

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/308652841>

# Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Volumen II: Bloque 3. Herramientas y metodologías

Book · January 2015

CITATION

1

READS

72

7 authors, including:



**Efrén Feliu**

Tecnalia

31 PUBLICATIONS 226 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Laura Gutierrez**

Tecnalia Corporación Tecnológica

7 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Beñat Abajo-Alda**

Tecnalia

15 PUBLICATIONS 40 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Maddalen Mendizabal**

Tecnalia

22 PUBLICATIONS 41 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



RAMSES: Reconciling Adaptation, Mitigation and Sustainable Development for citiES [View project](#)



Inno4sd [View project](#)

# GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES LOCALES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Volumen II

(Disponible únicamente en formato digital)



PNACC - Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático





# Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático

Volumen II

Bloque 3. Herramientas y metodologías

Madrid, 2016



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



Oficina Española de Cambio Climático



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

### **Autores**

Efrén Feliu Torres; Gemma García Blanco; Laura Gutiérrez García; Beñat Abajo Alda; Maddalen Mendizabal Zubeldia; Carlos Tapia García.  
Tecnalia Research and Innovation  
José Andrés Alonso - Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

### **Revisores**

José Ramón Picatoste; Raquel Garza, Mónica Gómez.  
D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



**MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE**

### **Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

### **Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:**

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**NIPO:** 280-16-305-X

### **Diseño y maquetación:**

Imaginarte con Arte S.L.

### **A efectos bibliográficos debe citarse:**

Feliu, E., García, G., Gutiérrez, L., Abajo, B., Mendizabal, M., Tapia, C., Alonso, A. 2015. Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 100 pág.

Publicación realizada en el marco del proyecto PLACC+BIODIVERSIDAD, ejecutado con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Convocatoria de concesión de ayudas en régimen de concurrencia competitiva, para la realización de actividades en el ámbito de la biodiversidad terrestre, biodiversidad marina y litoral, el cambio climático y la calidad ambiental 2013.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente del MAGRAMA o de su personal.



# Índice de contenidos

<b>Introducción</b> .....	9
<b>1. Cómo preparar el terreno</b> .....	11
1.1. Marco para el desarrollo de políticas locales de adaptación al cambio climático.....	11
1.2. Impactos potenciales del cambio climático a nivel local.....	20
1.3. Opciones y oportunidades de financiación.....	21
1.4. Fuentes de datos.....	25
<b>2. Cómo identificar las necesidades de adaptación</b> .....	27
2.1. Análisis de los escenarios climáticos.....	29
2.2. Impactos potenciales y su modelización.....	37
2.3. Evaluación de la vulnerabilidad local.....	46
2.3.1. Construcción del modelo de evaluación.....	47
2.3.2. Métodos y herramientas para el cálculo de vulnerabilidad.....	50
2.4. Aproximación a la evaluación del riesgo.....	54
2.4.1. Cómo evaluar y analizar el riesgo ante el cambio climático.....	55
<b>3. Cómo identificar las opciones de adaptación</b> .....	59
<b>4. Evaluación y selección de medidas</b> .....	63
4.1. Análisis multicriterio.....	65
4.2. Coste-beneficio y coste-efectividad.....	67
4.3. Métodos de priorización orientados a la gestión de la incertidumbre.....	68
<b>5. Implementación</b> .....	71
5.1. Planificación de la adaptación.....	71
5.2. Diseño de la adaptación.....	75
<b>6. Monitoreo y evaluación</b> .....	79
6.1. Principios básicos del monitoreo y evaluación.....	79
6.2. Pasos a seguir en el proceso de monitoreo y evaluación.....	81
<b>7. Corolario final</b> .....	91
<b>Anexo 1. MATRIZ DE IMPACTOS</b> .....	92

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	<b>Modelo conceptual para la evaluación de los efectos del cambio climático de acuerdo al quinto informe de evaluación del IPCC.</b> .....	<b>28</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Secuencia analítica para el análisis de los efectos del cambio climático a escala local.</b> .....	<b>29</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Evolución de la resolución en los modelos globales del IPCC.</b> .....	<b>31</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Regiones cubiertas por los modelos globales actuales del IPCC.</b> .....	<b>32</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Extracción de series regionales por regionalización a estaciones locales.</b> .....	<b>35</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Proceso de regionalización para el estudio de impactos locales.</b> .....	<b>35</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Efectos en cascada del cambio climático.</b> .....	<b>43</b>
<b>Figura 8.</b>	<b>Mapa de sistemas del Medio Urbano construido.</b> .....	<b>44</b>
<b>Figura 9.</b>	<b>Enfoques en la evaluación de la vulnerabilidad en el contexto del cambio climático y su rol en la definición de políticas de adaptación.</b> .....	<b>46</b>
<b>Figura 10.</b>	<b>Ejemplo esquemático de un screening de vulnerabilidad utilizando en primer lugar una evaluación exploratoria, y una focalizada sobre los impactos, sectores y unidades de análisis prioritarios.</b> .....	<b>48</b>
<b>Figura 11.</b>	<b>Aproximación al cálculo de la vulnerabilidad.</b> .....	<b>51</b>
<b>Figura 12.</b>	<b>Ejemplo de agregación de segundo nivel.</b> .....	<b>51</b>
<b>Figura 13.</b>	<b>Diagrama de araña representando el perfil de sectores.</b> .....	<b>53</b>
<b>Figura 14.</b>	<b>Representación gráfica del riesgo.</b> .....	<b>54</b>
<b>Figura 15.</b>	<b>Incertidumbre como resultado de la falta de información sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento o de sus consecuencias.</b> .....	<b>56</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Ejemplo de valoración cualitativa.</b> .....	<b>57</b>
<b>Figura 17.</b>	<b>Ejemplo de árbol de decisión para una opción de adaptación y ejercicio de ponderación con AHP proceso analítico jerárquico.</b> .....	<b>65</b>
<b>Figura 18.</b>	<b>Esquema de evaluación de efectividad de medidas de adaptación.</b> .....	<b>69</b>
<b>Figura 19.</b>	<b>Relaciones entre las políticas de mitigación y adaptación.</b> .....	<b>74</b>
<b>Figura 20.</b>	<b>Oportunidades, restricciones y limitaciones a la adaptación.</b> .....	<b>74</b>
<b>Figura 21.</b>	<b>Planteamiento de la ruta de adaptación.</b> .....	<b>75</b>
<b>Figura 22.</b>	<b>Principios básicos de los sistemas de M&amp;E y pasos a ejecutar.</b> .....	<b>80</b>
<b>Figura 23.</b>	<b>Tipologías de evaluación.</b> .....	<b>82</b>
<b>Figura 24.</b>	<b>Ejemplo de modelo lógico de adaptación para un municipio rural con incidencia creciente en degradación del suelo a causa de sequías.</b> .....	<b>84</b>



# Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	<b>Diferenciación de estímulos y tendencias climáticas en distintos medios para la zona atlántica y mediterránea de la península ibérica. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 2.</b>	<b>Diferenciación de impactos potenciales locales asociados a los cambios que ejercen los estímulos climáticos sobre distintos medios y ecosistemas de forma diferenciada por sectores productivos o de actividad. Ejemplo en los sectores biodiversidad y ecosistemas, energético e industrial y suministro de agua. ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3.</b>	<b>Modelos de impactos asociados a los efectos del cambio climático. ....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4.</b>	<b>Comparativa entre evaluaciones exploratorias y focalizadas. ....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 5.</b>	<b>Ejemplo de tipologías de vulnerabilidad y su interpretación con respecto a la adaptación. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 6.</b>	<b>Clasificación de las opciones de adaptación. ....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 7.</b>	<b>Herramientas de toma de decisión para la priorización de las medidas de adaptación. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 8.</b>	<b>Horizontes de planificación por sectores para las políticas de adaptación. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 9.</b>	<b>Relación entre competencias municipales y posibles acciones dentro de una estrategia de adaptación. ....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 10.</b>	<b>Comparación de indicadores basados en proceso y en resultados. ....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 11.</b>	<b>Ejemplo de un indicador basado en resultado. ....</b>	<b>89</b>





# Introducción

La “Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático”<sup>1</sup> se completa con un tercer bloque, que constituye su cuerpo teórico, conceptual y metodológico.

Cada uno de los seis capítulos en los que se estructura este tercer bloque, tiene una correspondencia directa con las fases del proceso de elaboración de los planes de adaptación local al cambio climático presentadas en el Bloque 2, ampliando su información y profundizando en los conceptos y alternativas metodológicas.

El primer capítulo está dirigido, por un lado, a la identificación de las políticas locales sobre las que se sustentará el plan de adaptación y a la búsqueda de oportunidades y aprovechamiento de recursos, por otro lado, a la identificación de las necesidades técnicas y humanas para poner en marcha el proceso de adaptación.

Un segundo capítulo está destinado a los escenarios climáticos y a las pautas para su utilización. Este capítulo ofrece también un repaso a la caracterización de los impactos derivados del cambio climático y su manifestación a escala local, para brindar después una descripción de las técnicas de elaboración de estudios locales. Posteriormente se desgranar los conceptos de vulnerabilidad y riesgo y se presentan las metodologías más recientes siguiendo el enfoque renovado propuesto por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático en su quinto informe de evaluación (IPCC, 2014).

El tercer y cuarto capítulos continúan con una exposición de las diversas opciones de adaptación y tipos de medidas existentes, así como de los métodos para medir su idoneidad, efectividad y eficiencia.

El Bloque 3 se cierra con un quinto capítulo, dedicado a la implementación, y un sexto orientado al seguimiento y la evaluación de la adaptación

<sup>1</sup> Feliu, E., García, G., Gutiérrez, L., Abajo, B., Mendizabal, M., Tapia, C., Alonso, A. 2015. Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 100 pág.





# 1. Cómo preparar el terreno

## 1.1. Marco para el desarrollo de políticas locales de adaptación al cambio climático

### Contexto internacional

Dada la constatación científica y el reconocimiento en la comunidad internacional de la inevitabilidad de los efectos del cambio climático, éste se ha convertido en un gran reto económico, social y ambiental de dimensión global.

Además, reducir las emisiones de GEI y establecer estrategias que permitan adaptarse a los impactos del cambio climático ha dejado de percibirse simplemente como una amenaza para pasar a ser también una oportunidad para lograr una economía más competitiva (EVCC2050, 2015)<sup>2</sup>.

En 1979 se llevó a cabo la primera Conferencia Mundial sobre el Clima. Once años después, en 1990, tiene lugar la segunda conferencia, donde se solicita un tratado mundial sobre cambio climático. Ese mismo año el **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)**<sup>3</sup>, publica su primer informe de evaluación con la participación de más de 400 científicos. Alentados por las conclusiones de este informe, en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992, nace La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)<sup>4</sup> con el objetivo de acordar un marco internacional que permita hacer frente a los riesgos que plantea el cambio climático y que catalice la acción cooperativa, sobre todo con los países menos desarrollados y más vulnerables del planeta<sup>5</sup>.

En 1995 se celebra en Berlín la primera Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).<sup>6</sup>

Desde entonces, y de forma periódica, se han venido celebrado diversas COPs, entre las que cabe destacar la COP16 celebrada en Cancún en 2010, en la que se aprueba el Marco de Adaptación de Cancún<sup>7</sup> del que se desprende el Comité de Adaptación con el objetivo de promover proyectos de resiliencia al cambio climático.

<sup>2</sup> <http://www.irekia.euskadi.eus/es/debates/1020?stage=conclusions>

<sup>3</sup> Establecido en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial, principal organismo internacional para la evaluación del conocimiento sobre cambio climático, y pionero en materia de adaptación, con una larga trayectoria en la apuesta por su estudio y expansión. Desde 1990 el IPCC ha publicado cinco informes de evaluación, el quinto, y último de ellos, en el año 2014, que constituye a día de hoy el marco de referencia en materia de adaptación. <http://www.ipcc.ch/> [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/la\\_convencion/items/6196.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php)

<sup>5</sup> La primera adición al tratado, el Protocolo de Kioto, se aprobó en 1997. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

<sup>6</sup> La CMNUCC cuenta con 195 países firmantes. Se denomina "Partes" a los países miembros de la Convención. <http://newsroom.unfccc.int/>

<sup>7</sup> [http://unfccc.int/portal\\_espanol/newsletter/items/6749.php](http://unfccc.int/portal_espanol/newsletter/items/6749.php)

Cabe destacar igualmente la COP19 de Varsovia celebrada en el año 2013, por la que se crea el Mecanismo Internacional de Varsovia de Pérdidas y Daños<sup>8</sup>, con el fin de hacer frente a las pérdidas y los daños relacionados con las repercusiones del cambio climático, fenómenos extremos y los fenómenos graduales en los países en desarrollo, que son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático.

Por su parte, el Acuerdo de París, alcanzado en la COP21 en diciembre de 2015<sup>9</sup> concierne la movilización sustancial de fondos por parte de los países desarrollados para que los países con menos recursos puedan desarrollarse reduciendo emisiones y adaptándose a los efectos del cambio climático, fortaleciendo además la implementación del mecanismo de Varsovia.

Existen, además, otras iniciativas internacionales de repercusión considerable en materia de adaptación local como son las desarrolladas por **ICLEI Gobiernos Locales por la Sostenibilidad**<sup>10</sup>, red de gobiernos locales referente a nivel mundial, integrada por líderes comprometidos con el desarrollo sostenible y que tiene entre sus líneas de actuación la adaptación al cambio climático, promoviendo iniciativas como la serie de conferencias Resilient Cities<sup>11</sup>. **La iniciativa 100 ciudades resilientes -100RC**<sup>12</sup>, promovida y liderada por la Fundación Rockefeller, ayuda a un número de 100 ciudades a nivel mundial como ejemplos de resiliencia urbana para ser más resilientes a los crecientes desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI. La iniciativa Compact of Mayors<sup>13</sup> promovida por Naciones Unidas supone un marco en el que gobiernos locales a nivel mundial se comprometen a desarrollar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático. Es importante señalar también las iniciativas relacionadas con la gestión local del riesgo de desastres, como la campaña *Making Cities Resilient*<sup>14</sup> de UNISDR, que tienen un vínculo directo con la adaptación y que como se ha señalado ya en los bloques anteriores de esta guía irán haciendo converger paulatinamente el mundo de la adaptación con el de la gestión de riesgos.

Por otra parte, la región iberoamericana constituye un ámbito de trabajo tradicional de España en materia de cooperación internacional, donde la adaptación debe ser necesariamente considerada para asegurar el camino hacia el desarrollo sostenible. Con este criterio, en el marco de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), se está desarrollando el **Programa Iberoamericano de Adaptación al Cambio Climático (PIACC)**<sup>15</sup>.

<sup>8</sup> <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/spa/l15s.pdf>

<sup>9</sup> <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/10a01s.pdf>

<sup>10</sup> <http://www.iclei.org/>

<sup>11</sup> <http://resilient-cities.iclei.org/>

<sup>12</sup> <http://www.100resilientcities.org>

<sup>13</sup> <http://www.compactofmayors.org/>

<sup>14</sup> <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/>

<sup>15</sup> <http://www.lariocc.es/>



## Contexto europeo

Son varias las publicaciones que, desde la Comisión Europea (CE) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), ofrecen información sobre los impactos del cambio climático en Europa y guías para la elaboración de estrategias regionales, evaluación de la vulnerabilidad local y definición de medidas de adaptación.

La CE adoptó en el año 2009 el **Libro Blanco sobre la Adaptación al Cambio Climático**<sup>16</sup>, consciente de la necesidad de garantizar la sostenibilidad de las políticas que desarrolla y de promover la cooperación entre sus Estados miembros en materia de cambio climático. Este documento establece un marco estratégico basado en cuatro ámbitos básicos de acción:

- Desarrollo de conocimiento sólido.
- Integración de la adaptación en las políticas europeas.
- Utilización de una combinación de instrumentos estratégicos (económicos y de mercado, de promoción y orientación, partenariados público-privados).
- Refuerzo de la cooperación multinivel y multisectorial entre administraciones públicas y otros agentes.

En el año 2012 se crea La Plataforma Europea para la Adaptación al Cambio Climático (Climate-ADAPT) a iniciativa de la Comisión Europea, y que está gestionada por la AEMA. El objetivo de Climate-ADAPT es apoyar a los Estados miembros en su adaptación al cambio climático, mediante el acceso e intercambio de información en materia de previsiones climáticas, vulnerabilidad, estrategias de adaptación nacionales y transnacionales, estudios piloto, opciones de adaptación, herramientas de apoyo a la planificación, etc. Cabe destacar, como aspecto relevante de la plataforma, que establece un vínculo entre la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático y que está muy orientada a la escala local.

<sup>16</sup> Libro Blanco de la adaptación al Cambio Climático Adapting to climate change: Towards a European framework for action: COM (2009) 147 final. [http://ec.europa.eu/health/ph\\_threats/climate/docs/com\\_2009\\_147\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_threats/climate/docs/com_2009_147_en.pdf)

Posteriormente, en abril de 2013, se aprobó la **Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático**<sup>17</sup>, que constituye el marco europeo en materia de adaptación. La estrategia sirve de guía a los Estados miembros para la armonización de las acciones de adaptación, e incluye la gestión de riesgos como uno de los pilares fundamentales para la gobernanza efectiva en este ámbito. Consta de tres objetivos materializados en ocho acciones<sup>18</sup>:

- Instar a todos los Estados miembros a adoptar estrategias nacionales de adaptación.
- Facilitar financiación a través del programa LIFE<sup>19</sup> para respaldar la creación de capacidades y acelerar las medidas de adaptación en Europa (2013-2020).
- Introducir la adaptación en el marco del «Pacto de Alcaldes» (2013/2014)<sup>20</sup>.
- Remediar el déficit de conocimientos.
- Convertir la Plataforma Europea para la Adaptación al Cambio Climático Climate-ADAPT<sup>21</sup> en la ventanilla única de información sobre la adaptación en Europa.
- Facilitar la reducción del impacto del cambio climático de la Política Agrícola Común (PAC), la política de cohesión y la Política Pesquera Común (PPC).
- Garantizar infraestructuras más resistentes.
- Promover los seguros y los demás productos financieros para las decisiones sobre inversiones y empresas resistentes.

La Estrategia Europea de Adaptación también fomenta la adaptación local a través de la iniciativa **Mayors Adapt**<sup>22</sup>. Inicialmente fue lanzada por la CE en 2014 como iniciativa espejo del Pacto de Alcaldes (Covenant of Mayors), un mecanismo nacido en 2008 con el fin de concitar el compromiso, respaldar y apoyar a las autoridades locales en la aplicación de políticas de energía sostenible y de mitigación. El Pacto de Alcaldes sobre Adaptación al Cambio Climático también tiene por objeto la promoción del compromiso voluntario de entidades locales para desarrollar estrategias de adaptación. En 2016 se han integrado ambas perspectivas (mitigación y adaptación) bajo el marco único del Pacto de Alcaldes para el Clima y la Energía.

Además de planes de adaptación nacionales a lo largo del territorio europeo, cabe destacar la iniciativa **EU Cities Adapt**<sup>23</sup>, que nos presenta casos de referencia de ciudades pioneras en materia de adaptación y con perspectivas sumamente interesantes como son Londres, Copenhague, Róterdam o Estocolmo.

<sup>17</sup> Estrategia Europea [COM(2013) 216 final]. [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm)

<sup>18</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm)

<sup>19</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/ayudas-subsuenciones/programa-life/>

<sup>20</sup> [http://www.pactodelosalcaldes.eu/index\\_es.html](http://www.pactodelosalcaldes.eu/index_es.html)

<sup>21</sup> Plataforma Europea de Adaptación al Clima. <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

<sup>22</sup> <http://mayors-adapt.eu>

<sup>23</sup> EU Cities Adapt Adaptation Strategies for European Cities. <http://climate-adapt.eea.europa.eu/repository/11156095.pdf/view>



## Contexto nacional

La legislación estatal española en materia de cambio climático ha progresado en los últimos años y, en particular, desde la aprobación en 2006 del **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)**<sup>24</sup>. Dicho plan tiene, entre sus objetivos generales, la inclusión explícita de la adaptación al cambio climático en la normativa sectorial. El “**Tercer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático**” aprobado en diciembre de 2013 incorpora el medio urbano de forma explícita entre sus nuevos ámbitos de actuación.

El Real Decreto 432/2008, de 12 de abril, por el que se reestructuran los departamentos ministeriales, crea el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, hoy Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y en su artículo 11 determina que corresponde al mencionado departamento ministerial, entre otras competencias, la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de lucha contra el cambio climático.

De acuerdo con el Real Decreto 1130/2008, de 4 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio, la Dirección General de Cambio Climático es el órgano superior del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente que, bajo la dependencia del Ministro, dirige y coordina la ejecución de las competencias que corresponden al departamento en relación con la prevención de la contaminación y el cambio climático.

El artículo 3 del Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero, determina las funciones que, dependiendo de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y con rango de Dirección General, corresponde desempeñar a la **Oficina Española de Cambio Climático (OECC)**<sup>25</sup>. Creada en 2001, la OECC se estructura en dos subdirecciones generales: la Subdirección General de Coordinación de Acciones frente al Cambio Climático, que comprende materias relacionadas con la adaptación y mitigación al cambio climático y, la Subdirección General de Comercio de Emisiones y Mecanismos de Flexibilidad. Una de las principales funciones de la OECC es contribuir a la mejora de la sensibilización y concienciación de los ciudadanos sobre las causas y efectos derivados del cambio climático, por lo que desarrolla un programa de colaboración con el **Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM)** en aquellos temas relacionados con la educación y la sensibilización del público<sup>26</sup>.

<sup>24</sup> La estrategia española de adaptación al cambio climático es el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/>

<sup>25</sup> [http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/funciones-estructura/organizacion-organismos/organigramas/OE\\_Cambio\\_Climatico.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/funciones-estructura/organizacion-organismos/organigramas/OE_Cambio_Climatico.aspx)

<sup>26</sup> En el marco del Programa de Trabajo de Nueva Delhi para la aplicación del Artículo 6 de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Un segundo nivel de actuación en materia de integración normativa corresponde a la consideración de los posibles efectos del cambio climático, a corto, medio y largo plazo, en los procesos de evaluación ambiental de determinados planes, programas y proyectos (Evaluación Ambiental Estratégica –EAE- y Evaluación de Impacto Ambiental –EIA-), de manera que se integren en su diseño y se desarrollen las medidas pertinentes para su medición, evaluación y adaptación. Cabe destacar que ya la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, de 9 de diciembre, incorporaba el cambio climático como dimensión a tener en cuenta en los procedimientos.

Por su parte, la **Red Española de Ciudades por el Clima (RECC)**<sup>27</sup> es la sección de la **Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP)**<sup>28</sup> dedicada a luchar contra el cambio climático y los efectos que de este se derivan. Nace en 2004, a partir de un convenio marco entre la FEMP y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Aglutina a las ciudades y pueblos comprometidos con el desarrollo sostenible y la protección del clima. La RECC ha desarrollado diversos proyectos de adaptación al cambio climático a nivel local, en el marco del PNACC, promoviendo acciones de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, en estrecha colaboración con el sector privado y las administraciones locales en los ámbitos de la construcción y el urbanismo principalmente.

Por otra parte, destaca la **Plataforma Nacional de Adaptación al Cambio Climático AdapteCCa**<sup>29</sup>, iniciativa que tiene por vocación promover y facilitar el intercambio de información en materia de impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación, así como la coordinación y transferencia de conocimiento, información y experiencias entre las administraciones públicas, la comunidad científica, los planificadores, los gestores y demás agentes. Nace de la mano de la OECC y la **Fundación Biodiversidad**<sup>30</sup> que, junto con las unidades responsables en materia de adaptación al cambio climático de las comunidades autónomas, identificaron de forma conjunta la necesidad de contar con un instrumento de intercambio de información y comunicación entre todos los expertos, organizaciones, instituciones y agentes activos en este campo y a todos los niveles.

El **Grupo de Trabajo sobre Impactos y Adaptación (GTIA)**<sup>31</sup>, creado por la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC)<sup>32</sup> en el año 2007, reúne a técnicos y responsables de la Administración General del Estado y las comunidades autónomas en materia de adaptación. El GTIA tiene el objetivo general de coordinar el desarrollo de los marcos estratégicos y acciones de adaptación que se llevan a cabo en los niveles autonómicos y central. Este foro se reúne regularmente para intercambiar información y dar seguimiento a los avances y resultados de los proyectos e iniciativas que se desarrollan bajo el marco del PNACC y los marcos de planificación de la adaptación de cada comunidad autónoma.

<sup>27</sup> <http://www.redciudadesclima.es/>

<sup>28</sup> <http://www.femp.es>

<sup>29</sup> <http://fundacion-biodiversidad.es/cambio-climatico-y-calidad-ambiental/proyectos-propios/plataforma-de-adaptacion-al-cambio-climatico>

<sup>30</sup> <http://fundacion-biodiversidad.es/>

<sup>31</sup> PNACC, III Programa de Trabajo 2014-2020, 2014.

<sup>32</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/organismos-e-instituciones-implicados-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico-a-nivel-nacional/la-comision-de-coordinacion-de-politicas-de-cambio-climatico/>



## Contexto regional

Las comunidades autónomas, en el ejercicio de sus competencias, tienen una gran responsabilidad y oportunidad para impulsar la acción contra el cambio climático, creando las estrategias, planes y programas para el cumplimiento de los objetivos nacionales de mitigación, pero más aún mediante iniciativas y acciones en materia de adaptación<sup>33</sup>.

Entre las principales iniciativas de adaptación llevadas a cabo a nivel regional en España, cabe mencionar el **Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático 2008-2012**<sup>34</sup>, pionero al incluir la mitigación y la adaptación entre sus prioridades. Recientemente se ha presentado la **Estrategia Vasca de Cambio Climático 2050**<sup>35</sup>. En paralelo, se han puesto en marcha una serie de iniciativas como son: el Centro de investigación de excelencia **BC3 Basque Centre for Climate Change**<sup>36</sup>, el **CIC energiGUNE Energy Cooperative Research Centre**<sup>37</sup>, o la iniciativa **STOPCO2**<sup>38</sup>.

**Udalsarea 21, la Red Vasca de Municipios hacia la Sostenibilidad**<sup>39</sup>, representa, por su parte, una referencia importante en este ámbito, tanto a nivel estatal como internacional y es ejemplo del interés que la mitigación y la adaptación suscitan a nivel local. La Guía para la Elaboración de Programas Municipales de Adaptación al Cambio Climático, publicada por Udalsarea 21 en 2011, y el Manual de Planeamiento Urbanístico en Euskadi para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, publicado en 2012, en el contexto de Agenda Local 21, son ejemplos de este esfuerzo.

Otra de las comunidades pioneras en el campo de la adaptación al cambio climático es Andalucía que, en 2002, aprueba su **Estrategia Andaluza ante el Cambio Climático**<sup>40</sup>, convirtiéndose en la primera comunidad española en aprobar una estrategia de esta índole, si bien, con una vocación de reducción de emisiones. El **Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012** incorpora un **Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático**<sup>41</sup>, que tiene como objetivo minimizar los efectos negativos del cambio climático, elaborando escenarios climáticos propios y diseñando medidas de adaptación para el territorio andaluz. El programa gira en torno a cuatro subprogramas, que contemplan el impulso de medidas de acción inmediata, el análisis sectorial de evaluación de los efectos, el desarrollo de medidas sectoriales de adaptación y la mejora continua del conocimiento y la gobernanza.

<sup>33</sup> Para más información consultar. <http://www.adaptecca.es/administracion-autonomica-local/comunidades-autonomas>

<sup>34</sup> [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r4911293/es/contenidos/plan\\_programa\\_proyecto/plan\\_cambio\\_climatico/es\\_cc/adjuntos/pvlcc.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r4911293/es/contenidos/plan_programa_proyecto/plan_cambio_climatico/es_cc/adjuntos/pvlcc.pdf)

<sup>35</sup> <https://www.euskadi.eus/informacion/estrategia-vasca-de-cambio-climatico-2050/r49-11293/es/>

<sup>36</sup> <http://www.bc3research.org/>

<sup>37</sup> <http://www.cicenergigune.com/>

<sup>38</sup> <http://www.stopco2euskadi.net>

<sup>39</sup> <http://www.udalsarea21.net>

<sup>40</sup> [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/pacc/menuitem.acad89bbe95916b477fe53b45510e1ca/?vgnextoid=27b5669571545210VgnVCM1000001325e50aRCD&vgnextchannel=27bce185d4693210VgnVCM10000055011eacRCD&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/pacc/menuitem.acad89bbe95916b477fe53b45510e1ca/?vgnextoid=27b5669571545210VgnVCM1000001325e50aRCD&vgnextchannel=27bce185d4693210VgnVCM10000055011eacRCD&lr=lang_es)

<sup>41</sup> Plan Andaluz por el Clima aprobado por Acuerdo de 3 de agosto de 2010 del Consejo de Gobierno. [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/pacc/menuitem.f0b2b1e23eb863d9490cda105510e1ca/?vgnextoid=803c19a0ee874210VgnVCM10000055011eacRCD&vgnextchannel=c00c1e9604273210VgnVC-M10000055011eacRCD&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/pacc/menuitem.f0b2b1e23eb863d9490cda105510e1ca/?vgnextoid=803c19a0ee874210VgnVCM10000055011eacRCD&vgnextchannel=c00c1e9604273210VgnVC-M10000055011eacRCD&lr=lang_es)

Por su parte, el Gobierno de Aragón cuenta con la **Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias**<sup>42</sup>, y su propio **Plan de Acción frente al Cambio Climático y de Energías Limpias**<sup>43</sup>, en el que se aborda un programa de adaptación y un programa de observación, ciencia y conocimiento, cuyos objetivos son profundizar en el conocimiento científico de los cambios en el clima y el estudio de sus impactos derivados, con el objetivo de anticiparse y minimizar los efectos negativos del cambio climático.

