

Laura Asensio Martínez, Cecilia Ribalaygua, Francisco García Sánchez, Luis Torres Michelena

Para la elaboración de este documento se ha desarrollado una metodología propia a partir de los marcos de referencia previamente señalados. Esta metodología persigue adecuarse a la realidad institucional y física local, adaptándose a los objetivos del proyecto Santander-Capital Natural en el que se inserta, siguiendo un enfoque multidisciplinar y participativo. El gráfico siguiente muestra el esquema metodológico seguido.



Figura 3.1. Esquema metodológico.

Fuente: CINCc (UC) - FIC, 2024.

El plan de adaptación se desarrolla en tres fases principales. En la primera, se analizan los escenarios climáticos y las amenazas futuras. Este primer objetivo se focaliza en diseñar una línea base del estudio, identificar amenazas mediante talleres participativos, realizar un análisis climático y proyectar las amenazas climáticas prioritarias hacia el futuro. La segunda fase implica el análisis de los riesgos asociados a la exposición y vulnerabilidad de cada amenaza identificada. Incluye analizar la exposición y vulnerabilidad zonal y sectorial, así como realizar talleres participativos para validar los resultados. En la tercera fase, se definen medidas de adaptación a partir de los resultados del análisis de riesgos y la participación ciudadana. Se establecen metas y objetivos de adaptación, se identifican y se priorizan medidas para aumentar la resiliencia urbana y se definen los detalles de implementación, incluyendo la geolocalización y la identificación de indicadores de seguimiento para cada medida.

Siguiendo este esquema, el Plan de Adaptación al Cambio Climático de Santander se ha desarrollado en tres amplias fases sucesivas. Cada una de estas se ha colmatado con cuatro pasos, combinando los avances científicos con los talleres participativos.

3.1

LAS FASES DEL PLAN DE ADAPTACIÓN

3.1.1. Fase 1. Escenarios climáticos y amenazas futuras

La primera parte del trabajo se centra en identificar las amenazas futuras en las diferentes áreas de la ciudad. Esta tarea, clave por ser la base del trabajo posterior, se divide en cuatro pasos:

- 1.1** **Diseño de la línea base** del estudio para abordar la gestión de riesgos climáticos, incluyendo la definición del estado del arte, del alcance técnico de los resultados y la identificación de las necesidades de información no cubiertas y sus requisitos técnicos.
- 1.2** **Identificación participativa de amenazas** mediante talleres técnicos con actores clave locales, pertenecientes a sectores como emergencias, salud, turismo, gobernanza local, etc.
- 1.3** **Análisis climático**, incluyendo la evaluación del clima actual y la generación de escenarios locales de cambio climático basados en las salidas CMIP del Sexto Informe del IPCC.
- 1.4** **Proyección a futuro de cada una de las amenazas climáticas** identificadas como prioritarias, incluyendo su modelización y representación espacio-temporal para cada uno de los escenarios.

3.1.2. Fase 2. Análisis de riesgos

En esta fase se analizan los riesgos que puede ocasionar la exposición y vulnerabilidad a cada una de las amenazas, con el fin de detectar la necesaria capacidad adaptativa local.

- 2.1** **Análisis de la exposición** (zonal y sectorial) frente al cambio climático para cada amenaza climática y para cada escenario temporal, teniendo en cuenta el enfoque material, humano y medioambiental. Se identifican los sectores expuestos a cada amenaza.
- 2.2** **Análisis de la vulnerabilidad** para cada amenaza prioritaria. Teniendo en cuenta factores no climáticos de sensibilidad y capacidad de adaptación se evalúa su grado de vulnerabilidad.

- 2.3 **Análisis zonal y sectorial del riesgo climático** para cada amenaza prioritaria y escenario temporal considerado.
- 2.4 **Talleres participativos** con responsables y actores clave locales para la validación de los resultados de los Índices de riesgo.

