

# **PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

**MARCO PARA LA COORDINACIÓN ENTRE ADMINISTRACIONES PÚBLICAS  
PARA LAS ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS,  
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

*OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO  
S. G. PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE*



# PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

*Marco para la coordinación entre Administraciones Públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*

## CONTENIDOS

0. PRESENTACIÓN .....	4
1. INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES .....	6
2. OBJETIVOS DEL PLAN.....	9
3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLAN.....	11
3.1. APROXIMACIÓN .....	12
3.2. LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS GLOBALES Y REGIONALES .....	13
3.3. LA MODELIZACIÓN DE IMPACTOS.....	18
4.1. Biodiversidad.....	22
4.2. Recursos hídricos .....	26
4.3. Bosques .....	27
4.4. Sector agrícola .....	28
4.5. Zonas costeras.....	30
4.6. Caza y pesca continental.....	32
4.7. Zonas de montaña .....	32
4.8. Suelos.....	33
4.9. Pesca y ecosistemas marinos .....	34
4.10. Transporte.....	35
4.11. Salud humana .....	36
4.12. Industria y Energía .....	37
4.13. Turismo .....	38
4.14. Finanzas - Seguros .....	39
4.15. Urbanismo y construcción .....	40
5. COORDINACIÓN Y GESTIÓN DEL PLAN .....	42
5.1. ARQUITECTURA INSTITUCIONAL .....	42
5.2. DESARROLLO DEL PLAN .....	43
6. PARTICIPACIÓN .....	45
7. COMUNICACIÓN, FORMACIÓN Y CONCIENCIACIÓN .....	48
8. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PLAN .....	50
9. REFERENCIAS .....	52
ANEXOS.....	54
I. Glosario de términos .....	54
II. Escenarios de emisiones del IPCC .....	56
III. Algunos ejemplos de sistemas, modelos, métodos y herramientas relevantes para evaluar impactos del cambio climático en distintos sectores/sistemas .....	57
IV. Acrónimos .....	59

## 0. PRESENTACIÓN

España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, es un país muy vulnerable al cambio climático, como así se viene poniendo de manifiesto en los más recientes análisis e investigaciones.

Se están realizando sustanciales esfuerzos nacionales e internacionales en la lucha contra el cambio climático a través de acciones de mitigación, esto es, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y promoviendo su secuestro. Pese a ello, el objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), la estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI, está lejos de alcanzarse y existe un consenso científico muy amplio sobre los futuros escenarios de cambio climático para los próximos decenios. Por ello, las acciones de adaptación al cambio climático que se proyecta y cuyas primeras evidencias ya se observan, se consideran absolutamente necesarias y complementarias a las acciones de mitigación.

Mientras que las acciones de mitigación requieren una respuesta conjunta y coordinada a nivel internacional, se reconoce que las acciones e iniciativas de adaptación deben ser definidas e implementadas a nivel nacional o subregional, pues los impactos y las vulnerabilidades son específicos de cada lugar.

No obstante, la adaptación al cambio climático constituye una actividad estrechamente conectada con las políticas de mitigación, debido a que el grado de cambio proyectado en las distintas variables climáticas está en función de los niveles de concentración de GEI que se alcancen en la atmósfera, niveles que a su vez están determinados por las políticas que inciden en las emisiones, las políticas de mitigación. De forma que no es lo mismo, por ejemplo, planificar una adaptación para un horizonte de calentamiento de 2°C que para otro de 4°C.

En este contexto, diseñar un marco de actuación adecuado para el conjunto de las iniciativas relativas a la adaptación al cambio climático supone una mayor coordinación y eficacia de las actividades que se lleven a cabo en este campo.

La adaptación al cambio climático, por su propia naturaleza, requiere una estrategia a medio o largo plazo de forma sostenida, según cada sector o sistema. Esto hace que, en numerosas ocasiones, se infravalore su importancia y necesidad frente a otros temas relacionados que irrumpen en la agenda en forma de crisis y urgencias, y que detraen los recursos siempre limitados. Por tanto, es muy importante enfocar las políticas y medidas de adaptación con un horizonte temporal adecuado y considerarlas como un proceso iterativo y continuo.

Este Plan Nacional de Adaptación es el marco general de referencia para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio

climático, y proporciona la estructura global donde “encajan” las diferentes evaluaciones de los sectores, los sistemas y las regiones. De esta forma, a medida que se desarrollen las evaluaciones, se irán generando unos conocimientos y un cuerpo de opciones de adaptación que fortalecen el propio marco de referencia. Estas opciones pueden ser sectoriales (relativas a un sector específico), multisectoriales (relativas a dos o más sectores conjuntamente), regionales y transversales u horizontales (sirven para mejorar la adaptación global).

