** y para el conjunto del territorio que abarca el municipio de Santander. Según diversas fuentes, la temperatura idónea para el descanso nocturno oscila entre los 16 °C y los 20 °C, por lo que la ocurrencia de estos eventos tiene un efecto directo en el bienestar de la sociedad, asociado a la dificultad para conciliar el sueño, y que, a su vez, está relacionado con otras afecciones como cansancio acumulado o ansiedad.

Para la evaluación del riesgo derivado de la ocurrencia de noches cálidas se emplean los resultados del análisis de noches con temperaturas mínimas de 22 °C en Santander, específicamente a través del número medio de noches con temperatura mínima de 22 °C, como medida representativa de la amenaza, junto con los resultados de sensibilidad climática obtenidos para eventos de temperaturas extremas para horizonte actual y proyectados a 2050 y 2100, ambos previamente normalizados.

El índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de noches cálidas mantiene valores de bajos a moderados tanto para el periodo histórico como para el proyectado a corto plazo en casi la totalidad del municipio, exceptuando determinados barrios del centro de la capital y costa sur, donde se alcanzan valores relativamente más altos, siempre por debajo de 0,55. El índice de riesgo medio del municipio es de 0,34 y 0,38 para el periodo histórico y proyectado a corto plazo, respectivamente. Estos valores además están fuertemente influenciados por la **componente de sensibilidad** respecto a la componente de amenaza, que mantiene una incidencia muy poco significativa hasta mediados de siglo.

Para el medio plazo, se observa una tendencia creciente generalizada hacia valores medios a altos en el índice de riesgo normalizado. La media en este caso se sitúa en 0,46, alcanzando máximos de hasta 0,65, principalmente asociados a barrios del sector consolidado de la capital. Para estas proyecciones, se espera un descenso relativamente importante en la componente de sensibilidad climática, que, no obstante, no resulta suficiente para contrarrestar la subida del índice de amenaza.

Esta tendencia se mantiene e incrementa a finales de siglo, cuando se esperan los niveles de riesgo más altos en términos generales, con medias en torno a 0,7 y máximas de hasta 0,87. Este fuerte **incremento en el nivel de riesgo para finales de siglo** es debido fundamentalmente a un fuerte incremento en el número medio de noches cálidas que se espera respecto a los periodos anteriores, y que además irá acompañado de una mayor incidencia en barrios residenciales del sur, incluyendo una parte importante del centro de la capital.

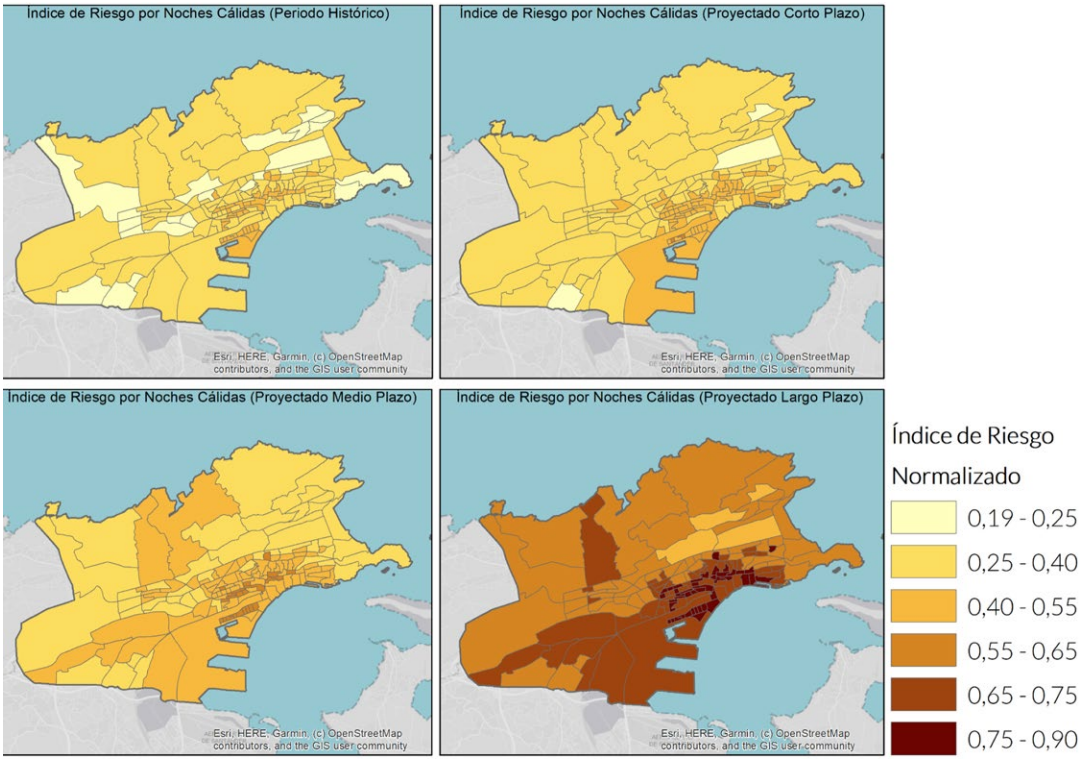


Figura 5.41. *Índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de noches cálidas.*

Nota. Para periodo histórico (arriba a la izquierda) proyectado a corto (arriba a la derecha), medio (abajo a la izquierda) y largo plazo (abajo a la derecha) por secciones censales.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

El impacto de las noches cálidas será muy palpable a largo plazo en los barrios y secciones censales identificados en el siguiente cuadro. Entornos de la calle Alta, Estaciones, algu-

nos sectores del centro y Castilla – Hermida presentan valores elevados junto a otros sectores de menor densidad urbana.

CUADRO 5.15. *Barrios y secciones censales afectados por altos índices de riesgo ante noches cálidas*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	NOCHES CÁLIDAS
		LARGO PLAZO
Calle Alta - Cabildo	3907501009	
	3907501010	
	3907506002	
	3907506013	
Calle Alta - Valdecilla	3907506006	
	3907506007	
	3907506014	
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505005	
	3907505006	
	3907505007	
	3907505011	
	3907505012	
	3907505014	
	3907505015	
	3907505013	
Centro	3907501003	
	3907501004	
	3907501005	
	3907501007	
	3907501008	
	3907503004	
	3907503006	
Estaciones - Catedral	3907505002	
	3907505004	
	3907505010	
	3907505003	
Los Castros - Fndo de Los Ríos	3907507008	
Los Castros - Pinares - V. Cº	3907507018	
Prado - San Roque	3907503005	
Puerto Chico	3907503009	
	3907503010	
	3907504002	
San Fernando	3907502005	
	3907502010	
	3907502012	
	3907502025	
	3907502026	
	3907506001	
	3907506003	
Tetuán Vía Cornella	3907504004	
	3907501006	
	3907503002	

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

En cualquier caso, este fenómeno tiene implicaciones severas en la salud de las personas, con especial afección a personas vulnerables de avanzada edad. La adaptación de

las viviendas, con la mejora de los aislamientos, lo que favorece la ventilación cruzada o forzada, así como el control y gestión mediante alertas tempranas y el seguimiento de la población más vulnerable, son medidas que deben priorizarse en los sectores urbanos aquí identificados.

Riesgo derivado de la ocurrencia de episodios de olas de calor

Para la evaluación del riesgo derivado de la ocurrencia de episodios de olas de calor se emplean los resultados del **índice normalizado** de amenaza por ola de calor obtenidos para periodo histórico, y proyectado a corto, medio y largo plazo, que combina intensidad y frecuencia de estos episodios, junto con los resultados de sensibilidad climática obtenidos para eventos de **temperaturas extremas** para horizonte actual y proyectados a 2050 y 2100.

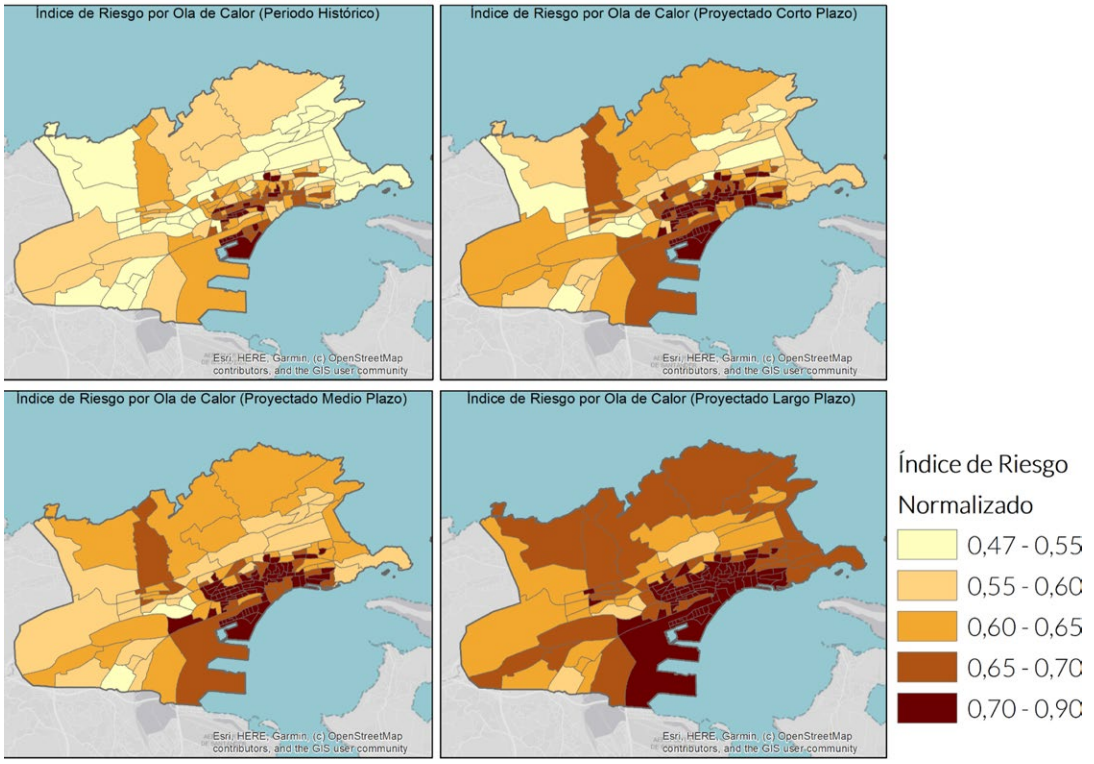


Figura 5.42 *Índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de olas de calor.*

Nota: Para periodo histórico (arriba a la izquierda) proyectado a corto (arriba a la derecha), medio (abajo a la izquierda) y largo plazo (abajo a la derecha) por secciones censales.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

El índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de olas de calor mantiene valores de relativa importancia para todos los periodos analizados, con mínimos por encima de 0,47.