El conocimiento sobre los principales efectos del cambio climático en el Principado de Asturias está recogido en dos estudios: **Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias**<sup>44</sup>, y **Análisis de escenarios de cambio climático en Asturias**<sup>45</sup>. El principado ha impulsado la investigación y conocimiento en materia de adaptación y reducción de la vulnerabilidad de los sistemas naturales. Por ello, el Gobierno del Principado ha firmado un convenio de colaboración con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, sobre adaptación al cambio climático en la costa del Principado de Asturias.

El Gobierno de las Islas Baleares ha elaborado la **Estrategia Balear de Cambio Climático 2013-2020**<sup>46</sup>. Uno de los hitos de la estrategia es la adaptación al cambio climático, apostando por la investigación sobre los efectos del cambio climático (fenómenos meteorológicos extremos, especies invasoras, recursos hídricos, etc.) y la integración de la adaptación al cambio climático en la política balear.

En las Islas Canarias los esfuerzos en materia adaptación se han materializado en la **Estrategia Canaria de Lucha contra el Cambio Climático**<sup>47</sup>.

El marco de adaptación al cambio climático es un eje fundamental de las políticas de Cantabria, como queda reflejado en su **Estrategia de acción frente al cambio climático de Cantabria 2008-2012**<sup>48</sup>, con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible en el marco de dicha comunidad autónoma.

La **Estrategia regional de cambio climático de Castilla y León 2009-2012-2020**<sup>49</sup> contempla la adaptación al cambio climático en su programa número 4.

<sup>42</sup> [http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/MedioAmbiente/Documentos/docs2/%C3%81reas/CambioClim%C3%A1tico/EstrategiaAragonesaCambioClim%C3%A1ticoEnerg%C3%ADasLimpiasEACCEL/EACCEL\\_energias\\_limpias.pdf](http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/MedioAmbiente/Documentos/docs2/%C3%81reas/CambioClim%C3%A1tico/EstrategiaAragonesaCambioClim%C3%A1ticoEnerg%C3%ADasLimpiasEACCEL/EACCEL_energias_limpias.pdf)

<sup>43</sup> [http://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/06/docs/%C3%81reas/CambioClim%C3%A1tico/PlanAcci%C3%B3nGobiernoArag%C3%B3nCambioClim%C3%A1tico/PLAN\\_ACCION\\_FRENTE\\_CAMBIO\\_CLIMATICO.pdf](http://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/06/docs/%C3%81reas/CambioClim%C3%A1tico/PlanAcci%C3%B3nGobiernoArag%C3%B3nCambioClim%C3%A1tico/PLAN_ACCION_FRENTE_CAMBIO_CLIMATICO.pdf)

<sup>44</sup> [https://www.asturias.es/medioambiente/publicaciones/ficheros/LIBRO%20COMPLETO\\_ISBN\\_Evidencias.pdf](https://www.asturias.es/medioambiente/publicaciones/ficheros/LIBRO%20COMPLETO_ISBN_Evidencias.pdf)

<sup>45</sup> <https://www.asturias.es/medioambiente/publicaciones/ficheros/escenarios%20cambio%20climatico%20web%20af.pdf>

<sup>46</sup> <http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M297&lang=CA&cont=7118>

<sup>47</sup> <http://climaimpacto.eu/wp-content/uploads/2012/03/ESTRATEGIA-CANARIA-DE-LUCHA-CONTRA-EL-CAMBIO-CLIM%C3%81TICO.pdf>

<sup>48</sup> [http://www.medioambientecantabria.es/documentos\\_contenidos/24064\\_5.estrategia1.pdf](http://www.medioambientecantabria.es/documentos_contenidos/24064_5.estrategia1.pdf)

<sup>49</sup> [http://www.medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1259064156693/\\_/\\_/](http://www.medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1259064156693/_/_/)



**La Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de Castilla-La Mancha**<sup>50</sup>, aprobada en 2010, marca unos objetivos comunes sobre mitigación y adaptación, buscando garantizar la acción conjunta del gobierno regional en pro de fortalecer la eficacia de las acciones y su eficiencia presupuestaria, la coherencia política, así como la solidaridad, corresponsabilidad y compromiso social, por lo que establece una serie de medidas, tanto en el ámbito de la mitigación como en el de la adaptación.

**La Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático 2013-2020**<sup>51</sup>, elaborada por la **Oficina Catalana del Cambio Climático**, y aprobada por el Gobierno de la Generalitat de Catalunya en noviembre de 2012, realiza un diagnóstico de impactos observados y esperados sobre sistemas naturales y sectores socioeconómicos, a la vez que propone medidas de adaptación.

La Generalitat Valenciana se ha dotado de un instrumento clave para garantizar el bienestar social y económico, la **Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático 2013-2020**<sup>52</sup>, que contempla medidas de adaptación e indicadores de seguimiento para evaluar su validez y efectividad.

El **Observatorio de Cambio Climático de Extremadura**, como organismo responsable de promover una política activa de lucha por el cambio climático, desarrolla la **Estrategia de Cambio Climático de Extremadura 2013-2020**<sup>53</sup>. Entre los trabajos desempeñados se encuentra el estudio de los impactos del cambio climático y los planes de adaptación para los sectores afectados.

La Xunta de Galicia viene desarrollando actuaciones en materia de observación e investigación del clima, manteniendo diferentes redes de observación de los ecosistemas gallegos, participando en proyectos europeos de identificación de vulnerabilidades y adaptación a los efectos previstos del cambio climático, y elaborando informes con objeto de facilitar la toma de decisiones en materia de adaptación en Galicia, como son los **Informes Sectoriales (2015): Impactos y adaptación del cambio climático en Galicia**<sup>54</sup>.

La **Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid 2013-2020**<sup>55</sup> constituye el marco para la puesta en marcha de las distintas actuaciones en materia de mitigación y adaptación al cambio climático en la Comunidad de Madrid, de forma coordinada con las medidas de mejora de la calidad del aire.

<sup>50</sup> [http://pagina.jccm.es/medioambiente/cambio\\_climatico/documentos/ERMACC\\_DF.pdf](http://pagina.jccm.es/medioambiente/cambio_climatico/documentos/ERMACC_DF.pdf)

<sup>51</sup> [http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes\\_i\\_comunicacio/publicacions/els\\_papers\\_de\\_l\\_occ/resum\\_executiu\\_escacc.doc\\_es.pdf](http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes_i_comunicacio/publicacions/els_papers_de_l_occ/resum_executiu_escacc.doc_es.pdf)

<sup>52</sup> <http://www.citma.gva.es/documents/20549779/92789118/EVCC+2013-2020/e3dbb4a0-aaf4-49b9-81df-297028076b47?version=1.1>

<sup>53</sup> <http://www.observatorioclimatico.es/files/Estrategia%20de%20Cambio%20Climatico%20de%20Extremadura%202013-2020%20-%20definitivo.pdf>

<sup>54</sup> <http://cambioclimatico.cmatl.xunta.es/emissions-dos-gases-de-efecto-invernadero-en-galicia>

<sup>55</sup> <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM003469.pdf>

La Administración regional de Murcia ha creado el **Observatorio Regional del Cambio Climático**<sup>56</sup>, que permite canalizar la información y el conocimiento generado en el ámbito científico, empresarial e institucional. El observatorio contempla tanto las acciones de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, como la definición de políticas de adaptación.

La **Estrategia frente al Cambio Climático de Navarra 2010-2020**<sup>57</sup> representa el esfuerzo navarro para afrontar el reto del cambio climático y en ella se definen acciones concretas, con el ánimo de aportar en positivo, de contribuir a la voluntad colectiva frente al calentamiento global, con el horizonte establecido en 2020.

En la Comunidad Autónoma de La Rioja las acciones para afrontar el reto del cambio climático se encuentran recogidas en la **Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático**<sup>58</sup>.

## 1.2. Impactos potenciales del cambio climático a nivel local

La Como ya se indicaba en el Plan Nacional de Adaptación (PNACC, 2006)<sup>59</sup> y la Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático<sup>60</sup>, dos de las principales variaciones climáticas a las que se enfrenta nuestro país son la variabilidad de la temperatura y la del régimen de las precipitaciones.

Se esperan cambios tanto graduales (aumento de la temperatura, variación del régimen de precipitaciones), como extremos. Los cambios graduales afectarán a la cobertura de nieve y hielo y a la disponibilidad de agua, pudiendo ocasionar, por ejemplo, problemas de abastecimiento. Los cambios extremos afectarán a los eventos de sequía y de inundaciones y darían lugar, entre otros, a posibles problemas en la gestión del agua, además de un aumento de episodios de olas de calor. Además, debido a las variaciones en la temperatura y en la concentración de CO<sub>2</sub>, se espera un aumento del nivel del mar y un incremento de la temperatura del agua del mar y su acidificación.

Los mencionados efectos serán el **estímulo** que generará cambios, a escala local, en los distintos medios y ecosistemas (medio hídrico, suelo, ecosistemas terrestres, zonas costeras, ecosistemas marinos, capa de hielo, etc.), afectando a diversos sectores (ecosistemas naturales, energía e industria, suministro de agua, infraestructuras, agrícola, forestal, ganadero, pesquero, turismo, seguros, salud y medio urbano), traduciéndose en episodios de inundaciones por lluvias extremas, por subida del nivel del mar y por oleaje, retroceso playas, pérdida hábitats, déficit en el abastecimiento, alteraciones en los ecosistemas y la agricultura, afecciones a la salud humana por el efecto de isla de calor y la contaminación atmosférica, etc.

<sup>56</sup> <http://cambioclimaticomurcia.carm.es/index.php/adaptacion-al-cambio-climatico-orcc/que-es-el-observatorio-regional-del-cambio-climatico>

<sup>57</sup> [http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/4C14FE9F-3D78-4BA9-BAD8-7FFB08469420/173466/Estrategia\\_Cambio\\_Climatico\\_Navarra\\_2010\\_2020.pdf](http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/4C14FE9F-3D78-4BA9-BAD8-7FFB08469420/173466/Estrategia_Cambio_Climatico_Navarra_2010_2020.pdf)

<sup>58</sup> <https://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=474325&IdDoc=546758>

<sup>59</sup> Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2006.

<sup>60</sup> Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático Proyecto ECCE. Informe final 2005.



El glosario del quinto informe de evaluación del IPCC define **impactos** como los efectos en los sistemas naturales y humanos. En la presente guía el término impacto se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos asociados al cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los fenómenos climáticos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos (IPCC, 2014)<sup>61</sup>.

Teniendo en cuenta la adaptación, este mismo documento diferencia entre impactos potenciales e impactos residuales, siendo los impactos potenciales aquellos que pueden ocurrir dada una proyección de cambio climático, sin tener en cuenta la adaptación (IPCC, 2014). Por su parte, los impactos residuales se definen como aquellos debidos al cambio climático que pueden ocurrir después de que las medidas de adaptación hayan sido implementadas (IPCC, 2007)<sup>62</sup>.

En el capítulo 2.2 se analizarán en profundidad la identificación y modelización de impactos potenciales a nivel local.

### 1.3. Opciones y oportunidades de financiación

Existen diversos instrumentos, tanto a nivel local como nacional e internacional, destinados a la financiación de la adaptación a los nuevos patrones climáticos, para la construcción de un territorio adaptado y resiliente. La gestión eficiente de los recursos disponibles pasa necesariamente por la coordinación institucional multinivel.

#### A nivel local

La puesta en marcha de un Plan Local de Adaptación al Cambio Climático, como cualquier otra iniciativa de política pública, cuenta con varias vías para su financiación. La vía más directa es contar con una partida específica en el presupuesto del gobierno local, para la puesta en marcha de las medidas de adaptación. Pero hay otras:

- A través de los ingresos provenientes de tasas por servicios municipales, impuestos, cuotas, o la inclusión de aspectos ambientales en el sistema impositivo municipal.
- Ayudas y subvenciones para la reducción de emisiones y su canalización hacia la adaptación.
- Recursos gestionados conjuntamente a través de alianzas con el sector privado (asociaciones público-privadas).
- Subvenciones otorgadas por el sector académico y las organizaciones para capacitación e investigación.
- Alianzas territoriales con otros municipios para compartir el coste de las inversiones.

<sup>61</sup> IPCC. (2014). Part B final draft IPCC WGII AR5. Impact, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects.

<sup>62</sup> IPCC. (2007). Final Draft IPCC WGII AR4. Impact, Adaptation and vulnerability

## A nivel internacional, europeo y nacional

Las instituciones financieras internacionales, salvo excepciones, dedican un apoyo limitado a la adaptación al cambio climático, en especial en áreas urbanas, dada la incertidumbre asociada a las proyecciones climáticas en relación a los costes de las medidas.

En la Unión Europea (UE) son varios los mecanismos compatibles con la financiación de la adaptación al cambio climático. Los programas Horizonte 2020<sup>63</sup>, LIFE de Medio Ambiente y Acción por el Clima, instrumento de financiación del medioambiente de la UE<sup>64</sup>, proporcionan un apoyo significativo a los Estados miembros, las regiones y las ciudades para invertir en programas y proyectos de adaptación, sobre todo en el marco de las prioridades de inversión dedicados a la adaptación..

En particular el Programa LIFE tiene como objetivo contribuir a la implementación, modernización y desarrollo de la política y legislación medioambiental de la UE, mediante la cofinanciación de proyectos on valor añadido europeo. El Subprograma de Acción por el Clima del programa LIFE cuenta con tres áreas prioritarias para la aplicación de subvenciones: mitigación, adaptación y gobernanza. Entre los objetivos específicos de este instrumento se encuentran:

- Promover la sensibilización en materia climática y la educación para el desarrollo sostenible.
- Favorecer la comunicación, gestión y difusión de información en el ámbito del clima y facilitar el uso compartido de conocimientos sobre soluciones y prácticas climáticas de éxito.
- Promover y contribuir a mejorar el cumplimiento efectivo y la ejecución de la legislación de la UE en materia de clima, en particular mediante el fomento del desarrollo y la difusión de mejores prácticas y nuevos enfoques políticos.
- Promover una mejor gobernanza climática y fomentar la participación de las partes interesadas, incluidas las organizaciones no gubernamentales (ONG) en las consultas sobre las políticas y en la implementación de las mismas.

La CE ha incluido la adaptación al cambio climático en sus prioridades de financiación para los programas de operativos de la UE para el periodo 2014-2020. En particular, el Marco Financiero Plurianual 2014-2020 (MFP)<sup>65</sup>, tiene como objetivo aumentar el gasto en clima hasta, al menos, un 20% del presupuesto de la UE.

<sup>63</sup> IPrograma Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea. <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

<sup>64</sup> Instrumento financiero de la Unión Europea dedicado, de forma exclusiva, al medio ambiente. <http://ec.europa.eu/environment/life/>

<sup>65</sup> El Marco Financiero Plurianual (MFP) establece los importes máximos anuales («techos») que la UE puede gastar en distintos ámbitos políticos («partidas»), durante un período de tiempo no inferior a cinco años. El MFP es una expresión de las prioridades políticas y una herramienta de planificación presupuestaria, puesto que en él se precisa cuánto y en qué sectores invertirá la UE a lo largo de siete años.



Uno de los objetivos de la Política Agraria Común<sup>66</sup> es la intensificación de la acción medioambiental. Los Fondos Europeos Agrícolas de Garantía (FEAGA) obligan a los agricultores y ganaderos que pretendan percibir los pagos correspondientes al pago básico a que realicen prácticas beneficiosas para el medio ambiente y el clima. FEADER propugna en la prioridad 4 de su propuesta de reglamento, la preservación y mejora de los ecosistemas dependientes de la agricultura y la silvicultura, incluyendo la biodiversidad, el suelo y los recursos hídricos. La prioridad 5 promueve la eficiencia de los recursos y alienta el paso a una economía hipocarbónica, capaz de adaptarse a los cambios climáticos en el sector agrícola, alimentario y silvícola.

El Fondo Europeo Marítimo y de Pesca<sup>67</sup> señala que la adaptación al cambio climático constituye uno de los objetivos transversales a tener en cuenta en materia de financiación de los programas. Este fondo prevé seis prioridades de financiación, de las cuales la cuarta y la quinta se relacionan con el eje del Tercer Programa del PNACC. Como ejemplo, la prioridad 4 destaca medidas para reducir el impacto de la pesca en el medio ambiente, la protección de la biodiversidad y los ecosistemas marinos y la promoción de la eficiencia de los recursos. La prioridad 5 se refiere a medidas para la mejora de la gestión del agua en acuicultura, entre otras.

La Comisión Europea (CE) explora nuevas maneras de acomodar algunos gastos de inversión de la adaptación, tales como la co-financiación del gasto de la UE en la evaluación de los programas de estabilidad y convergencia.

Por otra parte, instituciones financieras como el Banco Europeo de Inversiones<sup>68</sup> y el Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo<sup>69</sup> son compatibles con las medidas de adaptación. Para más información sobre posibles fuentes de financiación consultar Climate-ADAPT<sup>70</sup> y el III Programa de trabajo 2014-2020 (PNACC, 2014<sup>71</sup>).

<sup>66</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/politica-agricola-comun/pagos-y-ayudas-de-la-pac/>

<sup>67</sup> Fondo Europeo Marítimo y de Pesca. [http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/emff/index\\_es.htm](http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/emff/index_es.htm)

<sup>68</sup> [http://europa.eu/about-eu/institutions-bodies/eib/index\\_es.htm](http://europa.eu/about-eu/institutions-bodies/eib/index_es.htm)

<sup>69</sup> <http://www.ebrd.com/home>

<sup>70</sup> <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

<sup>71</sup> [http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3PT-PNACC-enero-2014\\_tcm7-316456.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3PT-PNACC-enero-2014_tcm7-316456.pdf)

## Financiación de las regiones ultra periféricas en Europa: el Plan de Acción de la Estrategia Europa 2020 de Canarias

El artículo 349 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) dispone que deberán adoptarse medidas específicas que contemplen la situación estructural, social y económica de las regiones ultra periféricas (RUP), caracterizadas por una serie de rasgos tales como son su lejanía, insularidad, superficie reducida, relieve o vulnerabilidad frente al cambio climático, que perjudican gravemente su desarrollo.

De esta forma, según se establece en el reglamento nº1303/2013<sup>72</sup> sobre las disposiciones comunes a los fondos del Marco Financiero Plurianual para el periodo 2014-20, las regiones ultra periféricas deberán beneficiarse de medidas específicas, y de una financiación adicional, en los diferentes fondos, para compensar las desventajas derivadas de los factores a los que se refiere el artículo 349 del mencionado tratado.

La comunicación de la Comisión Europea COM (2012) 287 final<sup>73</sup> expone la estrategia de desarrollo que ha de acompañar a las RUP en el cumplimiento de las prioridades de la Estrategia EUROPA 2020, y que se estructura en cinco ejes: accesibilidad, competitividad, integración regional, dimensión social y cambio climático. En este marco, Canarias, como RUP, ha elaborado su Plan de Acción, en el cual la adaptación al cambio climático se integra de forma transversal en sus objetivos y acciones<sup>74</sup>.

Cabe mencionar igualmente los programas operativos de Canarias y Baleares 2014-2020<sup>75</sup> así como el Programa Operativo de Cooperación Territorial Madeira-Azores-Canarias (POMAC) 2014-2020<sup>76</sup>.

<sup>72</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0320:0469:ES:PDF>

<sup>73</sup> “Las regiones ultra periféricas de la Unión Europea”: hacia una asociación en pos de un crecimiento inteligente, sostenible e integrador”.

<sup>74</sup> Plan de Acción de la Estrategia Europa 2020 en Canarias. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/policy/themes/outmost-regions/pdf/canarias\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/policy/themes/outmost-regions/pdf/canarias_es.pdf)

<sup>75</sup> [http://www.gobiernodecanarias.org/opencms8/export/sites/hacienda/dgplani/galeria/PO\\_FSE\\_CANARIAS\\_2014-2020.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/opencms8/export/sites/hacienda/dgplani/galeria/PO_FSE_CANARIAS_2014-2020.pdf)  
<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST31ZI201930&id=201930>

<sup>76</sup> [http://www.pct-mac.org/FCKeditor/UserFiles/File/PROGRAMA%202014-2020/MAC%2014-20\\_180515\\_%20V1.2.pdf](http://www.pct-mac.org/FCKeditor/UserFiles/File/PROGRAMA%202014-2020/MAC%2014-20_180515_%20V1.2.pdf)



## 1.4. Fuentes de datos

Son muchas y de diversa índole las plataformas y portales que albergan datos e información sobre el cambio climático, a distintos niveles y escalas, como resultado de diversos proyectos e iniciativas, y sería no solo ambicioso por nuestra parte, sino inútil, tratar de abarcarlas todas.

Aquellas que, bajo nuestro punto de vista, ofrecen datos más prácticos y accesibles, son las que se resumen a continuación.

A nivel internacional, el Banco Mundial ofrece acceso gratuito y abierto a un amplio conjunto de datos sobre el desarrollo en países de todo el mundo. Su Portal de Conocimientos sobre el Cambio Climático<sup>77</sup> es un pilar central de información que ofrece datos e informes relacionados con esta temática en todo el mundo. En este portal se pueden consultar datos, crear mapas, comparar experiencias, llevar registros y resumir información clave sobre el clima y temas relevantes a nivel de país.

El IPCC dispone de un Centro de Distribución de Datos, de libre acceso y que provee datos estadísticos y alfanuméricos de variables climáticas, socio-económicas y medioambientales, tanto de series históricas como de valores proyectados en escenarios futuros<sup>78</sup>.

Cabe mencionar el proyecto CORDEX<sup>79</sup>, que trabaja con Modelos Climáticos Regionales con una resolución de 12 x 12 km, bajo las nuevas Trayectorias de Concentración Representativas (conocidas con el acrónimo RCP) del quinto informe de evaluación del IPCC. Para la comunidad mediterránea existe la iniciativa Med-Cordex<sup>80</sup>.

A nivel nacional la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)<sup>81</sup> proporciona información numérica y gráfica de proyecciones regionalizadas del cambio climático para el siglo XXI, correspondiente a diferentes escenarios de emisión.

Además, existen otra serie de plataformas como la iniciativa Climate Impact Research & Response Coordination for a Larger Europe (CIRCLE)<sup>82</sup>, que proporciona una base de datos europea, llamada INFOBASE<sup>83</sup>, sobre proyectos de Adaptación al Cambio Climático. En ella se pueden encontrar alrededor de 1.000 proyectos de 18 países, con información a escala nacional y regional.

<sup>77</sup> <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/>

<sup>78</sup> En el portal del IPCC se pueden obtener los datos climáticos del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC 4AR. Se trata de proyecciones para todo Europa con una resolución de 25 x 25 km bajo los escenarios A1B, A2 y B1, conocidos con el acrónimo SRES. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_other.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_other.shtml)

<sup>79</sup> <http://cordex.dmi.dk/>

<sup>80</sup> <http://www.medcordex.eu/>

<sup>81</sup> [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio\\_climat](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat)

<sup>82</sup> <http://www.circle-era.eu/np4/home.html>

<sup>83</sup> <http://infobase.circle-era.eu/>

Por otra parte, la Plataforma Europea de Adaptación al Cambio Climático, Climate-Adapt<sup>84</sup> es una iniciativa de la Comisión Europea que posibilita acceder y compartir información principalmente sobre vulnerabilidad de regiones y sectores al cambio climático, estrategias de adaptación nacional y transnacional y herramientas de apoyo a la planificación, ofreciendo además casos de estudio concretos de adaptación.

A nivel nacional existe la plataforma AdapteCCa<sup>85</sup>, que permite acceder e intercambiar información, conocimientos y experiencias sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España.

Las fuentes de datos locales y regionales son sumamente importantes y requieren una especial atención dada la relevancia de los **datos climáticos históricos y posibles eventos extremos o catástrofes del pasado**. Estos datos pueden aportar una valiosa información, tanto del comportamiento de nuestro sistema biofísico a nivel local, como de la propia gestión que se realizó de tales eventos o infortunios, y aprender tanto de las buenas experiencias, como de nuestros errores.

---

84 <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

85 <http://www.adaptecca.es/>



## 2. Cómo identificar las necesidades de adaptación

Al profundizar en la literatura especializada en cambio climático, corremos el riesgo de perdernos entre multitud de términos y conceptos, empleados de diferentes formas y con diversas acepciones, en función de la disciplina de la que provengan, lo que puede llevarnos, naturalmente, a confusión.

Las guías y documentos de apoyo disponibles en la actualidad para la elaboración de estrategias y planes de adaptación al cambio climático, si bien son similares en su estructura, difieren muchas veces en su aproximación conceptual y metodológica.

Y es que la falta de un consenso en el mundo académico ha llevado a la proliferación de diversas formas de afrontar un mismo problema, sin perjuicio de que estas sean más o menos acertadas. Tradicionalmente, dos perspectivas o escuelas han ido evolucionando y convergiendo en el análisis de los efectos del cambio climático y la adaptación:

- La aproximación a la evaluación de los efectos del cambio climático desde el riesgo ha sido generalmente física, cuantitativa y probabilística, basada en la evaluación de pérdidas y valorización económica de los daños causados por una determinada amenaza o amenazas.
- Desde la perspectiva de la vulnerabilidad, los efectos del cambio climático se evalúan como la propensión o predisposición de un sistema dado a verse afectado por una amenaza. Se trata de una aproximación generalmente cualitativa y cuantitativa en la que se consideran las dimensiones física, ambiental, social, económica, cultural e institucional de un sistema socio-ecológico potencialmente afectado.

Paulatinamente, ambas escuelas han ido acercando posturas. Desde el mundo del riesgo se ha entendido que abordar los riesgos del cambio climático pasa, inevitablemente, por incorporar los temas sociales y de gestión institucional a la fórmula. Es lo que en el mundo académico se ha venido a llamar la “construcción social del riesgo”. Del mismo modo, desde el mundo de la vulnerabilidad, se han percatado de la imperante necesidad de incorporar evaluaciones más cuantitativas en pro de una mejor gestión de la incertidumbre. Y es en este punto donde la vulnerabilidad y el enfoque probabilístico del riesgo convergen.

Incluso en el seno del IPCC, desde su creación, se han producido debates en lo que concierne al análisis de los efectos del cambio climático, que se reflejan de manera manifiesta en la evolución de los conceptos de vulnerabilidad y riesgo en los últimos años. Si bien el cuarto informe de evaluación del IPCC (AR4, 2007) hacía una apuesta por la evaluación de la vulnerabilidad como eje central del análisis de los efectos del cambio climático, el quinto informe de evaluación (AR5, 2014) pone el énfasis en la integración de la vulnerabilidad y el riesgo.

Independientemente de las escuelas, hay una serie de aspectos que han de evaluarse cualquiera que sea la aproximación metodológica por la que hayamos optado. Estos podrían clasificarse en:

- Factores externos: variabilidad climática y eventos climáticos extremos.
- Factores internos: sensibilidad y capacidad de adaptación de aquello que está expuesto a una determinada amenaza, evento o impacto.

Y combinando estos factores analizamos el riesgo como función de la probabilidad de ocurrencia de un evento y su impacto, de acuerdo a la vulnerabilidad del sistema afectado.

Ya hemos destacado y argumentado la importancia de la caracterización del territorio, para ver cómo podemos vernos afectados por ciertas amenazas y establecer mecanismos de adaptación y políticas efectivas, orientadas bien a la disminución de la exposición y de la sensibilidad, o bien al fortalecimiento de nuestra capacidad de respuesta.

Partiendo de la idea de que existen, como hemos visto, varios puntos de entrada para el análisis de los efectos del cambio climático, la secuencia analítica que se presenta en este documento está en línea con el esquema propuesto por el grupo de trabajo II en el quinto informe de evaluación del IPCC y toma como eje central el análisis de la vulnerabilidad y del riesgo.

La secuencia analítica de esta guía se compone principalmente de tres niveles:

- **Nivel 1:** Análisis de eventos climáticos y ajuste de los escenarios climáticos a la escala local.
- **Nivel 2:** Modelización de impactos y estudios locales.
- **Nivel 3:** Evaluación de la vulnerabilidad local y los riesgos del cambio climático.

La figura 1 muestra la relación entre los niveles de análisis propuestos y el esquema conceptual del quinto informe de evaluación del IPCC.

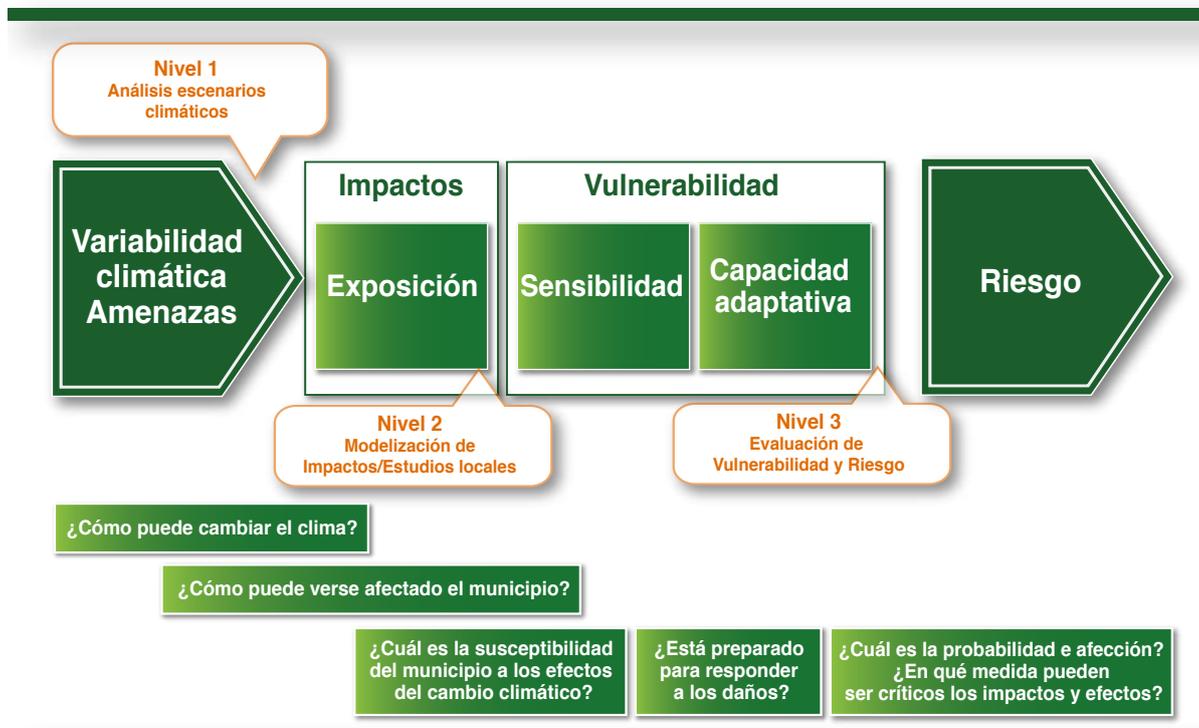
Figura 1. ▽ Modelo conceptual para la evaluación de los efectos del cambio climático de acuerdo al quinto informe de evaluación del IPCC.