3.1.3. Fase 3. Definición de medidas de adaptación

A partir de los resultados del estudio de los riesgos, la participación ciudadana y la revisión de referencias nacionales e internacionales, se identifican y posteriormente se priorizan y se definen medidas que permitan alcanzar los objetivos y metas de adaptación. Para ello se siguen los siguientes pasos:

- 3.1 **Definición de metas y objetivos de adaptación.**
- 3.2 **Identificación de medidas y mecanismos** que incrementen la resiliencia urbana del municipio, de su entorno verde y de sus sectores clave frente a eventos extremos derivados del cambio climático y/o variabilidad climática.
- 3.3 **Definición de las medidas de adaptación.** Geolocalización y alimentación de detalles a partir de procesos participativos para el buen desarrollo de las medidas. Relación de casos de referencia para cada medida.
- 3.4 **Identificación de indicadores de seguimiento** para cada medida que permitan evaluar en el tiempo la consecución de los objetivos de adaptación.

3.2

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO

El análisis de riesgo climático es indicativo de la probabilidad de ocurrencia de daños derivados de eventos climáticos con enfoque humano, material y medioambiental, e integra los siguientes criterios base:

- 1 El **nivel de peligrosidad** en términos de magnitud y recurrencia de las principales amenazas hidrometeorológicas derivadas del cambio climático.
- 2 El **grado de exposición** al que pueden estar sometidas las personas, sus bienes, su modo de vida, la infraestructura urbana y servicios o el medio ambiente.

3

La **sensibilidad** al cambio climático, que reflejará el grado de debilidad o nivel de susceptibilidad a padecer daños por un estímulo relacionado con el clima o la variabilidad climática, atendiendo a un enfoque social, material, económico y ambiental.

4

La **capacidad adaptativa**, entendida como la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio y lograr que los daños potenciales sean moderados, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias. Será indicativa del conjunto de capacidades locales, recursos e instituciones que fomenten la aplicación de medidas efectivas de adaptación.

En el Sexto Informe del IPCC (AR6), la capacidad adaptativa asume los beneficios de desarrollar políticas y documentos que integren la mitigación y la adaptación al riesgo. Sin embargo, el IPPC (2022), a la hora de definir cómo evaluar el riesgo, asume el rol preponderante del trinomio amenaza-exposición-vulnerabilidad, evaluando esta última el aspecto esencial de la sensibilidad.



Figura 3.2. Interacciones y opciones de reducción del riesgo.

Fuente: IPCC, 2022.

Así, el marco de referencia propuesto el IPCC asume las siguientes interacciones en la figura adjunta (a); el cambio climático, a través de las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad, genera impactos y riesgos que pueden superar los límites de la adaptación y provocar

pérdidas y daños. La sociedad humana puede adaptarse, desadaptarse y mitigar el cambio climático, y los ecosistemas pueden adaptarse y mitigarlo dentro de sus propios límites. Los ecosistemas y su biodiversidad proporcionan medios de vida y servicios ecosistémicos. La sociedad humana impacta en los ecosistemas y puede restaurarlos y conservarlos.

Igualmente, a su vez, define las siguientes opciones para reducir el riesgo (b); el reconocimiento de los riesgos climáticos puede fortalecer las acciones de adaptación y mitigación, y las transiciones que reduzcan los riesgos. La adopción de medidas es posible gracias a la gobernanza, la financiación, el conocimiento y la creación de capacidades, la tecnología y las condiciones catalizadoras. La transformación implica transiciones de sistemas que fortalecen la resiliencia de los ecosistemas y la sociedad¹.

La **integración general** de los componentes del riesgo para cada una de las amenazas analizadas quedará formulada de la siguiente forma:

$$V = S/CA$$

$$R = A1/3 + E1/3 + V1/3$$

$$V = \text{índice de vulnerabilidad}$$

$$R = \text{índice de riesgo}$$

El **horizonte temporal** de los índices de riesgo climático se aplica a la situación actual para determinar la línea base, que luego se calcula con la información climática futura (variables climáticas), teniendo presente los niveles de incertidumbre de las proyecciones climáticas asociadas a eventos extremos. Se analizan los escenarios climáticos básicos de los modelos CMIP6: SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5, que forman el denominado *Tier 1*.