Además, se espera que estos episodios adversos tengan una incidencia mayor en los barrios céntricos de la capital, manteniendo valores relativamente más bajos para el resto de los sectores periféricos del municipio.

El índice de riesgo normalizado presenta valores medios de 0,6 en el periodo histórico y de 0,66 para el periodo proyectado a corto y medio plazo, con máximos por debajo de 0,78, 0,83 y 0,85 respectivamente. Para el largo plazo, se observa una tendencia creciente generalizada en el índice de riesgo, que alcanza un valor medio de 0,73 y máximos de 0,87, principalmente asociados a barrios del sector consolidado de la capital y sector portuario. Para los periodos proyectados, se espera un descenso relativamente importante en la componente de sensibilidad climática, que, no obstante, no resulta suficiente para contrarrestar la subida del índice de amenaza. Por lo tanto, este fuerte incremento en el nivel de riesgo para finales de siglo es debido fundamentalmente a una gran subida en el índice de amenaza esperado respecto a los periodos anteriores.

Se muestran a continuación los barrios y secciones censales que alcanzan a final de siglo valores de riesgo muy elevados. La identificación de personas vulnerables en estos sectores permite establecer pautas y programas de gestión del riesgo ante eventos de estas características. Las áreas del centro urbano y del barrio de Cabildo, calle Alta, en Castilla – Hermida, Fernández de los Ríos y San Fernando, son barrios especialmente sensibles a este fenómeno y que cuentan ya con secciones censales que superan umbrales de riesgo muy elevados.

En estos sectores se debe priorizar una batería de acciones centradas en el control de la población más vulnerable y expuesta a este tipo de fenómenos, con protocolos de alerta temprana y gestión de emergencias sanitarias.

CUADRO 5.16. *Barrios y secciones censales con índices elevados de riesgo a largo plazo para olas de calor*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	OLAS DE CALOR			
		HISTÓRICO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Calle Alta - Cabildo	3907501009				
	3907501010				
	3907506002				
	3907506013				
Calle Alta - Valdecilla	3907506006				
	3907506007				
	3907506009				
	3907506014				

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.16**

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	OLAS DE CALOR			
		HISTÓRICO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Campogiro - Cajo	3907506010				
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505005				
	3907505006				
	3907505007				
	3907505008				
	3907505009				
	3907505011				
	3907505012				
	3907505014				
	3907505015				
Castilla - Hermida	3907505013				
Cazoña	3907502024				
	3907508006				
Centro	3907501001				
	3907501002				
	3907501003				
	3907501004				
	3907501005				
	3907501007				
	3907501008				
	3907503004				
	3907503006				
Centro / Estaciones	3907505001				
Ciudad Jardín - Cuatro Caminos	3907502008				
	3907502009				
	3907502013				
Estaciones - Catedral	3907505002				
	3907505004				
	3907505010				
Estaciones - Castilla	3907505003				
G. Dávila - Los Castros	3907507005				
La Tierruca	3907502002				
	3907502007				
	3907502022				

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.16**

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	OLAS DE CALOR			
		HISTÓRICO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Los Castros - Fernando de Los Ríos	3907507008				
	3907507009				
Los Castros - Los Pinares - V. Del Camino	3907507013				
	3907507014				
	3907507015				
	3907507018				
Prado - San Roque	3907503003				
	3907503005				
	3907503007				
	3907503008				
	3907503013				
	3907503014				
Puerto Chico	3907503009				
	3907503010				
	3907504001				
	3907504002				
	3907504003				
San Fernando	3907502004				
	3907502005				
	3907502006				
	3907502010				
	3907502011				
	3907502012				
	3907502015				
	3907502025				
	3907502026				
	3907506001				
	3907506003				
	3907506005				
San Francisco - Pronillo	3907507002				
	3907507003				

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.16**

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	OLAS DE CALOR			
		HISTÓRICO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Tetuán	3907504004				
	3907504005				
	3907504006				
	3907504007				
	3907504008				
Vía Cornella	3907501006				
	3907502020				
	3907502021				
	3907503001				
	3907503002				

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

Las olas de calor están evolucionando hacia eventos de mayor magnitud, duración y afectando a más personas, por lo que requieren de un abordaje integral que incorpore la perspectiva de **salud pública, preparativos** y **respuesta,** y **alerta temprana** (OPS, OMS, 2019). El número de muertes atribuibles al calor durante el periodo 2000-2009 para Santander fue de 16 personas (Carmona *et al.*, 2016). No obstante, no contamos con cifras pormenorizadas del impacto del exceso de calor actualizadas. Se dispone de valores absolutos para toda la comunidad de Cantabria. El sistema de monitorización de la mortalidad diaria por todas las causas (MoMo)[2] fue desarrollado en 2004 en el marco del "Plan de acciones preventivas contra los efectos de las temperaturas excesivas", coordinado por el Ministerio de Sanidad, para reducir el impacto sobre la salud de la población como consecuencia del exceso de temperatura.

En el panel MoMo (Ministerio de Sanidad, 2023) se actualizan diariamente las estimaciones de excesos de mortalidad por todas las causas y atribuibles a un exceso o defecto de la temperatura, por ámbito poblacional (nacional, de comunidad autónoma y provincial), sexo y grupo de edad. La evolución de las muertes atribuibles por exceso de temperatura ha sido muy errática en los últimos años: en 2019 se contabilizaron 3 fallecimientos, 7 en 2020, 2 en 2021 y 3 en 2022. Sin embargo, Cantabria sufre un incremento notable en el periodo estudiado (1 de mayo a 31 de octubre), elevándose la cifra en 2023 hasta los 76 fallecimientos.

Debe indicarse que los episodios de olas de calor del año 2023 fueron extraordinarios e inusuales, con una incidencia muy elevada entre los meses de agosto y septiembre. Las condi-

[2] Véase: Ministerio de Sanidad (2023). https://momo.isciii.es/panel_momo/

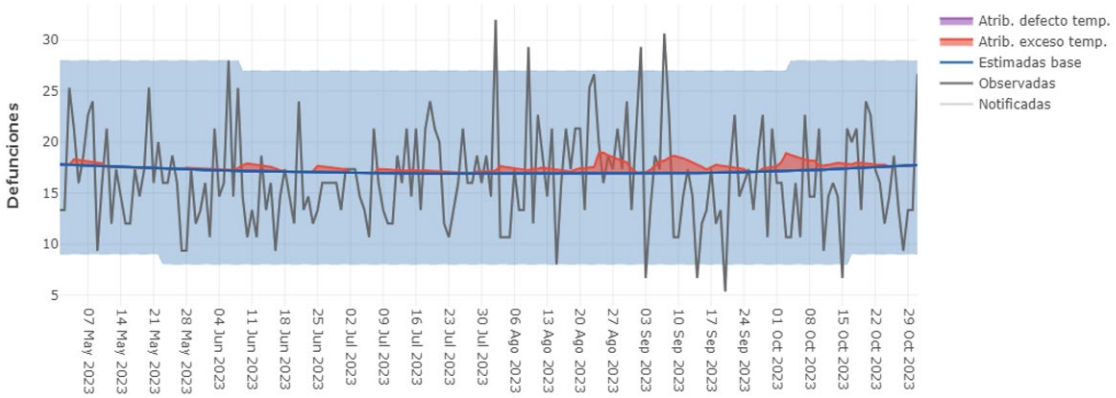


Figura 5.43. *Defunciones observadas y estimadas atribuibles al exceso de temperatura.*
Fuente: MOMO, 2024.

ciones orográficas de la comunidad de Cantabria determinan la propensión al incremento del impacto por calor en algunos valles de las áreas montañosas, donde se producen concentraciones elevadas de ozono. En sectores donde los límites físicos impuestos por la topografía no son tan evidentes, generalmente en la costa, las situaciones son menos agresivas; no obstante, no podemos descartar, a la luz de los datos, el impacto que las olas de calor tiene sobre municipios costeros como Santander.

Figura 5.44. *Impactos directos e indirectos de la exposición al calor extremo.*
Fuente: CINCc (UC) (2024), basado en OPS, OMS (2019).

El exceso de mortalidad registrado en 2023 muestra una situación coyuntural que no puede ser extrapolable a próximos episodios; sin embargo, sí debemos ser conscientes de la magnitud del fenómeno y asegurar una respuesta adecuada para la gestión de las olas de calor.