Las acciones horizontales, tales como las relativas a información y comunicación, a formación de interesados, etc., son básicas para dar coherencia e ir consolidando el Plan.

Como se insiste a lo largo de este documento, un punto de vital importancia es la participación de los interesados en el proceso de la formulación de las opciones de adaptación. Mientras que la elaboración del marco estratégico, o algunas evaluaciones de “sectores directores” pueden considerarse procesos con un importante peso de “planificación descendente” (*top-down approach*), la definición de las opciones de adaptación a nivel de sectores, sistemas o regiones españolas debe realizarse fundamentalmente bajo una aproximación descentralizada y ascendente (*bottom-up approach*). Es aquí donde resulta imprescindible un activo proceso de participación de todos aquellos implicados e interesados en la planificación y gestión del sector o sistema considerado.

Existen muchas sinergias con otros compromisos y estrategias ambientales en España, especialmente en los ámbitos de los otros dos “convenios de Río”, el de Diversidad Biológica y el de Lucha contra la Desertización, pero también con otros muchos instrumentos y directivas de planificación. Por ello es importante integrar las opciones y medidas de adaptación al cambio climático en otras políticas en curso. Por ejemplo, sectores o subsectores tales como agricultura de regadío, recursos hídricos, gestión de inundaciones y sequías o conservación de ecosistemas acuáticos tienen profundas interrelaciones entre ellos, en la actualidad y en un contexto de cambio climático, y las medidas de adaptación planteadas para un sector deben ser evaluadas de forma integrada con los demás.

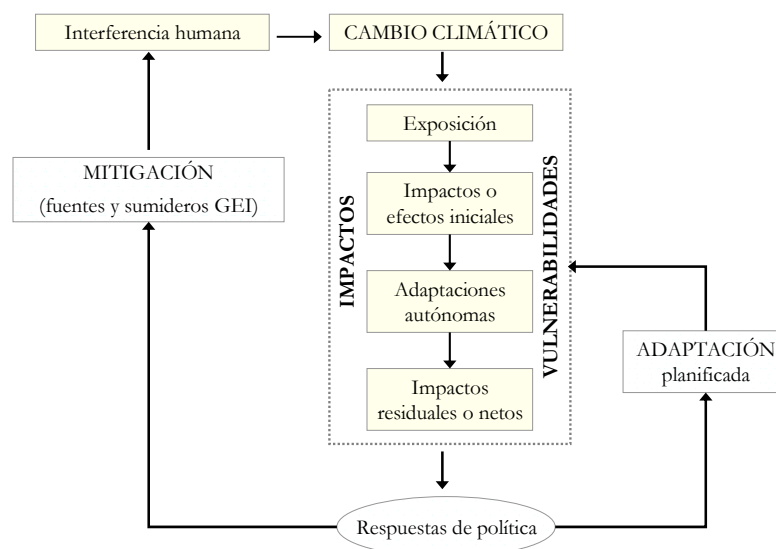
El papel de coordinación de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) consiste en promover la generación de datos, herramientas e información relevantes para el desarrollo de cada evaluación de impactos y facilitar los procesos participativos. Es importante que se establezcan todos los vínculos posibles entre los distintos grupos de trabajo. La OECC creará y mantendrá una base de datos estructurada con toda la información que vaya generándose del desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, y que estará a disposición de los propios participantes del Plan.

## 1. INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático –IPCC– es una agencia especializada de Naciones Unidas, creada en 1988, cuyo principal objetivo es realizar evaluaciones periódicas del estado de conocimiento sobre el cambio climático. Desde la entrada en vigor de la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC), el IPCC es la institución científica y técnica que colabora y apoya a los Órganos Subsidiarios de la Convención, suministrando información políticamente relevante sobre cambio climático.

A lo largo de los últimos años se han ido acumulando evidencias del cambio climático y de los impactos sobre distintos sectores y sistemas del mismo. El Tercer Informe de Evaluación del IPCC, aprobado en 2001, ofrece una valoración actualizada de los diferentes aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático. En este informe se reconoce que la adaptación es una estrategia necesaria a todas las escalas para complementar los esfuerzos de mitigación del cambio climático. Si ambos elementos se utilizan de forma conjunta, pueden ayudar a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible.

La figura siguiente es un esquema donde se representa el marco bajo el cual se integran las políticas de mitigación y adaptación como respuestas frente al cambio climático antropogénico



(Fuente: Tercer Informe de Evaluación, IPCC 2001)

El cambio climático representa una fuente de riesgo, ante el cual la adaptación es la respuesta para minimizar los impactos o explotar las oportunidades. La evaluación

de este riesgo es una tarea compleja con muchas incertidumbres asociadas que requiere una aproximación multidisciplinar científica, social y económica.