Respecto **al horizonte temporal**, se analizan las condiciones climáticas a corto plazo (2010-2040), con el objetivo de derivar las recomendaciones que sean más apremiantes en el contexto climático y centrar la atención en la información más relevante para las políticas de los próximos años, junto con el análisis a medio (2041-2070) y largo plazo (2071-2100), para no perder la visión a final de siglo, cuando los cambios esperados serán más acusados y las intervenciones para afrontar los impactos de mayor envergadura. A su vez permite que los planteamientos reflejados en el plan de adaptación estén alineados con las políticas de adaptación marcadas a nivel nacional, a través del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030, y a nivel regional, a través de la Estrategia de Cambio Climático de Cantabria 2018-2030.

Este **alcance de resultados** se desarrolla siguiendo el enfoque de análisis de cadenas de impacto. Para cada cadena de impacto se desarrollan mapas de la amenaza climática (A),

¹ En a), los colores de las flechas representan las principales interacciones de la sociedad humana (azul), las interacciones de los ecosistemas (incluida la biodiversidad) (verde) y los impactos del cambio climático y las actividades humanas, incluidas las pérdidas y daños, bajo el cambio climático continuo (rojo). En b), los colores de las flechas representan las interacciones del sistema humano (azul), las interacciones del ecosistema (incluida la biodiversidad) (verde) y la reducción de los impactos del cambio climático y las actividades humanas (gris).

exposición (E) y vulnerabilidad (V) del sistema afectado, incluyendo población, vivienda, infraestructura, medio ambiente y biodiversidad, economía y turismo. A su vez, cada una de estas cadenas de impacto puede considerar una o varias dimensiones de estudio, enfoque humano, material o ambiental, según el caso.

Respecto a la unidad de representación del riesgo, el desarrollo de indicadores y los resultados de los índices de vulnerabilidad y riesgo climático tienen como unidad funcional de análisis y representación la **sección censal**, procedente de la cartografía oficial del Ayuntamiento de Santander (año 2021). Esta división del territorio municipal de Santander en 8 distritos y 148 secciones censales se realiza en función de criterios operativos, como el de facilitar la realización de estudios estadísticos, y se define, fundamentalmente, por un criterio de volumen de población. Las secciones censales de Santander comprenden un área de población de entre 1.500 y 2.000 habitantes (Ayuntamiento de Santander)².