Los impactos directos e indirectos de la exposición al calor extremo se reflejan en la imagen adjunta. Suponen un conjunto de situaciones que pueden poner en situación crítica a los servicios de salud y asistencia, además de significar un coste considerable en recursos y materiales para el sistema sanitario y de protección civil (figura 5.44).

Riesgo derivado de episodios de sequía meteorológica

El índice de riesgo por sequía meteorológica en Santander se obtiene a través de la integración de los resultados del **índice de amenaza por sequía** para cada horizonte temporal, obtenidos como valor medio normalizado del SPEI acumulado a 24 y 60 meses, junto con los resultados del índice de sensibilidad climática actual y proyectada a medio y largo plazo. El índice de riesgo por sequía para el corto, medio y largo plazo se analiza como valor relativo que trata de establecer una desviación respecto al periodo histórico, considerando la sequía histórica el valor de referencia o valor base.

El índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de episodios de sequía mantiene valores bajos a moderados en el corto plazo, con valores medios en torno a 0,38 y máximos por debajo de 0,58, manteniéndose en el umbral de riesgo respecto al periodo histórico y con una incidencia mayor para las áreas del sur, principalmente debido a su mayor sensibilidad.

El riesgo para los sucesivos periodos es creciente, principalmente debido a los incrementos del SPEI acumulado a 24 y 60 meses, y que indican una tendencia hacia umbrales más secos respectivamente. El índice de riesgo normalizado a medio y largo plazo presenta valores medios en torno a 0,46 y 0,58, y máximos por debajo de 0,65 y 0,75, respectivamente. En ambos casos, se espera que estos episodios adversos tengan una incidencia mayor en los barrios céntricos de la capital, manteniendo valores relativamente más bajos para el resto de los sectores periféricos del municipio.

Para los periodos proyectados, se espera un descenso relativamente importante en la componente de sensibilidad climática que, no obstante, no resulta suficiente para contrarrestar la subida del índice de amenaza. Por lo tanto, este incremento en el nivel de riesgo para finales de siglo es debido fundamentalmente al incremento sucesivo en el índice de amenaza esperado respecto al periodo de referencia.

Debemos destacar que el fenómeno de sequía se exacerba para finales de siglo y que son numerosos los barrios y secciones censales que pueden verse afectados con cifras elevadas de índice de riesgo. Los barrios de El Cabildo, calle Alta, Castilla – Hermida y Barrio Pesquero, así como San Fernando, han sido identificados como sectores de riesgo muy alto a medio y largo plazo. Se debe, por tanto, establecer y priorizar un programa de control-seguimiento y respuesta en estos sectores urbanos, dada las numerosas afecciones que, sobre los servicios y la gestión de riesgo público, tienen estos episodios.

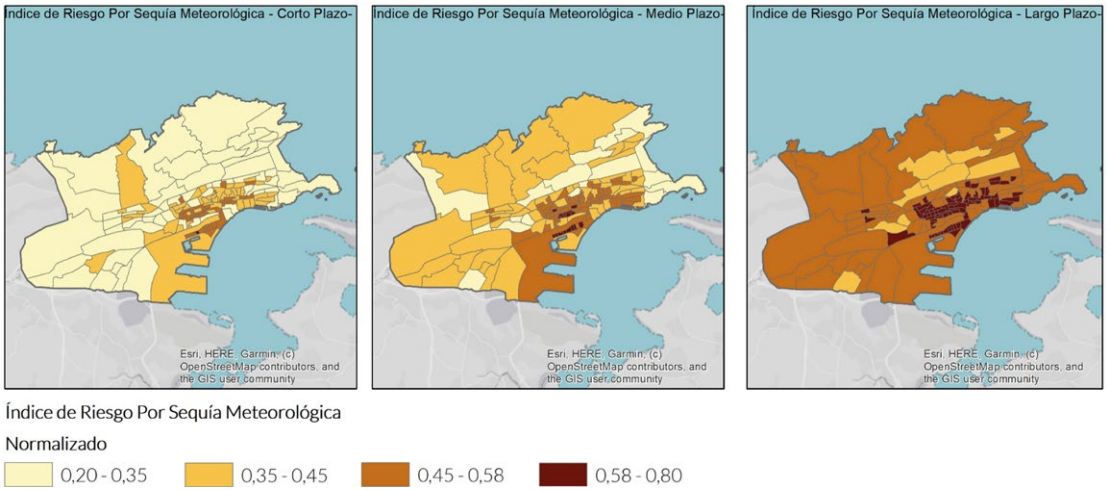


Figura 5.45. *Índice de riesgo por sequía meteorológica.*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

CUADRO 5.17. *Conjunto de barrios y secciones censales con elevados índices de riesgo por sequía*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	SEQUÍA		
		CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Calle Alta - Cabildo	3907501009			
	3907501010			
	3907506002			
	3907506013			
Calle Alta - Valdecilla	3907506006			
	3907506007			
	3907506014			
Campogiro - Cajo	3907506010			
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505005			
	3907505006			
	3907505007			
	3907505011			
	3907505012			
	3907505014			
	3907505015			
	3907505013			
Cazoña	3907502024			
	3907508006			

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.17**

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	SEQUÍA		
		CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Centro	3907501001			
	3907501003			
	3907501004			
	3907501005			
	3907501007			
	3907501008			
	3907503004			
	3907503006			
Ciudad Jardín - Cuatro Caminos	3907502008			
	3907502009			
	3907502013			
Estaciones - Catedral	3907505002			
	3907505004			
	3907505010			
	3907505003			
La Tierruca	3907502002			
	3907502007			
Los Castros - Fernando de Los Ríos	3907507008			
	3907507009			
Los Castros - Los Pinares - V. Del Camino	3907507013			
	3907507014			
	3907507015			
	3907507018			
Prado - San Roque	3907503005			
	3907503008			
	3907503013			
Puerto Chico	3907503009			
	3907503010			
	3907504002			
	3907504003			
San Fernando	3907502004			
	3907502005			
	3907502006			
	3907502010			

[.../...]

Continuación **CUADRO 5.17**

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	SEQUÍA		
		CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
San Fernando	3907502011			
	3907502012			
	3907502015			
	3907502025			
	3907502026			
	3907506001			
	3907506003			
	3907506005			
San Francisco - Pronillo	3907507002			
	3907507003			
Tetuán	3907504004			
	3907504006			
	3907504007			
Vía Cornella	3907501006			
	3907502020			
	3907502021			
	3907503002			

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

5.3.3. Riesgo derivado de viento extremo

Riesgo derivado de episodios de rachas de viento de componente sur

Para la evaluación del riesgo derivado de la ocurrencia de rachas de viento de componente sur se emplean los resultados del **índice normalizado de amenaza,** obtenido a través del valor medio por sección censal de la racha máxima de componente sur para periodo histórico, y proyectado a corto, medio y largo plazo, junto con los resultados de sensibilidad climática obtenidos para eventos de viento extremo para horizonte actual y proyectados a 2050 y 2100, y junto con los resultados de exposición, obtenidos a través del porcentaje de superficie con orientación sur por sección censal.

El índice de riesgo normalizado por la ocurrencia de rachas de viento de componente sur mantiene valores de relativa importancia para todos los periodos analizados, con mínimos de 0 para las secciones exentas de laderas con orientación sur y mínimos por encima de 0,39 para las restantes secciones. Además, se espera que estos episodios adversos tengan una

incidencia mayor en el sector sur del municipio, incluyendo el área portuaria y los barrios céntricos de la capital, manteniendo valores relativamente más bajos para el resto de los sectores periféricos del municipio.

El índice de riesgo normalizado presenta valores medios de 0,69 en el periodo histórico y de 0,68 y 0,66 para el periodo proyectado a corto y medio plazo, con máximos que alcanzan niveles de 0,97, 0,96 y 0,92 respectivamente. Para el largo plazo, se observa una tendencia a la baja generalizada en el índice de riesgo, que alcanza un valor medio de 0,62 y máximos de 0,87, principalmente asociados a barrios del sector consolidado de la capital. Este descenso en los periodos proyectados es debido principalmente a una bajada del índice de sensibilidad climática a futuro, junto con un descenso, en este caso, poco notorio en el índice de amenaza.