○ Fuente: Elaboración propia, partiendo del quinto informe de evaluación del IPCC, 2014 Technical Report, Figura [TS.1]. Tecnalia, 2015.



Figura 2. ▽ Secuencia analítica para el análisis de los efectos del cambio climático a escala local.



🔍 Fuente: Elaboración propia. Tecnalia 2015.

## 2.1. Análisis de los escenarios climáticos

Y Partimos de la asunción de que el cambio climático tiene un origen fundamentalmente antropogénico, causado por el incremento de las emisiones de sustancias potencial y radiativamente activas<sup>86</sup>, principalmente gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles, cuya concentración ha alterado y continúa haciéndolo, los mecanismos de regulación en la atmósfera y cambiando el comportamiento de las variables climáticas (IPCC, 1990; IPCC 1995; IPCC 2001; IPCC 2007; IPCC, 2014)<sup>87</sup>.

Para tratar de predecir los cambios en el comportamiento de tales variables climáticas, los científicos han desarrollado tres herramientas fundamentales, que interactúan y se complementan:

- Los escenarios de emisiones y de concentración;
- Los modelos climáticos;
- Las proyecciones y escenarios climáticos.

Los escenarios de emisión y concentración se utilizan como entrada a los modelos climáticos para el cálculo de las proyecciones y los escenarios climáticos. Veamos, a continuación, cada uno de ellos.

<sup>86</sup> Relativo a la radiación. Radiativo hace referencia a cualquier cambio en la radiación (calor) entrante o saliente de un sistema climático.

<sup>87</sup> IPCC First Assessment Report FAR Primer informe de evaluación, 1990; IPCC Second Assessment Report SAR Segundo informe de evaluación, 1995; IPCC Third Assessment Report TAR Tercer informe de evaluación, 2001; IPCC Fourth Assessment Report AR4 Cuarto informe de evaluación, 2007; IPCC Fifth Assessment Report AR5 Quinto informe de evaluación, 2014.

## Los escenarios de emisiones y de concentración

De acuerdo al IPCC, son una representación plausible de la evolución futura de las emisiones de GEI y aerosoles, basada en un conjunto de supuestos coherentes e internamente consistentes, sobre las fuerzas motrices que favorecen el incremento de dichas emisiones (como el desarrollo demográfico y socioeconómico o el cambio tecnológico) y sus interrelaciones. Pueden llamarse también “**escenarios radiativos de emisión**”.

En el quinto informe de evaluación del IPCC se han definido cuatro escenarios, denominados “**Trayectorias de Concentración Representativas**” (RCP)<sup>88</sup>. Estos escenarios incluyen series temporales de emisiones y concentraciones del conjunto de GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como los usos de suelo y la cubierta vegetal. Cada RCP proporciona uno de los muchos escenarios posibles que podrían dar a lugar a características específicas del forzamiento radiativo<sup>89</sup>. Contemplan los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones, representando igualmente posibles evoluciones socio-económicas sin restricciones en las emisiones.

## Los modelos climáticos

Son representaciones del sistema climático que simulan las interacciones de la atmósfera, los océanos, el relieve terrestre y el hielo. Se utilizan para el estudio de la dinámica de los sistemas climático y meteorológico, y en la realización de proyecciones del clima futuro y ayudan a predecir el comportamiento de las **variables climáticas**, lo que permite identificar impactos directos, indirectos y sectoriales derivados de su variabilidad. Estos modelos pueden tener diversos grados de complejidad o, dicho de otra manera, a cada componente del sistema climático se le puede aplicar una jerarquía de modelos diferente.

Los modelos climáticos pueden ser globales o regionales. El IPCC ha ido proporcionado **Modelos Climáticos Globales** (GCM por sus siglas en inglés), que han ido evolucionando, tanto en resolución como en cobertura, a lo largo de los diversos informes de evaluación publicados.

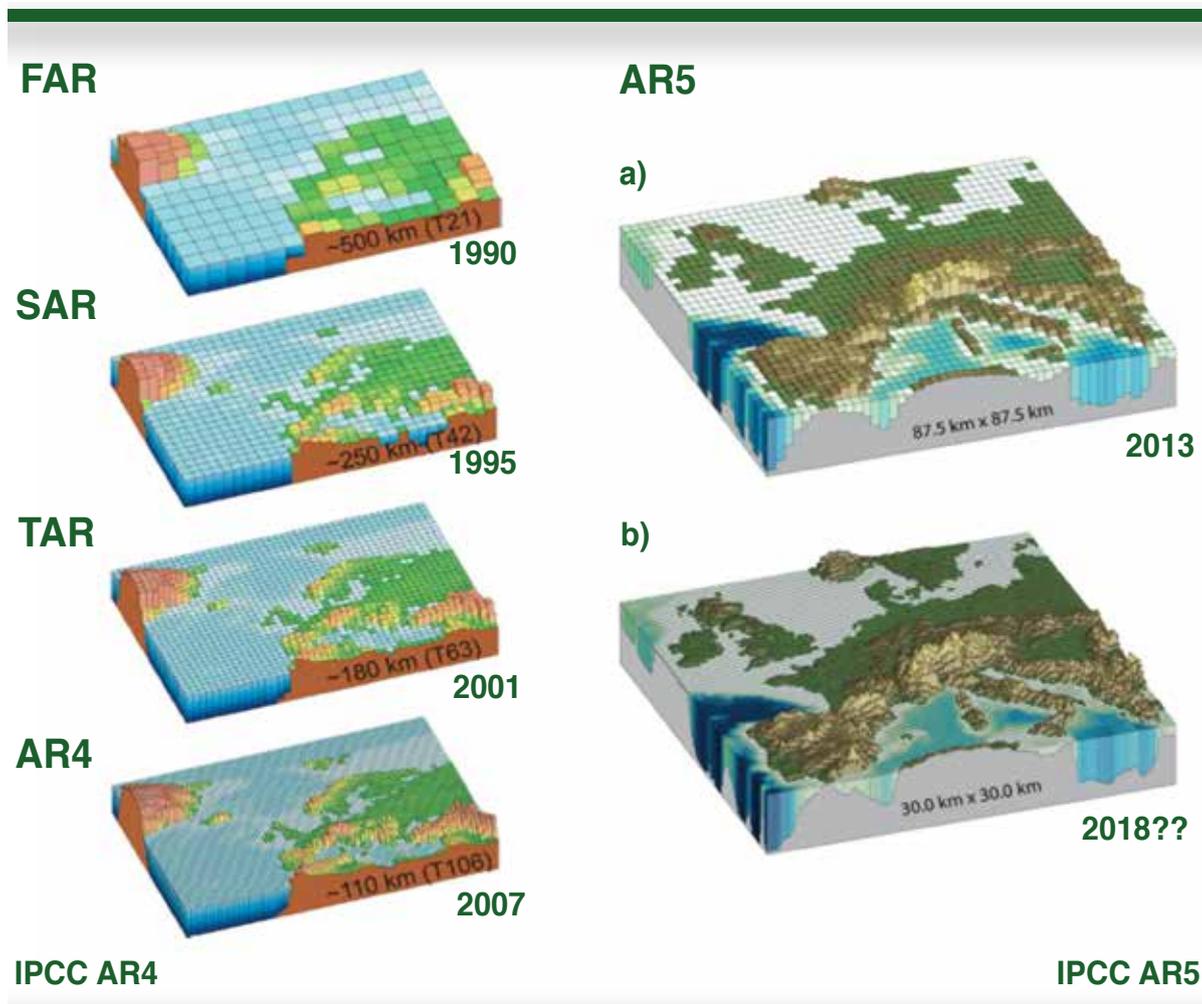
Como se observa en la figura 3, la resolución de los modelos se ha ido incrementando desde los 500 km del primer informe de evaluación (FAR) hasta los 30 km del quinto y más reciente informe. A día de hoy, los modelos globales abarcan 15 zonas del planeta que se muestran en la figura 4.

<sup>88</sup> Representative Concentration Pathways, en inglés.

<sup>89</sup> El forzamiento radiativo (FR) cuantifica el cambio en los flujos de energía originados por variaciones en la acción de estos agentes. Glosario del Grupo de Trabajo I en el quinto informe de evaluación del IPCC 2014.

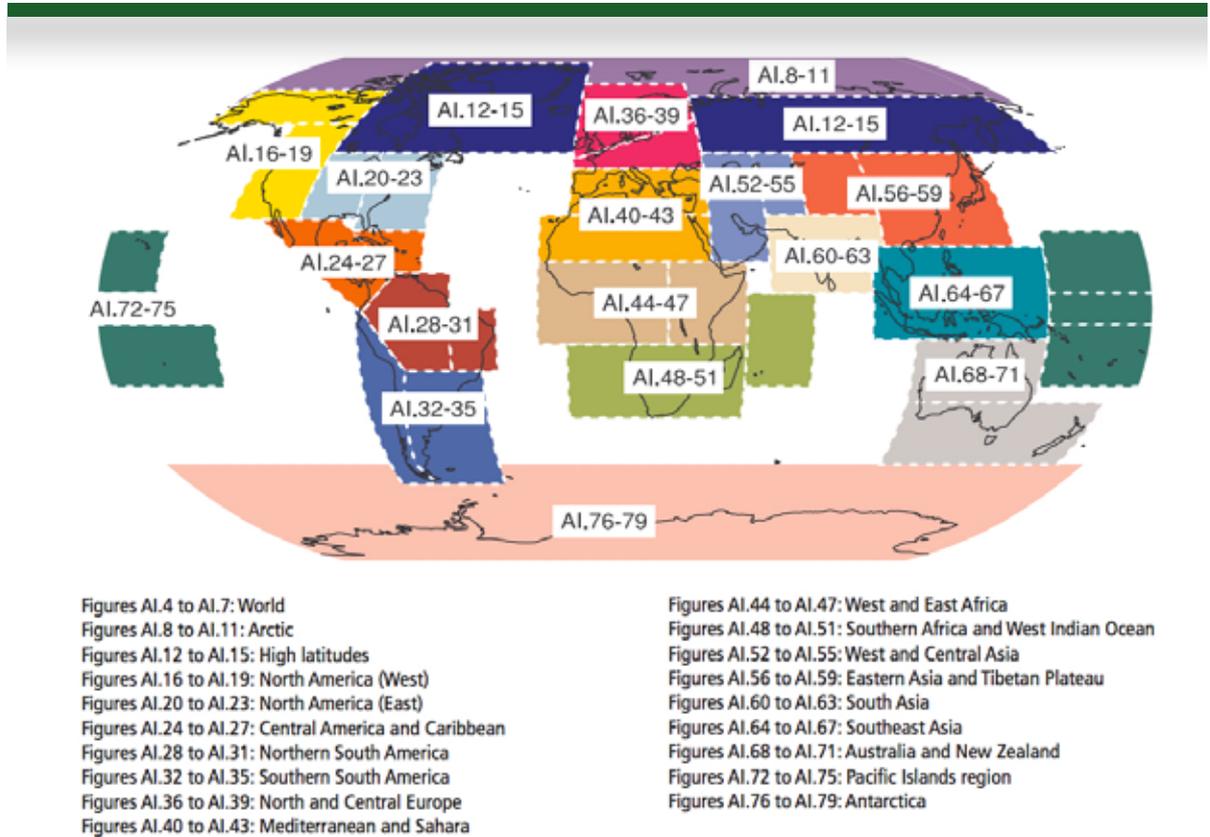


Figura 3. ▽ Evolución de la resolución en los modelos globales del IPCC.



▣ Fuente: Adaptado por Tecnalia, 2014. FAR= IPCC First Assessment Report - Primer informe de evaluación; SAR= IPCC Second Assessment Report - Segundo informe de evaluación; TAR= IPCC Third Assessment Report - Tercer informe de evaluación; AR4= IPCC Fourth Assessment Report - Cuarto informe de evaluación; AR5= IPCC Fifth Assessment Report - Quinto informe de evaluación.

Figura 4. ▽ Regiones cubiertas por los modelos globales actuales del IPCC.



○ Fuente: [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_AnnexI\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_AnnexI_FINAL.pdf).



Los **Modelos Climáticos Regionales** (RCM por sus siglas en inglés) son modelos de última generación, más complejos y completos que los proporcionados por el IPCC, tanto por el número de variables e interrelaciones incluidas en el modelo, como por la mayor resolución espacial que ofrecen.

## Las proyecciones climáticas y escenarios climáticos

Las **proyecciones climáticas** son la respuesta simulada del sistema climático a un escenario de emisiones y concentración de GEI y aerosoles, a partir de modelos climáticos. Las proyecciones pueden ser globales o regionales, dependiendo del tipo de modelo climático en el que estén basadas.

**Proyecciones climáticas = Escenarios de emisiones y concentración + Modelos climáticos**

Se ha trabajado principalmente desde las siguientes iniciativas:

- ENSEMBLES<sup>90</sup>: Se trata de un conjunto de modelos y proyecciones climáticas, con una resolución de 25 km x 25 km, contruidos a partir de los escenarios de emisión y concentración del cuarto informe de evaluación del IPCC.
- CORDEX<sup>91</sup>: Se trata de un conjunto de modelos climáticos y proyecciones, con una resolución de 12 km x 12 km, contruidos a partir de los nuevos RCP del quinto informe de evaluación del IPCC.

Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones climáticas por su dependencia al escenario radiativo de emisión/concentración utilizado, que está, a su vez, basado en hipótesis relativas a los futuros desarrollos socioeconómicos y tecnológicos, y que pueden o no cumplirse.

El IPCC define **escenario climático** como una representación plausible, y a menudo simplificada, del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. A diferencia de las proyecciones climáticas, los escenarios climáticos incorporan información acerca del clima observado en un momento determinado.

Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

<sup>90</sup> EMSEMBLES Proyecto de investigación del séptimo programa marco de la UE. <http://www.ensembles-eu.org/>

<sup>91</sup> Cordex CoOrdinated Regional climate Downscaling Experiment. <http://www.euro-cordex.net/>

## Cómo hacer uso de los modelos climáticos y proyecciones climáticas para el análisis de los efectos del cambio climático a escala local

Podemos distinguir tres aproximaciones principales para el análisis de las series climáticas obtenidas de los modelos y proyecciones climáticas a escala local:

### 1. Uso de los datos proporcionados por los modelos globales o regionales de alta resolución o resolución variable

Los datos de variables climáticas pueden obtenerse directamente, extrayendo la información, correspondiente a nuestra zona de estudio de los modelos climáticos globales o regionales disponibles<sup>92</sup>.

Sin embargo, esta opción no es recomendable, ya que puede conllevar desviaciones significativas. La resolución proporcionada por los modelos climáticos globales suele ser insuficiente para representar las peculiaridades de la realidad local.

### 2. Regionalización y calibración de modelos

En términos de valores absolutos, las simulaciones para el análisis de los efectos del cambio climático son poco realistas para la escala local, y por ello es necesario aplicar algún tipo de regionalización (Moncho, 2012)<sup>93</sup>. Las técnicas de regionalización<sup>94</sup> consisten en el ajuste de los datos obtenidos de modelos globales o regionales, a través de métodos estadísticos, con el fin de proporcionar una salida más detallada como insumo para los estudios de impactos regionales y locales (ver figura 5) (González-Aparicio, 2012)<sup>95</sup>.

Debido a la baja resolución espacial de los modelos regionales del clima, variables como la orografía, los usos del suelo o el contraste tierra-agua, en una región pequeña pueden estar distorsionadas. Tomando como ejemplo el caso del País Vasco, el valor del punto más alto que identifica el modelo regional ENSEMBLES-rt3 para esta región está en torno a 800 m, si bien sabemos que el punto más alto del País Vasco se encuentra en Aitxuri (Gipuzkoa) a 1.600 m. Por esa razón se estima que la correspondencia entre los puntos de malla de los modelos climáticos regionales y los observados es muy débil.

Una forma de regionalización sería el cotejo de las salidas de los modelos y proyecciones regionales disponibles con los datos empíricos de las estaciones meteorológicas locales, es decir, a través de las observaciones (Moncho et al., 2014)<sup>96</sup>. Este ajuste o corrección se denomina calibración y requiere una exhaustiva recopilación de los datos meteorológicos históricos de las estaciones de observación, que han de ser depurados para detectar errores, huecos, interrupciones en las series, etc., y, en la medida de lo posible, poder así representar de la forma más fehaciente el clima de la zona.

<sup>92</sup> Por ejemplo, ejecutando archivos formato en netCDF, con Climate Data Operator.

<sup>93</sup> Moncho, R. (2012): Nuevos modelos de probabilidad de la precipitación: Aplicación a España, y en particular, al País Vasco. Tesis Doctoral, Facultat de Física, Universitat de València.

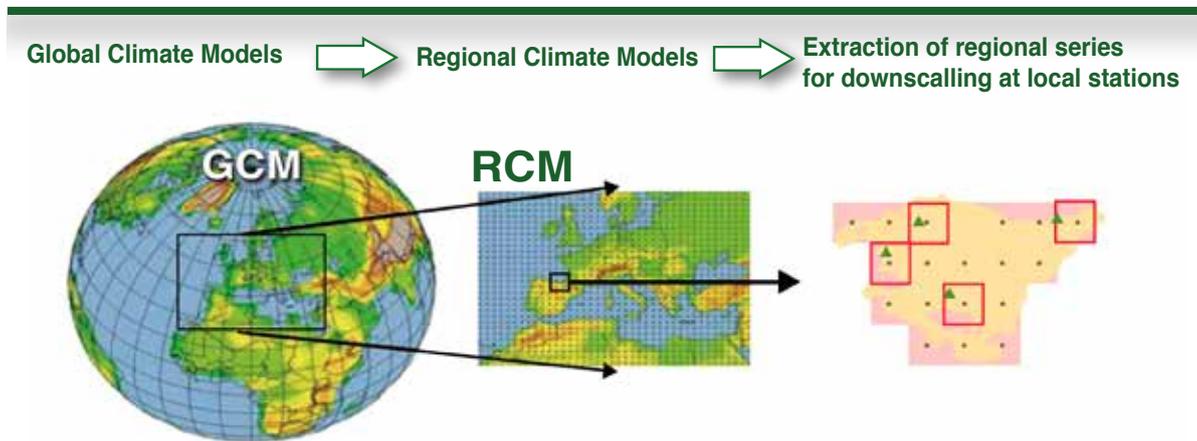
<sup>94</sup> En la literatura se puede encontrar el término downscaling adoptado del inglés.

<sup>95</sup> González-Aparicio, I. (2012). Air quality and meteorological modelling of urban areas in the context of climate change. PhD. Department of Applied Physics II, University of the Basque Country.

<sup>96</sup> González-Aparicio, I. (2012). Air quality and meteorological modelling of urban areas in the context of climate change. PhD. Department of Applied Physics II, University of the Basque Country.



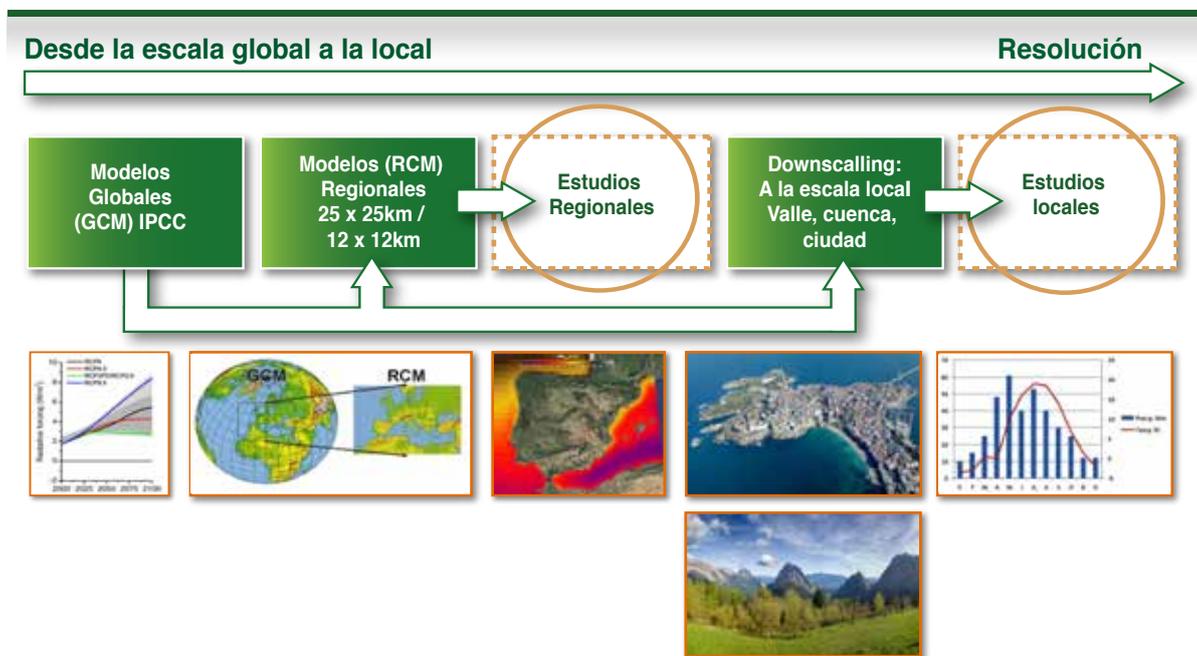
Figura 5. ▽ Extracción de series regionales por regionalización a estaciones locales.



▲ Fuente: González-Aparicio, 2012<sup>97</sup>.

Además, existen varias metodologías para medir la bondad de ajuste o sesgo entre las observaciones y los modelos climáticos, siendo el resultado unas proyecciones más realistas y ajustadas a las características locales.

Figura 6. ▽ Proceso de regionalización para el estudio de impactos locales.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia 2014.

<sup>97</sup> Moncho, R.; Caselles, V.; Chust, G. (2014): Probabilistic correction of RCM precipitation in the Basque Country (Northern Spain). Theoretical and Applied Climatology, 117: 317-329. DOI: 10.1007/s00704-013-1008-8.

### 3. Análisis de tendencias en las series climáticas y cálculo de índices climáticos

Por último, el análisis de las series climáticas se puede realizar basándose en índices estadísticos que cuantifican anomalías en la amplitud, frecuencia y duración de los eventos extremos, así como a través de tendencias. En muchas ocasiones el análisis de extremos climáticos es sumamente importante, ya que son estos, más que los cambios en magnitudes medias, los que tienen un impacto mayor en la sociedad, en términos de pérdidas materiales y humanas. Para ello, es posible trabajar con una serie de índices estandarizados y ampliamente utilizados que fueron definidos durante el proyecto Europeo EU-FP5 STARDEX, así como con índices básicos recomendados por el Equipo de Expertos de CCI/CLIVAR para “Climate Change Detection Monitoring and Índices” (ETCCDMI).

Estos índices proveen información relativa a:

- Duración de periodos cálidos y fríos,
- Temperaturas estacionales máximas durante el verano y mínimas durante el invierno,
- Índices relacionados con los eventos extremos (precipitaciones extremas, sequías), o bien la precipitación anual que sirve de indicador de disponibilidad de recursos.

Ha de tenerse en cuenta que la formulación de estos índices requiere herramientas de programación o software específico para su cálculo.

Ha de considerarse también que la realización de calibraciones o ajustes de sesgo de salidas de modelos regionales así como la elaboración de índices climáticos puede realizarse para un mismo caso, es decir, que son aproximaciones compatibles y complementarias. A la hora de analizar escenarios de cambio climático es posible que se requiera de ayuda externa ofrecida por entidades especializadas, en cualquier caso, para establecer el tipo de estudio a realizar, es importante conocer que se deben definir con antelación las siguientes cuestiones:

- Cuál es el uso que vamos a hacer de los datos, si se trata de contar con información sobre tendencias para tomar decisiones basadas en una valoración cualitativa del riesgo, o si van a ser utilizados para realizar algún tipo de modelización de impactos según se explica en el apartado siguiente (2.2). Los requerimientos de la información necesaria en cada caso pueden ser diferentes.
- Basado en lo anterior, qué variables climáticas queremos analizar (temperatura y precipitación son las más habituales pero pueden incluirse otras), si necesitamos valores medios o extremos, con datos diarios, mensuales, estacionales o anuales.
- Para qué periodos y horizontes temporales queremos analizar las proyecciones y tendencias climáticas. Un ejemplo habitual en estudios recientes es considerar tres periodos: 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100.



- Finalmente, cuáles son los RCP y modelos a utilizar, ya que los resultados que ofrecen suelen tener una variabilidad importante. Los RCP dan resultados más o menos extremos en función de que sean más o menos conservadores en cuanto a las proyecciones de emisiones y concentraciones GEI. Asimismo, los diferentes modelos disponibles, por ejemplo en el marco de CORDEX, pueden ofrecer resultados que se ajusten mejor o peor según el municipio a estudiar. En cualquier caso, independientemente de la selección realizada, es conveniente analizar la horquilla de valores entre diferentes modelos y RCP.

**A lo largo de 2016 estará disponible a través de AdapteCCa un portal de proyecciones climáticas regionalizadas para toda España que permitirá obtener datos, sin ajuste de sesgo, a diferentes escalas desde comunidades autónomas hasta municipios.**

## 2.2. Impactos potenciales y su modelización

La definición y desarrollo de los objetivos de un Plan Local de Adaptación tiene sus cimientos en una identificación preliminar de los impactos potenciales a los que un municipio puede verse expuesto, así como de los ámbitos de actuación que se estiman, a priori, más vulnerables.

Con este propósito, y a partir de una exhaustiva revisión bibliográfica, se ha elaborado “ad hoc” para esta guía una matriz para la caracterización de los municipios, en función de estos criterios genéricos:

- los impactos potenciales del cambio climático a los que están expuestos y
- los sectores, medios y ecosistemas potencialmente afectados.

La matriz de caracterización trata de exponer de forma sintética:

- los cambios provocados por los **estímulos climáticos** en las regiones climáticas peninsulares<sup>98</sup> (ver ejemplo en tabla 1). Para cada medio o ecosistema se ha identificado una serie de cambios provocados por los estímulos climáticos, para los cuales se muestran las tendencias observadas y proyectadas, diferenciadas para la región atlántica y la mediterránea de la península ibérica, y tomando como referencia los datos proporcionados en el informe sobre impactos y vulnerabilidad del grupo de trabajo II en el cuarto informe de evaluación del IPCC de 2007, en el quinto de 2014 y en el tercer programa de trabajo del PNACC de 2014.
- **los impactos potenciales** locales asociados a estos estímulos climáticos (ver ejemplo en tabla 2):
  - sobre siete **medios y ecosistemas**: atmósfera, medio hídrico, suelo, ecosistema terrestre y biodiversidad, ecosistema costero y estuarios, medio y ecosistema marino y criosfera.
  - de forma diferenciada por doce sectores productivos o de actividad: biodiversidad y ecosistemas, energético e industrial, suministro de agua, infraestructuras/transporte, agrícola, forestal, ganadero, pesquero, turismo, seguros, salud y medio urbano.

<sup>98</sup> Las insulares macaronésica y mediterránea tienen un tratamiento diferenciado, no incluido en la matriz.

El cruce de los cambios observados y proyectados en los medios y ecosistemas propuestos con los sectores de actividad dan como resultado una propuesta de impactos potenciales.

Esta matriz de caracterización se adjunta en el anexo 1 del presente documento.

**Otros criterios que pueden condicionar los objetivos, recursos y proceso de un Plan Local de Adaptación.**

**Extensión y localización geográfica.** Condiciona la exposición a determinadas amenazas e impactos:

- Zona climática,
- Costa, interior, montaña,
- Insularidad.

**Tamaño y estructura de la población.** Determina la necesidad de servicios, exposición, sensibilidad de la población y capacidad de respuesta:

- Tasa de envejecimiento,
- Tasa migratoria,
- Población estable o estacional (asociada al turismo, por ejemplo, u otro tipo de actividad productiva o lúdica/ cultural/ deportiva)

**Carácter y vocación productiva.** Determina la importancia de los sectores expuestos:

- Municipio rural o urbano,
- Municipio de cabecera/ en conurbación/ pertenencia a mancomunidades, etc.

**Estructura, morfología urbana y accesibilidad.** Determina la vulnerabilidad.

**Gobernanza y modelo de gestión.** Determina la capacidad de respuesta:

- Recursos disponibles: brigadas forestales, voluntarios, planes de emergencias, inundaciones
- Histórico de eventos climáticos,
- Existencia de espacios estables de participación / asociaciones/ consorcios, etc.



Tabla 1. ▽ Diferenciación de estímulos y tendencias climáticas en distintos medios para la zona atlántica y mediterránea de la península ibérica.