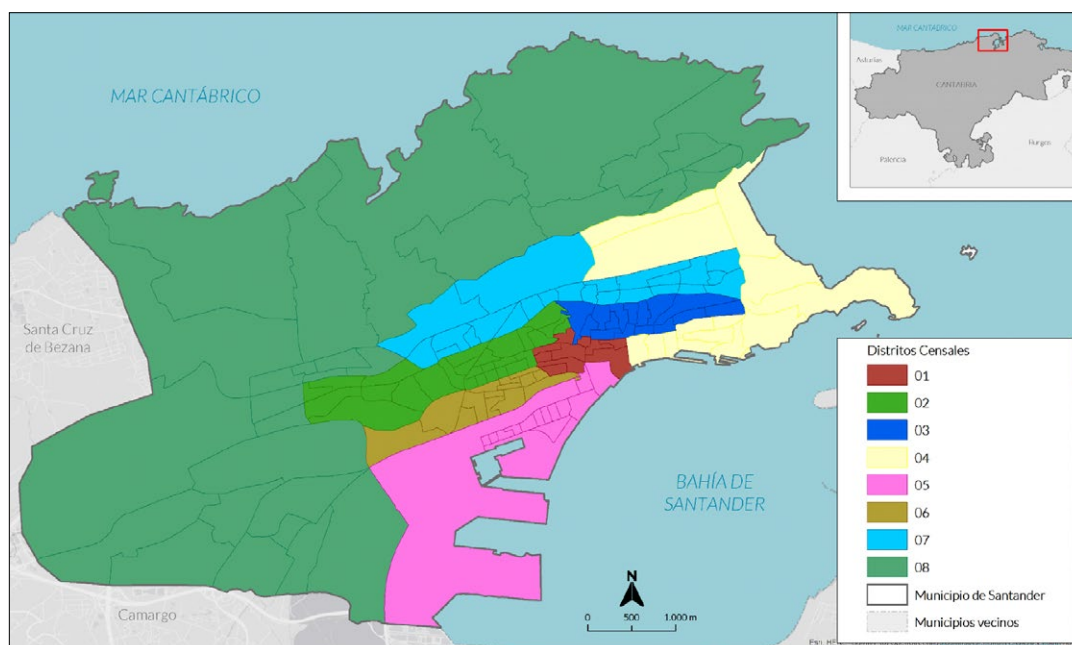


Figura 3.3. Cartografía de secciones censales y distritos en el municipio de Santander.

Fuente: CINCC (UC) - FIC, 2024 a partir de la cartografía oficial del Ayuntamiento de Santander, año 2013.

Esta división ha sido modificada en dos de sus secciones censales, específicamente las 011 y 009 han sido agrupadas con el propósito de posibilitar su correspondencia con la cartografía y los códigos de secciones censales publicada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en su última actualización efectuada en el año 2021. El municipio de Santander queda

² Véase el siguiente enlace web: <http://datos.santander.es/resource/?ds=distritos-secciones&id=4df3d23-3784-4eea-99bc-2dac7dab6576>

finalmente dividido en 147 secciones censales, distribuidas en 8 distritos censales que abarcan una superficie de 35,8 km².

Esta unidad ha sido seleccionada debido a varios motivos:

- (i) Por un lado, su empleo ofrece la posibilidad de asociar información temática relevante procedente de fuentes oficiales, disponible por ejemplo a través de los censos de población y vivienda, lo que permite finalmente la generación de indicadores específicos de vulnerabilidad al nivel más detallado posible y cubriendo la totalidad del municipio de Santander.
- (ii) Dado que estas unidades cartográficas tienen un carácter oficial, posibilita su uso común por parte del personal local y las autoridades regionales, incluso nacionales, para identificar las áreas urbanas especialmente expuestas y vulnerables a las diversas amenazas climáticas.
- (iii) Debido a su detallada escala territorial, su empleo es adecuado para recoger la realidad física y socioeconómica del municipio y hacer patentes las desigualdades presentes en el territorio que inciden en el modelo de riesgo climático del municipio. Por lo tanto, su consideración representa no solo una unidad estadística, sino también de índole física o de control y planificación local.

Por último, cabe destacar que los resultados serán de aplicación para la totalidad del municipio de Santander, si bien se analiza su área adyacente para aquellos condicionantes físico-ambientales y socioeconómicos que puedan tener influencia directa en el municipio.

3.3

AVANCES METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO

El estudio desarrollado tiene una fuerte base metodológica en los marcos nacionales e internacionales, tal y como se ha detallado en el apartado anterior. Sin embargo, la disponibilidad de acceso a fuentes y bases de datos espacializadas ha permitido avanzar en el conocimiento y realizar algunos avances metodológicos significativos, que permitirán contar con un plan de adaptación robusto. Los principales avances metodológicos son los siguientes:

3.3.1. Alto grado de robustez en la definición del clima futuro como base del trabajo

Un análisis científico riguroso parte del estudio de los posibles resultados de la simulación del cambio climático, cuantificando posteriormente con cierto detalle los efectos probables en cada uno de los distintos escenarios. Estas simulaciones del clima futuro representan aquello a lo que tenemos que adaptarnos y son, por tanto, la base sobre la que se construye el análisis

de la vulnerabilidad, el riesgo y la adaptación. Por lo tanto, es esencial que estas simulaciones cumplan con los requisitos técnicos y científicos para su uso en la adaptación, de acuerdo con el estado de la ciencia climática.