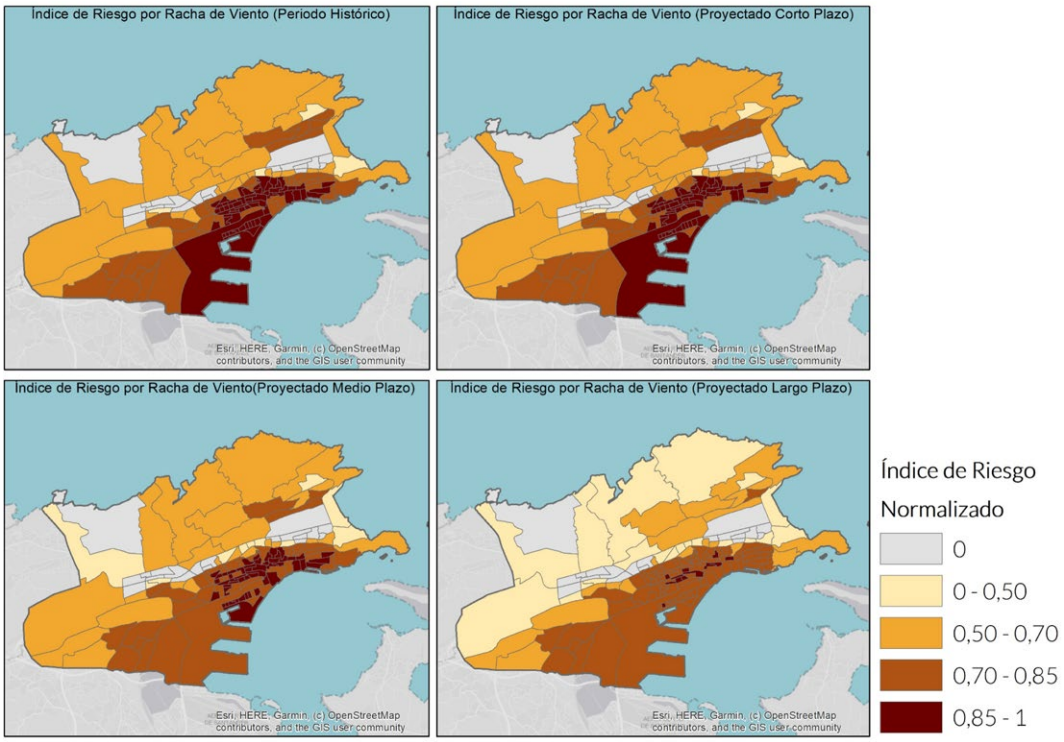


Figura 5.46. *Índice normalizado de riesgo por rachas de viento de componente sur.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

A continuación, se muestra el listado de barrios con sus secciones censales que mantienen unos índices de riesgo a rachas de viento sur muy elevados, a pesar de la reducción general del viento a largo plazo. Con una distribución muy desigual, el impacto de este fenómeno sobre las edificaciones puede ser considerable, por lo que el mantenimiento de estas, con la

revisión de elementos de fachada y de posibles piezas sueltas en cubierta y tejados, se debe programar y gestionar desde el ámbito privado. Las viviendas situadas en puntos elevados y orientación sur y sureste, y que además cuenten con alturas superiores a cinco pisos, son especialmente vulnerables a este fenómeno.

Por otro lado, las afecciones que sobre la salud tiene esta componente climática debe ser considerada por los servicios sanitarios y con el control de la población vulnerable de estos sectores.

CUADRO 5.18. *Barrios y secciones que mantienen altos índices de riesgo a largo plazo por viento extremo*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	VIENTO EXTREMO			
		HISTÓRICO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Calle Alta - Cabildo	3907501009				
	3907506002				
	3907506013				
Calle Alta - Valdecilla	3907506014				
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505007				
Centro	3907501003				
	3907501004				
	3907501008				
Puerto Chico	3907503009				
San Fernando	3907502025				
	3907506001				

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

5.3.4. Riesgo derivado de inundación costera

Riesgo derivado de eventos de inundación costera sobre el medio urbano

El índice de **riesgo normalizado** por eventos de inundación costera presenta valores muy altos para el sector coincidente con las costas del Sardinero en todos los escenarios analizados respecto al resto de los sectores costeros del municipio.

Para el escenario histórico, el índice de riesgo mantiene valores moderados para el sector costero del norte del municipio, incluyendo el área costera aledaña a la ría San Pedro del Mar, Bañaperros y El Bocal, y valores relativamente bajos para el resto de los barrios costeros amenazados al norte, este y sur del municipio.

A mediados de siglo, para el escenario de emisión RCP8.5, se prevé un nivel de riesgo similar respecto al escenario histórico, que puede afectar además al barrio urbano aledaño al sector del Sardinero, debido a la mayor extensión que abarca la mancha de inundación costera en ese sector para ese periodo.

A finales de siglo, para el escenario de emisión RCP8.5, se esperan mayores incrementos en el nivel de riesgo, principalmente para el sector del este y sur del municipio. Además, se incluyen nuevos barrios que podrían presentar impactos frente a eventos de inundación costera. El índice de riesgo alcanza en este escenario su valor más alto en el sector del Sardinero, seguido del sector urbano consolidado del sur del municipio.

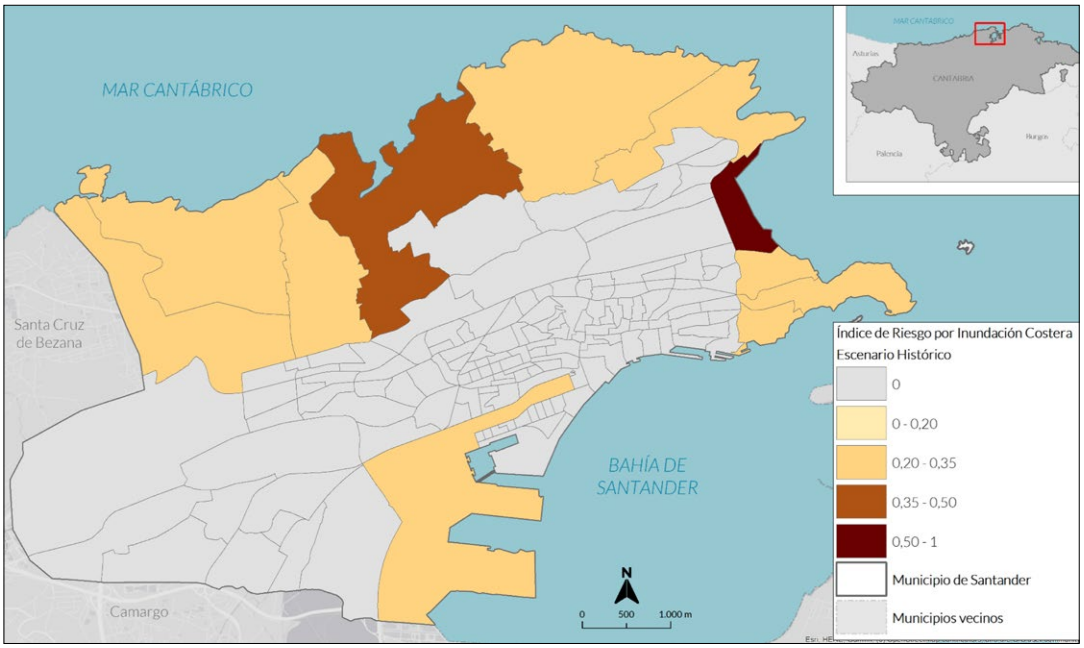


Figura 5.47. *Índice de riesgo normalizado por inundación costera, escenario histórico.*
Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

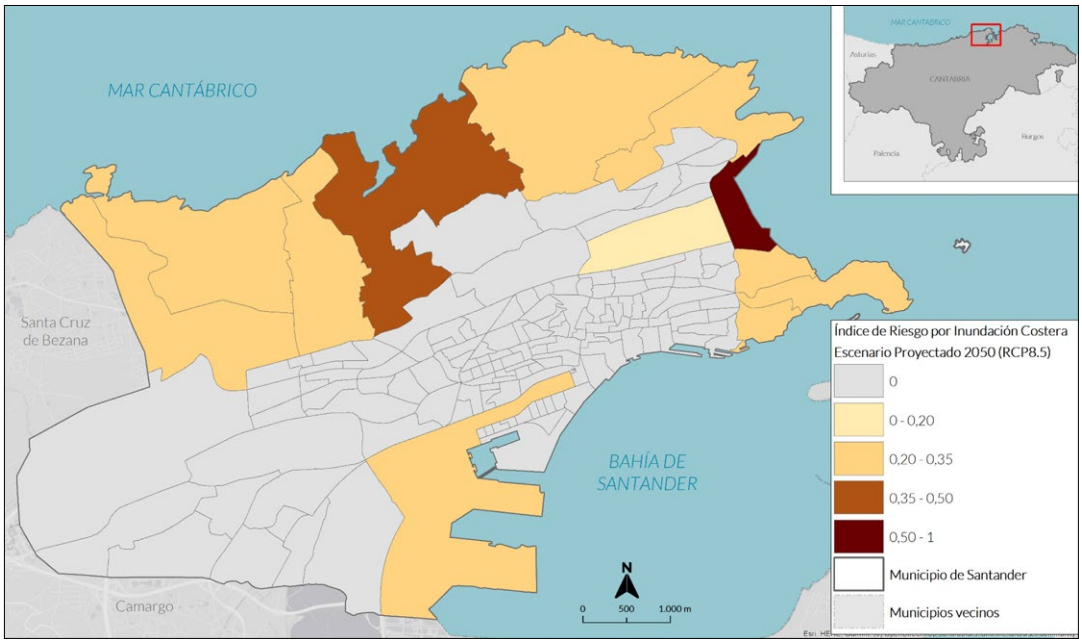


Figura 5.48. *Índice de riesgo normalizado por inundación costera, escenario proyectado a 2050 (RCP8.5).*