MEDIO ECOSISTEMA	CAMBIOS	ESTÍMULOS											TENDENCIAS					
		CLIMÁTICOS											NO CLIMÁTICOS		Región Mediterránea		Región Atlántica	
		Aumento de la temperatura	Temperatura Extrema	Tendencia sequía	Variación Precipitación	Precipitación extrema	Aumento nivel mar	Aumento temperatura del mar	Acidificación del mar	Corbatura de nieve	Fertilización del CO <sub>2</sub>	Usos del suelo	Cobertura vegetal	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas	
ATMÓSFERA	Gases de efecto invernadero en la atmósfera.	●													▲	▲	▲	▲
	Aumento de la temperatura.	●	●												▲	▲	▲	▲
	Variación régimen de precipitaciones.				●									▼	▼	▲	○	
	Precipitación extrema.				●									▲	▲	▲	▲	
	Olas de calor.		●											▲	▲	▲	▲	
	Número de días con heladas.			●										▼	▼	▼	▼	
	Fuertes marejadas.						●							○	○	○	▲	
Contaminación atmosférica por ozono.										●			▲	▲	▲	▲		
MEDIO HÍDRICO	Aumento de eventos de inundación y zonas inundables.					●	●					●	●	○	▲	▲	▲	
	Aumento de las situaciones de sequía.		●	●								●	●	○	▲	○	▲	
	Disminución de los recursos hídricos.			●	●		●					●	●	▼	▼	○	▲	
	Cubierta de hielo de lagos y ríos.	●		●										▼	▼	▼	▼	
SUELO	Retención de agua en el suelo.										●		n.d	▼	n.d	▼		
	Variaciones en la reserva de carbono del suelo y masas forestales.	●	●	●	●	●					●	●	n.d	n.d	n.d	n.d		
	Erosión hídrica del suelo.		●		●	●					●	●	n.d	n.d	n.d	n.d		
ECOSISTEMA TERRESTRE Y BIODIVERSIDAD	Cambios de los ciclos vegetativos y pautas fenológicas de la flora.	●	●	●	●	●				●	●		▲	▲	▲	▲		
	Alteraciones en el fenología animal y cambios en la distribución de especies animales.	●	●	●	●	●				●	●	●	▲	▲	▲	▲		
	Aparición de especies invasoras y plagas.	●											n.d	n.d	n.d	n.d		
	Aumento de la evapotranspiración de la vegetación.	●		●	●								n.d	n.d	n.d	n.d		
ECOSISTEMA COSTERO Y ESTUARIOS	Aumento de inundaciones por subida del nivel del mar.					●	●						n.d	▲	n.d	▲		
	Retroceso de playas y humedales.						●						▲	▲	▲	▲		
	Avance de la cuña salina.						●						?¿	?¿	?¿	?¿		
	Erosión de acantilados y línea costera.						●						?¿	?¿	?¿	?¿		
MEDIO Y ECOSISTEMA MARINO	Alteraciones tróficas y fenológicas del ecosistema marino.							●	●				n.d	n.d	▲	▲		
	Migraciones de especies hacia el norte.							●					n.d	n.d	▲	n.d		
	Expansión de algas tóxicas y especies invasoras.							●	●				?¿	?¿	?¿	?¿		
CRIOSFERA	Cobertura de nieve.	●	●	●									▼	▼	▼	▼		
	Disminución de la capacidad de carga de los pastos de montaña.	●	●	●	●								?¿	?¿	?¿	?¿		
	Desplazamiento altitudinal de la vegetación.												?¿	?¿	?¿	?¿		

● Posible ▼ Disminución ▲ Aumento ○ Estable n.d Sin dato ?¿ Se desconoce

▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalía, 2014. Adaptado de la contribución del Grupo de Trabajo II al AR4 IPCC, 2007: Europe Climate Change 2007: Impacts and Vulnerability; AR5 IPCC, 2014; 3º Programa de Trabajo, PNACC, 2014.

**Tabla 2. ▽ Diferenciación de impactos potenciales locales asociados a los cambios que ejercen los estímulos climáticos sobre distintos medios y ecosistemas de forma diferenciada por sectores productivos o de actividad. Ejemplo en los sectores biodiversidad y ecosistemas, energético e industrial y suministro de agua.**

MEDIO ECOSISTEMA	CAMBIOS	ESTÍMULOS										TENDENCIAS				SECTORES		
		CLIMÁTICOS					NO CLIMÁTICOS					Región Mediterránea		Región Atlántica		Biodiversidad y ecosistemas	Energético e industrial	Suministro de agua
		Aumento de la T° Extrema	Tendencia sequía	Variación Precipitación	Precipitación extrema	Aumento nivel mar	Aumento E2-V17 la T° del mar	Acidificación del mar	Cobertura de nieve	Fertilización del CO <sub>2</sub>	Usos del suelo	Cobertura vegetal	Observadas	Proyectadas	Observadas			
ATMOSFERA	Gases de efecto invernadero en la atmósfera.	●										●	●	●	●			
	Aumento de la temperatura.	●	●									●	●	●	●			Alteración en la demanda eléctrica.
	Variación régimen de precipitaciones.			●								○	○	○	○			Sector Hidroeléctrico. Estrés hídrico en sistemas de refrigeración e industrias con gran consumo de agua.
	Precipitación extrema.			●								●	●	●	●			Consumo pico de la electricidad. Disminución de eficiencia de máquinas y motores.
	Olas de calor.	●										●	●	●	●			Consumo pico de la electricidad. Disminución de eficiencia de máquinas y motores.
	Número de días con heladas.			●								●	●	●	●			
	Fuertes marejadas.				●							○	○	○	○			Daños en instalaciones. Exposición de almacenamiento de gas en costas.
	Contaminación atmosférica por ozono.											●	●	●	●			
	Aumento de eventos de inundación y zonas inundables.				●							○	○	○	○			Daños en instalaciones. Alteración de la calidad del agua.
	Aumento de las situaciones de sequía.			●								○	○	○	○			Daños en las instalaciones. Cortes en el suministro.
MEDIO HÍDRICO	Disminución de los recursos hídricos.			●							●	●	●	●				Incremento consumo de electricidad. Disminución de eficiencia de máquinas y motores.
	Cubierta de hielo de lagos y ríos.	●										●	●	●	●			Alteración al sector hidroeléctrico. Estrés hídrico en sistemas de refrigeración e industrias con gran consumo de agua.
												●	●	●	●			

● Posible    ● Disminución    ● Aumento    ○ Estable

**Fuente:** Elaboración propia. Tecnalia, 2014. Adaptado de la contribución del Grupo de Trabajo II al AR4 IPCC, 2007: Europe Climate Change 2007: Impacts and Vulnerability, AR5 IPCC, 2014; 3º Programa de Trabajo, PNACC, 2014.



## El ámbito insular

Los dos archipiélagos españoles, por sus especificaciones socioeconómicas y biogeográficas (enmarcados en dos regiones diferenciadas como son la macaronésica y la mediterránea), demandan un tratamiento específico en relación al cambio climático que se recoge en el Tercer Programa de Trabajo del PNACC, si bien habían sido insuficientemente tratados en el primer y segundo programas<sup>99</sup>. Para el desarrollo de los trabajos de evaluación de impactos y vulnerabilidad al cambio climático del PNACC es imprescindible la estrecha colaboración y coordinación con las unidades responsables de las respectivas administraciones regionales y/o locales insulares.

Algunos ámbitos de trabajo y líneas de actividad específicos para las islas pueden ser:

- Desarrollo de escenarios climáticos regionalizados específicos para las islas, considerando las características y fenómenos propios de la insularidad, como son las tormentas tropicales o los episodios de calimas por intrusión de polvo sahariano.
- Evaluación de impactos, vulnerabilidad y posibles medidas de adaptación en el sector del turismo, así como en los sistemas y recursos vinculados al mismo.
- Evaluación de impactos, vulnerabilidad y posibles medidas de adaptación en materia de salud pública, con especial atención a las enfermedades tropicales.
- Evaluación de impactos, vulnerabilidad y posibles medidas de adaptación en los sectores primarios propios de los territorios insulares, en especial la agricultura y la pesca, en favor de la sostenibilidad.
- Evaluación de impactos, vulnerabilidades y posibles medidas de adaptación en los recursos hídricos, biodiversidad, bosques y suelos, propios de territorios insulares.
- Evaluación de impactos, vulnerabilidades y posibles medidas de adaptación frente a las tormentas tropicales, inundaciones e incendios forestales.

<sup>99</sup> Tercer Programa de Trabajo 2014-2020. Apartado 5.3.1. OECC, 2014 [http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3PT-PNACC-enero-2014\\_tcm7-316456.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3PT-PNACC-enero-2014_tcm7-316456.pdf)

## Modelización de impactos y estudios locales

Según se refleja en el esquema conceptual del ciclo de análisis de la vulnerabilidad y el riesgo (ver figura 2), los resultados de los estudios climáticos regionales, incluida la calibración y ajuste de sesgo con datos de estaciones locales, son el input para la modelización de impactos o estudios locales.

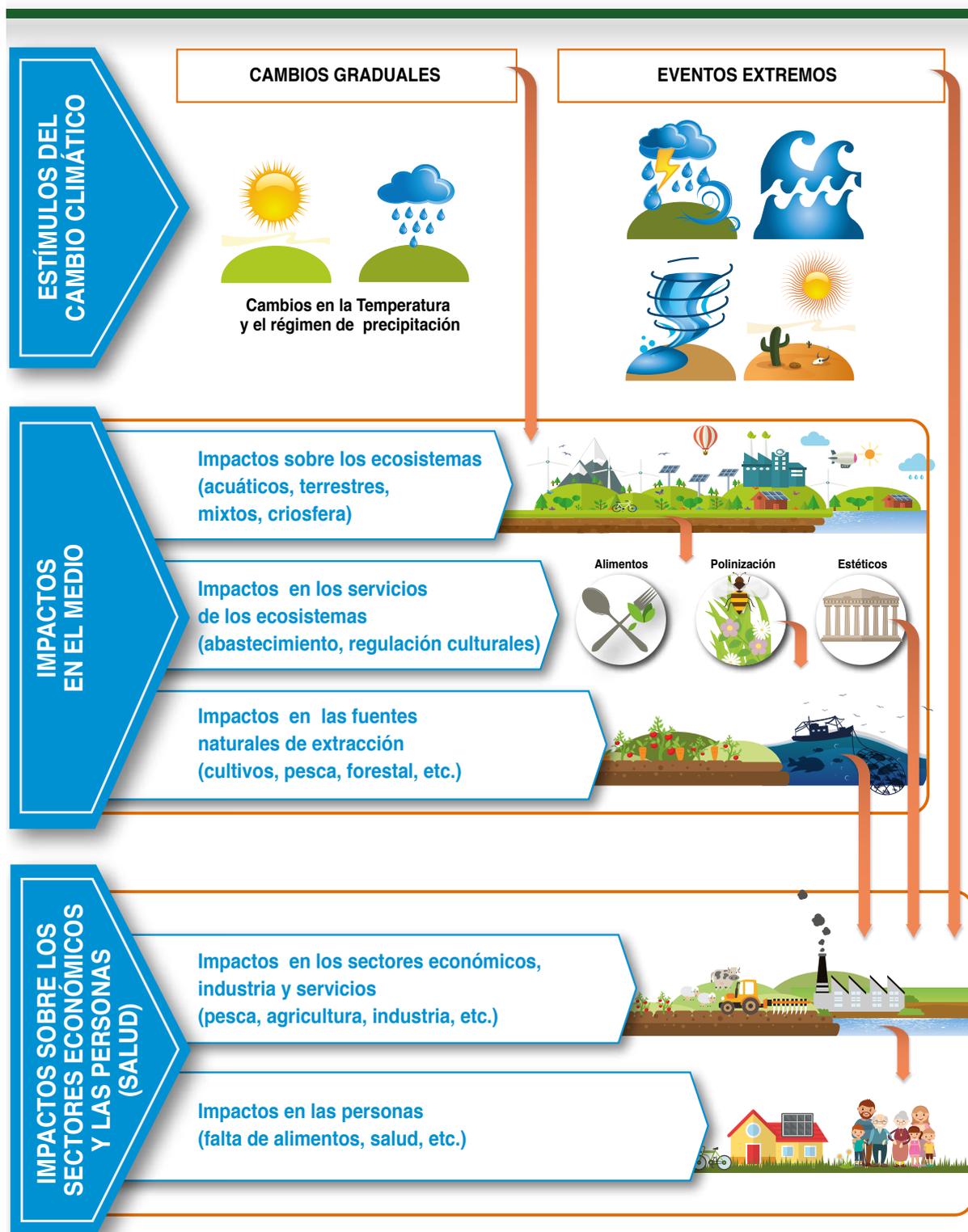
Existen muchas aproximaciones y herramientas de modelización, por lo que es importante hacer una selección de aquellas que mejor respondan a nuestras necesidades. Para ello podemos basarnos en la identificación preliminar de los impactos potenciales pues nos permitirá definir qué sectores, elementos o componentes del sistema local requieren de un análisis más detallado y frente a qué amenazas, puesto que normalmente la modelización de impactos se realiza para un solo receptor (nicho ecológico de cultivos por ejemplo) o una sola amenaza (como inundaciones). Otros criterios a considerar a la hora de seleccionar los modelos son: recursos necesarios (requerimientos de software, hardware y de personal), necesidad de datos (calidad, cantidad de datos requeridos para el modelo), precisión (fiabilidad de los resultados), resolución, horizonte y periodo temporal, versatilidad, potencial conexión o vínculo con otros modelos, código abierto (si es o no necesario contar con licencias de uso), transferibilidad, etc.

Para estimar la magnitud del efecto del cambio climático en las amenazas, receptores o sectores analizados, es necesario lo que en la jerga del cambio climático se denomina forzar la modelización de impacto con las proyecciones climáticas. Es decir incorporar a modelos que están calibrados y funcionan bajo condiciones actuales las proyecciones de variables climáticas para generar escenarios futuros de la amenaza o los receptores afectados.

Para definir qué tipo de modelización de impactos realizar es importante comprender que la problemática del cambio climático es un fenómeno global con una manifestación y repercusión multiescalar llegando a lo local. En esa transición de lo global a lo local tiene incidencia sobre distintos medios y sectores que están vinculados entre sí. La figura 7 ilustra algunos aspectos de los efectos en cascada del cambio climático.



Figura 7. ▽ Efectos en cascada del cambio climático.

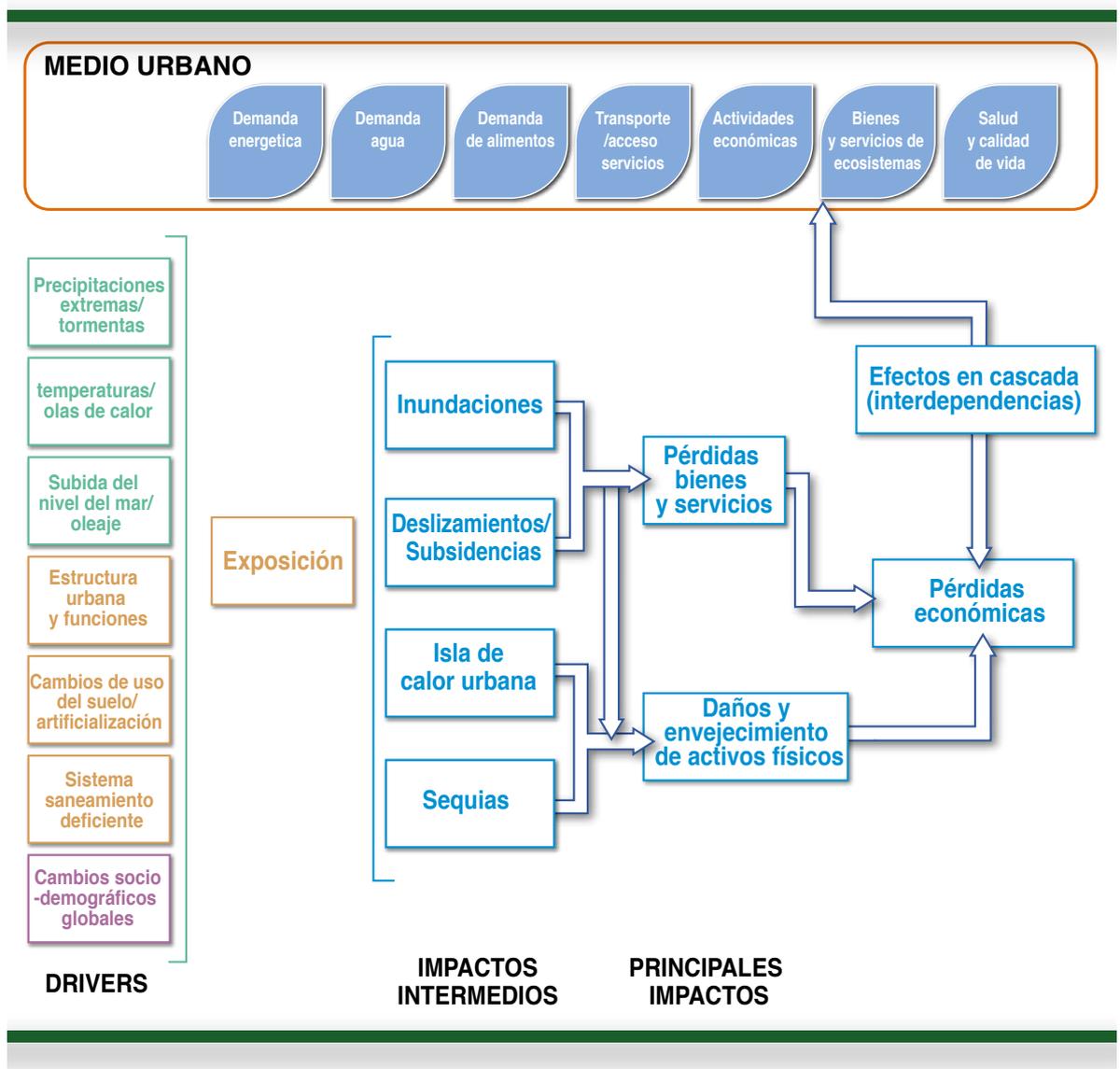


▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia 2014.

A la hora de estudiar los impactos locales, en la medida de lo posible se debe considerar los efectos en cascada del cambio climático. Se recomienda realizar un mapa del sistema o del sector de forma que se dibuje la relación entre la problemática del cambio climático y los componentes del sistema o sector. El mapa de sistemas consiste en la identificación de estímulos (climáticos y no climáticos) que generan impactos en cada sector, con lo que se detectan las necesidades de modelización (figura 8).

En el ejemplo del medio urbano construido se detecta la necesidad de realizar modelizaciones de más de un impacto (inundaciones, deslizamientos, efecto de isla de calor), de las cuales se obtendrán resultados como, por ejemplo, el cambio en el área inundable y la severidad de la inundación (altura y velocidad de la lámina de agua), que se deben utilizar para delimitar el área expuesta y poder calcular así la vulnerabilidad y el riesgo.

Figura 8. ▽ Mapa de sistemas del Medio Urbano construido.



▣ Fuente: Elaboración propia .Tecnalia 2014.



Estos mapas de sistema que describen las cadenas de impacto pueden servir para identificar con precisión qué modelización de impactos es necesaria. En la tabla 3 se incluyen algunos ejemplos de modelos, el tipo de impactos que analizan y resultados que ofrecen. En cualquier caso, los mapas de sistemas y cadenas de impacto pueden ser un input suficiente para realizar valoraciones cualitativas de vulnerabilidad en caso de que no se realicen modelización de impactos.

**Tabla 3. ▽ Modelos de impactos asociados a los efectos del cambio climático.**

Tipos de modelos	Ejemplos	Estudios locales
Modelización hidrológica: se trata, por un lado, de modelos físicos, conceptuales e híbridos y, por otro, de modelos distribuidos o semi-distribuidos	SIMPA, Mike She, Mike 11, WaSIM, SWAT, TETIS, Hec, etc.	Estudio de sequías hidrológicas. Mapas de inundación pluvial. Mapas de inundación fluvial. Cambios en recursos hídricos. Cambios en la cantidad de sedimentos suspendidos.
Modelización de la subida del nivel del mar y oleaje.	Datos LIDAR; Modelos de circulación oceánica 3-D; Modelos de dinámica de glaciares.	Mapas de inundación costera, Estado de retroceso de playa, *Un modelo digital del terreno de alta resolución mejora el resultado.
Modelización de recursos marinos.	Relaciones estadísticas entre las condiciones climáticas y los organismos (afección del cambio de la temperatura del agua, pH, radiación solar, etc.).	Estudios del cambio en la composición de especies, variabilidad en la biomasa, etc. para estimar la productividad y disponibilidad de recursos marinos.
Modelos espaciales de ecosistemas terrestres naturales: modelización de nichos ecológicos y distribución de especies en las condiciones ambientales futuras.	Bioclim, Domain, Garp, Maxent, etc.	Distribución potencial de la vegetación, Índice de invasión de especies alóctonas.
Modelos espaciales de sistemas agrarios: modelización de respuestas de los cultivos ante cambios en las condiciones climáticas.	STICS, DSSAT, etc.	Rendimiento de cultivos.
Modelos energéticos de producción, consumo y demanda.  Modelos de eficiencia energética en edificios.	Modelos de suministro/ demanda.	Cambios en la producción energética, cambios en la demanda y consumo energético, cambios en la eficiencia energética de edificios.
Modelos espaciales urbanos: Representaciones de las funciones y procesos que generan la estructura espacial urbana en términos de uso de suelo, población, empleo y transporte.	Modelos de usos de suelo, modelos de dinámica urbana, modelos basados en agentes, autómatas celulares, micro simulación, modelos de impacto medioambiental.	Cambios de uso de suelo. Impactos sobre infraestructuras y servicios urbanos. Impactos por sectores.
Modelos espaciales de transporte.	Acoplados a modelos urbanos.	Efectos del CC en las infraestructuras de transporte (por amenazas derivadas del CC).
Modelos de clima urbano y calidad del aire, espaciales micro-meso escala.	UrbClim, Enviro-Hiram, Envi-Met, etc.	Efecto de isla de calor. Contaminación atmosférica (PM10).

▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia, 2014.

## 2.3. Evaluación de la vulnerabilidad local

En la sección anterior hemos respondido a la pregunta **¿A qué impactos está expuesto mi municipio?**

En esta sección responderemos a la pregunta **¿Qué me hace vulnerable?**, orientada a conocer las características intrínsecas del territorio que recibirá ese impacto. Y es que la caracterización, en virtud de la sensibilidad y capacidad adaptativa de aquello que está expuesto, es vital a la hora de determinar el riesgo y la magnitud de los daños del cambio climático.

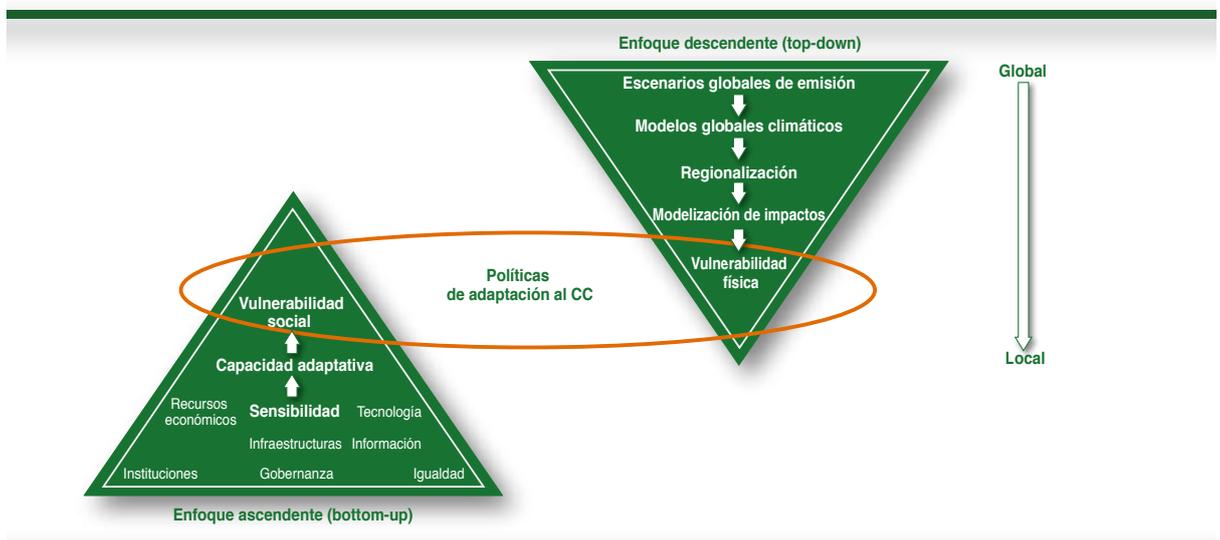
Hemos de partir de la base de que la vulnerabilidad no es una característica que pueda ser directamente medible, como pueda serlo la temperatura o la precipitación, sino que es un concepto que expresa las complejas interacciones entre los diversos factores que determinan la sensibilidad de un sistema ante los impactos potenciales del cambio climático, y su capacidad de responder y adaptarse a los mismos.

Existen diferentes aproximaciones metodológicas para abordar la evaluación de la vulnerabilidad a nivel local, y se distinguen, principalmente, dos perspectivas o enfoques bien diferenciados:

- **Enfoque descendente** (referido en la literatura como “top-down”).  
Se incluyen en este enfoque herramientas para la predicción causa-efecto, en las que se parte de la elaboración de escenarios de cambio climático, proyecciones y regionalización de modelos climáticos, como insumo para la elaboración de modelos biofísicos de predicción de impactos y vulnerabilidades locales, para la toma de decisiones de adaptación. Está ligado al concepto de lo que podríamos denominar “**vulnerabilidad física**”.
- **Enfoque ascendente** (referido en la literatura como “bottom-up”).  
Este enfoque, diferenciado con el anterior, pone el énfasis en las condiciones sociales y socio-económicas, pasadas y presentes, para comprender la vulnerabilidad y las opciones de adaptación futura. En este caso estaríamos hablando de lo que se ha llamado “**vulnerabilidad social**”.

Ambos enfoques se muestran esquemáticamente en la figura 9.

**Figura 9. ▽ Enfoques en la evaluación de la vulnerabilidad en el contexto del cambio climático y su rol en la definición de políticas de adaptación.**



◻ Fuente: Adaptada de Dessai y Hulme, 2004.



En esta guía hemos apostado por un enfoque integrado para abordar la evaluación de los efectos del cambio climático en la definición de políticas de adaptación, en el que ambas perspectivas convergen y se complementan (Dessai y Hulme, 2004)<sup>100</sup>, y en el que han de considerarse tanto aspectos biofísicos como sociales, socio-económicos e institucionales, como se muestra en la figura 9.

### 2.3.1. Construcción del modelo de evaluación

Existen tres aproximaciones en la construcción del modelo de evaluación de la vulnerabilidad de un sistema, frente a una amenaza dada:

- 1. Espacial/ estructural:** Se distinguen una o varias unidades de análisis, bien sea el municipio en su conjunto u otras unidades menores, tales como distritos, barrios, secciones censales, etc., y se evalúa la vulnerabilidad de cada unidad de análisis, frente a una amenaza dada, sobre una o varias dimensiones<sup>101</sup>.
- 2. Sectorial/ funcional:** Se aborda la evaluación de la vulnerabilidad desde una perspectiva funcional, de los sectores productivos y de actividad potencialmente expuestos a una determinada amenaza, sobre una o varias dimensiones, considerando el municipio en su conjunto- incluidas sus redes y sistemas de gestión.
- 3. Híbrida:** Es una aproximación que combina las anteriores y es la que más se utiliza generalmente, en la que se definen unidades espaciales de análisis o sectores actuales y/o futuros, y se evalúa la vulnerabilidad ante una amenaza sobre una o varias dimensiones.

**En función del objetivo de nuestro análisis y los distintos atributos** que apliquemos a una evaluación de vulnerabilidad podemos distinguir entre evaluaciones exploratorias y focalizadas. Veamos a continuación cada una de ellas.

Las **evaluaciones exploratorias** podríamos describirlas como aquellas que cubren diversos temas y áreas espaciales o sectores, utilizan datos de tendencias climáticas futuras muy groseros y, en general, información de baja resolución. Este tipo de evaluaciones son relativamente poco costosas, pues no consumen gran cantidad de tiempo o recursos, emplean métodos de análisis principalmente cualitativos, basados en juicios de experto y no suelen generar información nueva, sino que manejan la documentación y datos ya existentes.

Una evaluación exploratoria podría servirnos de cribado, filtro o pre-selección<sup>102</sup> a la hora de:

- Definir qué tipo de impactos requieren una modelización local.
- Identificar unidades espaciales o sectores que, por sus características, han de ser analizados con mayor detalle (incluyendo más elementos en el análisis).

<sup>100</sup> Dessai, S., M. Hulme. 2004. Does climate adaptation policy need probabilities? *Climate Policy*. 4(2):107-128.