- En primer lugar, se ha trabajado a **escala local**, pues, a pesar de que el cambio climático es un problema con causas globales (emisiones de gases de efecto invernadero, GHG, en todo el planeta), sus consecuencias son y serán locales, con cambios muy diferentes en puntos bastante cercanos, especialmente en terrenos topográficamente complejos. Por ello, suele ser necesario recurrir a técnicas de reducción de escala o *downscaling*.
- Otro requisito destacable es la **necesidad de considerar y cuantificar adecuadamente las incertidumbres** inherentes a cualquier simulación climática, para lo cual es necesario trabajar con el mayor número posible de proyecciones, obtenidas a partir de diferentes modelos climáticos globales, diferentes hipótesis de concentración futura de GEI, diferentes herramientas de *downscaling*, etc.
- Dado que evaluar los efectos de cada una de estas proyecciones puede resultar demasiado laborioso, para cuantificar correctamente la incertidumbre es necesario aplicar metodologías específicas que nos permitan hacernos una idea del rango de **posibles efectos**.
- También puede discutirse la exigencia de que, antes de simular el futuro, se compruebe el buen funcionamiento de las herramientas de simulación mediante la estimación del clima observado en el pasado reciente en la zona de estudio, a través de amplios procesos de verificación de las **herramientas de downscaling y de verificación de los modelos climáticos**. Este análisis debe realizarse en cada zona de estudio y a escala local, ya que tanto las herramientas de *downscaling* como los modelos climáticos pueden ofrecer buenos resultados en una zona determinada del planeta, pero no en otras, o incluso en otros puntos cercanos.

Estos procesos de verificación y validación, además de permitir rechazar aquellos modelos o herramientas que no superen un mínimo de fiabilidad, son imprescindibles para cuantificar mejor las incertidumbres (a mejores resultados, menores incertidumbres) y tener una sólida base.

3.3.2. Detallada definición y espacialización de la exposición y la vulnerabilidad

El segundo paso para abordar el estudio de los riesgos climáticos es analizar la vulnerabilidad de los elementos y del conjunto de **sistemas expuestos** a las inclemencias del clima. Los impactos recientes relacionados con fenómenos climáticos extremos, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, revelan importantes diferencias entre la vulnerabilidad y la exposición de los ecosistemas y los sistemas humanos a la variabilidad climática actual. En otras palabras, los daños observados no están directa ni únicamente co-

relacionados con el nivel de peligro (intensidad y frecuencia) con el que se producen los eventos hidrometeorológicos, sino que también se ven afectados por factores no climáticos, tales como las desigualdades multidimensionales que a menudo resultan de procesos de desarrollo desiguales. Estas diferencias configuran los riesgos diferenciales del cambio climático, que, a su vez, pueden ser sectorizados. Por ello, para abordar un análisis de riesgos e impactos ante el cambio climático existe un marco ampliamente consensuado sobre la necesidad de considerar la vulnerabilidad como una variable indispensable en la ecuación del riesgo.

La **vulnerabilidad** es un término complejo, sujeto a continuo debate institucional y gubernamental, que engloba tanto las fragilidades sectoriales (sensibilidad) como las oportunidades de beneficiarse o adaptarse al cambio esperado (capacidad de adaptación). Según la definición dada por el actual marco propuesto por grupo de trabajo II del IPCC³, el término queda definido así: “Es la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación”. A pesar de que la vulnerabilidad es un factor independiente de la exposición, su análisis no resulta clave para los sistemas que no están amenazados por ningún peligro. Estas evaluaciones no solo han demostrado incrementar el conocimiento sobre riesgos y posibles impactos frente al cambio climático, sino que también se han convertido en una de las principales herramientas utilizadas por tomadores de decisiones responsables de crear y desarrollar normativas, instrumentos legales, planes y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático a escalas nacionales, regionales y globales (Füssel y Klein, 2006).