La adaptación al cambio climático ha ido ganando prioridad en las principales agendas políticas internacionales (Naciones Unidas, Unión Europea), y en estos momentos existe una corriente internacional muy fuerte de desarrollo de numerosas iniciativas relativas a adaptación.

Entre ellas hay que destacar un importante hito: la aprobación en la Conferencia de las Partes de la CMNUCC celebrada en Montreal, Canadá, en diciembre 2005 del *Programa de trabajo quinquenal sobre los aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos de los efectos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático*. Este Programa refleja la relevancia del tema en el marco de Naciones Unidas y supone un paso clave en la consideración de la adaptación como un asunto central, junto a las actividades de mitigación del cambio climático. En el Programa se establece como objetivo general el fortalecer la capacidad de adaptación al cambio climático de todas las Partes, se definen y estructuran las áreas temáticas y se señalan las modalidades bajo las cuales se desarrollará este Programa.

La OECC tiene entre sus funciones realizar el seguimiento de la Convención Marco de Cambio Climático e impulsar las políticas y medidas para su correcta aplicación en España. En este sentido, el artículo 4.1(b) de la CMNUCC establece que *las Partes deberán formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan (...) medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático*.

Por tanto, el presente Plan Nacional de Adaptación al cambio climático en España supone, por un lado, el cumplimiento de los compromisos adquiridos al amparo de la CMNUCC y, por otro, el dar respuesta a una necesidad que se revela imprescindible. La presente propuesta se basa en toda una batería de orientaciones y directrices elaboradas por distintos organismos, convenciones e instituciones internacionales, junto con aquellas experiencias nacionales de otros países que llevan ya ciertos años trabajando en este tema, así como en numerosos trabajos realizados en España. Todos ellos están recogidos en el apartado de bibliografía y referencias.

En nuestro país existen muchos equipos de investigación y expertos de distintos organismos, universidades e instituciones que desarrollan actividad en evaluación de impactos al cambio climático en diferentes sectores y sistemas. Con el objetivo de integrar y revisar todos estos estudios y poner al día el estado de conocimiento que existe sobre este tema, la Oficina Española de Cambio Climático ha promovido la realización del llamado proyecto **ECCE** (**E**fectos del **C**ambio **C**limático en **E**spaña). El proyecto se ha desarrollado durante los años 2003 y 2004, y su informe final se ha publicado en 2005 (*Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*, 840 pp, MIMAM 2005); el libro está también disponible en la web del Ministerio de Medio Ambiente:

<http://www.mma.es/oecc/impactos2.htm>

Los resultados de esta evaluación proporcionan las bases para el desarrollo del presente Plan Nacional de Adaptación en los distintos sectores y sistemas.



## 2. OBJETIVOS DEL PLAN

La adaptación al cambio climático debe entenderse como una actividad con un horizonte a medio-largo plazo –se van a evaluar los impactos a lo largo del siglo XXI- aunque sin olvidar que también pueden identificarse objetivos a corto plazo que ayuden a “visualizar” más la necesidad de adaptación.

El Plan va a facilitar y proporcionar de forma continua asistencia a todas aquellas administraciones y organizaciones interesadas –públicas y privadas, a todos los niveles- para evaluar los impactos del cambio climático en España en el sector/sistema de su interés, facilitando los conocimientos sobre el tema y los elementos, las herramientas y los métodos de evaluación disponibles, con objeto de promover procesos de participación entre todos los involucrados que conduzcan a la definición de las mejores opciones de adaptación al cambio climático. En definitiva, se persigue **la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación de los distintos sectores y/o sistemas.**

Al mismo tiempo, este Plan Nacional de Adaptación cumple el objetivo fundamental de dar cumplimiento y desarrollar -a nivel de Estado español- los compromisos que nuestro país ha adquirido en el contexto internacional de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y de la Unión Europea.

El Plan se concibe como un proceso continuo y acumulativo de generación de conocimientos y de creación y fortalecimiento de capacidades para aplicarlos. En conjunto constituye una herramienta para los responsables de tomar decisiones relacionadas con la adaptación al cambio climático.

El Plan Nacional de Adaptación debe ser lo suficientemente flexible para redefinir sus objetivos específicos conforme se van obteniendo resultados, a medida que se desarrollan las evaluaciones y se adquiere experiencia.