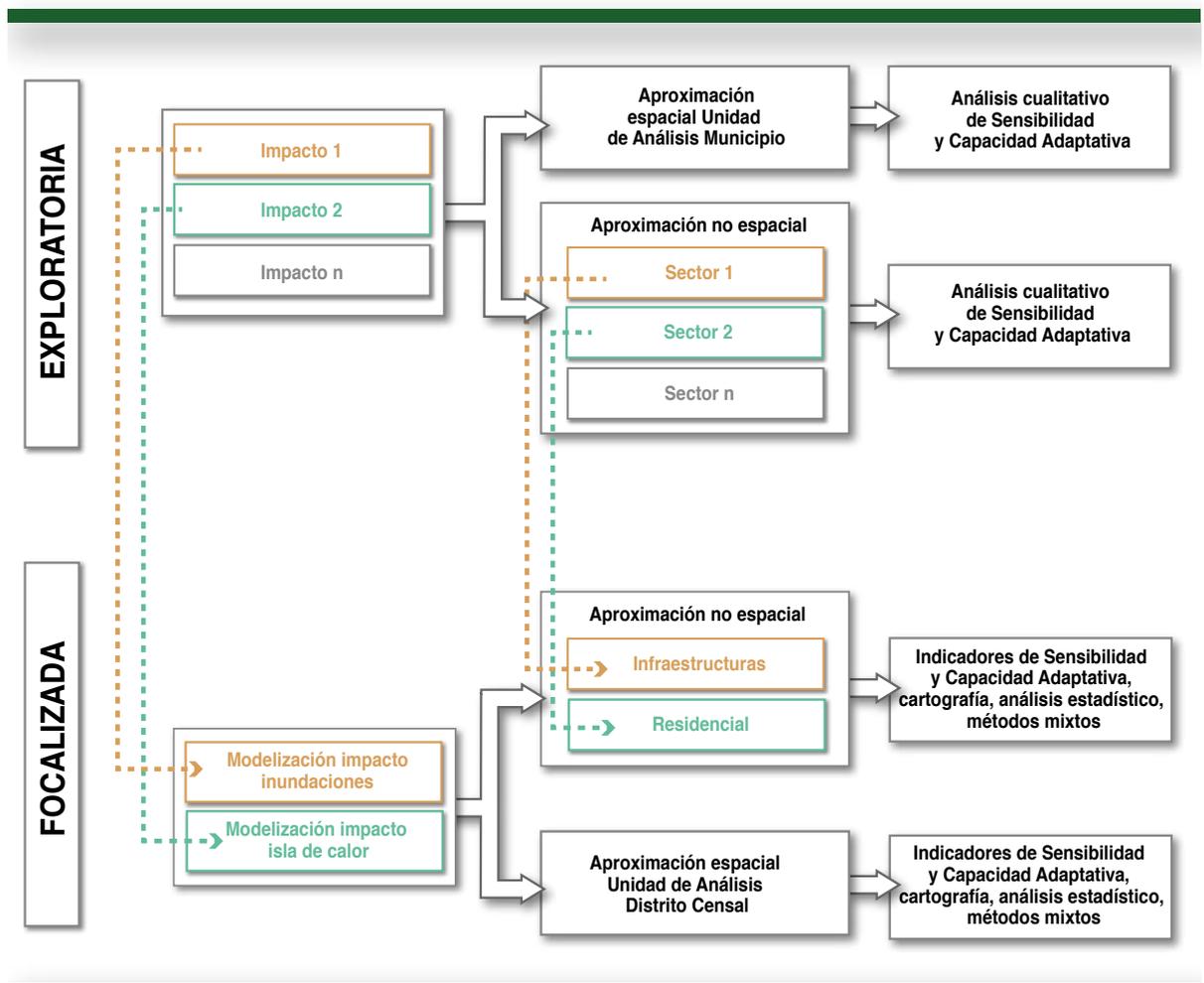
<sup>101</sup> Social, económica, física, medioambiental, cultural e institucional.

<sup>102</sup> En la literatura en inglés se utiliza la palabra "screening".

Sobre estos espacios o sectores prioritarios de actuación, y para los impactos modelizados, se realizarían posteriormente evaluaciones focalizadas, más precisas y pormenorizadas.

Las **evaluaciones focalizadas** son evaluaciones pormenorizadas, más detalladas y complejas que conllevan la implicación de varios agentes. Se centran en áreas espaciales, sistemas, unidades de análisis o sectores concretos. Consumen mayores recursos y tiempo, y los métodos y herramientas empleadas generan información precisa que puede ser utilizada para la definición de estrategias concretas de adaptación.

Figura 10. ▽ Ejemplo esquemático de un *screening* de vulnerabilidad utilizando en primer lugar una evaluación exploratoria, y una focalizada sobre los impactos, sectores y unidades de análisis prioritarios.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia. 2014.



La tabla 4 muestra una comparativa entre las evaluaciones exploratorias y focalizadas, en función de su enfoque espacial o sectorial, la temporalidad, el nivel de participación y los métodos de análisis que contempla, así como a las cuestiones a las que da respuesta.

Tabla 4. ▽ Comparativa entre evaluaciones exploratorias y focalizadas.

Atributos	Cuestiones	Exploratorias	Focalizadas
<b>Tema</b>	Qué tipo de impactos climáticos se contemplan.	Cubren varios impactos.	Uno o dos impactos evaluados. Por ejemplo: Vulnerabilidad a inundaciones. Vulnerabilidad a efecto isla de calor.
<b>Aproximación espacial</b>	Cuál es la unidad de análisis.	Unidades administrativas: regiones, provincias o municipios.	Unidades administrativas menores como distritos, barrios, sectores censales, o bien,  Unidades espaciales: ecosistemas, cuencas hidrográficas, unidades de paisaje.
	Cuántas entidades se analizan.	Varias comunidades.	Una o dos comunidades.
	Cuál es la resolución espacial.	Baja resolución >100 km x 100 km.	Alta resolución <25 km x 25 km.
<b>Aproximación no espacial</b>	Qué tipo de sectores se abordan.	Varios sectores socio-económicos.	Uno o dos sectores prioritarios, por ejemplo vulnerabilidad del turismo.
<b>Alcance temporal</b>	Cuál es el foco temporal de la evaluación.	Vulnerabilidad actual con horizonte temporal presente-2030-2060.	Vulnerabilidad actual o actual y futura frente a varios horizontes temporales: presente-2030;2031-2060, 2061-2100, etc.
<b>Participación</b>	Cuál es el grado de implicación de actores.	Bajo.	Alto nivel de implicación y compromiso tanto institucional como ciudadano.
<b>Métodos de análisis</b>	Qué métodos se utilizan para recabar la información requerida.	Métodos cualitativos, entrevistas con expertos, consulta de fuentes de datos ya disponibles, métodos mixtos cuantitativos y cualitativos.	Métodos cuantitativos, análisis estadísticos, modelización, indicadores, sondeos.
	Escenarios climáticos.	Series climáticas groseras. Escenarios globales regionalizados disponibles.	Calibración de escenarios regionalizados con series climáticas regionales, elaboración de estudios locales.
	Modelización de impactos.	No aplica.	Modelización de impactos a partir de estudios locales.
	Sensibilidad.	Datos cualitativos groseros, aproximaciones, valoración de experto.	Indicadores normalizados por cada elemento del sistema evaluado, ponderados y agregados para el cálculo de la vulnerabilidad.
	Capacidad adaptativa.	Datos cualitativos groseros, aproximaciones, valoración de experto.	Indicadores normalizados por cada elemento del sistema evaluado, ponderados y agregados para el cálculo de la vulnerabilidad.
	Riesgo.	No aplica.	Mapas de riesgos probabilísticos elaborados en función de la peligrosidad, la exposición y la vulnerabilidad; estimación de pérdidas.

🔍 Fuente: Elaboración propia. Tecnalia. 2014.

## 2.3.2. Métodos y herramientas para el cálculo de vulnerabilidad

### Indicadores de evaluación

Una vez tengamos claros los elementos que configuran nuestro modelo de evaluación, este debe ser construido sobre una aproximación multidimensional al sistema urbano.

Para ello, el primer paso es identificar todos los elementos que configuran las dimensiones social, económica, física, medioambiental, cultural e institucional, en nuestro municipio.

Una vez identificados estos elementos, el siguiente paso sería su evaluación, a través de indicadores que reflejen su sensibilidad y su capacidad adaptativa a los efectos asociados al cambio climático.

Los indicadores de evaluación constituyen una de las herramientas básicas en el cálculo de la vulnerabilidad.

Los indicadores de evaluación han de contemplar aspectos físicos tales como:

- la distribución espacial de las actividades económicas en el municipio según tipo de actividad económica,
- la distribución espacial de la población de acuerdo a su estructura (sexo, edad, ocupación),
- el acceso a los servicios públicos e infraestructuras,
- las características de la edificación (edad de los edificios, materiales, etc.) y
- la morfología urbana (orientación de las calles, estructura urbana), redes de infraestructuras, etc.

Y aspectos no físicos, como son la gestión del abastecimiento (energía, agua, saneamiento), el modelo de gestión urbana o el asociacionismo (ver figura 11).

Dependiendo de la finalidad de nuestro análisis, la información asociada a los indicadores de las variables de sensibilidad y capacidad de acogida asociados a cada elemento, en las distintas dimensiones consideradas, ha de ser tratada, ponderada e integrada de diversas formas y mediante diversos métodos de agregación para obtener un valor o valores de vulnerabilidad.

El reto, en todo caso, está en garantizar la legitimidad de nuestro enfoque, comprensión del análisis empleado y aceptación del resultado obtenido por parte de planificadores, tomadores de decisión y demás actores con intereses en el tema (ETC/CCA, 2012<sup>103</sup>; Nelitz et al., 2013)<sup>104</sup>.

<sup>103</sup> ETC/CAA, 2012. Urban Vulnerability Indicators. A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA. European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation.

<sup>104</sup> Nelitz M., Boardley S., Smith R., 2013. Tools for climate change vulnerability assessments for watersheds. Canadian Council of Ministers of the Environment.



Figura 11. ▽ Aproximación al cálculo de la vulnerabilidad.

Dimensiones	Capacidad adaptativa			
	Sensibilidad	Concienciación	Habilidad	Acción
MEDIO-AMBIENTAL	Servicios de los ecosistemas, zonas verdes, biodiversidad	Umbral e índices de servicios de los ecosistemas y biodiversidad, resiliencia		GOBERNANZA
ECONÓMICA	Empleo, precio del suelo, actividades económicas	Habilidades Percepción del riesgo	Habilidades Percepción del riesgo	PIB
FÍSICA	Edad edificios, suelo sellado, infraestructuras, morfología urbana	Patrones urbanos, tipo de infraestructuras		GOBERNANZA
SOCIAL	Estructura de población (sexo, edad, ocupación, grado dependencia, accesibilidad a servicios)	Educación Aptitudes Capital humano	Capacidad de respuesta	DEMOCRACIA Empoderamiento
CULTURAL	Patrimonio, oferta cultural, museos	Estado de conservación, diversificación de la oferta		GOBERNANZA

▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia. 2014.

Pueden distinguirse dos niveles de agregación, dependiendo de los elementos considerados:

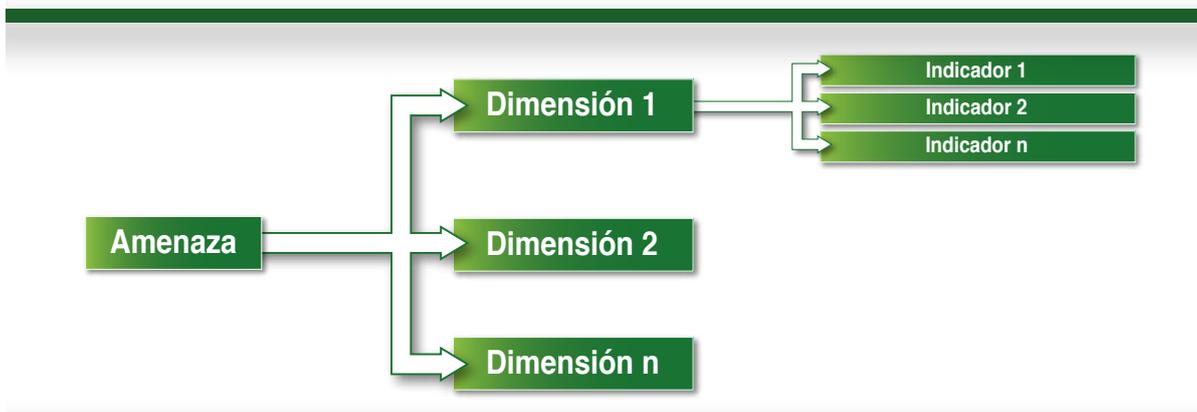
- Agregación de **primer nivel**, si nuestro objetivo es el cálculo de un único índice de vulnerabilidad (normalmente de una dimensión a una amenaza) a partir de los componentes de la vulnerabilidad, es decir de la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

Existen varios métodos para agregar los componentes de la vulnerabilidad. El quinto informe del IPCC (2014) propone la siguiente fórmula:

$V = f(\alpha \times S), (\beta \times AC)$  donde  $\alpha$  y  $\beta$  corresponden a los pesos asignados a los indicadores/variables de sensibilidad (S) y capacidad adaptativa (AC) respectivamente en su ponderación. No existe consenso sobre si la relación entre S y AC, ha de ser una sustracción o un cociente.

- Agregación de **segundo nivel**, que corresponde a la agregación de variables e indicadores o dimensiones/ amenazas. En la figura 12 se muestra un ejemplo de agregación de segundo nivel.

Figura 12. ▽ Ejemplo de agregación de segundo nivel.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia. 2014.

## Métodos de agregación de segundo nivel

El método más comúnmente utilizado es el **cálculo simple de la media**. Realizar una media supone asignar el mismo valor o peso a todos los indicadores, por lo que se asume que todos los componentes contribuyen de igual manera a la vulnerabilidad.

Sin embargo, las **medias ponderadas** asignan de forma arbitraria un peso a cada indicador, bien a través de la estadística (análisis de componentes principales, análisis de factores, Monte Carlo, Kolmorov-Smirnov) o bien a través del juicio de experto (Nelitz et al., 2013)<sup>105</sup>.

Los métodos estadísticos son herramientas válidas para dar pesos a los indicadores, pero el uso del juicio de experto ayuda a garantizar la legitimidad y propiedad de los resultados y de las acciones posteriores (Nelitz et al., 2013). Se pueden realizar entrevistas a los tomadores de decisión y complementar estas con la opinión de expertos (Müller et al., 2011)<sup>106</sup>.

De todas formas, asignar pesos a los indicadores requiere una evaluación subjetiva. La técnica del promedio estadístico puede enmascarar valores extremos cuando estos son combinados con valores más bajos. Cuando intentamos entender la vulnerabilidad al cambio climático, estos valores extremos pueden ser de suma importancia, ya que pueden llegar a reflejar dónde se requieren más recursos de adaptación (Nelitz et al., 2013).

A la hora de asignar pesos a los indicadores es importante realizar un análisis de sensibilidad. Esto se puede realizar tomando en cuenta todas las opiniones de los tomadores de decisión y de expertos y observando la variabilidad entre ellos (Müller et al., 2011).

Una alternativa mencionada previamente es la creación de **perfiles de vulnerabilidad** (Adger et al., 2004)<sup>107</sup>. A través de esta herramienta se consigue una rápida evaluación de las fortalezas y debilidades de un receptor, en cuanto a las causas estructurales de la vulnerabilidad, e información sobre dónde concentrar los esfuerzos en términos de reducción de la sensibilidad y fortalecimiento de la capacidad (Ver figura 13).

Con el objetivo de probar el grado de certidumbre de los resultados obtenidos en el cálculo de la vulnerabilidad, se puede realizar un análisis comparativo, contrastando los resultados obtenidos en nuestros cálculos con datos de eventos históricos donde se detectaron problemáticas relacionadas con el clima. Es decir, se analiza la correlación entre la vulnerabilidad calculada y los impactos a través de un test no-paramétrico (rho de Spearman) y del análisis de regresión (Lung et al., 2013)<sup>108</sup>.

<sup>105</sup> Nelitz M., Boardley S., Smith R., 2013. Tools for climate change vulnerability assessments for watersheds. Canadian Council of Ministers of the Environment.

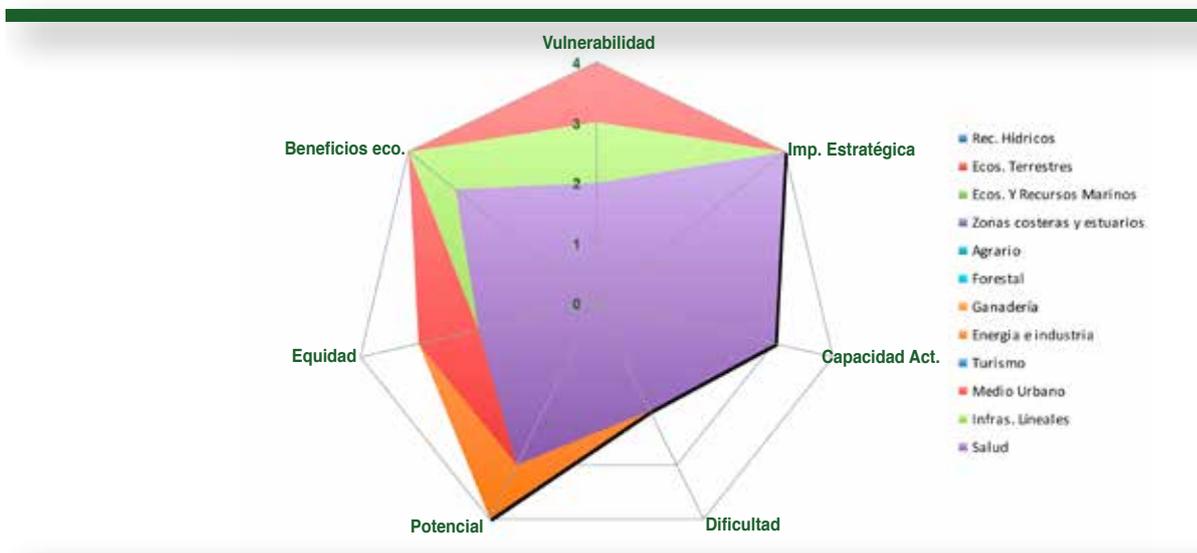
<sup>106</sup> Müller A., Reiter J., Weiland U., 2011. Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach – a case study for Santiago de Chile. Natural Hazards and Earth System Science 11, 2107–2123. doi:10.5194/nhess-11-2107-2011.

<sup>107</sup> Adger W.N, Brooks N., Kelly M., Bentham G., Agnew M., Eriksen S., 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity, TYNDALL PROJECT IT1.11. Norwich, UK. [http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/it1\\_11.pdf](http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/it1_11.pdf)

<sup>108</sup> Lung T., Lavallo C., Hiederer R., Dosio A., Bouwer L.M., 2013. A multi-hazard regional level impact assessment for Europe combining indicators of climatic and non-climatic change. Global Environmental Change 522–536.



Figura 13. ▽ Diagrama de araña representando el perfil de sectores.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia 2014.

## Vulnerabilidad actual vs. vulnerabilidad futura

Es importante resaltar que, a día de hoy, los estudios de vulnerabilidad evalúan la sensibilidad y la capacidad adaptativa actual de un sistema frente a un escenario de clima futuro. Si bien los escenarios de cambio climático incorporan la proyección de ciertas variables socio-económicas estas no se consideran en la evaluación de la vulnerabilidad.

El reto está en la incorporación de escenarios y proyecciones demográficas, de cambios de uso del suelo, de actividades económicas, consumo de recurso, oferta y demanda de energía, etc. en la evaluación de la vulnerabilidad futura. Es compleja de estimar y tiene asociado un alto grado de incertidumbre.

Tabla 5. ▽ Ejemplo de tipologías de vulnerabilidad y su interpretación con respecto a la adaptación.

Tipología de vulnerabilidad	
Muy alta	Urgente reducir exposición, sensibilidad a la amenaza y reforzar la capacidad de adaptación.
Alta	Necesario reducir sensibilidad y reforzar la capacidad de adaptación.
Media	Recomendable reducir sensibilidad y reforzar la capacidad de adaptación.
Baja	Necesario el seguimiento de la evolución de la amenaza y de los factores de sensibilidad y capacidad de adaptación.
Muy Baja	No es necesario actuar a corto o medio plazo.
Inexistente	No se requiere acción.

▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia, 2014.

## 2.4. Aproximación a la evaluación del riesgo

En su definición más amplia, el riesgo puede definirse como la posibilidad de sufrir efectos adversos en el futuro. Por definición, el riesgo no es un concepto fijo y estable, sino un continuo en evolución constante. Los desastres no son más que uno de sus hitos o manifestaciones (IPCC, 2012)<sup>109</sup>.

En un contexto de cambio climático, el riesgo es construido por los complejos mecanismos de interacción entre los sistemas social y ambiental. Es decir, el riesgo climático, es generado por la combinación de las amenazas físicas con la vulnerabilidad de los elementos expuestos al mismo.

De esta interpretación se desprende que las amenazas de origen climático no son pues el único determinante del riesgo, sino que este está fuertemente condicionado por la vulnerabilidad y la exposición de la sociedad y los sistemas socio-ambientales a dicha amenaza (IPCC, 2012)<sup>110</sup>.

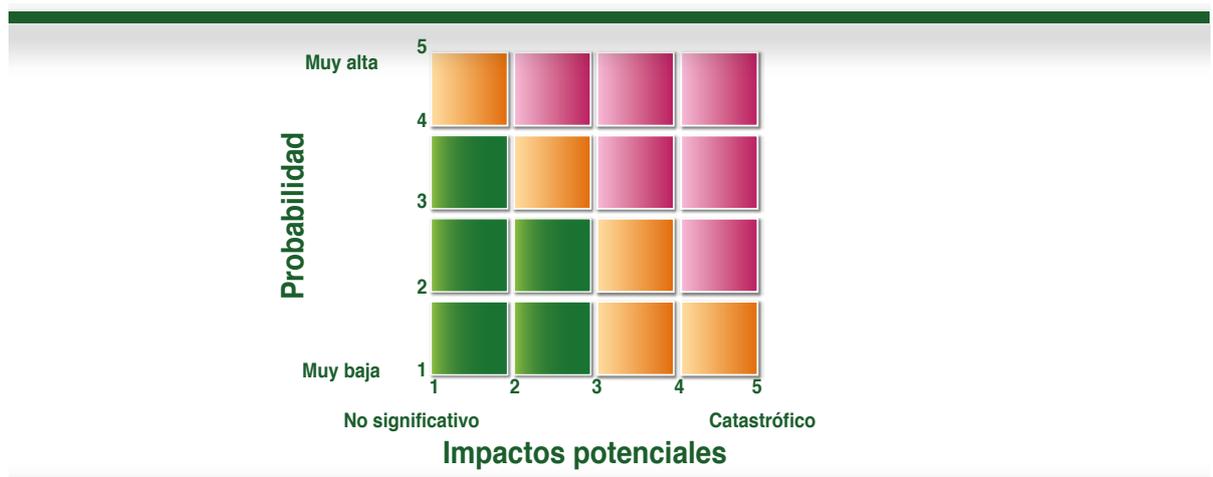
El riesgo se define así, a través de la combinación de amenaza, exposición y vulnerabilidad (IPCC, 2014; EEA, 2012)<sup>111</sup>, y suele expresarse como una función de la probabilidad de ocurrencia de un determinado evento (o secuencia de eventos), multiplicado por sus consecuencias adversas.

$$\text{Riesgo} = f [\text{Probabilidad (amenaza)} \times \text{Consecuencia (exposición, vulnerabilidad)}].$$

Como vemos en esta fórmula, dos de los tres determinantes del riesgo (exposición y vulnerabilidad) contribuyen a generar las consecuencias, mientras que la amenaza contribuye a generar la probabilidad.

Tanto la probabilidad como las consecuencias tienen una magnitud y pueden ser expresadas de forma combinada, tal y como se muestra en la figura 14.

Figura 14. ▽ Representación gráfica del riesgo.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalía, 2014.

<sup>109</sup> IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe, Eds.) (p. 582). Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139177245.

<sup>110</sup> Ver 109.

<sup>111</sup> EEA, 2012 Urban adaptation to climate change in Europe Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies.



### 2.4.1. Cómo evaluar y analizar el riesgo ante el cambio climático

En el Bloque I de esta guía el riesgo se define como la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos o tendencias climáticas (vinculado a la amenaza), multiplicada por las consecuencias de los mismos en caso de producirse (derivadas de la exposición y vulnerabilidad). Tal y como se plantea en dicho bloque, en el contexto de esta guía, enfocada a la adaptación a los efectos del cambio climático, la fórmula para la estimación del riesgo tiene sentido que se exprese como función de la amenaza, la exposición a la misma y la vulnerabilidad de aquello que está expuesto.

$$\text{Riesgo} = \text{probabilidad (amenaza)} \times \text{consecuencia f (exposición, vulnerabilidad)}$$
$$\text{Riesgo} = f (\text{amenaza, exposición, vulnerabilidad})$$

Según la aproximación tradicional de gestión de riesgos, la ecuación **Riesgo = Probabilidad x Consecuencia** permite evaluar el riesgo, pero también sugiere la utilización de reglas de decisión, esto es, un criterio para evaluar posibles alternativas de actuación en virtud de su capacidad para reducir el riesgo global.

La **evaluación del riesgo** es el proceso mediante el cual se sistematiza la información relativa a las amenazas, exposición y vulnerabilidad de los receptores predefinidos en un modelo de análisis.

El **análisis del riesgo** es el proceso mediante el cual la información relativa a las probabilidades, magnitud e incertidumbres asociadas a la ocurrencia de determinados eventos futuros es combinada, analizada y organizada por los responsables de la toma de decisiones. El análisis del riesgo incluye, por lo tanto, la evaluación del riesgo y la identificación y comparación de alternativas para su gestión (UKCIP, 2011)<sup>112</sup>.

Como sucede en el caso de la vulnerabilidad, la aproximación a la evaluación de riesgo se puede realizar de distintas maneras, dependiendo de los objetivos del análisis y de otras consideraciones metodológicas, como son la escala de estudio y las limitaciones de información, principalmente, la disponibilidad de la información cuantitativa necesaria para caracterizar los impactos probables en términos de intensidad, frecuencia y pérdidas posibles.

Bajo cualquiera de las alternativas metodológicas, la evaluación del riesgo implica una descripción de la probabilidad de ocurrencia de los eventos, con umbrales de confianza conocidos (cuando el análisis se basa en eventos pasados) o estimados de forma más o menos subjetiva en función del conocimiento experto.

### Evaluación cuantitativa del riesgo

Una de las formas posibles de evaluar los riesgos asociados al cambio climático es realizar una estimación cuantitativa, basada en la frecuencia e intensidad de ocurrencia de determinados eventos climáticos (presentes y proyectados). Este tipo de enfoque es especialmente adecuado cuando se dispone de información suficiente para caracterizar estadísticamente la probabilidad (ej. mediante periodos de retorno), intensidad (ej. altura de la lámina de agua y velocidad en el caso de inundaciones) y el nivel de incertidumbre asociada a los mismos (estimado mediante métodos estadísticos).

<sup>112</sup> UKCIP. (2003). *Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report*. (R. Willows & R. Connell, Eds.) (p. 166). Oxford, UK.

Siguiendo la metodología básica propuesta en ERN-CAPRA (2013)<sup>113</sup>, este tipo de análisis implica la caracterización de la amenaza (en términos de frecuencia e intensidad) para cada uno de los peligros considerados bajo escenarios de cambio climático, la realización de inventarios de elementos expuestos y la caracterización de su vulnerabilidad. Este tipo de técnicas permite caracterizar el riesgo mediante valores cuantificables: pérdidas humanas y materiales y, en el caso de las segundas, monetizar los daños. Los resultados suelen expresarse mediante las siguientes funciones matemáticas:

- Las curvas daño-probabilidad y las funciones de vulnerabilidad que relacionan la probabilidad o intensidad de la amenaza con el daño producido por la misma.
- Las curvas de daño anual esperado (DAE) o curvas de excedencia de pérdidas (CEP) que representan daños medios anuales o para diferentes periodos de retorno.

## Evaluación cualitativa del riesgo

En aquellos casos en los que una caracterización de los riesgos con enfoque cuantitativo no es posible por ausencia de información suficiente, una alternativa metodológica solvente es realizar una evaluación cualitativa de los riesgos basada en el conocimiento experto sobre la probabilidad de ocurrencia, consecuencia o naturaleza del riesgo en cuestión.

Para minimizar el nivel de incertidumbre en torno a la evaluación cualitativa es necesario recurrir al mayor número de expertos con perfiles distintos y conocimiento sobre la materia, aplicando técnicas de análisis participativo tales como paneles de expertos, grupos de focalización, cuestionarios Delphi, etc. , lo que resulta especialmente importante si se tiene en cuenta que en un contexto de cambio climático la incertidumbre puede tener varios orígenes, tal y como se muestra en la figura 15.

Figura 15. ▽ Incertidumbre como resultado de la falta de información sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento o de sus consecuencias.



◻ Fuente: Traducido de UKCIP. (2003)<sup>114</sup>.

<sup>113</sup> Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales-América Latina (ERN-AL). (2013). Informe técnico ERN-CAPRA T1-6. Metodología de análisis probabilista del riesgo.

<sup>114</sup> UKCIP. (2003). Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report. (R. Willows & R. Connell, Eds.).



Una vez recopilados los juicios sobre la probabilidad de ocurrencia de los distintos eventos climáticos y consultados todos los agentes, es posible caracterizar y jerarquizar los riesgos en función de su magnitud utilizando gráficos similares al que muestra la figura siguiente:

Figura 16. ▽ Ejemplo de valoración cualitativa.

Consecuencia Probabilidad		Inexistente	Mínima	Menor	Significativa	Muy importante	Grave	Muy grave
		0	3	4	5	7	9	10
Improbable	1	0	3	4	5	7	9	10
Muy poco probable	2	0	6	8	10	14	18	20
Poco probable	3	0	9	12	15	21	27	30
Probable	4	0	12	16	20	28	32	40
Bastante probable	5	0	15	20	25	35	45	50
Muy probable	6	0	18	24	30	42	54	60

▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalía, 2014.

Leyenda:

**Probabilidad**

- 1 Excepcionalmente improbable que suceda.
- 2 Muy improbable que suceda.
- 3 Improbable que suceda.
- 4 Tan probable que suceda como que no suceda.
- 5 Bastante probable que suceda.
- 6 Muy probable que suceda.

**Consecuencias**

- 0 Sin daños físicos y sin repercusiones.
- 3 Repercusiones irrelevantes en las cuentas anuales del activo. Daños físicos irrelevantes.
- 4 Menor. Repercusiones en las cuentas anuales del activo asumibles sin dificultad. Daños físicos leves.
- 5 Significativa. Repercusiones notables en las cuentas anuales del activo, pero asumibles. Daños físicos notables.
- 7 Importante Importantes repercusiones en las cuentas anuales del activo, asumibles con mayor dificultad que en el grado de impacto anterior. Daños físicos importantes pero asumibles.
- 9 Grave Graves repercusiones en las cuentas anuales, llegándose a contemplar la posibilidad de cierre del activo. Daños físicos difíciles de asumir.
- 10 Muy grave Las repercusiones económicas exigen el cierre o renovación total del activo.