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

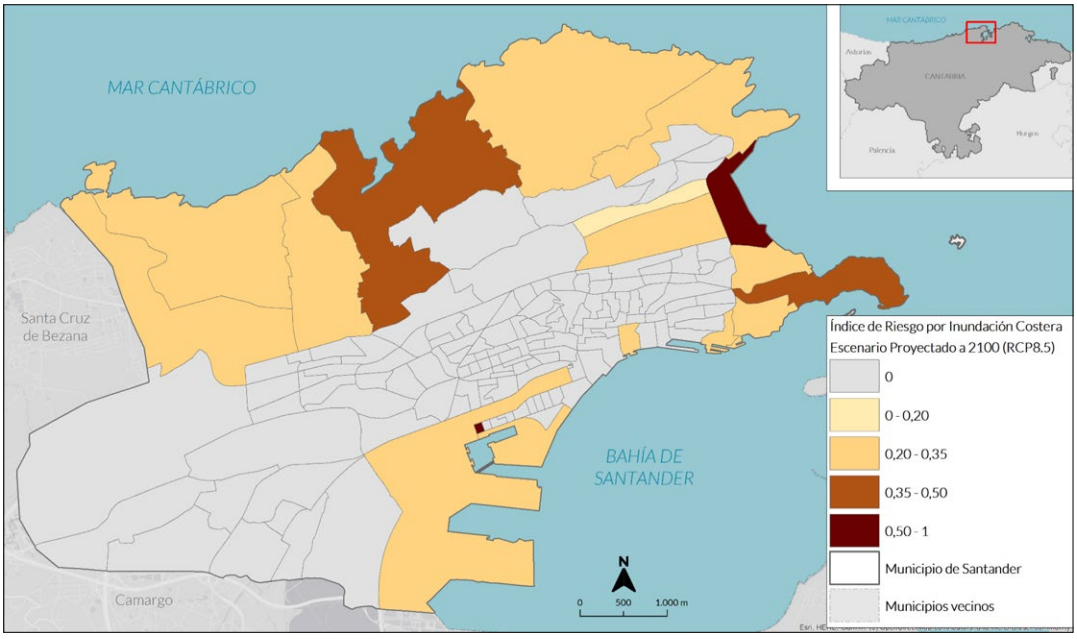


Figura 5.49. *Índice de riesgo normalizado por inundación costera, escenario proyectado a 2100 (RCP8.5).*

Fuente: CINCc (UC) – FIC, 2024.

CUADRO 5.19. *Barrios y secciones censales con riesgo medio, alto y muy alto a largo plazo por inundación costera*

BARRIO	SECCIÓN CENSAL	INUNDACIÓN COSTERA		
		ACTUAL	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Puerto Chico	3907504001			
Tetuán	3907504008			
Sardinero	3907504009			
	3907504010			
	3907504011			
	3907504012			
	3907504013			
Castilla - Hermida - Pesquero	3907505008			
	3907505009			
	3907505015			
Monte	3907508009			
Cueto	3907508011			
	3907508012			
San Román de la Llanilla	3907508007			
	3907508024			

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

La subida del nivel del mar, con fenómenos extremos como las marejadas ciclónicas, suponen un riesgo evidente sobre el litoral de la ciudad de Santander. Los impactos más significativos se producen en las playas del municipio, con retrocesos y pérdida de arena, lo que pone en riesgo áreas peatonales e infraestructuras. El barrio de El Sardinero y el conjunto de playas de su entorno, en especial la Segunda Playa, es un sector altamente vulnerable que mantiene índices de riesgo muy alto a lo largo de los diferentes periodos analizados. Esta situación puede hacer elevar la cota en determinadas zonas costeras, donde, en periodos de viento sur intenso, el agua puede afectar a diversos sectores de Castilla – Hermida y Puerto Chico. Igualmente, las playas del norte incluidas en los barrios de Cueto hasta San Román de la Llanilla pueden verse afectadas e incrementar los valores de riesgo.

5.4

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS ESTRATÉGICAS PARA SCN

F. García, C. Ribalaygua, N. Herrera, L. Asensio, C. Gil, J. González, D. Rasilla, P. Fernández, S. Pérez, F. Conde

Partiendo de un diagnóstico integral, se proponen varias **propuestas estratégicas** para Santander Capital Natural. Se trata de proyectos temáticos que recogen las principales ideas y soluciones aportadas a lo largo del proceso, tanto en los talleres técnicos y ciudadanos como en las sesiones técnicas desarrolladas con personas expertas.

5.4.1. Diagnóstico

Una vez elaborados los índices de riesgo específicos para cada amenaza, las conclusiones trasversales identifican cuatro principales grupos de riesgo a los que se enfrenta Santander: el impacto de las **precipitaciones extremas,** las **elevadas temperaturas,** las posibles afecciones a la salud y a las edificaciones producidas por el **viento extremo,** y finalmente, los impactos sobre el litoral debido a las **inundaciones costeras.** Todoe ello pone de manifiesto la necesidad de afrontar un conjunto de medidas de adaptación que den una respuesta eficaz en la resiliencia de Santander al clima.

Requiere una atención prioritaria abordar los riesgos asociados a eventos de **inundación pluvial,** especialmente en áreas urbanas críticas como Castilla-Hermida y el centro de la ciudad de Santander. Estos lugares muestran un impacto severo, debido a la variabilidad de las precipitaciones, lo que compromete el sistema de drenaje existente y requiere la ampliación de la red con sistemas separativos o el aumento de secciones de colectores.

Si bien el riesgo de **inundación fluvial** es prácticamente inexistente, conviene identificar y proteger estas áreas poco afectadas actualmente para reducir riesgos futuros, colaborando con el municipio de Santa Cruz de Bezana para restaurar ambientalmente estas zonas.

También es destacable el riesgo asociado a las **altas temperaturas,** que requiere la definición de áreas de adaptación urbana (García, 2019), enfatizando la necesidad de implementar acciones adaptativas en los polígonos industriales cercanos al puerto y en las áreas con alta densidad de población vulnerable. Las olas de calor, la sequía prolongada y la amenaza de noches cálidas son cuestiones que también requieren atención, especialmente en barrios densamente poblados como la calle Alta, las Estaciones y Castilla-Hermida, donde se recomienda mejorar las condiciones de las viviendas y establecer protocolos de alerta temprana para proteger a la población vulnerable.

La exposición a **viento extremo,** especialmente las de componente sur, tiene una afección especial sobre la población vulnerable, también sobre la edificación en altura y situada en primera línea de impacto de esas rachas.

Para completar este diagnóstico, cabe destacar el riesgo asociado a la **subida del nivel del mar,** en combinación con fenómenos tormentosos o marejadas ciclónicas (lo que afectaría principalmente a las playas del municipio, como El Sardinero), y la necesidad de establecer diversas medidas de protección en otras áreas costeras vulnerables.

Destaca, por tanto, la necesidad de tomar medidas para proteger a la población y las infraestructuras de los riesgos asociados al cambio climático en la ciudad de Santander, para favorecer la recuperación temprana ante eventos extremos. El conjunto de medidas que a continuación se proponen buscan dar respuesta mediante el control y la gestión de los impactos asociados a los riesgos analizados.

5.4.2. Propuestas estratégicas para Santander Capital Natural

En coherencia con el diagnóstico previo, se proponen cuatro estrategias centradas en el reto de hacer frente a los impactos principales deducidos para el escenario futuro en el municipio de Santander, en el marco del proyecto Santander Capital Natural. Estas propuestas identifican los principales objetivos de adaptación a partir de las necesidades detectadas en el estudio y contando con la colaboración de instituciones y personas expertas, así como la ciudadanía.

1. Desarrollar una infraestructura verde como recurso transversal de adaptación

Los beneficios que la presencia de naturaleza aporta en términos de salud, bienestar, sostenibilidad ambiental y resiliencia ante el cambio climático llevan a la necesidad de incorporar este recurso como herramienta clave en la mejora de las ciudades. En el contexto del cambio climático, algunos de los servicios que proporciona la infraestructura verde contribuyen drásticamente a la mejora de la calidad del aire, la mitigación de los gases de efecto invernadero, la regulación del clima urbano y la adaptación del tejido urbano a las amenazas directas, en especial a la pluviometría extrema y la subida de las temperaturas.

Por todo ello, la identificación y el desarrollo de una potente infraestructura verde en la ciudad de Santander es una medida transversal determinante para conseguir una ciudad realmente resiliente. La infraestructura verde debe ser planificada, diseñada y mantenida para maximizar sus beneficios, minimizando los impactos negativos. Para garantizar su efectividad, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- La conectividad de los espacios verdes
- El tipo de vegetación
- La gestión del agua
- La participación de la comunidad en su desarrollo y mantenimiento

La **conectividad ecosistémica** de la infraestructura verde es necesaria para promover la biodiversidad y proporcionar servicios ecosistémicos estratégicos para la adaptación urbana de Santander. Los corredores ecológicos y la conectividad entre áreas verdes pueden contribuir a aumentar la resiliencia de los ecosistemas urbanos frente a los impactos del cambio climático, como las olas de calor, las inundaciones y las sequías, ayudando a regular el ciclo del agua, mejorando la calidad del aire, controlando la erosión del suelo o proporcionando hábitats para la polinización y el control de plagas.

Figura 5.50. *Conectividad ecosistémica de la infraestructura verde de Santander.*
Fuente: CINCc (UC), 2024.

En el caso de Santander, **el corredor de la Vaguada de Las Llamas** se ha convertido en el centro de gravedad de un complejo sistema multifuncional que permite la conectividad entre las áreas rurales del norte y los polos ajardinados, generalmente en áreas privadas, del este (El Sardinero) y del suroeste (Nueva Montaña). Una estructura verde con una componente **este – oeste** muy marcada, definida por las condiciones topográficas, y cuya protección y fomento deben ser una cuestión estratégica por introducir en los documentos normativos de desarrollo del planeamiento urbanístico.

Por tanto, el diseño de la infraestructura verde municipal deberá optimizar el potencial de conectividad entre los espacios verdes públicos y privados. Una evaluación inicial de las parcelas privadas destinadas a espacios verdes ajardinados o naturalizados, bien por falta de edificaciones o usos específicos, suman casi tres millones de metros cuadrados de superficie.

Equivale, por tanto, al 44 % del espacio verde existente dentro del suelo urbano.