Como objetivos específicos iniciales para alcanzar en las primeras evaluaciones y proyectos a desarrollar se plantean los siguientes:

- ⊙ desarrollar los escenarios climáticos regionales para la geografía española
- ⊙ desarrollar y aplicar métodos y herramientas para evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos en España
- ⊙ aportar al esquema español de I+D+i las necesidades más relevantes en materia de evaluación de impactos del cambio climático
- ⊙ realizar un proceso continuo de actividades de información y comunicación de los proyectos

- ⊙ Promover la participación entre todos los agentes implicados en los distintos sectores / sistemas, con objeto de integrar en las políticas sectoriales la adaptación al cambio climático
- ⊙ elaborar informes específicos con los resultados de las evaluaciones y proyectos
- ⊙ elaborar informes periódicos de seguimiento y evaluación de los proyectos y del conjunto del Plan Nacional de Adaptación

### 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLAN

El Plan, con el objetivo general expuesto en el apartado 2, persigue construir el armazón donde puedan integrarse de forma coherente y coordinada todos los proyectos e iniciativas encaminados a lograr una adaptación al cambio climático en España, en los distintos sectores, sistemas, ámbitos y niveles, buscando de forma activa la interacción entre todos ellos con el fin de que puedan beneficiarse mutuamente de los resultados que se vayan alcanzando.

El siguiente esquema sintetiza los principales componentes que configuran el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Este es el marco general para el desarrollo de las distintas evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sectores y/o sistemas en España. Los componentes señalados en la figura tendrán un mayor o menor desarrollo según la naturaleza y las características de los proyectos y evaluaciones.

#### COMPONENTES DEL PLAN



(Fuente: adaptado de *Adaptation Policy Framework for Climate Change* UNDP, 2004 y con elementos de *Climate adaptation: risk, uncertainty and decision-making*. UKCIP Technical Report, 2003)

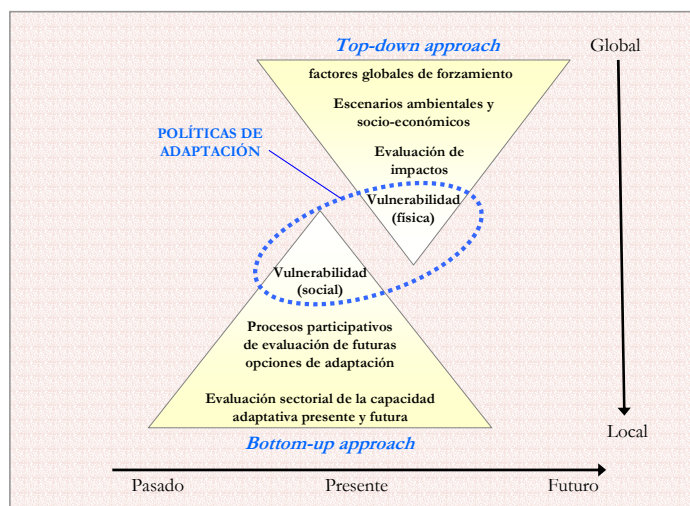
Con la definición del alcance y del diseño (1) se persigue definir el esquema del proceso de construcción, implementación y desarrollo del Plan, con la visión de lograr una eficaz integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales y nacionales/regionales. El punto de partida para la toma de decisiones concernientes a la adaptación frente al cambio climático es la exploración de la vulnerabilidad actual (2) y de las adaptaciones aplicadas hasta ahora. Le sigue una evaluación de los potenciales impactos (riesgos) ante los cuales sería necesario adaptarse (3). Esta es una tarea compleja que puede realizarse a diferentes niveles de profundidad, y que requiere un conocimiento detallado de las condiciones climáticas presentes, de los potenciales escenarios regionales futuros de cambio climático, de la evolución de los parámetros socioeconómicos claves para los horizontes temporales contemplados y de la respuesta de los componentes biofísicos de cada sector o sistema en consideración. Posteriormente, se trata de ir formulando una estrategia de adaptación (4), en respuesta a los resultados que se deriven de los anteriores componentes. La toma de decisiones normalmente vendrá condicionada –entre otros factores– por la valoración de los costes y beneficios (no solo económicos) que implican las diferentes opciones de adaptación frente al cambio climático, y estas opciones pueden ser re-definidas - en un ciclo continuo y secuencial (5)- de acuerdo a sucesivas revisiones de la evaluación de riesgos con nuevos datos y resultados. Por último, la aplicación de las políticas y medidas de adaptación propuestas (6) debe ser un proceso sostenido que contemple el seguimiento y la revisión como parte integrante del mismo. Como componente transversal a todos los demás figura la implicación y participación en todo el proceso de los agentes y actores involucrados (7).

### 3.1. APROXIMACIÓN

A la hora de plantear el diseño de un proceso como el Plan Nacional de Adaptación, hay dos categorías principales de aproximación o enfoque (no exclusivos), que responden a cuestiones o preguntas fundamentales diferentes. Son las llamadas aproximaciones de tipo arriba hacia abajo (*top-down approach*) y las de tipo abajo hacia arriba (*bottom-up approach*).