### 3. Cómo identificar las opciones de adaptación

Las **necesidades de adaptación** surgen cuando el riesgo anticipado o el impacto experimentado por el cambio climático requieren acciones para garantizar el bienestar de la población y la seguridad de los bienes, incluidos los ecosistemas y los servicios que prestan:

- **Biofísicas y ambientales:** La adaptación debe contribuir a proteger y mantener los servicios que prestan los ecosistemas (protección, regulación, provisión, etc.).
- **Sociales:** La adaptación debe contribuir a facilitar el acceso de la sociedad a recursos naturales, físicos, humanos, políticos y financieros, garantizando la estabilidad de la forma de vida de la población y reduciendo su vulnerabilidad.
- **Institucionales:** La adaptación debe contribuir a que las instituciones identifiquen, desarrollen y sigan itinerarios resilientes al clima para garantizar un desarrollo sostenible, incluyendo el fortalecimiento de su habilidad para desarrollar nuevas opciones a través de la innovación social, institucional y tecnológica.
- **Incorporación del sector privado:** El sector privado debe jugar un papel primordial a la hora de conseguir una adaptación efectiva. Su incorporación es esencial.
- **Información, capacidad y recursos:** El acceso a la información, a la tecnología y a la financiación determinan por completo la capacidad de adaptación.

De acuerdo con el IPCC, podemos hablar de dos tipos de adaptación:

- **La adaptación incremental:** hace referencia a las medidas de adaptación cuyo objetivo central es mantener la esencia e integridad de un sistema o proceso a una determinada escala.
- **Por otra parte, la adaptación transformacional:** consiste en cambiar los atributos fundamentales de un sistema en respuesta al clima y a sus efectos. Esta última cobra cada vez mayor importancia dada la evidente necesidad de cambios integrales para afrontar los impactos del cambio climático.

No existe una clasificación estandarizada de acciones o medidas de adaptación, sino que son diversos los grupos y categorías que nos podemos encontrar en la literatura, atendiendo a diferentes criterios de clasificación:

- **Autónomas** (según propia evolución de los sistemas) versus **planificadas** (inducidas).
- **Reactivas** (respuesta a evidencias) versus **anticipatorias** (según escenarios climáticos).
- Con beneficios **a corto** versus a **largo plazo**.
- **Localizadas** espacial o sectorialmente vs. **generalizadas**.
- De carácter **normativo** vs. enfoque **orientativo** o promocional.

Una posible clasificación general, inspirada por el IPCC, se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. ▽ Clasificación de las opciones de adaptación.

Opciones estructurales y físicas	Medidas ingenieriles	Diques y estructuras de protección de la costa, encauzamientos, depósitos de agua y bombeos, saneamiento, mejora de redes de drenaje, regeneración de playas, códigos de edificación, gestión de sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua, adaptación de redes del transporte o eléctricas, etc.
	Medidas tecnológicas	Nuevas variedades de cosechas o animales, técnicas genéticas, métodos y tecnologías tradicionales, riego eficiente, tecnologías para gestión del agua incluyendo la recogida de pluviales, sistemas de almacenamiento y conservación de los alimentos, monitorización y mapas de peligrosidad, sistemas de alerta temprana, energías renovables, biocombustibles, eficiencia energética, etc.
	Adaptación basada en ecosistemas	Restauración ecológica, incremento de la biodiversidad biológica, deforestación y reforestación, control de incendios, infraestructuras verdes, control de sobrepesca, corredores ecológicos, control de recursos naturales, gestión de comunidades, gestión adaptativa del suelo, etc.
	Prestación de servicios	Redes de protección social, bancos de alimentos, servicios municipales de gestión de agua y saneamiento, programas de vacunaciones, servicios de salud pública esenciales, servicios médicos de emergencia, etc.
Opciones sociales principalmente orientadas a la reducción de la vulnerabilidad de grupos desfavorecidos	Educativas	Concienciación e integración en los sistemas educativos, igualdad de género, difusión del conocimiento local y tradicional incluyéndolo en la planificación de la adaptación; acción de participación y aprendizaje social, encuestas, plataformas para intercambio de conocimientos y aprendizaje, conferencias internacionales y redes de investigación, comunicación a través de los medios, etc.
	De información	Mapas de riesgo, sistemas de alerta y de respuesta, sistemas de monitorización, servicios meteorológicos, mejora de proyecciones climáticas y downscaling, bases de datos, etc.
	De comportamiento	Acomodación, planes de evacuación, retroceso, migración, seguridad humana, conservación del agua y suelo, diversificación del sustento de vida, cambio de cosechas o en sus prácticas, etc.
Opciones institucionales	Económicas	Incentivos financieros incluidos impuestos y subsidios, seguros, bonos de catástrofes, pago por servicios ecosistémicos, tarifas de agua y energía, microfinanzas, fondos de contingencia para desastres, etc.
	Legislación y regulación	Legislación para la zonificación territorial, códigos de edificación, acuerdos y regulación del agua, legislación para la reducción de riesgo de desastres, legislación para promover la adquisición de seguros, seguridad en los derechos de propiedad y del terreno, áreas protegidas, cuotas pesqueras, patentes y transferencia de tecnología, etc.

▢ Fuente: Adaptado del IPCC Grupo de Trabajo II AR5, 2014, Informe Técnico, Tabla TS.7.

Pero la clasificación más útil a escala local es aquella que agrupa las acciones de adaptación en tres grandes categorías:

**Acciones grises:** Hacen referencia a intervenciones de carácter ingenieril y tecnológico.

**Ejemplos:** Refuerzo mediante diques de las zonas costeras amenazadas por la subida del nivel del mar.

**Limitaciones:** Son varias las limitaciones que afectan la viabilidad de esta categoría de acciones: el diseño bajo altas incertidumbres (con respecto al clima futuro, los cambios demográficos, el comportamiento humano, etc.), el coste de inversión de las infraestructuras, los costes de mantenimiento, la longevidad, etc. El mal diseño puede dar lugar a alteraciones e inestabilidades en el sistema.



**Acciones verdes:** Son aquellas que utilizan los múltiples servicios y funciones de los ecosistemas y la naturaleza para ayudar a la sociedad a hacer frente al cambio climático. El papel de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la adaptación al cambio climático y la mitigación ha sido reconocido en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)<sup>115</sup> y, aunque de forma más sesgada, en el CMNUCC (UNFCCC<sup>116</sup>) se contemplan dentro de la llamada adaptación basada en los ecosistemas. La adaptación basada en los ecosistemas usa la gama de oportunidades para la gestión sostenible, la conservación y restauración de los ecosistemas para proporcionar servicios que permitan a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático. Su objetivo es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y los seres humanos frente a los efectos adversos del cambio climático. La adaptación basada en los ecosistemas se integra en las estrategias de adaptación y de desarrollo (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009). Las acciones de adaptación verdes tienen un claro co-beneficio con las acciones de mitigación pues contribuyen a conservar o mejorar las reservas de carbono.

**Ejemplos:** diversificación de cultivos, refuerzo de las defensas naturales, como dunas o humedales, restauración de ecosistemas, etc.

**Limitaciones:** A pesar de sus virtudes, sin embargo, existen limitaciones en la implementación de la adaptación basada en ecosistemas. Los beneficios de las intervenciones en los ecosistemas como medida de adaptación al cambio climático son aún difíciles de evaluar, no existiendo estándares ni metodologías de aplicación comparables a las de los enfoques más ingenieriles. Además se requiere un esfuerzo de cooperación institucional a diversas escalas y sectores que constituya aún un reto en muchas realidades locales.

**Acciones blandas:** son enfoques de gestión, jurídicos y políticos que alteran los estilos de gobernanza y el comportamiento humano. Dentro de la adaptación blanda estaría la adaptación basada en la comunidad. Este tipo de adaptación centra su atención en el empoderamiento y la promoción de la capacidad de adaptación de las comunidades. Es un enfoque que toma el contexto, la cultura, el conocimiento, y las preferencias de las comunidades como fortalezas.

**Ejemplos:** la planificación y aprobación de leyes, el suministro de agua y la gestión de la demanda para mitigar la sequía, los sistemas de alerta temprana para los riesgos asociados al efecto isla de calor o a las inundaciones, la gestión de usos del suelo y la ordenación del territorio, la diversificación y el seguro económico, las campañas de información y de salud pública, entre otros.

**Limitaciones:** requieren un esfuerzo de coordinación institucional y de compromiso social no siempre presente en todas las realidades locales.

Estas grandes categorías de acciones pueden darse al mismo tiempo formando **acciones combinadas**. Las acciones “verdes” y “blandas” a menudo consumen menos recursos, proporcionan múltiples beneficios y apuntan específicamente a la reducción de la sensibilidad y el aumento de la capacidad de adaptación de los sistemas humanos y naturales para aumentar su resiliencia. Las soluciones altamente tecnológicas e innovadoras suelen necesitar mayores fondos, y requieren más investigación, experiencia y formación para su implementación. (AEMA, 2013)<sup>117</sup>.

<sup>115</sup> CBD COP 10, Decision X/33.

<sup>116</sup> UNFCCC COP16: REDD+ mechanism as climate change mitigation; Adaptation actions that include building resilience of socio-economic and ecological systems, including through economic diversification and sustainable management of natural resources.

<sup>117</sup> Adaptation in Europe. Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments EEA. 2013. Chapter 1 Framing adaptation.





## 4. Evaluación y selección de medidas

Las disciplinas científicas que vienen trabajando en adaptación al cambio climático han aportado un buen número de instrumentos de análisis y cuantificación que permiten evaluar, comparar y seleccionar las medidas más robustas, eficientes y efectivas desde los puntos de vista económico, social y ambiental.

La mayor parte de estos instrumentos ha sido concebida inicialmente para otros fines dentro de cada una de las disciplinas, pero algunos han sido diseñados específicamente en el contexto de la adaptación al cambio climático.

Los métodos más utilizados en un marco de análisis estrictamente económico son el Análisis Coste-Beneficio<sup>118</sup> y el Análisis Coste-Efectividad<sup>119</sup>.

Cuando las dimensiones de decisión trascienden los aspectos económicos, el instrumento más comúnmente utilizado es el Análisis Multicriterio<sup>120</sup>, que tiene una mayor capacidad para incorporar aspectos no económicos a la toma de decisiones.

En aquellos casos en que el grado de incertidumbre sobre las dinámicas climáticas o sus consecuencias es muy alto suelen emplearse un grupo de métodos específicos para la gestión de la incertidumbre y desarrollados en los últimos años, como son: la Toma de Decisiones Robustas<sup>121</sup> y la Gestión Adaptativa<sup>122, 123</sup>.

<sup>118</sup> En inglés Cost-Benefit Analysis.

<sup>119</sup> En inglés Cost-Effectiveness Analysis.

<sup>120</sup> En inglés Multi-Criteria Decision Making.

<sup>121</sup> En inglés Robust Decision Making.

<sup>122</sup> En inglés Adaptive Management.

<sup>123</sup> Andrea Prutsch, Torsten Grothmann, Sabine McCallum, Inke Schauser, R. S. (2014). Climate change adaptation manual. Lessons learned from European and other industrialised countries.

Tabla 7. ▽ Herramientas de toma de decisión para la priorización de las medidas de adaptación.

MÉTODO	¿QUÉ ME PERMITE?	CASOS DE USO	LIMITACIONES
Análisis Multicriterio (AMC)	Compara las alternativas en base (tantos como se quiera) con un método cuantitativo y sistemático. Los criterios pueden ser monetarios o de cualquier naturaleza.	Múltiples objetivos y datos cualitativos.  Múltiples agentes implicados en la toma de decisiones y es necesario llegar a un acuerdo.	La recogida de datos es un proceso costoso.  La participación de los agentes implicados es necesaria y puede ralentizar el proceso.
Análisis Coste-Beneficio (ACB)	Compara de forma directa los costes y beneficios permitiendo la comparación entre sectores.	Probabilidades de riesgo son conocidas.  Probabilidad de sensibilidad climática baja.  Con datos de calidad para los componentes del coste/beneficio.	No considera los beneficios indirectos.  No considera los efectos de distribución de las medidas.  Los resultados dependen de los ratios de descuento.
Análisis de Coste-Efectividad (ACE)	Compara el coste relativo de las diferentes alternativas y evalúa las diferentes formas de producir el mismo resultado, identificando los resultados con mínimo coste mediante curvas de coste.	Misma aplicación que el ACB, también con medidas no monetarizadas (p. ej. salud).  Muy utilizado en mitigación del cambio climático.  Cuando hay acuerdo en el objetivo social sectorial (p. ej. riesgo de inundación aceptable).	Es necesario una medida adicional (además de la monetaria) para los resultados.
Toma de Decisiones Robustas (RDM)	Identifica las decisiones robustas más que las óptimas mediante testeo de un gran número de escenarios.	Adecuado para la incertidumbre (ausencia total de información probabilista sobre escenarios y posibles consecuencias).	Implica la generación de un gran número de escenarios contruidos sobre datos cualitativos y cuantitativos, y el testeo de los mismos.
Gestión Adaptativa (GA)	Basado en el diseño de "Rutas Adaptativas" (Adaptación Pathways) supeditadas a la superación de "puntos críticos" (Tipping Points).	Orientado a la gestión de la incertidumbre.  Integra la adaptación en un ciclo de aprendizaje que permite modificar las medidas a medida que el proceso avanza.	Precisa de la definición de umbrales de riesgo.  Requiere de sistemas ambiciosos de monitorización basados en indicadores.

▢ Fuente: Adaptado de Swart, R., Prutsch, A., Grothmann, T., Schauser, I., & McCallum, S. (2014)<sup>124</sup>.

<sup>124</sup> Swart, R., Prutsch, A., Grothmann, T., Schauser, I., & McCallum, S. (2014). Prioritise adaptation options. In Climate Change Adaptation Manual: Lessons learned from European and other industrialised countries (pp. 175–200).



## 4.1. Análisis multicriterio

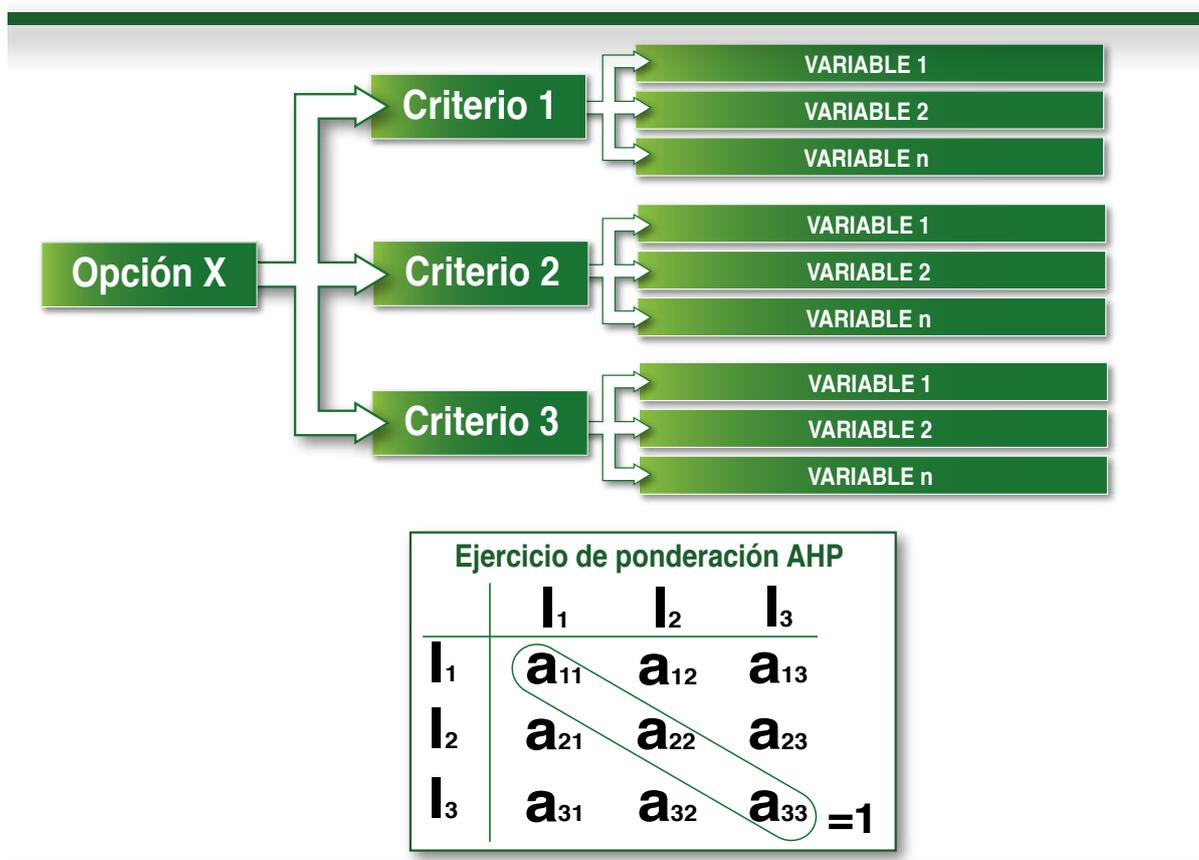
El análisis multicriterio (AMC) o de criterios múltiples permite la evaluación de diferentes opciones de adaptación frente a una serie de criterios, que se ponderan mediante una asignación de pesos. Usando esta ponderación se obtiene una puntuación global para cada opción de adaptación. Se selecciona la opción de adaptación con la puntuación más alta.

El AMC implica la definición de un marco para integrar los diferentes criterios de decisión en un análisis cuantitativo sin asignar valores monetarios a todos los factores.

Solo están disponibles datos parciales, cuando las consideraciones culturales y ecológicas son difíciles de cuantificar o cuando el beneficio económico o la efectividad son solo dos de los muchos criterios que se quieren considerar.

El AMC fue el método de elección para los países menos adelantados en la preparación de sus programas nacionales de adaptación.

Figura 17. ▽ Ejemplo de árbol de decisión para una opción de adaptación y ejercicio de ponderación con AHP proceso analítico jerárquico.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalia, 2015.

**Pasos en la evaluación de las opciones de adaptación utilizando el análisis de criterios múltiples:**

- 1. Acordar el objetivo de adaptación e identificar posibles opciones de adaptación.** En contraste con ACB y ACE, un AMC puede llevarse a cabo en los casos en que existen múltiples objetivos y criterios de adaptación.
- 2. Acordar los criterios de decisión.** Cada criterio tiene que ser descrito, incluyendo la unidad y el intervalo de puntuaciones posibles, a fin de asegurar que los involucrados en el proceso de evaluación tienen un entendimiento compartido.
- 3. Puntuar cada opción de adaptación frente a cada uno de los criterios.**
- 4. Normalizar las puntuaciones.** En el caso de que los distintos criterios difieran en unidades (por ej., valores monetarios o cualitativos) o rango de medida (por ej., 1-5 o 0-100) se requiere una normalización, es decir, la transformación de las puntuaciones en unidades similares que permita la comparación efectiva de los criterios. La normalización se completa a través de una función de valor o de la estandarización de procedimientos, donde las puntuaciones pierden su dimensión junto con su unidad de medida.
- 5. Asignación de un peso a los criterios respondiendo a las prioridades.** En caso de que se perciba que algunos criterios son más importantes que otros y las prioridades sean conocidas, los criterios pueden ser asignados con diferentes pesos, lo que indicará su importancia relativa.
- 6. Clasificar y ordenar las opciones.** La puntuación total de cada opción se calcula multiplicando las puntuaciones estandarizadas por su peso.

El principal resultado del AMC es un orden de clasificación de opciones de adaptación y una apreciación de las debilidades y fortalezas de los atributos de cada una de las opciones.

Un AMC también puede llevarse a cabo en conjunción con otros métodos de evaluación (ACB y ACE) para proporcionar una base más sólida para la toma de decisiones.

El AMC ayuda a estructurar el reto de seleccionar una opción de adaptación al esbozar los diversos objetivos de un programa y los criterios para medir los objetivos de una manera transparente.

Además, el AMC permite la participación directa de los interesados, al permitir a los beneficiarios de las opciones de adaptación participar en la elección de ellos, que es crucial para la creación de identificación y la posterior aplicación de las medidas de adaptación.

Las dificultades asociadas con el AMC incluyen, por un lado, la asignación de la ponderación, sobre todo si el número de criterios es grande y los criterios son muy diferentes en carácter, y por otro, la estandarización de las puntuaciones, lo que lleva a perder algo de información que podría ser útil en las etapas posteriores. La declaración explícita del peso asignado a cada criterio puede mejorar el debate público. Dado que no siempre es fácil llegar a un acuerdo entre las partes interesadas sobre los criterios y su importancia relativa, es aconsejable llevar a cabo un análisis de sensibilidad para determinar si la clasificación es lo suficientemente robusta para resistir el escrutinio.



La robustez de un resultado AMC depende de: la calidad y robustez de la información utilizada para la valoración de los criterios seleccionados, la ponderación relativa asignada a los diversos criterios y el grado en que las ponderaciones están decididas de común acuerdo por las partes interesadas. Un análisis de sensibilidad se puede utilizar para comprobar la robustez de los resultados de los cambios en las puntuaciones o ponderaciones.

## 4.2. Coste-beneficio y coste-efectividad

En los últimos años la economía de la adaptación al cambio climático ofrece un buen número de instrumentos de análisis y cuantificación que permiten comparar y seleccionar las medidas más eficientes o efectivas desde un punto de vista económico. En este apartado ofrecemos una perspectiva general sobre algunos de los más utilizados.

**Análisis de coste-beneficio (ACB):** es un instrumento de gran difusión en la gestión pública que permite determinar la eficiencia económica de la implementación de un determinado proyecto de inversión. En el contexto de la adaptación al cambio climático, el ACB permite comparar los costes de inversión económica (y en algunos casos mantenimiento) asociados una medida de adaptación, con los beneficios directos (e indirectos) obtenidos como consecuencia de la aplicación de la misma (cuantificando el ahorro introducido por la medida en las pérdidas económicas causadas por el cambio climático).

Aplicado este ejercicio de forma sistemática para varias alternativas de adaptación alternativas, se obtiene una priorización económica objetiva de las intervenciones. El ACB permite comparar los ratios beneficio/ coste y el Valor Actual Neto (VAN) de las distintas medidas y, por lo tanto, la eficiencia económica de las mismas.

**Análisis de coste-efectividad (ACE):** es una herramienta que permite una canalización eficiente de las inversiones en aquellos sectores o dominios para los que no es posible cuantificar en términos económicos los beneficios de una determinada medida de adaptación, tanto si esta limitación obedece a una imposibilidad de obtener la información necesaria para ello, como si esta se debe a la inconveniencia o imposibilidad de monetizar el beneficio de la medida (por ejemplo, personas protegidas por un dique). En todo caso, el ACE, por sí mismo, no permite gestionar de forma adecuada la incertidumbre asociada al cambio climático (Prutsch, et al. 2014)<sup>125</sup>.

<sup>125</sup> Swart, R., Prutsch, A., Grothmann, T., Schauser, I., & McCallum, S. (2014). Prioritise adaptation options. In *Climate Change Adaptation Manual: Lessons learned from European and other industrialised countries* (pp. 175–200).

### 4.3. Métodos de priorización orientados a la gestión de la incertidumbre

**Toma de Decisiones Robustas (RDM, por sus siglas en inglés):** La RDM trata de sistematizar el proceso de toma de decisiones en un contexto de gran incertidumbre acerca de los impactos del cambio climático y sus efectos. Para ello, esta técnica se basa en la combinación de información cuantitativa y cualitativa con el objetivo final de identificar medidas de adaptación que sean robustas, más que óptimas (Lempert, et al. 2003)<sup>126</sup>.

Para ello se generan escenarios alternativos, basados en la combinación de un buen número de factores, cuantificables o no, para los que se diseñan medidas de adaptación que buscan responder de forma razonablemente consistente al mayor número de escenarios plausibles.

Los escenarios han de ser lo suficientemente ricos y variados como para asumir que el futuro será realmente como alguna de esas representaciones idealizadas. De esta forma, la incertidumbre pierde su capacidad para condicionar el resultado de la propuesta. La RDM es una técnica especialmente adecuada cuando no existe información suficiente para cuantificar la incertidumbre sobre los riesgos climáticos en términos probabilísticos.

**Gestión Adaptativa (GA):** La GA está basada en el diseño flexible y dinámico de medidas de adaptación de aplicación secuencial e incremental. El objetivo perseguido con este enfoque es el diseño de Rutas de Adaptación (*Adaptation Pathways*<sup>127</sup>), flexibles y dinámicas, que basan su despliegue en el concepto de puntos críticos de adaptación (*tipping points*)<sup>128</sup>. Estos son aquellos puntos en los que una determinada medida de adaptación deja de ser suficiente para contrarrestar un riesgo climático específico, siendo necesario sustituirla o complementarla con otras. En este sentido, la GA es un método adecuado para abordar la incertidumbre asociada al cambio climático, por cuanto no establece un listado cerrado y estático de medidas, sino que diseña un recorrido en el que las distintas intervenciones se van sucediendo a medida que los impactos del cambio climático lo van haciendo necesario.

**Evaluación de efectividad de medidas de adaptación.** Consisten en la medición del cambio de la vulnerabilidad una vez implementada una medida de adaptación. Puede hacerse bien con datos empíricos de medidas ya implementadas o a través de la modelización forzada con medidas parametrizadas (por ejemplo incorporando a un mapa térmico modelizado medidas de infraestructura verde y evaluando el efecto que tienen en la reducción de temperaturas o el efecto isla de calor).

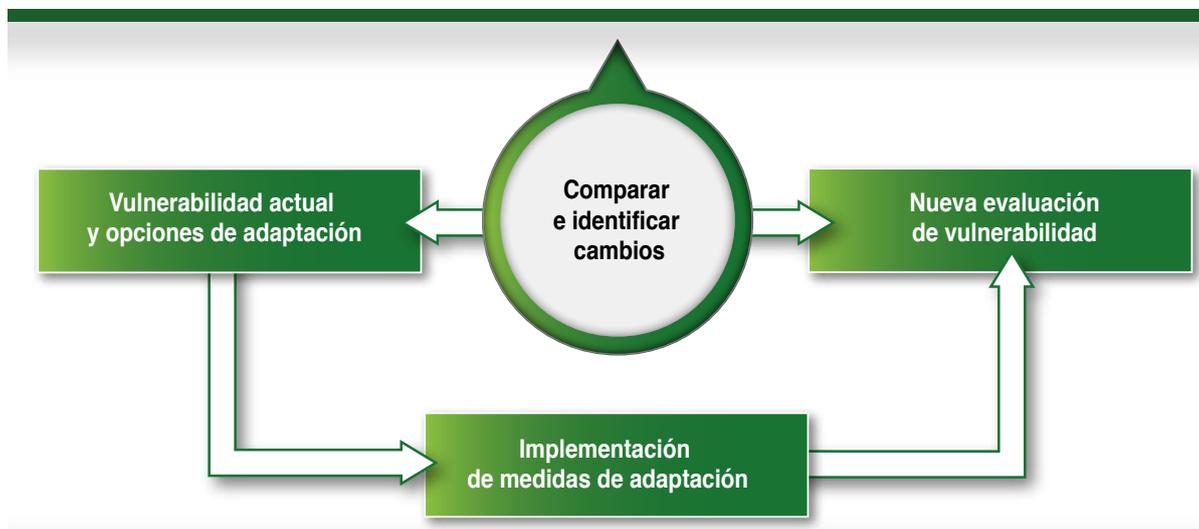
<sup>126</sup> Lempert, R. J., Popper, S. W., & Bankes, S. C. (2003). *Shaping the next one hundred years: new methods for quantitative, long-term policy analysis*. Santa Monica, CA, USA: Rand Corporation.

<sup>127</sup> Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., & ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, 23(2), 485–498. doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.12.006.

<sup>128</sup> Kwadijk, J. C., Haasnoot, M., Mulder, J. P., Hoogvliet, M., Jeuken, A., van der Krogt, R. A., ... Others Kwadijk, J. C. (2010). Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. Wiley .... Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.64/full>



Figura 18. ▽ Esquema de evaluación de efectividad de medidas de adaptación.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalía, 2014.

**Para ampliar información:**

Working Group (2009): "Report of the Economics of Climate Adaptation Working Group. Shaping climate-resilient development. A framework for decision-making".

World Bank (2010): Economics of Adaptation to Climate Change (EACC) Methodology

ECLAC (2009) Metodología ECLAC.





## 5. Implementación

### 5.1. Planificación de la adaptación

En la adaptación, como en cualquier otro proceso de planificación, hay dos tareas transversales clave a tener en cuenta para garantizar el éxito de los resultados:

- Establecer los canales y espacios adecuados para la participación de los interesados, incluida por supuesto la ciudadanía, sus competencias y responsabilidades y sus posibles puntos de entrada en la implementación de las acciones de adaptación.
- Definir de forma clara la naturaleza y alcance de la adaptación en el contexto de nuestro municipio. Si bien se trata de una tarea que forma parte de la fase preparatoria, es posible que a lo largo del proceso los objetivos, naturaleza y alcance de la adaptación evolucionen. Por ello, en esta fase han de fijarse de forma definitiva, pues de ello depende la concreción de un plan de trabajo efectivo y eficiente.

Propio de los procesos de planificación de la adaptación son la contextualización de la adaptación y la definición de hojas de ruta específicas para la implementación de las acciones y medidas definidas. Desarrollamos a continuación ambas tareas.

Contextualización de la adaptación: Análisis de temporalidad y estudio de complementariedad.

Cuando hablamos de análisis de temporalidad debemos diferenciar entre dos tipos de temporalidad:

- Los horizontes temporales de la planificación que generalmente van ligados a sectores de actividad, tal y como se muestra en la tabla 8.
- La temporalidad inherente a la implementación de las medidas de adaptación. Un análisis de temporalidad nos permite clasificar las medidas de acuerdo con su factibilidad de implantación en horizontes temporales de corto, medio y largo plazo, incluidas barreras técnicas, marco regulatorio y aceptación social de la medida.
  - Acciones de fácil implantación: acciones a 3 años
  - Acciones que requieren cambios en la gestión municipal: acciones a medio plazo (2020)
  - Acciones no prioritarias a incorporar en el futuro (horizonte 2030).