El desarrollo del Plan de Infraestructura Verde, incorporado como acción específica dentro de la estrategia Santander Capital Natural, ofrece la oportunidad de integrar los potenciales lugares del espacio privado que pueden ser incorporados en la red ecosistémica. Estos espacios verdes facilitan la conexión de los potentes equipamientos verdes urbanos que funcionan como corredores lineales estratégicos, la península de la Magdalena y los acantilados litorales (Peligros – Magdalena - El Camello), el sistema verde costero nororiental (El Faro, parque de Mataleñas – parque de Mesones), los corredores transversales (Las Llamas – parque de Sotileza o del Agua – parque del Doctor Morales o de la Vaca – La Remonta) y sus prolongaciones hacia Peñacastillo y hasta las marismas del canal de Raos. No hay que olvidar el extenso espacio rural del norte, donde es posible recuperar, a través de su red de caminos y sendas, un entramado lineal de encinar costero, antaño abundante, que potencie los valores naturales del área y proteja de la influencia de los vientos del norte y del noroeste.

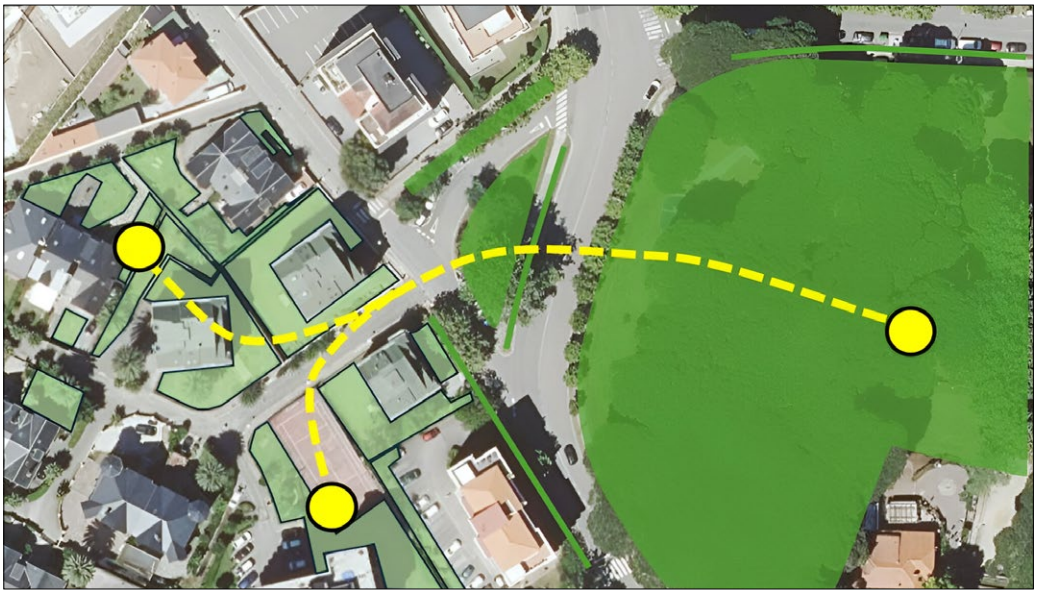


Figura 5.51. *Potencial conectividad entre espacios verdes privados y públicos.*
Fuente: CINCc (UC), 2024.

Las condiciones naturales históricas[3] de Santander distan de los **escenarios climáticos** futuros desarrollados por la FIC para este plan (contando con las últimas técnicas de *downscaling*

[3] Para la comprensión de los orígenes de la conectividad ecosistémica del municipio, y dentro del proyecto SCN, en febrero de 2023 Sebastián Pérez y Sara Núñez procedieron a la recogida de un total de 15 muestras de sedimento destinadas a ser estudiadas desde el punto de vista palinológico en la necrópolis medieval de Los Azogues, Santander. Las muestras presentaron características relativamente homogéneas a lo largo de la secuencia estudiada. De este análisis se deduce

estadístico). Los escenarios futuros de clima dibujan un horizonte en el que la subida generalizada de las temperaturas puede comprometer la capacidad resiliente de las tradicionales especies arbóreas y arbustivas que se han desarrollado en el municipio.

En este contexto climático futuro no todas las especies vegetales contemporáneas tendrán opciones de sobrevivir. Por ello, el plan aporta un listado de **especies vegetales adaptadas.** El objetivo es proporcionar un listado de especies adaptadas para las plantaciones por los servicios técnicos municipales y dentro de las acciones recogidas en el proyecto Santander Capital Natural, a partir del análisis del potencial comportamiento de estas especies ante las nuevas condiciones. Conviene señalar la posibilidad de encontrar microclimas favorables en ciertas zonas de la ciudad, sin embargo se debe considerar el estrés que pueden sufrir estas especies en un futuro próximo.

En la realización de este análisis destaca la valoración realizada a solicitud del equipo redactor por el Dr. Mariano Sánchez García (Real Jardín Botánico de Madrid), que se plasma en el cuadro 5.20, donde se identifica el comportamiento de las especies actuales en un escenario de incremento de las temperaturas y el cambio en el régimen de precipitaciones previsto. El cuadro recoge el comportamiento para 2050 y 2100 de **42 especies de árboles y plantas arbustivas,** mediante un semáforo de cuatro colores. El color verde representa un comportamiento favorable a la evolución del clima para cada horizonte. En amarillo se representan aquellas especies que, para 2050, pueden emplearse con cierta precaución, en función de dónde se realicen las plantaciones. Estas especies requieren superficies ligeramente protegidas del sol de la tarde en los meses de verano, estableciendo nuevas zonificaciones o situándolas a media sombra de otras plantas.

Prácticamente la totalidad de las especies, en un horizonte lejano (2100), empeorarán su capacidad de resistencia a las condiciones ambientales, situándose en las franjas de color naranja y rojo. Las especies en estas condiciones requieren de riego ante las olas de calor y los periodos de sequía. Una estrategia adecuada pasaría por realizar plantaciones en zonas de semisombra o a la sombra de árboles o grandes arbustos, y en lugares donde después de una lluvia se almacene cierta cantidad de agua en el subsuelo.

---

que el lugar del yacimiento estaría compuesto a nivel paisajístico por un bosque de tipo caducifolio en lo que se refiere al estrato arbóreo, en donde especies como el roble, el sauce o el avellano tienen una buena presencia en el paisaje. A estas especies las acompañan otras típicas del cortejo del bosque caducifolio, como serían el aliso, el abedul o el fresno, evidenciando de este modo un momento climático relativamente húmedo.

Apoya también la tesis de un clima húmedo la presencia de vegetación hidro-higrófila, como son los diferentes tipos de helechos. No obstante, el espacio que rodeaba al yacimiento habría estado dominado más por zonas abiertas, en las que la vegetación herbácea era la más importante, siendo los arbustos muy escasos. En concreto, el dominio paisajístico correspondía a pastizales de gramíneas junto con comunidades antrópicas-nitrófilas, lo que podría estar evidenciando que esta población habría estado ligada, entre otras cosas, a actividades económicas productoras, pues estos pastizales de gramíneas corresponderían a pastizales de uso ganadero.

CUADRO 5.20. *Listado de especies propuesta para plantaciones en Santander*

N.º	ESPECIE	2050	2100
1	Cajiga *(Quercus robur)*		
2	Rebollo *(Quercus pyrenaica)*		
3	Encina costera *(Quercus ilex subsp. Ilex)*		
4	Castaño *(Castanea sativa)*		
5	Haya *(Fagus sylvatica)*		
6	Abedul *(Betula alba /celtiberica)*		
7	Fresno *(Fraxinus excelsior)*		
8	Aliso *(Alnus glutinosa)*		
9	Tilo de hoja grande *(Tilia platyphyllos)*		
10	Tilo de hoja pequeña *(Tilia cordata)*		
11	Sauce blanco *(Salix alba)*		
12	Salguera negra *(Salix atrocinerea)*		
13	Olmo *(Ulmus glabra)*		
14	Olmo *(Ulmus minor)*		
15	Nogal *(Juglans regia)*		
16	Arce campestre *(Acer campestre)*		
17	Arce pseudoplatano *(Acer pseudoplatanus)*		
18	Cerezo *(Prunus avium)*		
19	Cerezo de Santa Lucía *(Prunus mahaleb)*		
20	Acebo *(Ilex aquifoliun)*		
21	Laurel *(Laurus nobilis)*		
22	Madroño *(Arbutus unedo)*		
23	Labiérnago *(Phillyrea latifolia)* [Taxón]		
24	Aladierno *(Rhamnus alaternus)*		
25	Lentisco *(Pistacia lentiscus)*		
26	Aligustre *(Ligustrum vulgare)*		
27	Arraclán *(Frangula alnus)*		
28	Avellano *(Coryllus avellana)*		
29	Espino albar *(Crataegus monogyna)*		
30	Manzano silvestre *(Malus sylvestris)*		
31	Peral silvestre (*Pyrus cordata /pyraster)*		
32	Mostajo *(Sorbus aria)*		
33	Serbal de cazadores *(Sorbus aucuparia)*		
34	Endrino *(Prunus spinosa)*		
35	Agracejo *(Berberis vulgaris)*		
36	Cornejo *(Cornus sanguinea)*		
37	Bonetero *(Euonymus europaeus)*		
38	Sauco *(Sambucus nigra)*		
39	Viburno *(Viburnum lantana)*		
40	Durillo *(Viburnun tinus)*		
41	*(Rosa canina)*		
42	*(Rosa semperviren)*		

Fuente: CINCc (UC), 2024, a partir de listado aportado por el Ayuntamiento de Santander.