Finalmente, la **integración de los resultados** de los tres componentes anteriores (amenaza, exposición y vulnerabilidad) permite obtener el riesgo e impacto asociado a cada evento analizado. La relación general viene dada por: $R = H \times E \times V$, y su definición general la siguiente: es el potencial de consecuencias en que algo de valor humano (incluidos los propios humanos) está en peligro con un desenlace incierto. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran tales sucesos. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (IPCC, 2022b; MITECO, 2022). La evaluación del riesgo tiene, por lo tanto, el objetivo de definir un coeficiente sintético cualitativo y/o cuantitativo que represente la convolución de las probabilidades de diferentes intensidades de peligro (H), en relación con las condiciones de exposición (E) y vulnerabilidad (V) en una zona determinada.

3.3.3. Integración de escenarios territoriales y de población para el cálculo del riesgo

El cálculo de escenarios territoriales y de población a futuro es fundamental para una proyección rigurosa del riesgo frente al cambio climático. Los escenarios permiten anticipar cómo evolucionará la distribución geográfica de la población y el uso del suelo en el futuro, lo cual

³ Véase IPCC (2022)

es determinante para entender cómo la población, su tejido urbano y los ecosistemas pueden verse afectados por los impactos climáticos. Al proyectar la expansión urbana, por ejemplo, se han podido identificar áreas en riesgo de inundación, sequías u otros eventos climáticos extremos, pero también contar con la capacidad adaptativa futura del núcleo. Del mismo modo, al estimar el crecimiento demográfico, se ha podido integrar en el cálculo la distribución de la población y el perfil de las personas que habitarán Santander en los escenarios 2050 y 2100. Esta información proporciona una base sólida para la planificación de la adaptación, permitiendo la implementación de medidas específicas para reducir la vulnerabilidad en áreas identificadas como críticas en los escenarios futuros.

Los documentos de referencia para estos cálculos se apoyan en el vigente Plan General de Ordenación Urbana, que establece los sectores de suelo residencial e industrial que pueden desarrollarse, y que cuentan con variables objetivas de edificabilidad y provisión de espacios libres y zonas verdes. En cuanto a las variables socioeconómicas, los principales documentos de que definen las tendencias futuras sobre sociedad, productividad y competitividad publicadas por el Ministerio de la Presidencia (Gobierno de España, 2021b)⁴ y las determinaciones definidas por la Autoridad Independiente de Responsabilidad Fiscal AIREF (AIREF, 2023)⁵.

3.3.4. Seguimiento del efecto de las medidas de adaptación

El desarrollo de una herramienta de seguimiento del efecto de las medidas en la capacidad adaptativa local a través de indicadores es decisivo por varias razones. En primer lugar, proporciona un mecanismo para evaluar la eficacia de las medidas de adaptación implementadas, permitiendo a los responsables políticos y las partes interesadas monitorear y ajustar las acciones según sea necesario para garantizar que se estén logrando los resultados deseados. Además, estas herramientas ofrecen una forma de medir y comunicar el progreso hacia los objetivos de adaptación, lo que facilita la rendición de cuentas y la transparencia en el proceso de toma de decisiones. Por último, al proporcionar datos objetivos y basados en evidencias sobre el impacto de las medidas de adaptación, estas herramientas pueden informar de futuras estrategias y políticas de adaptación, ayudando a fortalecer la resiliencia de la ciudad de Santander frente a los impactos del cambio climático.

Con estos objetivos, enfoque y metodología se ha elaborado el plan de adaptación, cuyos resultados se recogen en este documento en sus tres fases: escenarios climáticos y amenazas futuras (capítulo 4); análisis de los riesgos (capítulo 5) y definición de medidas de adaptación (capítulo 6).

⁴ Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia del Gobierno de España (coord.). España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo. Madrid: Ministerio de la Presidencia. 2021.

⁵ Véase el documento en: https://www.airef.es/wp-content/uploads/2024/11/AIREF-2023_Opinion-sostenibilidad-de-las-AA-PP-largo-plazo_20241127.pdf