Aproximación	Cuestión o pregunta fundamental	Comentarios
<b>Arriba-abajo, top-down</b> <i>(standard approach</i> o <i>first generation</i> de las evaluaciones de vulnerabilidad e impactos)	¿cuáles son los impactos clave del cambio climático a largo plazo?  ¿hasta qué punto la adaptación puede reducir los efectos negativos del cambio climático?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- enfoque centralizado y descendente, que parte de lo general a lo particular</li> <li>- basado en escenarios climáticos y socioeconómicos</li> <li>- se usan métodos y herramientas tales como downscaling, modelos sectoriales de impactos...</li> <li>- puntos fuertes: aspectos biofísicos, interacciones dinámicas, idóneo para horizontes a largo plazo</li> <li>- puntos débiles: falta de reflejo de interacciones humanas y capacidades locales</li> </ul>
<b>Abajo-arriba, bottom-up</b> <i>(multi-stressors approach</i> o <i>second generation</i> de las evaluaciones de vulnerabilidad e impactos)	¿qué puede hacer un país o comunidad para adaptarse al cambio climático?  ¿cómo pueden desarrollarse y aplicarse mejor las políticas de adaptación?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- enfoque descentralizado y ascendente, que parte de la base, de lo particular, a lo general</li> <li>- basado en la identificación de la vulnerabilidad</li> <li>- combina la evaluación de la vulnerabilidad actual y futura a factores climáticos con factores no climáticos, involucrando de forma intensiva a actores clave</li> <li>- puntos fuertes: representan mejor opciones locales, idóneo para horizontes a corto-medio plazo</li> <li>- puntos débiles: carencia de datos</li> </ul>

Ambos enfoques quedan reflejados en la figura siguiente:



(Fuente: adaptado de FINADAPT, *Assessing the Adaptive Capacity of the Finnish Environment and Society under Climate Change, 2004*)

Por ejemplo, en el sector de los recursos hídricos una visión de abajo a arriba resulta muy importante para impulsar medidas de reutilización, reciclado, prevención de la contaminación, ahorro de agua, gestión de sequías, zonificación de áreas inundables,

etc. Estas son importantes opciones del sistema de gestión de los recursos hídricos, al margen del cambio climático, pero que en sí mismas constituyen también medidas de adaptación.

Hasta la actualidad, la mayoría de los estudios realizados en España y en el mundo sobre los impactos del cambio climático han seguido la aproximación de arriba hacia abajo. Así se ha hecho en el trabajo *Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (MIMAM 2005), desde un punto de vista académico y con una amplia participación de técnicos y científicos (más de 400 expertos), empleando futuros escenarios climáticos para estimar sus efectos en diferentes sistemas naturales y sectores socioeconómicos de nuestro país.

El enfoque del Plan Nacional de Adaptación es una combinación de ambos, con un importante peso del enfoque de segunda generación, de abajo hacia arriba (*bottom-up approach*), complementado con elementos propios de la aproximación de tipo arriba hacia abajo (*top-down*).

Por las implicaciones del cambio climático en el cambio global, es necesario subrayar aquí la importancia de integrar la investigación de las dimensiones humanas del cambio global con las investigaciones sobre cambio global de los campos biofísicos: las dimensiones humanas dan soporte a cada uno de los otros campos científicos sobre cambio global y también se dirigen a temas clave transversales. Por ello, es fundamental que se siga una aproximación global (*system approach*) que incluya tanto aspectos ambientales como biológicos y socioeconómicos, con especial atención a la gestión del territorio, y para ello es necesario la interdisciplinariedad entre las ciencias de la naturaleza y las ciencias sociales.

Esto implica una cuidadosa y muy estudiada coordinación desde la OECC, que incluye la identificación de todos los actores y agentes sociales implicados en cada uno de los diferentes sectores y sistemas donde se lleven a cabo las evaluaciones, para desarrollar posteriormente, a distintos niveles y de forma participativa, el conjunto del proceso tal y como se propone a lo largo de este documento.

## **3.2. LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS GLOBALES Y REGIONALES**

El conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales y de las prospectivas climáticas en nuestro país son elementos imprescindibles para la puesta en funcionamiento del Plan Nacional de Adaptación. Esta información puede considerarse el sustrato sobre el que se levanta el Plan en su conjunto y, por tanto, las características relativas a su frecuencia de revisión y actualización y el grado de incertidumbre asociada a estos datos son factores clave de todo el proceso.