Tabla 8. ▽ Horizontes de planificación por sectores para las políticas de adaptación.

Sector/Sistema	Horizonte de planificación para la adaptación (años)
Agricultura	1 - 20
Biodiversidad	10 - 100
Recursos hídricos	10 - 100
Forestal	10 - 100
Turismo	5 - 20
Energía	10 - 50
Zonas costeras	10 - 100
Salud	1 - 20

▲ Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

En la planificación de la adaptación es necesario identificar y definir la complementariedad entre las acciones de adaptación propuestas y su relación con otras políticas públicas.

## Relación y sinergias entre las acciones para la reducción de emisiones de GEI y la adaptación

Si bien la presente guía se centra exclusivamente en la elaboración de planes de adaptación al cambio climático a escala local, la referencia a la relación entre las políticas de adaptación y mitigación se estima más que pertinente.

La relación entre las políticas de adaptación y las de reducción de las emisiones de GEI es evidente y compleja a partes iguales. Esta relación se evidencia claramente, por ejemplo, en políticas sectoriales del sector transporte, donde las intervenciones de mitigación pueden tener implicaciones en la adaptación. Analizar las sinergias entre ambas acciones es fundamental para que las políticas de mitigación y adaptación sean diseñadas e implementadas de forma coherente y complementaria (IPCC, 2011)<sup>129</sup>.

De acuerdo con la literatura, podríamos distinguir cuatro argumentos que deben ser considerados cuando hablamos de la relación entre políticas de mitigación y de adaptación<sup>130</sup>.

- **Acciones de adaptación que tienen consecuencias para la mitigación.**

Son aquellas acciones de adaptación que pueden incrementar la demanda de energía que, a su vez, implicará el incremento de las emisiones de GEI. Esto podría suceder, por ejemplo, con el incremento de regadíos o la construcción de infraestructuras o con el aumento de la necesidad de aire acondicionado para combatir el estrés térmico. Esto demuestra que es necesario analizar los impactos indirectos de la adaptación espontánea, valorando su sostenibilidad y su impacto sobre el cambio climático. Una manera de tratar con tales demandas podría ser incluir en los costes de la adaptación los costes de las emisiones, basados en el precio implícito o explícito del CO<sub>2</sub>.<sup>131</sup>

- **Acciones de mitigación que tienen consecuencias para la adaptación.**

Incluso con la implementación efectiva de la totalidad de políticas de mitigación más ambiciosas, ya no será posible mitigar todos los efectos del cambio climático. La mitigación es por lo tanto imprescindible, pero la adaptación se convierte en inevitable. Si no se dan avances serios en la política de mitigación, las consecuencias del cambio climático pueden hacer que la propia adaptación no sea posible o que sus costes resulten inasumibles para algunos sistemas naturales y humanos<sup>132</sup>.

Veamos algunos ejemplos. Si se ponen en marcha medidas de mitigación orientadas a incrementar el porcentaje de bosque para el secuestro de CO<sub>2</sub>, estas tendrán implicaciones en el régimen hídrico y en la generación de escorrentía, que en las zonas en las que se espera disminución de caudal tal vez no sea lo más adecuado para garantizar un caudal mínimo. De igual forma, si se limita el uso de aire acondicionado como medida de eficiencia energética, afectaría a la salud de la población en los periodos de olas de calor. De igual modo, fomentar el uso de aire acondicionado durante los periodos calurosos contribuye al efecto isla de calor debido al aire caliente emitido por las propias instalaciones.

<sup>129</sup> Parry, M., Arnell, N., Hulme, M., Nicholls, R., Livermore, M., 1998. Adapting to the inevitable. *Nature* 395, 741–741.

<sup>130</sup> Klein, R.J.T., S. Huq, F. Denton, T.E. Downing, R.G. Richels, J.B. Robinson, F.L. Toth, 2007: Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 745-777. Ver también Stern, N., 2007. *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University Press.



- **Decisiones que incluyen incompatibilidades o sinergias entre la adaptación y la mitigación**

La promoción de una movilidad sostenible (a pie o bicicleta en las ciudades) contribuiría a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y podría mejorar la salud de la ciudadanía al favorecer prácticas deportivas, por lo que la población sería menos vulnerable a problemas cardiovasculares ante fenómenos de ola de calor (EVCC2050, 2015)<sup>133</sup>. Otro ejemplo podría venir representado por un cambio en las tecnologías de generación de energía que pueden generar nuevas necesidades de adaptación. Es el caso de la energía eólica o la mareomotriz, cuyas infraestructuras pueden verse afectadas durante tormentas y eventos extremos.

- **Procesos que tienen consecuencias tanto para la mitigación como para la adaptación**

Todo nuevo desarrollo, bien sea la construcción de nuevas viviendas, zonas industriales o creación de nuevos sistemas de transporte, tendrá implicaciones tanto en términos de emisiones de GEI como en la necesidad de diseñar programas de adaptación. Los costes de estas medidas deberían también ser incluidos en la evaluación de otras medidas alternativas de los programas de mitigación<sup>134</sup>.

En lo relativo a la inversión en materia de adaptación y mitigación, teóricamente, podría realizarse de forma conjunta, pues los beneficios netos totales podrían maximizarse. En la práctica, sin embargo, no es fácil ya que: a) la información sobre costes de adaptación no permite su integración en los modelos globales que se utilizan para las políticas de mitigación; b) los modelos globales no permiten integrar tampoco asuntos relacionados con la distribución de impactos y su efecto sobre la pobreza (PVLCC, 2014)<sup>135</sup>.

Pero debemos ir más allá en nuestra reflexión, ya que los análisis sectoriales<sup>136</sup> muestran cómo las políticas de mitigación y adaptación han de ir de la mano de otras políticas públicas relacionadas, tales como las políticas de competitividad y empleo, o de ordenación territorial, por ejemplo, ya que las primeras pueden tener importantes repercusiones para las segundas. Por tanto, es importante que durante la fase de planteamiento del proceso de adaptación se tenga en cuenta el marco político local para identificar complementariedades y prevenir posibles conflictos indeseados.

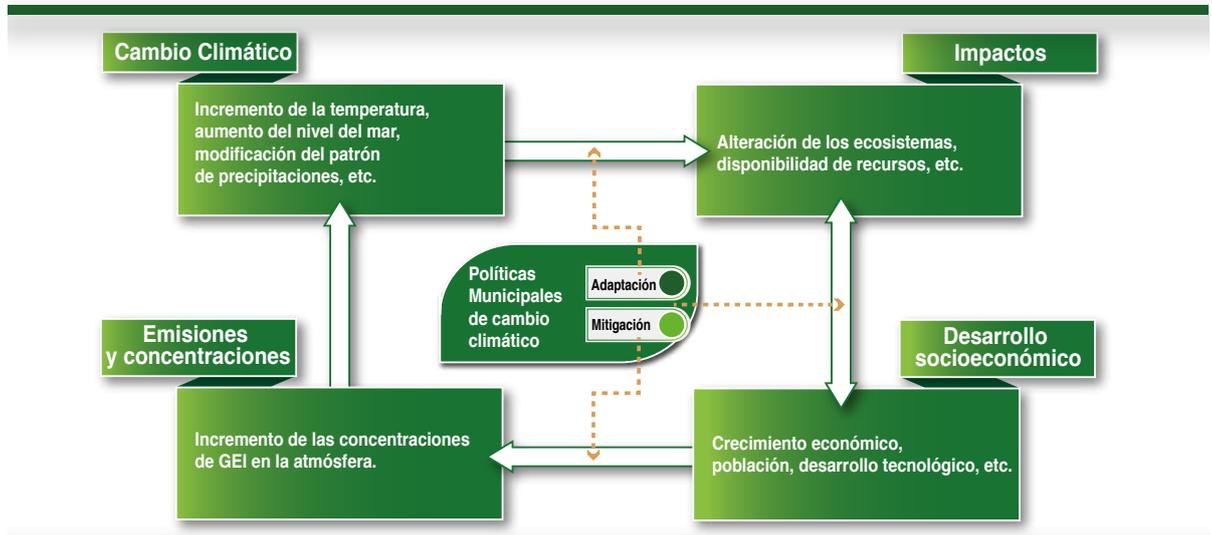
<sup>133</sup> Estrategia Vasca de Cambio Climático 2050 <http://www.irekia.euskadi.eus/es/debates/1020?stage=conclusions>

<sup>134</sup> Markandya, A., Watkiss, P., 2009. Potential costs and benefits of adaptation options: A review of existing literature. UNFCCC Technical Paper. FCCC/TP/2009/2 80.

<sup>135</sup> Focalización Estratégica para la elaboración del Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático, Viceconsejería de Medio Ambiente, Gobierno Vasco, 2014.

<sup>136</sup> Sectores: energía, transporte, industria, residencial y servicios, residuos, usos del suelo/ cambio de usos crecimiento urbano. Objetivos sectoriales: mejora de la competitividad, coste-eficiencia, búsqueda de co-beneficios, aprovechamiento de esquemas de financiación, consideraciones sociales.

Figura 19. ▽ Relaciones entre las políticas de mitigación y adaptación.



▴ Fuente: Adaptado de IPCC Joint Report WGII y WGIII Expert meeting on the integration of Adaptation, Mitigation and Sustainable Development into the 4th IPCC Assessment Report.

**Definición de rutas de adaptación**

La detección de fuerzas motrices y factores que condicionan o pueden condicionar o facilitar la adaptación es clave para alinear la adaptación con la orientación y visión a largo plazo de nuestra ciudad y su gestión. Estos factores son la propia gobernanza local, el marco político, las condiciones financieras, los recursos, etc. claves para definir estrategias adecuadas y hojas de ruta efectivas tal y como se plantea en las figuras 20 y 21.

Figura 20. ▽ Oportunidades, restricciones y limitaciones a la adaptación.



▴ Fuente: Elaboración propia. Tecnia, 2014.



Figura 21. ▽ Planteamiento de la ruta de adaptación.



▲ Fuente: Elaboración propia. Tecnalía, 2014.

## 5.2. Diseño de la adaptación

El diseño de la adaptación se refiere a la forma en la que esta ha de hacerse operativa, identificando los mecanismos para su integración en el marco regulatorio vigente y sus instrumentos (de planificación, participación y gestión) así como la definición de instrumentos nuevos, si fuese necesario.

La integración de los objetivos, estrategias, políticas, medidas u otros instrumentos resultantes de la adaptación, en el desarrollo nacional y regional de las políticas, los procesos y presupuestos, a todos los niveles y etapas, se considera un aspecto clave, que en la literatura encontramos bajo el concepto de “mainstreaming”. De esta forma la adaptación se convierte en un componente crítico de los planes nacionales de desarrollo existentes<sup>137</sup>. Además, la promoción de la capacidad de adaptación puede complementar y enriquecer los objetivos más amplios de cohesión social y de desarrollo sostenible.

Los puntos de entrada más factibles para la incorporación de la adaptación pueden ser los planes urbanísticos, las estrategias locales de desarrollo sostenible, Agenda Local 21, los planes de movilidad, los planes de preparación para desastres, los planes de acción local asociados a vectores ambientales y proyectos estratégicos, especialmente aquellos que requieren evaluaciones de impacto ambiental. La integración del cambio climático en la legislación estatal española ha progresado en los últimos años, y en particular desde la aprobación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) entre cuyos objetivos se encuentra la inclusión explícita de la adaptación al cambio climático en la normativa sectorial<sup>138</sup>.

<sup>137</sup> UNDP, (2005). Adaptation policy frameworks for climate change: developing strategies, policies and measures.

<sup>138</sup> Pueden señalarse las siguientes normas en que se han incorporado medidas para integrar la adaptación al cambio climático: Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública; Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad; Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino; Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de Evaluación y Gestión de riesgos de inundación; Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica; Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica; ORDEN ARM/2444/2008, de 12 de agosto, por la que se aprueba el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación en cumplimiento de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el Desarrollo Sostenible del medio rural.

## El Cambio Climático en la Evaluación de Impacto Ambiental

Un segundo nivel de actuación en materia de integración normativa consiste en incorporar en los procesos de evaluación ambiental<sup>139</sup> determinados planes, programas y, en su caso, proyectos, la consideración de los posibles efectos del cambio climático, a corto, medio y largo plazo, de manera que se integren en su diseño y desarrollen las tareas pertinentes para su valoración, evaluación y adaptación. En este ámbito se han realizado numerosas propuestas de integración de la adaptación al cambio climático en diversos procesos de EAE y EIA.

Cabe destacar que ya la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental incorpora el cambio climático como dimensión a tener en cuenta en la evaluación ambiental.

Los procedimientos tanto de la Evaluación de Impacto Ambiental como de Evaluación Ambiental Estratégica se contemplan como mecanismos válidos e imparciales para evaluar y anticiparse a los efectos del cambio climático sobre un proyecto, plan o programa, así como los derivados de estos sobre el cambio climático y el medio ambiente.

Ambos procedimientos incorporan una visión a largo plazo y por tanto la integración del cambio climático, bien sea desde la perspectiva de la mitigación como desde la de la adaptación parece más que pertinente.

De esta forma se convierten en potentes instrumentos de ayuda a la toma de decisiones por varios motivos:

- Desde el punto de vista de la mitigación permiten evaluar y anticiparse a los efectos adversos acumulativos del proyecto, plan o programa, y reducir así su contribución al cambio climático, respondiendo a la pregunta ¿Cuáles son las implicaciones del proyecto, plan o programa en el cambio climático a través de las emisiones de GEI?
- Desde el punto de vista de la adaptación contribuyen al diseño de proyectos, planes y programas más resistentes a los efectos del cambio climático, y mejor adaptados, y por tanto permiten inversiones más eficientes. La adaptación se entiende en este contexto como la respuesta y definición de medidas de adaptación apropiadas frente a los impactos esperados del cambio climático sobre el proyecto o las acciones contempladas en un plan o programa. En este caso responden a la pregunta ¿Qué efecto tendrá el cambio climático sobre la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, plan o programa?
- Además, permiten estimar cuál es la contribución de las actuaciones del proyecto, plan o programa a los procesos de adaptación ¿Cómo contribuye el proyecto, plan o programa a la adaptación frente a los efectos del cambio climático?
- Finalmente, permiten identificar los efectos del cambio climático sobre los impactos derivados del proyecto, plan o programa, es decir, los efectos acumulativos y permiten de esta forma una mejor gestión de la incertidumbre.

<sup>139</sup> Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).



Considerando la normativa actual, la dimensión de mitigación del cambio climático, asociada fundamentalmente a la reducción de emisiones de GEI, parece quedar reflejada de forma más explícita que la dimensión de adaptación.

La Directiva 2014/52/UE<sup>140</sup> del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014, por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, incorpora el cambio climático como aspecto clave a tener en cuenta. En el anexo II de dicha Directiva se incluye la consideración de “los riesgos de accidentes graves y/o catástrofes relevantes para el proyecto en cuestión incluidos los provocados por el cambio climático, de conformidad con los conocimientos científicos”. Entre la información que ha de incluir el informe de evaluación ambiental se destaca “una descripción de los factores definidos en el artículo 3, apartado 1, que puedan verse afectados por el proyecto: (...) el clima (por ejemplo, emisiones de gases de efecto invernadero, impactos pertinentes para la adaptación), etc.”.

Más allá de las recomendaciones incluidas en la propia Directiva 2014/52/UE, la Comisión Europea ha puesto a disposición de los Estados miembros unas guías para la integración del cambio climático en los procesos de evaluación ambiental, tanto desde la perspectiva de la mitigación como desde la de la adaptación<sup>141</sup>.

## Cuál es el papel de los gobiernos locales

En el diseño de la adaptación la coordinación, tanto vertical (multiescalar/ multinivel) como horizontal (sectorial) en los ámbitos de planificación y gestión, se estima crucial. En la integración de las medidas de adaptación en los instrumentos ya existentes, o bien en instrumentos nuevos, han de tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Aproximación multidisciplinar, integrando en el proceso al mayor número de actores posible.
- Asignación clara de roles y responsabilidades.
- Estimación de los plazos y recursos necesarios para llevar a cabo la implementación, incluyendo la búsqueda de fuentes de financiación.

En el diseño de políticas de adaptación es sumamente relevante el papel de los gobiernos locales en función de sus competencias.

<sup>140</sup> Los Estados miembros tienen de plazo hasta mayo de 2016 para transponer la Directiva a la legislación nacional. <https://www.boe.es/doue/2014/124/L00001-00018.pdf>

<sup>141</sup> Institute of Environmental Management and Assessment IEMA Principles Series: Climate Change Mitigation & EIA (2010).  
EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL CLIMATE ACTION Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient (2012).  
European Commission EC Guidance on Integrating Climate Change and Biodiversity into Environmental Impact Assessment (2013).  
European Commission EC Guidance on Integrating Climate Change and Biodiversity into Strategic Environmental Assessment (2013).  
OECD, 2009, “Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation”, OECD Publishing, Paris, France.

Tabla 9. ▽ Relación entre competencias municipales y posibles acciones dentro de una estrategia de adaptación.

		ORDENANZAS TIPO				DIRECTRICES			
		Energía renovable	Uso y gestión sostenible del agua	Edificación bioclimática	Eficiencia energética	Participación	Movilidad	Fiscalidad	Planeamiento urbanístico
<b>Documentos de referencia</b>									
<b>Todos los municipios, por sí mismos o asociados</b>	Competencias								
	Alumbrado público								
	Recogida de residuos								
	Abastecimiento de agua potable								
	Alcantarillado								
	Acceso a núcleos de población								
	Pavimentación de las vías B6:K23								
<b>Municipios con población superior a 5.000 habitantes</b>	Parque público								
	Tratamiento de residuos								
<b>Municipios con población superior a 20.000 habitantes</b>	Prevención y extinción de incendios								
	Instalaciones deportivas de uso público								
<b>Municipios con población superior a 50.000 habitantes</b>	Transporte colectivo urbano de viajeros								
	Protección del medioambiente								
<b>Otras competencias municipales</b>	Ordenación, gestión, ejecución y disciplina urbanística; promoción y gestión de viviendas								
	Protección de la salubridad pública								
	Tratamiento de aguas residuales								

▲ Fuente: Adaptado de la Guía para el desarrollo de normativa local en la lucha contra el cambio climático. Federación Española de Municipios y Provincias. 2012.



## 6. Monitoreo y evaluación

### 6.1. Principios básicos del monitoreo y evaluación

Tal y como se evidencia en diversos momentos de esta guía, aún nos encontramos en una fase embrionaria de conocimiento en el camino hacia la adaptación a los efectos del cambio climático.

#### ¿Estamos haciendo bien las cosas?

Entendiendo la adaptación como un proceso continuo, y dada la complejidad y el largo plazo inherente al cambio climático, un seguimiento sistemático y una evaluación periódica de las intervenciones de adaptación son elementos indispensables para comprender mejor dicho proceso y mejorar la toma de decisiones<sup>142</sup>.

En el contexto de la adaptación, monitoreo y evaluación (M&E) deben ir de la mano y son entendidos como un único proceso. El monitoreo requiere una recogida sistemática de información que se analiza y procesa para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la adaptación<sup>143</sup> y determinar la pertinencia, la eficiencia, la eficacia y el impacto de las medidas que se han implementado<sup>144</sup>, permitiendo identificar deficiencias y desviaciones y definir así las medidas correctoras más apropiadas<sup>145</sup>.

El M&E juega un papel imprescindible en la mejora del proceso de adaptación al cambio climático, que tiene algunos aspectos característicos que lo distinguen de otros procesos y que conviene tener en cuenta<sup>146</sup>:

- No hay una fórmula mágica, ni sistemas de M&E únicos que vayan a funcionar para todas las intervenciones de adaptación. Los indicadores de seguimiento deben definirse o seleccionarse ad hoc, en base a la relación entre las actividades de adaptación planificadas y el contexto climático y socio-económico en el que son implementadas.
- La M&E representa una oportunidad para los profesionales en el proceso de adaptación, ya que les permite cuantificar los resultados en el corto y largo plazo y gestionar el carácter transectorial del cambio climático.
- Los sistemas de M&E juegan un papel múltiple hacia una adaptación efectiva:
- Están diseñados para el aprendizaje y la mejora continua en el largo plazo en el que tiene lugar la adaptación.
- Permiten la gestión por resultados<sup>147</sup>, que es la evaluación de resultados mediante indicadores cuantitativos.
- Proporcionan una herramienta flexible a los profesionales para gestionar la incertidumbre inherente al cambio climático.

<sup>142</sup> Pringle, P. (2011). AdaptME, Adaptation monitoring and evaluation toolkit.

<sup>143</sup> GIZ. (2014). Monitoring and Evaluating Adaptation at Aggregated Levels : A Comparative Analysis of Ten Systems.

<sup>144</sup> Andrea Prutsch, Torsten Grothmann, Sabine McCallum, Inke Schausser, R. S. (2014). Climate change adaptation manual. Lessons learned from European and other industrialised countries.

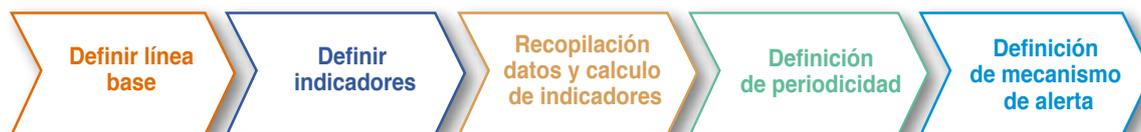
<sup>145</sup> UNDP. (2005). Adaptation policy frameworks for climate change: developing strategies, policies and measures.

<sup>146</sup> GIZ. (2011). Making adaptation Count. Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation.

<sup>147</sup> RBM Results Based Management

Figura 22. ▽ Principios básicos de los sistemas de M&E y pasos a ejecutar.

<b>Paso 1.</b> Definir el objetivo/s de la evaluación	<b>Objetivos</b>	<b>Aprendizaje versus cuantificación de resultados.</b>
<b>Paso 2.</b> Definir el objeto de la evaluación	<b>Objeto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio en variables climáticas e impactos (temperaturas extremas, inundaciones, etc.).</li> <li>• Evolución de la vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad adaptativa).</li> <li>• Implementación / progreso de las medidas de adaptación.</li> </ul>
<b>Paso 3.</b> Definir el tipo de la evaluación	<b>Tipo evaluación</b>	Formativa versus Sumativa.
<b>Paso 4.</b> Definir el modelo lógico de la intervención. Limitaciones, oportunidades y asunciones	<b>Línea base</b>	En base a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos de adaptación.</li> <li>• Correcta adaptación.</li> <li>• Punto de partida.</li> </ul>
	<b>Indicadores</b>	Basados en proceso versus basados en resultados.
	<b>Recopilación de datos</b>	Investigación, talleres de trabajo, entrevistas, etc.
<b>Paso 5.</b> Diseñar el Sistema de M&E	<b>Periodicidad</b>	Cuanto tiempo hay que recopilar información. Cada cuanto tiempo.



▲ Fuente: Elaboración propia a partir de <sup>148,149,150</sup>. Tecnalia, 2014.

<sup>148</sup> GIZ. (2011). Making adaptation Count. Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation.

<sup>149</sup> Pringle, P. (2011). AdaptME, Adaptation monitoring and evaluation toolkit.

<sup>150</sup> Andrea Prutsch, Torsten Grothmann, Sabine McCallum, Inke Schauser, R. S. (2014). Climate change adaptation manual. Lessons learned from European and other industrialised countries.



## 6.2. Pasos a seguir en el proceso de monitoreo y evaluación

### Paso 1. Definir el objetivo de la evaluación.

El éxito de la evaluación pasa por definir y tener claro cuál es el propósito de la evaluación y focalizarlo durante todo el proceso. El objetivo de la evaluación puede ser:

- Evaluar la efectividad: analizar si se está consiguiendo lo que se dijo que se haría.
- Evaluar la eficiencia: analizar el coste, beneficio y plazo de las actuaciones.
- Evaluar la equidad de las actuaciones: analizar si las medidas protegen a los grupos sociales más vulnerables o más expuestos.
- Evaluar la transparencia y responsabilidad con la que se están ejecutando las actuaciones.
- Cuantificar y evaluar los resultados de las actuaciones en términos de impactos positivos y negativos.
- Evaluar lo aprendido de las actuaciones.
- Mejorar las actuaciones futuras.
- Comparar con actuaciones similares.

Las siguientes preguntas pueden ayudar en el proceso de definición de los objetivos:

*¿Cuál es el propósito de mi evaluación y qué me gustaría aprender?*

*¿Cómo puedo maximizar las sinergias entre diferentes propósitos encontrados?*

*¿Qué compensaciones busco y cómo puedo justificarlas?*

*¿He definido los objetivos de mi evaluación? Aprendizaje: ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cómo?*

Además de los objetivos particulares que se persigan en cada caso, es importante tener presente, como objetivo general de la evaluación, el aprendizaje de las decisiones tomadas para la mejora en actuaciones futuras.

## Paso 2. Definir el objeto de la evaluación.

El segundo paso es determinar el objeto de evaluación. Éste puede ser muy diverso y centrarse en cualquiera de las fases definidas en el proceso de adaptación, por ejemplo:

- El seguimiento al cambio en las variables climáticas y de los impactos (temperaturas extremas, inundaciones, etc.)
- La evolución de la vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de respuesta), asumiendo que la reducción de la vulnerabilidad se traduce en un incremento de la adaptación.
- El progreso de la implementación de las medidas de adaptación.
- Los resultados de las medidas de adaptación, eficacia en la reducción de la exposición al estrés climático, disminución de la vulnerabilidad, mejora de la capacidad de adaptación o la combinación de los anteriores.

Una vez definida la etapa del proceso que se quiere evaluar, hay que definir el objeto en sí de la evaluación, que podrá ser un sector concreto (energía, salud, agricultura), elementos concretos (biodiversidad, infraestructuras, construcciones, etc.) o la combinación de ambos.

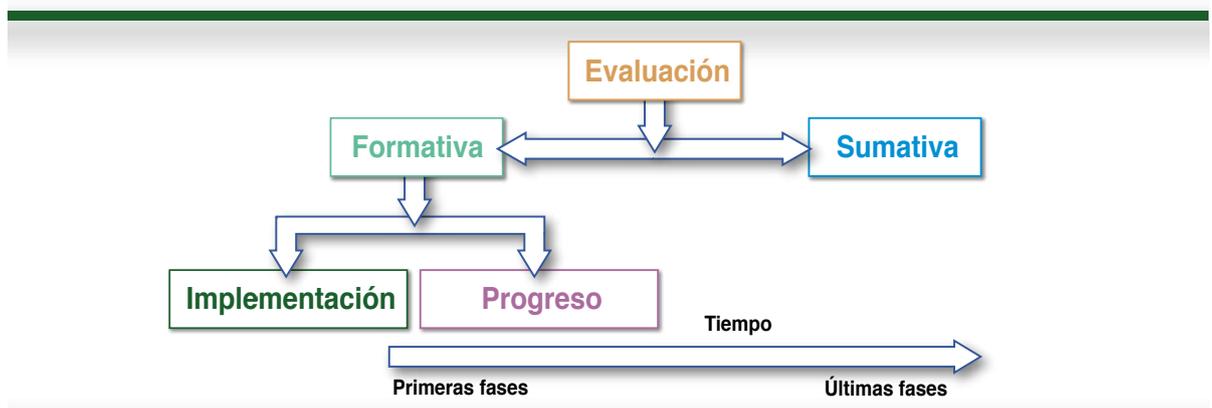
## Paso 3: Definir el tipo de evaluación que se quiere realizar.

La **evaluación formativa** se centra en la mejora de las intervenciones en las fases de diseño y durante la ejecución. En contraste, la **evaluación sumativa** persigue evaluar la eficacia global de una intervención, una vez se haya implementado.

Un ejemplo muy ilustrativo para diferenciar ambos tipos de evaluación es “cuando el cocinero prueba la sopa, es formativa; cuando los invitados degustan la sopa, es sumativa” (Robert Estaca).

En el caso de la adaptación es conveniente utilizar una evaluación formativa dados la escala temporal y el largo plazo de las medidas de adaptación.

Figura 23. ▽ Tipologías de evaluación.



○ Fuente: National Sciences Foundation, 2002. Evaluation and Types of Evaluation.



## Paso 4: Definir el modelo lógico de adaptación e identificar oportunidades y limitaciones.

El Vista la complejidad inherente al estudio del cambio climático y dada la importancia de aprender de las acciones que resultan más eficaces y entender el porqué, es necesario un análisis bien estructurado, no solo de los objetivos de la evaluación sino del impacto esperado de las acciones y de los efectos inesperados que la propia implementación de las actuaciones pudiera generar.

Una forma efectiva de analizar estas cuestiones consiste en trazar un modelo lógico de adaptación. Un modelo lógico proporciona una descripción gráfica de la actuación de adaptación planificada y debe incluir las siguientes consideraciones:

- Lo que se quiere conseguir con la intervención de adaptación.
- Quién se verá afectado por dicha actuación, en qué medida y cuándo.
- Qué recursos serán necesarios.
- Las conexiones entre las entradas (recursos invertidos) y las salidas (resultados).
- Los impactos planificados y los imprevistos.
- Asunciones e hipótesis. Explorar y entender las asunciones que se hicieron en el desarrollo de las medidas de adaptación y probar la lógica subyacente a la adaptación. Un modelo de adaptación lógico requiere ciertas asunciones respecto a cómo las entradas generan los resultados esperados.

No hay un patrón estándar para la elaboración de un modelo lógico y este dependerá de las intervenciones de adaptación en cada caso. En la Figura 24 se muestra un ejemplo simplificado de la secuencia a seguir para la elaboración de un modelo lógico de adaptación. En este caso se ha realizado una simplificación de la adaptación mediante formación de agricultores para un municipio de carácter rural en el que las consecuencias del cambio climático se reflejan en la degradación del suelo y la disminución de recursos hídricos debido a los periodos de sequía.