Con el cambio global también se deben desarrollar **nuevas técnicas de jardinería,** puesto que los métodos tradicionales no siempre ofrecen una adecuada adaptación. Se debe procurar la creación de bancales o acolchados inorgánicos, para que el agua de lluvia se aproveche al máximo y se reduzca la evaporación con la incidencia del sol. Por ejemplo, el uso de combinaciones de plantaciones y la colocación de piedras con bancales específicos para cada planta o grupo de ellas, para conseguir captar el agua de lluvia con un tratamiento adecuado del subsuelo. En este sentido, las soluciones de jardines de lluvia pueden ser una medida eficaz, fomentando técnicas de diseño paisajístico que maximicen la eficiencia hídrica.

Frente a los esperados cambios en la distribución anual de las precipitaciones y el aumento del número de días con temperaturas elevadas y duración de las olas de calor, se hace imprescindible una adecuada **gestión del agua.** Los espacios verdes urbanos, tanto públicos como privados, requieren una gestión adaptada, basada en ordenanzas consecuentes con el cambio climático. Además de las ya mencionadas técnicas en el uso de especies adaptadas al futuro clima de Santander y el diseño de los espacios verdes para reducir el consumo de agua, y en el que el almacenamiento del agua de lluvia debe concebirse como una prioridad, es clave también el **control de las pérdidas y fugas** de agua del sistema de distribución. Priorizar los esfuerzos en la detección de fugas y el ahorro en el consumo permitirá una mejor adaptación a los periodos de sequía.

Consideramos que la **participación de la comunidad,** en el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura verde municipal (tanto los espacios públicos como los privados), es determinante para obtener los máximos beneficios. Los programas de capacitación y campañas de sensibilización sobre la sequía y la gestión del agua, así como la promoción de la gestión adecuada del recurso y la adopción de prácticas de jardinería sostenibles, permitirán alcanzar los objetivos de resiliencia que ofrece una buena red ecosistémica impulsada por la ciudadanía.

2. Permeabilizar el suelo para hacer frente a las inundaciones pluviales

Los escenarios de clima muestran que el volumen total de precipitaciones en el largo plazo no sufrirá variaciones significativas; sin embargo, el aumento de los periodos secos implica que los eventos de lluvias torrenciales en cortas franjas de tiempo se incrementarán. Por tanto, la red de drenaje municipal puede verse comprometida y provocar que las aguas residuales se viertan a la superficie, lo que representa un riesgo para la salud pública y el medio ambiente. Las inundaciones pueden provocar daños en propiedades, interrupciones en el tráfico y riesgos para la seguridad de las personas.

Para hacer frente a las inundaciones pluviales y reducir los impactos de las precipitaciones extremas en Santander, es necesario implementar una serie de estrategias que aumenten la **permeabilidad** y la **capacidad de drenaje.**

La mejora y el rediseño de la **red de saneamiento** municipal en las áreas identificadas de riesgo implica la ampliación de las secciones de los colectores existentes, así como la implemen-

tación de una red separativa de aguas pluviales que permita gestionar de manera más eficiente el flujo de agua de lluvia y evitar la saturación del sistema de alcantarillado. Algunos sectores, como el entorno del Ayuntamiento en la calle Jesús de Monasterio, la calle Gerardo de Alvear y la avenida de Candina, en el polígono industrial del mismo nombre, o algunos tramos de la calle Castilla, pueden requerir estudios específicos para la implementación de mejoras en la red.

Igualmente, se debe reforzar la **vigilancia y control de la red de evacuación pluvial** de los diversos túneles con los que cuenta la ciudad, por ser estos tramos especialmente vulnerables al colapso vehicular por encharcamientos e inundaciones.

Figura 5.52. *Encharcamiento en el túnel de la calle Burgos, Santander.*
Fuente: CINCc (UC), junio 2023.

Algunas áreas recurrentes con eventos de inundación, como la urbanización Santiago Mayor en Nueva Montaña o la calle Joaquín Salas, próximo al polígono de Mercasantander, pueden ser resueltas con soluciones técnicas dirigidas a controlar la apertura al mar y el sistema de drenaje del canal de Raos, implementando el sistema de evacuación.

Adicionalmente, la **construcción de tanques de tormenta** es una estrategia efectiva para reducir el impacto de las precipitaciones extremas. Los tanques de tormenta son estructuras de almacenamiento subterráneo que retienen temporalmente el exceso de agua de lluvia y la liberan de manera controlada a la red de drenaje, evitando así desbordamientos e inundaciones. El municipio cuenta ya con este tipo de infraestructuras, pero no es descartable la instalación de otros nuevos en otros puntos de interés.

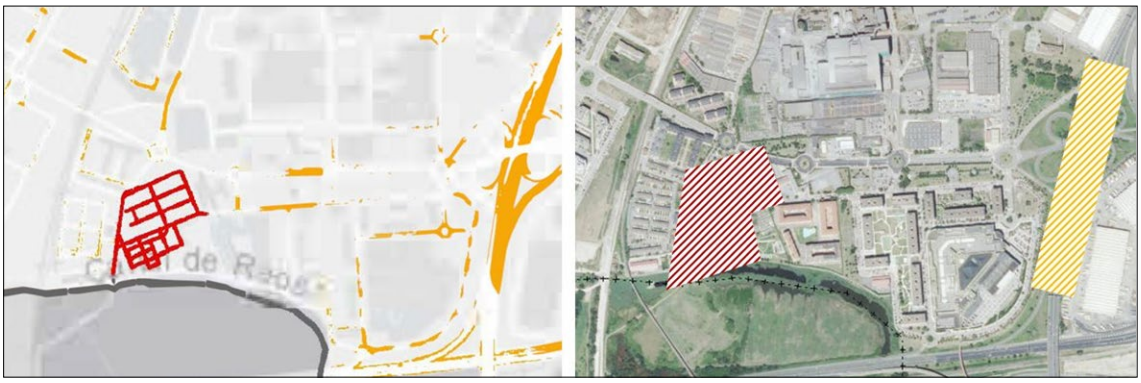


Figura 5.53. *Localización de posibles zonas de encharcamiento (Santiago Mayor – Avenida de Parayas).*
Fuente: CINCc (UC) (2024).

Para impulsar la **permeabilización** del casco urbano, una de las principales medidas es la adopción de sistemas urbanos de drenaje sostenible **(SUDS).** Se trata de sistemas de drenaje basados en técnicas capaces de capturar y retener temporalmente las precipitaciones, empleando elementos como pavimentos permeables o jardines de lluvia, entre otros. Las diversas soluciones de SUDS permiten infiltrar el agua lentamente en el subsuelo, lo cual reduce el volumen de escorrentía superficial que llega a la red de drenaje. Es fundamental que estas medidas se integren en una estrategia global de gestión del ciclo del agua, considerando tanto la infraestructura verde como las soluciones basadas en la naturaleza. Combinando la creación de corredores verdes, y la protección y restauración de los ecosistemas hídricos (que actúan como amortiguadores naturales frente a las inundaciones), los proyectos de renaturalización de espacios impermeabilizados, como la transformación de áreas pavimentadas en parques y zonas privadas, contribuirán a aumentar la capacidad de absorción del suelo y a reducir la escorrentía, con lo que se mitigará el riesgo de inundaciones.

3. Incorporar soluciones de diseño urbano para combatir las islas de calor

Para que la ciudad de Santander sea más resiliente al calor extremo y pueda reducir los impactos de las islas de calor urbano, las estrategias deberán abordar tanto la mitigación como la adaptación al cambio climático.

En cuanto a las estrategias de mitigación, la promoción de medios de transporte sostenible como la bicicleta y el transporte público no contaminante contribuirán a una reducción notable de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual reducirá el calentamiento urbano generado por los vehículos motorizados. En términos de adaptación, es necesaria una **planificación urbana sostenible** que impulse el incremento de la vegetación urbana con la plantación de árboles y la creación de **zonas de sombra,** dirigidas a reducir la temperatura

ambiente. Además de absorber el dióxido de carbono, el arbolado urbano tiene capacidad termorreguladora y ayuda a mejorar la calidad del aire, con los consiguientes efectos positivos en la salud de la población.

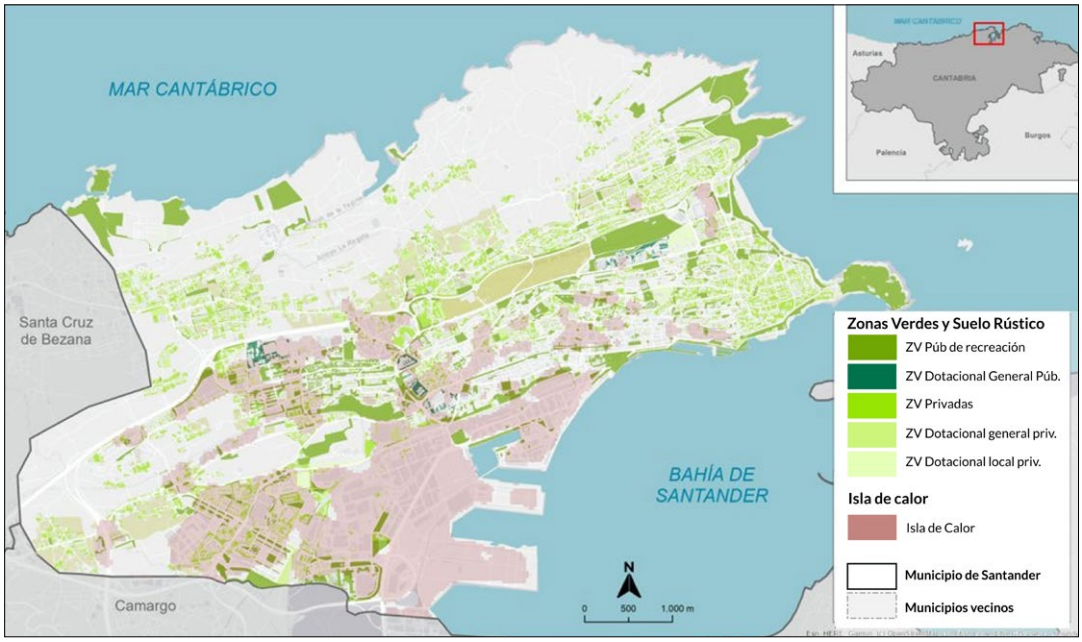


Figura 5.54. *Superposición de islas de calor urbano y zonas verdes.*
Fuente: CINCc (UC), 2024.