La generación de los escenarios es un elemento crucial en este proceso analítico y se necesita manejar una gran cantidad y diversidad de datos que deben ser consistentes entre ellos. El marco general para ello lo proporciona el informe especial sobre

escenarios de emisiones elaborado por el IPCC (**SRES: Informe especial sobre los escenarios de emisiones del IPCC**, Nakicenovic et al., IPCC 2000, ver anexo II)

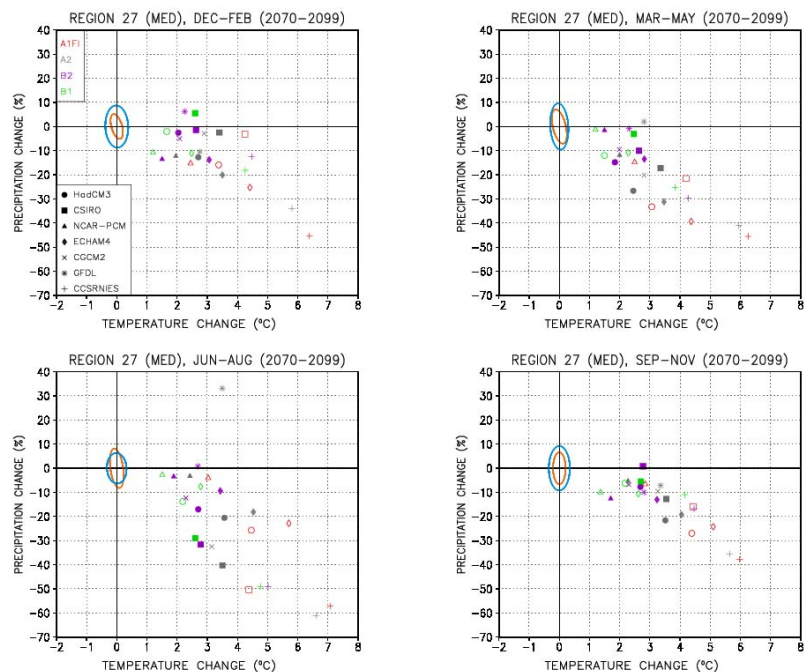
Se pueden distinguir tres tipos de escenarios climáticos futuros globales:

- a. escenarios incrementales
- b. escenarios analógicos
- c. escenarios basados en modelos de circulación general (GCM) y en modelos de circulación general acoplados atmósfera-oceano (AOGCM)

Tipo de escenario		Descripción/uso	Ventajas	Desventajas
<b>INCREMENTALES</b>		Análisis de sensibilidad, identificación de umbrales	Fácil uso, permite estimar las respuestas a los impactos a través del espacio multidimensional de las variables climáticas	De naturaleza arbitraria, sin relación directa con los forzamientos de los escenarios de emisión de GEI, puede llevar a resultados no realistas
<b>ANÁLOGOS</b>	Temporal	Paleoclimático	Basado en información climática derivada de paleo-registros	Cambios climáticos que realmente han ocurrido
		Instrumental	Basado en información climática derivada de medidas instrumentales	Datos disponibles
		Espacial	Basado en información climática derivada de otra región	Muchos datos para ciertos sectores (p.e. salud)
<b>GCM y AOGCM</b>		Basados en modelos deterministas de los procesos bio-geo-físicos del sistema climático	Incorporan los forzamientos de los escenarios de emisión de GEI a lo largo del siglo XXI (ver anexo II). Muchas variables disponibles, alta integración del conocimiento	Poca resolución, muchos requerimientos computacionales

Fuente: adaptado de TAR IPCC Working Group II – Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability)

La última categoría, los modelos de circulación general y los modelos acoplados, es la que en la actualidad está experimentando un mayor desarrollo. A modo de ejemplo, la siguiente figura recoge los resultados para la región mediterránea de hasta 7 simulaciones de modelos globales diferentes. Los gráficos representan las desviaciones esperadas, respecto del período 1961-90, en los valores medios de temperatura y precipitación estacional para el horizonte 2070-2099 del siglo XXI, y bajo 4 escenarios distintos basados en los escenarios de emisiones SRES del IPCC. En los gráficos se aprecia en las 4 estaciones del año una clara tendencia a la disminución de la precipitación y al aumento de la temperatura



(Fuente: IPCC Data Distribution Center, Regional scatterplots, [http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/sres/scatter\\_plots/scatterplots\\_home.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/sres/scatter_plots/scatterplots_home.html))

Aunque los distintos GCM y AOGCM producen resultados relativamente satisfactorios en las escalas hemisféricas y continentales, su resolución (de cientos de km) es tal que no permiten ser utilizados en los estudios de impactos, ya que estos precisan de una mayor definición espacial (de decenas de km o menos). Para resolver este problema se han desarrollado diversas técnicas cuyo objetivo es aumentar la resolución de los modelos globales; una de ellas es el aumento de la resolución de los modelos globales para períodos de tiempo definidos (“time slices”) y otra muy empleada consiste en una “regionalización” que proporcione una descripción de las variables climáticas adecuada para trabajar a escala regional o sub-regional.