Las siguientes preguntas pueden ayudar en el proceso de elaboración de un modelo lógico:

*¿El modelo lógico me ayuda a focalizar la evaluación?*

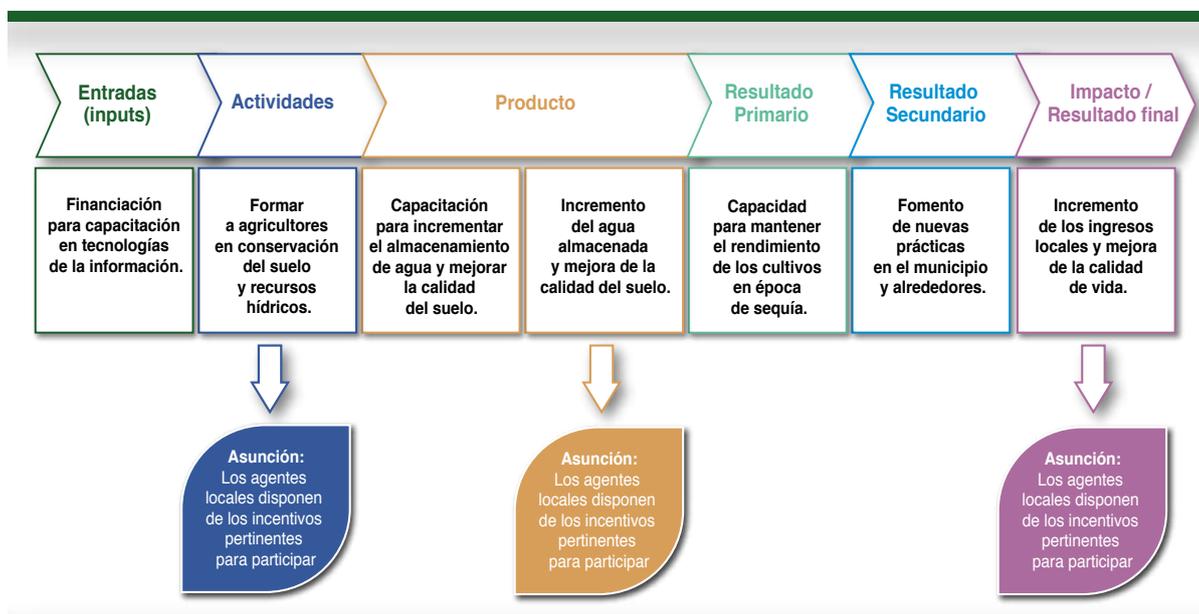
*¿El modelo lógico relaciona los objetivos con el producto esperado?*

*¿Qué asunciones recaen en el modelo lógico?*

*¿Cómo puedo evaluarlas?*

*¿Son válidas estas asunciones?*

Figura 24. ▽ Ejemplo de modelo lógico de adaptación para un municipio rural con incidencia creciente en degradación del suelo a causa de sequías.



▲ Fuente: Elaboración propia a partir de<sup>151</sup>. Tecnalia, 2014.

### Identificación de limitaciones y oportunidades a partir del modelo lógico.

Una vez definido el modelo lógico de adaptación se recomienda centrar la atención en los siguientes aspectos clave que pueden surgir en el proceso de M&E:

- **Pensar más allá del proyecto individual y comprender su contexto más amplio.** Muchos de los factores que dificultan el proceso de M&E están fuera del proyecto de adaptación en sí. Además la adaptación será más eficiente y efectiva cuando las ideas y el aprendizaje son compartidos y se desarrollan aproximaciones transdisciplinarias.
- **Considerar la escala temporal a largo plazo.** Los lapsos de tiempo entre las intervenciones de adaptación y los impactos medibles pueden ser significativos. Algunas acciones posibles para solventar la larga escala temporal son las siguientes:
  - Considerar la adaptación como un proceso iterativo y formativo y diseñar un sistema de M&E en consecuencia.
  - Definir claramente las asunciones en el modelo lógico. El largo plazo implica que las asunciones realizadas pueden cambiar con el tiempo.
  - Asegurar un proceso de M&E regular que permita evaluar el progreso.
  - Estimar de forma realista el periodo de la intervención.
  - Diseñar un sistema de M&E flexible y fácilmente adaptable a los cambios que se den en el largo plazo.

<sup>151</sup> GIZ. (2011). Making adaptation Count. Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation.



- **Hacer frente a la incertidumbre inherente al cambio climático.** Algunas recomendaciones para gestionar la incertidumbre son:
  - El uso de métodos de evaluación formativa que se centren en el fortalecimiento de las futuras intervenciones de adaptación. Esto es consistente con la consideración de la adaptación como un proceso iterativo y dinámico en vez de un punto final a alcanzar.
  - Establecer líneas base (ver paso 5) que permitan realizar un seguimiento de lo que ha cambiado desde que la intervención fue concebida por primera vez. La línea base podrá referirse a los datos del clima, a la percepción de la sociedad, a las condiciones económicas (por ejemplo, el costo de las intervenciones puede reducir en la medida que avanza la tecnología) o al conocimiento científico.
  - Considerar las asunciones y las condiciones en que se hicieron tales asunciones.
  - Cuando la incertidumbre es alta, la flexibilidad de la intervención debe convertirse en una medida importante para el éxito de la intervención.
- **Hacer uso de las herramientas e instrumentos ya existentes.** Muchos de los indicadores que se definen en el proceso de M&E pueden ya existir. En caso necesario, evaluar la forma de adaptarlos para utilizarlos como indicadores de M&E.
- **Atribuir los costes y los beneficios de las intervenciones de adaptación.** Este aspecto puede ser problemático debido a la dificultad de atribuir los beneficios asociados exclusivamente a la implementación de la medida de otras cuestiones, dada la escala temporal a medio y largo plazo inherente a las medidas de adaptación. Algunas posibles soluciones en este sentido son:
  - Pensar en términos de contribución y no de atribución. En lugar de tratar de demostrar que un resultado o impacto específico se debe íntegramente a una intervención de adaptación, puede ser más apropiado considerar la contribución de la intervención a ese resultado. Este enfoque reconoce que, a menudo, hay muchas influencias que dan forma a la consecución de resultados, aspecto especialmente cierto en el caso de un asunto complejo y a largo plazo. En lugar de tratar de atribuir impactos y resultados a una intervención, el evaluador puede centrarse en la obtención de pruebas para determinar el tipo, la naturaleza y el nivel de la contribución que la intervención ha conseguido para: 1) desarrollos consistentes con el modelo lógico de adaptación y 2) cualquier impacto adicional no planificado.
  - Enfoques de impacto económico pueden proporcionar una forma de determinar los costes y los beneficios económicos que pueden atribuirse a una intervención. Si bien esto puede ser útil, es importante examinar qué beneficios se han acumulado en lugar de centrarse exclusivamente en su valor.

- **Identificar las medidas de éxito.** Este aspecto no es una tarea fácil, ya que una intervención que propicia la adaptación en una ubicación o localidad concreta, puede aumentar la vulnerabilidad o la desigualdad en otros lugares. La adaptación puede crear ganadores y perdedores, o al menos ganadores y no ganadores, por lo que el éxito es difícil de definir y medir. Además, las medidas de adaptación, a menudo, se caracterizan por compensaciones, determinadas por las evaluaciones de riesgo, que reconocen que la aceptación de la pérdida puede ser parte de una estrategia de adaptación. Algunas consideraciones en este sentido son:
  - Involucrar a una amplia gama de actores en el diseño de la evaluación. Esto proporcionará una visión más amplia de lo que significa el éxito para diferentes colectivos y ayudará a desarrollar un conjunto más amplio de medidas de éxito.
  - Identificar quiénes son los beneficiarios directos, indirectos y quién puede verse negativamente afectado por la intervención y plasmarlo en el modelo lógico de adaptación.
  - Examinar las compensaciones o niveles aceptables de pérdida que han sido asumidas en el modelo lógico de adaptación. El éxito de una intervención puede juzgarse como poco exitosa si sus costes resultaron excesivamente altos y poco razonables en comparación con el beneficio obtenido, compensaciones o niveles de pérdida.
  - Cuando la incertidumbre es muy alta la flexibilidad se convierte en un aspecto del éxito de la intervención.
- **Considerar los aspectos no intencionados y los no esperados.** En el contexto de la adaptación tanto el grado significativo de incertidumbre y el medio-largo plazo de su horizonte temporal hacen imprescindible el diseño de un sistema de M&E suficientemente flexible como para incluir la evaluación de los efectos no esperados.
- **Considerar escenarios contra factuales.** En ocasiones, puede que el éxito de la adaptación tenga que medirse, en última instancia, como la ausencia de un impacto negativo o comparando con un escenario hipotético que no ha ocurrido. Esto requiere que el sistema de M&E permita la medición y evaluación contra un escenario contra factual. Por ejemplo, el éxito de una medida de adaptación puede ser la rapidez con la que se responde a una fuerte tormenta con inundaciones que no ha ocurrido todavía. En el momento que ocurra se medirá el éxito, por ejemplo, comparando el número de muertes o los daños ocurridos con lo que hubiese ocurrido si no se hubiesen tomado las medidas de adaptación.
- **Involucrar a los agentes implicados y comunicar los resultados del M&E:** El M&E requiere un esfuerzo en muchos sentidos: necesidad de fondos públicos, aprendizaje, equidad, justicia social, etc. Todos ellos son igualmente válidos, pero es importante reconocerlos para manejar las tensiones y las sinergias entre los diferentes propósitos. Todos los agentes implicados con una responsabilidad o un papel en el proceso de adaptación deben ser parte del proceso de M&E. Involucrar a los agentes en la fase inicial del proceso asegurará la continuidad del monitoreo en sus propias actividades y puede suponer también una fuente importante de datos necesarios para el cálculo de los indicadores de M&E.



- **Aprendizaje y mejora continua:** El seguimiento y evaluación debe entenderse como un proceso de mejora continua y de aprendizaje en lugar de solo en términos estrictos de justificación económica, de éxito o fracaso. Es importante asegurar que el aprendizaje sustente la toma de decisiones futuras y permita la mejora y mayor comprensión de la sociedad sobre cómo adaptarse. Para ello es necesario:
  - Compartir las lecciones aprendidas. Considerar los mecanismos para compartir entre organizaciones, sectores y disciplinas.
  - Combinar objetivos del M&E de la organización responsable de la intervención con el aprendizaje social a un nivel más amplio.
  - El aprendizaje debe ser un objetivo de todas las evaluaciones. Asegurar que no se convierte en subordinado de otros objetivos de la evaluación.

## Paso 5: Desarrollo del Sistema de M&E.

A partir de la información recopilada en los pasos precedentes, se define el sistema de M&E. La medición de la evaluación se realiza mediante indicadores que desvelen el desempeño de las intervenciones de adaptación. Previo a la definición de los indicadores es necesario definir en base a qué se va a realizar la evaluación.

### Criterios de evaluación.

En esta guía se examinan tres formas diferentes de medir el desempeño de la adaptación, que pueden ser:

- Contra **los objetivos de la intervención**, la forma más directa de medir el desempeño de las intervenciones de adaptación es comparar los productos y resultados que se obtienen en base a los objetivos definidos en la intervención.
- En base a la **comprensión de una correcta adaptación**: Otra forma útil de medir el desempeño es basándose en lo que se considera una adaptación efectiva, caracterizada por los siguientes atributos que pueden servir como base para la medición<sup>152</sup>:
  - **Sostenible**: que reduzca al mínimo las amenazas del cambio climático y aproveche las oportunidades potenciales que de este se deriven.
  - **Proporcional e integrada**.
  - **Colaborativo y abierto**: la adaptación al cambio climático es un desafío para el conjunto de nuestra economía y sociedad, y exigirá la participación de una amplia gama de individuos y organizaciones.
  - **Efectivo**: Las acciones deben centrarse en un contexto específico. Deben incorporar flexibilidad para ajustarse a una serie de escenarios climáticos futuros, así como a los cambios socio-económicos, técnicos y de cualquier otro tipo.
  - **Eficiente**: Las acciones deben sopesar los costos, beneficios y riesgos involucrados.

<sup>152</sup> Pringle, P. (2011). AdaptME, Adaptation monitoring and evaluation toolkit.

**Indicadores de monitoreo.**

Los criterios de evaluación constituyen el punto de referencia para medir el progreso y los logros de una actuación. Estos criterios son generalmente traducidos y sintetizados en indicadores. Aunque de forma generalizada se hable de indicadores, conviene distinguir estos de las métricas de evaluación.

Un **indicador** proporciona evidencia de que una cierta condición existe o de que se han logrado o no ciertos resultados. Los indicadores pueden ser cuantitativos o cualitativos.

De forma genérica pueden distinguirse dos tipos de indicadores: basados en procesos o en resultados. En el ámbito de la adaptación suelen utilizarse los indicadores de proceso, dado el largo plazo de las intervenciones. De esta forma, se evalúa el desempeño de las intervenciones durante el proceso en aras de la mejora continua.

**Tabla 10. ▽ Comparación de indicadores basados en proceso y en resultados.**

	Indicadores de proceso	Indicadores de resultado
VENTAJAS	<p>Permiten a los agentes implicados seleccionar las acciones de adaptación más apropiadas para conseguir un resultado.</p> <p>Aproximación flexible que se adapta a la información que se va recopilando.</p>	<p>Representativos de los objetivos políticos.</p> <p>Posibilitan vincular los objetivos de adaptación con los objetivos de otras áreas o políticas.</p> <p>Específicos para cada sector.</p>
DESVENTAJAS	<p>La definición de un proceso no garantiza el éxito de la adaptación.</p> <p>No son familiares para los expertos.</p> <p>Pueden complicar la integración de los objetivos de adaptación con los objetivos de otras áreas políticas. No son necesariamente específicos para sectores concretos.</p>	<p>La definición de un resultado no garantiza el éxito de la adaptación.</p> <p>Pueden ser demasiado descriptivos.</p> <p>Pueden ser poco flexibles y dificultar la incorporación de nueva información.</p>
EJEMPLOS	<p>Cantidad de participantes involucrados en las decisiones de adaptación.</p> <p>Calidad de la implicación de dichos participantes.</p> <p>Grado de detalle en la consideración de los riesgos climáticos y la vulnerabilidad.</p> <p>Número y calidad de leyes o cuerpos legales que regulen la temática del cambio climático.</p>	<p>Cambio del grado de exposición y amenaza climática.</p> <p>Utilidad y calidad de los sistemas de alerta temprana.</p> <p>Cambio en la respuesta de los agentes al cambio climático.</p> <p>Utilidad de las medidas de adaptación.</p> <p>Evidencias de aprendizaje o entendimientos del cambio climático por parte de los diferentes agentes.</p>

▢ Fuente: GIZ, 2011<sup>153</sup>.

<sup>153</sup> GIZ. (2011). Making adaptation Count. Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation.



Algunas consideraciones a tener en cuenta con respecto a la definición de indicadores:

- **Cuantificar cuando sea posible, pero asegurar que los indicadores son significativos y ejecutables:** Es imprescindible que se monitoree y evalúe lo que es importante y no solo lo que es medible. Plantearse qué información real nos están proporcionando los indicadores y si realmente se puede obtener la información necesaria para su cálculo. Los indicadores deben seguir el progreso mientras que los objetivos deben conducir a acciones, no al revés.
- **Seleccionar indicadores realizables económicamente:** La información necesaria para el cálculo de los indicadores debe poder recopilarse de forma eficiente y efectiva. La recopilación de la información no debe ser más costosa que el valor de la información que proporciona.
- **Un indicador mide el desempeño, pero no proporciona una foto global:** Utilizar indicadores cuantitativos junto con otras herramientas (investigación cuantitativa, estudios comparativos, opinión de agentes implicados, etc.) de M&E permite obtener una imagen más enriquecedora del desempeño de la adaptación. Hay que tener en cuenta que en ocasiones los resultados de la adaptación no podrán medirse hasta pasados muchos años.

### Recopilación de los datos.

Una vez que se han definido los indicadores y la línea base sobre la que se cuantificarán u compararán los resultados, hay que proceder a la recopilación de información que nos permita obtener dichos indicadores.

Tabla 11. ▽ Ejemplo de un indicador basado en resultado.

Resultado esperado de la actuación	Puntuación	Valor línea base	Valor final esperado
Diversificar y fortalecer los medios de subsistencia e ingresos de colectivos vulnerables de zonas objetivo.	Grado de acceso a medios de subsistencia e ingresos: 1. No hay acceso. 2. Pobre. 3. Moderado. 4. Seguro. 5. Muy Seguro.	2	3

▲ Fuente: GIZ 2011<sup>154</sup>.

### Definición de sistema de alerta y comunicación de resultados.

Una tarea final consistiría en la definición del sistema de alerta para anticiparnos en la identificación de posibles anomalías y poder tomar las decisiones oportunas al respecto. La comunicación de los resultados otorga credibilidad a nuestro trabajo, contribuye a la sensibilización y permite el enriquecimiento de las evaluaciones. Es importante la coordinación con los momentos y espacios de participación existentes.

<sup>151</sup> GIZ. (2011). Making adaptation Count. Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation.





## 7. Corolario final

Reiterar nuevamente que la secuencia metodológica presentada en el Bloque 2 no es necesariamente lineal, siendo susceptible de ser adaptada a las características y coyuntura de cada municipio.

En este tercer bloque se presentan alternativas metodológicas para las diferentes etapas del proceso, entendiendo que no hay fórmulas magistrales y por tanto las opciones que se escojan pueden ser válidas si son acordes a la madurez de las políticas, estrategias o planes de adaptación específicas de cada caso.

Insistir también en que dicha madurez se adquiere de forma paulatina, con la mejora progresiva del conocimiento sobre la vulnerabilidad y las opciones de adaptación.

# Anexo 1. MATRIZ DE IMPACTOS

MEDIO ECOSISTEMA	CAMBIOS	ESTÍMULOS										TENDENCIAS				SECTORES					
		CLIMÁTICOS					NO CLIMÁTICOS					Región Mediterránea		Región Atlántica		Biodiversidad y ecosistemas	Energético e industrial	Suministro de agua	Infraestructuras / Transportecola		
		Aumento de la temperatura	Temperatura Extrema	Tendencia sequía	Variación Precipitación	Precipitación extrema	Aumento nivel mar	Aumento temperatura del mar	Acidificación del mar	Cobertura de nieve	Fertilización del CO <sub>2</sub>	Usos del suelo	Cobertura vegetal	Observadas	Proyectadas					Observadas	Proyectadas
ATMÓSFERA	Gases de efecto invernadero en la atmósfera.	●												↑	↑	↑	↑				
	Aumento de la temperatura.	●	●											↑	↑	↑	↑	Ver "Ecosistema terrestre y biodiversidad".	Alteración en la demanda eléctrica.		
	Variación régimen de precipitaciones.				●								↓	↓	↑	○	Alteración en los periodos reproductivos de algunas especies. Incremento de plagas especies invasoras.	Sector Hidroeléctrico. Estrés hídrico en sistemas de refrigeración e industrias con gran consumo de agua.	Alteraciones en el suministro.		
	Precipitación extrema.				●								↑	↑	↑	↑		Daños en instalaciones. Cortes de suministro	Daños en instalaciones. Alteración de la calidad del agua.	Daños en Infraestructuras. Aumento de la siniestralidad por deslizamientos	
	Olas de calor.	●											↑	↑	↑	↑	Estrés hídrico de fauna y flora.	Consumo pico de la electricidad. Disminución de eficiencia de máquinas y motores.	Incremento de la demanda.	Daños en las infraestructuras (baches, grietas, fisuras, etc.)	
	Número de días con heladas.		●										↓	↓	↓	↓					
	Fuertes marejadas.					●							○	○	○	↑		Daños en instalaciones. Exposición de almacenamiento de gas en costa.	Daños en instalaciones. Alteración de la calidad del agua.	Daños en infraestructuras. Aumento de la siniestralidad por deslizamientos	
	Contaminación atmosférica por ozono.									●			↑	↑	↑	↑					
MEDIO HÍDRICO	Aumento de eventos de inundación y zonas inundables.				●	●				●	●	○	↑	↑	↑	↑		Daños en las instalaciones. Cortes en el suministro.	Daños en instalaciones. Alteración de la calidad del agua.	Daños en Infraestructuras. Aumento de la siniestralidad por deslizamientos	
	Aumento de las situaciones de sequía.	●	●							●	●	○	↑	○	↑		Estrés hídrico de fauna y flora.	Consumo pico de la electricidad. Disminución de eficiencia de máquinas y motores	Incremento de la demanda.	Daños en las infraestructuras (baches, grietas, fisuras, etc.)	
	Disminución de los recursos hídricos.		●	●	●					●	●	↓	↓	○	↑	Alteración en los periodos reproductivos de algunas especies. Incremento de plagas especies invasoras.	Sector Hidroeléctrico. Estrés hídrico en sistemas de refrigeración e industrias con gran consumo de agua	Alteraciones en el suministro.			
	Cubierta de hielo de lagos y ríos.	●	●									↓	↓	↓	↓						
SUELO	Retención de agua en el suelo.								●			n.d	↓	n.d	↓	Alteraciones en la fauna y flora edáfica		Disminución de la reserva de agua en el suelo			
	Variaciones en la reserva de carbono del suelo y masas forestales.	●	●	●	●					●	●	n.d	n.d	n.d	n.d	Alteraciones en la fauna y flora edáfica					
	Erosión hídrica del suelo.	●	●	●	●					●	●	n.d	n.d	n.d	n.d	Alteraciones en la fauna y flora edáfica					
ECOSISTEMA TERRESTRE Y BIODIVERSIDAD	Cambios de los ciclos vegetativos y pautas fenológicas de la flora.	●	●	●	●				●	●	●	↑	↑	↑	↑	Alteraciones en la flora y cadena trófica					
	Alteraciones en el fenología animal y cambios en la distribución de especies animales.	●	●	●	●				●	●	●	↑	↑	↑	↑	Alteraciones en la fauna y cadena trófica					
	Aparición de especies invasoras y plagas.	●										n.d	n.d	n.d	n.d	Alteraciones en la fauna, flora y cadena trófica					
	Aumento de la evapotranspiración de la vegetación.	●	●	●								n.d	n.d	n.d	n.d	Salinización del suelo (principalmente en zona mediterránea)		Disminución de la reserva de agua en el suelo			
ECOSISTEMA COSTERO Y ESTUARIOS	Aumento de inundaciones por subida del nivel del mar.				●	●						n.d	↑	n.d	↑	Alteraciones en la biodiversidad costera	Daños en instalaciones. Exposición de almacenamiento de gas en costa	Daños en instalaciones. Alteración de la calidad del agua	Daños en Infraestructuras. Aumento de la siniestralidad por deslizamientos		
	Retroceso de playas y humedales.					●						↑	↑	↑	↑	Alteraciones en la biodiversidad costera. Pérdida de vegetación dunar					
	Avance de la cuña salina.					●						?i	?i	?i	?i	Alteración en los ecosistemas de estuarios por variación de la salinidad		Intrusión salina en cursos de agua dulce (acuíferos y cursos fluviales)			
	Erosión de acantilados y línea costera.					●						?i	?i	?i	?i	Alteraciones en la biodiversidad costera					
MEDIO Y ECOSISTEMA MARINO	Alteraciones tróficas y fenológicas del ecosistema marino.					●	●					n.d	n.d	↑	↑	Pérdida de biodiversidad marina					
	Migraciones de especies hacia el norte.						●					n.d	n.d	↑	n.d						
	Expansión de algas tóxicas y especies invasoras.					●	●					?i	?i	?i	?i	Pérdida de biodiversidad marina					
CRIOSFERA	Cobertura de nieve.	●	●	●								↓	↓	↓	↓	Alteración de los ecosistemas criosféricos. Alteraciones en el ciclo hidrológico	Disminución de caudal para el Sector Hidroeléctrico	Alteraciones en el suministro	Disminución de incidentes por no exposición a eventos invernales		
	Disminución de la capacidad de carga de los pastos de montaña.	●	●	●								?i	?i	?i	?i						
	Desplazamiento altitudinal de la vegetación.											?i	?i	?i	?i	Alteración de los ecosistemas criosféricos					

● Posible ↓ Disminución ↑ Aumento ○ Estable n.d Sin dato ?i Se desconoce



**SECTORES**

Agrícola	Forestal	Ganadero	Pesquero	Turismo	Seguros	Salud	Medio Urbano
Alteración del ciclo y productividad de los cultivos	Alteración en el crecimiento de la masa forestal	Alteración del metabolismo de los animales	Alteración del stock pesquero	Alteración de los patrones turísticos por el cambio de clima			
Disponibilidad de agua para los cultivos	Disponibilidad de agua para las plantaciones			Alteración de los patrones turísticos por el cambio de clima			
Daños en los cultivos (destroz) Stress hídrico de los cultivos	Daños en la madera				Aumento de las reclamaciones por daños	Mortalidad y otros incidentes sanitarios Incremento de la siniestralidad en carretera Morbilidad por contaminación del agua	Daños físicos en infraestructuras urbanas Cortes de suministro Alteración en los servicios públicos urbanos
Incremento de la necesidad de riego Estrés hídrico de los cultivos	Aumento del riesgo de incendios (aumento de la inflamabilidad de la madera)	Afección a la reproducción, metabolismo de los animales. Aumento del estrés en los animales		Problemas de abastecimiento (energético e hídrico) a turistas	Aumento de las reclamaciones por daños	Mortalidad (golpes de calor) Aumento de la morbilidad por otras patologías relacionadas	Pérdida de productividad Restricciones de agua Alteración en los servicios públicos urbanos
			Daños en embarcaciones				
Daños los cultivos próximos a la línea de costa				Daños en instalaciones turísticas (sector hostelero y comercial de costa)	Aumento de las reclamaciones por daños	Mortalidad y otros incidentes sanitarios Incremento de la siniestralidad en carretera Morbilidad por contaminación del agua	Daños físicos en infraestructuras urbanas Cortes de suministro Alteración en los servicios públicos urbanos
						Afección a la salud	
Daños en los cultivos (destroz) Stress hídrico de los cultivos	Daños en la madera			Aumento de las reclamaciones por daños	Mortalidad y otros incidentes sanitarios Incremento de la siniestralidad en carretera Morbilidad por contaminación del agua	Daños físicos en infraestructuras urbanas Cortes de suministro Alteración en los servicios públicos urbanos	Daños físicos en infraestructuras urbanas Cortes de suministro Alteración en los servicios públicos urbanos
Incremento de la necesidad de riego Estrés hídrico de los cultivos	Aumento del riesgo de incendios (aumento de la inflamabilidad de la madera)	Afección a la reproducción, metabolismo de los animales. Aumento del estrés en los animales		Problemas de abastecimiento (energético e hídrico) a turistas	Aumento de las reclamaciones por daños	Mortalidad (golpes de calor) Aumento de la morbilidad por otras patologías relacionadas	Daños físicos en infraestructuras urbanas Cortes de suministro Alteración en los servicios públicos urbanos
Disponibilidad de agua para los cultivos	Disponibilidad de agua para las plantaciones			Alteración de los patrones turísticos por el cambio de clima Problemas de abastecimiento a turistas			Red de abastecimiento
Incremento de la necesidad de riego Alteración de la productividad de los cultivos	Disminución del agua disponible para las plantaciones Alteración en el crecimiento de la masa forestal					Inseguridad alimenticia	
Disminución de la productividad por variación de la materia orgánica del suelo	Disminución de la productividad por variación de la materia orgánica del suelo					Inseguridad alimenticia	
Pérdida de suelo cultivable Afección a la fertilidad del suelo por disminución de nutrientes en el suelo	Pérdida de suelo cultivable Afección a la fertilidad del suelo por disminución de nutrientes en el suelo					Pérdida de servicios ecosistémicos Inseguridad alimenticia	
Mediterráneo: Afección a los cultivos tanto estivales como invernales Atlántico: Mejora de la productividad de los cultivos tanto estivales como invernales	Zona mediterránea: Disminución de la productividad primaria neta Zonas atlánticas: Aumento de la productividad primaria neta			Pérdida del turismo de naturaleza por pérdida de biodiversidad		Pérdida de servicios ecosistémicos Inseguridad alimenticia Incremento de las patologías respiratorias y alergias por el incremento del periodo de polinización de ciertas especies.	
				Pérdida del turismo de naturaleza por pérdida de biodiversidad		Pérdida de servicios ecosistémicos Inseguridad alimenticia	
	Aumento de plagas en las plantaciones forestales (procesionaria del pino)	Disminución de la productividad de las explotaciones (cambios en la distribución espacial de las enfermedades parasitarias)				Incremento de enfermedades relacionadas con determinados vectores biológicos (mosquitos, garrapatas, etc).	
Salinización del suelo (principalmente en zona mediterránea) Disminución de las reservas de agua en el suelo Incremento de las necesidades de riego	Salinización del suelo (principalmente en zona mediterránea) Disminución de las reservas de agua en el suelo Incremento de las necesidades de riego						
Daños los cultivos próximos a la línea de costa			Daños en embarcaciones	Daños en instalaciones turísticas (sector hostelero y comercial de costa)	Aumento de las reclamaciones por daños	Mortalidad y otros incidentes sanitarios Incremento de la siniestralidad en carretera Morbilidad por contaminación del agua	Daños físicos en infraestructuras urbanas Cortes de suministro Alteración en los servicios públicos urbanos
Pérdida de zonas cultivables, principalmente en zonas de deltas.				Pérdida de recursos turísticos		Inseguridad alimenticia	
Afección de los cultivos por variación de la salinidad						Inseguridad alimenticia	Afección en el alcantarillado
				Pérdida de recursos turísticos			
			Disminución del stock pesquero Disminución de la talla de los peces			Inseguridad alimenticia	
			Zona mediterránea: Disminución la pesca Zonas atlánticas: Aumento de la pesca			Inseguridad alimenticia	
			Alteraciones en la biodiversidad marina y por tanto en el stock pesquero			Inseguridad alimenticia	
				Turismo invernal en estaciones de esquí.			
		Disminución de pasto para alimentación del ganado					