Las **islas de calor urbano de Santander** vienen determinadas, en ciertos periodos del año, por las condiciones orográficas del municipio, la dirección e intensidad del viento, y la concentración de temperaturas elevadas impulsadas por las superficies pavimentadas (sectores con poca permeabilidad del suelo, con grandes superficies asfaltadas y pavimentadas con baldosas de bajo albedo, o sectores con concentración de actividades y edificaciones). Al sur del promontorio natural de Peñacastillo, a ambos lados de la avenida Primero de Mayo en los barrios residenciales de Luis Pombo, Peñacastillo, entorno de Mercasantander o Nueva Montaña, las temperaturas superficiales pueden llegar a ser notables, al igual que en los polígonos próximos al área portuaria, Candina, Parayas, Ciudad del Transportista. En otros barrios densamente poblados como El Alisal, La Albericia, entorno de Cuatro Caminos, la calle Alta, las Estaciones y Castilla-Hermida, o en áreas del centro urbano, junto al Ayuntamiento o en la falda sur del paseo de Canalejas, se recomienda mejorar el **aislamiento térmico de las viviendas** con sistemas de ventilación y equipos de climatización energéticamente eficientes. La instalación de techos frescos (cubiertas frías y ajardinadas), que reflejan la radiación, ayuda a reducir la temperatura en los edificios y disminuye el efecto de las islas de calor urbano, siendo estas soluciones de especial interés en las áreas industriales.

Por último, en el **espacio público** existe un margen de mejora considerable. Por un lado, con el empleo de pavimentos de alto albedo, diseñando calles y lugares de esparcimiento a base de materiales y colores que reflejen la luz solar y reduzcan la absorción de calor. También con la incorporación de fuentes de agua, que actúan como sistemas de enfriamiento natural, así como creando zonas de sombra, empleando el arbolado urbano como principal recurso adaptativo.

4. Reordenar el litoral para adaptarse a la subida del nivel del mar y sus efectos asociados

La **subida del nivel del mar,** en combinación con fenómenos extremos tormentosos o marejadas ciclónicas, tiene una especial afección sobre el litoral de Santander. Este fenómeno se registra ya, especialmente sobre las playas del Sardinero, así como otros efectos en diferentes áreas costeras vulnerables, identificadas a partir del proyecto estatal PIMA Adapta.

El calentamiento global provoca la expansión térmica de los océanos y la fusión de los casquetes polares y glaciares, lo que resulta en un aumento neto progresivo del nivel del mar. Los cambios en la carrera de mareas hacen que las olas y las corrientes erosionen la costa, pero también la construcción de infraestructuras costeras y otros desarrollos y actividades antrópicas han alterado el equilibrio natural de las costas, aumentando su vulnerabilidad a la erosión. Para abordar el **retroceso de la línea de costa** se requieren medidas de adaptación, como la restauración de hábitats costeros, **la ordenación del espacio litoral** y la planificación de usos del suelo que tenga en cuenta los riesgos asociados al cambio climático y el aumento del nivel del mar.

En el caso del frente litoral de las playas de El Sardinero, el retroceso de la línea de costa podría obligar a **reordenar los usos y la fisonomía actual** del entorno, poniendo en riesgo infraestructuras y edificaciones situadas al borde de las playas, como el paseo y el aparcamiento en la playa de El Camello, el balneario de la Concha (playa de la Concha), el antiguo balneario de Pombo (Primera Playa de El Sardinero) y los edificios conocidos como Cormorán y parque de Trueba en la Segunda Playa de El Sardinero. Esta reordenación podría conllevar la demolición de las edificaciones y la ampliación del espacio intermareal, para aumentar la superficie de playa. El actual parque de Mesones y su paseo marítimo a pie de la Segunda Playa de El Sardinero podría verse alterado en su fisonomía: se reubicaría su recorrido y cedería parte de su superficie al arenal. En cualquier caso, estas intervenciones deberán ser analizadas en profundidad a medida que se vaya reduciendo la incertidumbre asociada a la línea de penetración del oleaje derivada de la subida del nivel del mar y los eventos extremos asociados (Figura 5.55).

Al final del paseo marítimo de la calle Manuel García Lago, junto al hotel Chiqui, es posible **ordenar el espacio litoral** entre el acantilado y el mirador con una estructura de piscinas seminaturales distribuidas para reducir la energía del oleaje, aprovechando la experiencia de proyectos en esta línea, como el proyecto europeo LIFE COSTAdapta, que promueve el diseño de sistemas innovadores y progresivos de arrecife-charcos de marea *(tidal pool-reef)* para la adaptación de la costa.

Figura 5.55. *Áreas expuestas y posibles acciones sobre el frente litoral.*
Fuente: CINCc (UC), 2024.

En el interior de la bahía, el frente litoral puede verse afectado por la acción erosiva del oleaje, con vientos de componente sur–sureste. La alternativa de emplear soluciones de protección con infraestructuras duras debe ser analizada en detalle por las implicaciones que sobre el paisaje tienen este tipo de intervenciones. En el área portuaria podría ser necesario elevar la cota de los muelles para evitar la penetración del oleaje en los temporales de viento sur.

Santander, como municipio costero, requiere también de un conjunto estrategias de gestión de su espacio litoral conectado con los servicios ecosistémicos que ofrecen las zonas verdes. **Los espacios azules,** tanto los asociados a las aguas continentales como a las aguas marinas y los espacios de transición del dominio público marítimo-terrestre (rías, bahías, lagunas litorales, franja litoral, zonas de rompientes, playas, marismas, etc.), son áreas de indudable **valor patrimonial** y un gran recurso como infraestructura azul estratégica para el desarrollo sostenible[4] y la **resiliencia** de la ciudad. Relacionado con las políticas comunitarias de la UE, como la *blue growth* (crecimiento azul) o la *blue economy* (economía azul), se debe proponer **su incorporación en los planes,** instrumentos y políticas presentes y futuras.

El municipio de Santander cuenta con varios **sectores** en los que los espacios azules plantean **potencialidades y limitaciones particulares** frente al cambio climático:

[4] El desarrollo sostenible debe apoyarse en el impulso del conocimiento de la ciudadanía sobre los riesgos a los que se enfrentan las zonas verdes y el litoral, realizando programas educativos, formativos y culturales en el marco de los ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), 13 (Acción por el Clima) y 14 (Medio Marino) y la Agenda 2030. Programas como la iniciativa "Centinelas Cantabria", o "La Mar empieza aquí. No tires basura a la alcantarilla", iniciativa internacional ya presente en otras ciudades españolas, o "Agentes del Cambio: Geografía y Educación para la Sostenibilidad", que fomenta los contenidos de sostenibilidad entre los distintos centros educativos de Cantabria, son algunos ejemplos de acciones demostrativas que ponen el foco en el conocimiento y conservación de este recurso adaptativo.

1. **Franja acantilada norte:** presenta un alto grado de naturalidad y valor paisajístico, al conectar con los paisajes de campiña costera periurbana.
2. **Playas protegidas interiores:** es el espacio natural más utilizado y valorado de la ciudad (paseo, juego, baño, natación, *surf,* etc.), pero también con notables amenazas en el contexto de cambio climático actual.
3. **Frente marítimo urbano:** aquí los elementos, componentes y dinámicas naturales tienen notable influencia sobre los muchos e intensos usos que en este espacio azul se realizan.
4. **Reborde interior de la bahía y marismas:** en este caso la actividad industrial y otros usos residenciales y comerciales se intercalan con los espacios naturales.

Para conservar y darle el valor que merece a la calidad ambiental y el uso sostenible de los espacios azules de Santander, será necesario desarrollar **un instrumento de ordenación territorial** integral del frente marítimo y coordinarlo con otros proyectos recientes, como el "Plan Bahía", promoviendo la interconexión con el anillo verde y facilitando la creación de un "Cinturón Azul de Santander", con medidas de adaptación como la creación de un sistema de **drenaje y evacuación de aguas pluviales** en los viales cercanos a las principales playas, especialmente las zonas inundables (extensible al resto del frente marítimo a futuro), para reducir los vertidos y mejorar la calidad de las aguas.

El **potencial turístico** de los espacios azules como motor económico requiere un análisis en profundidad ante los desafíos que presenta el cambio climático, desarrollando una estrategia de turismo azul que garantice un uso resiliente. Ejemplos de ello pueden ser la evaluación del retroceso de las playas del municipio y su impacto económico, o el análisis de la evolución a futuro de las rompientes singulares de interés para el *surf* (la Vaca Gigante, las rompientes históricas de El Sardinero, etc..), que puede llevar a delimitar una reserva de *surf* para Santander como activo turístico.