Los métodos de regionalización – *downscaling* – pueden agruparse en dos categorías principales:

- i. **métodos estadísticos** (*downscaling estadístico*). Se basan en incrementar la resolución de los AOGCM mediante regresiones estadísticas multivariantes entre series de observaciones y valores promedios en las celdas del modelo global, suponiendo que la correlación espacial entre las variables climáticas dentro de las celdillas del modelo global se mantiene invariable en un contexto de cambio climático.
- ii. **modelos regionales** (RCM, *downscaling dinámico*). Con un tamaño de celdilla mucho menor que los modelos globales, se anidan en ellos proporcionando resultados a mucha mayor resolución y contemplando en muchos casos procesos a mesoescala del sistema.

climático. Esta resolución más fina recoge con más detalle la variabilidad espacial de parámetros tales como topografía, usos del suelo, línea de costa, etc, que no son tenidos en cuenta en los modelos globales.

Existen otras técnicas estadísticas y empíricas orientadas a la mejora de la resolución de resultados de modelos globales tales como los “generadores de tiempo” (*weather generators*), técnica que construye series diarias largas de variables meteorológicas (“series sintéticas”, de precipitación, temperatura, humedad...) a partir de planteamientos estocásticos basados en las series observadas en un lugar y los datos proporcionados por los propios modelos globales.

Es muy interesante realizar un análisis crítico de los resultados mediante intercomparaciones entre las distintas simulaciones del clima que proporcionan la aplicación de las distintas técnicas de regionalización. Esto permite obtener una envolvente del cambio en las variables climáticas que da una medida del grado de incertidumbre asociada a esta técnica y a los escenarios y modelos globales considerados.

Debido a que este elemento es, como se ha indicado, básico para el conjunto del Plan Nacional de Adaptación, su desarrollo forma parte de las primeras actividades a llevar a cabo y a incluir en el Programa de Trabajo.



## LA NECESIDAD DE CONTAR CON UN MECANISMO DE GENERACIÓN OPERATIVA DE ESCENARIOS REGIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA ALIMENTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE ADAPTACIÓN

La generación de escenarios de cambio climático, como se ha apuntado brevemente, puede ser realizada con numerosas técnicas, cada una con su grado de dificultad y nivel de requerimientos en cuanto a capacidad científica, técnica y computacional.

La capacidad de desarrollar modelos climáticos globales está actualmente reservada a unos pocos Centros de excelencia en Investigación Climática. Por tanto, el esfuerzo en este componente del Programa de Adaptación debe partir de estos modelos globales para desarrollar –mediante técnicas de *downscaling*– los modelos regionales adaptados a las características particulares españolas.

Se han desarrollado diversas herramientas de *downscaling* no excesivamente complejas de aplicar y con no muy elevados requerimientos computacionales, tales como SDSM (Statistical DownScaling Model), MAGICC/SCENGEN, COSMIC2 (Country Specific Model for Intertemporal Climate ver.2) o PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies). Otras herramientas de *downscaling*, por el contrario, son de alta complejidad y solo abordables con equipos de supercomputación y personal muy especializado.

En España, esta alta capacidad está reservada al Instituto Nacional de Meteorología, con su superordenador y equipos expertos de modelización numérica, y a determinadas Universidades y Centros de Computación que de forma más o menos continua desarrollan su labor de investigación y desarrollo en este campo. Por tanto resulta fundamental su participación activa en este componente del Programa de Adaptación.

Como ejemplo de esta capacidad, el V Programa Marco de la UE ha financiado el proyecto PRUDENCE (**P**rediction of **R**egional scenarios and **U**ncertainties for **D**efining **E**urope**N** Climate change risks and **E**ffects), con participación de 9 países, entre ellos España. El proyecto ha producido una serie de escenarios climáticos regionales de alta resolución para Europa mediante modelos regionales. El modelo regional empleado por el grupo español es el llamado PROMES, que proporciona dos proyecciones climáticas para el horizonte 2071-2100, de acuerdo a dos de los escenarios de emisiones propuestos por el IPCC: SRES-A2 y SRES-B2. La resolución horizontal del modelo es de 50 km. Este ha sido el sustrato sobre el que se ha elaborado la *Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (MIMAM 2005).

Otro proyecto europeo integrado en el VI Programa Marco y con participación española es el llamado ENSEMBLES (Ensemble-based Predictions of Climate Change and their Impacts), donde mediante la ejecución de experimentos aplicando la técnica de predicción por conjuntos (ensemble) en una serie de modelos regionales, se persigue generar escenarios regionales de cambio climático en Europa a una resolución espacial de 20 km., con una estimación probabilística asociada a cada resultado. Se espera disponer de este producto para el año 2007.

También puede citarse el Programa de Impactos del Clima del Reino Unido (*United Kingdom Climate Impacts Programme, UKCIP*). En este marco de trabajo, la generación de escenarios regionales cuenta con la participación de expertos del *Tyndall Centre* y del *Hardey Centre* que, de forma continua durante los últimos 20 años, han desarrollado su trabajo en este campo. La última generación de escenarios regionales producidos es del 2002 (*UKCIP02*).

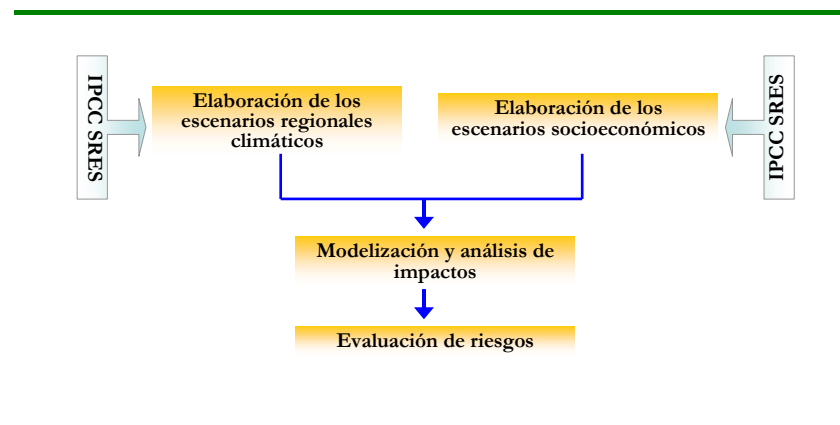
Al ser los escenarios climáticos regionales uno de los puntos de partida imprescindibles en los trabajos de impactos, adaptación y vulnerabilidad al cambio climático, es fundamental alcanzar una capacidad operativa suficiente y en constante progreso, que permita generar sucesivos escenarios de cambio climático a escala regional de forma continua. Sin esta garantía, el desarrollo del Programa Nacional de Adaptación no es viable.

En el desarrollo de este trabajo se irá elaborando un banco de datos de escenarios de cambio climático a escala regional, que posibilitará la intercomparación de modelos climáticos a escala global y regional, con objeto de establecer el comportamiento de cada uno de ellos en el área de influencia geográfica española (a través de simulaciones de control y contraste con el clima presente) y contar así con una medida de la incertidumbre asociada al uso de los escenarios generados por estos modelos.

(Con información de: *Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change*, UNFCCC, 2004; *La Investigación sobre el Cambio Climático en España: Análisis de situación y propuesta de mejoras*. OECC, 2002 y *Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report.*, 2002)

### 3.3. LA MODELIZACIÓN DE IMPACTOS

Los análisis de impactos y la evaluación de la vulnerabilidad asociada al cambio climático se basan en modelos de impacto que necesitan ser alimentados con escenarios cuantitativos de datos climáticos, tal y como se refleja en la siguiente figura:



La evaluación de los impactos del cambio climático en los diferentes sectores y sistemas hace uso de la información relativa a los escenarios climáticos, teniendo en cuenta las consecuencias (positivas o negativas) directas y los impactos transversales y acumulados, de forma cualitativa mediante modelos conceptuales y juicio experto o, cuando el estado del conocimiento lo permite, de forma cuantitativa mediante modelos numéricos adecuados.

Los análisis pueden realizarse a nivel nacional, regional, de cuenca y/o local, dependiendo del alcance del problema y los objetivos y recursos disponibles. Conforme vayan generándose resultados se irá creando una base de referencia sobre la que plantearse nuevos análisis que integren a los anteriores.

Para cada sector socio-económico y sistema ecológico existen distintos modelos, métodos y herramientas potenciales para ser aplicados en la evaluación de los impactos y vulnerabilidad, algunos ampliamente contrastados y otros todavía en fase de desarrollo y experimentación.

En el anexo III se muestran algunos ejemplos de estos modelos, métodos y herramientas, extraídos del *Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change* (CMNUCC 2004), y de otros trabajos y proyectos donde participan distintos grupos de investigación en España, que aplican sus propios modelos de impactos en campos como la agronomía, la hidrología, la ecología, etc. Existen muchas más herramientas que las señaladas en el anexo III y, a la hora de desarrollar las evaluaciones concretas en cada sector / sistema, es importante tenerlas todas en consideración.

Por ejemplo, el sector de los recursos hídricos dispone de multitud de herramientas de modelización suficientemente contrastadas para realizar evaluaciones detalladas a distintos horizontes del siglo XXI y de forma cuantitativa y cualitativa. Los recursos hídricos son de un alto interés e importancia estratégica tanto para la propia planificación hidrológica a medio y largo plazo como por su papel director en muchos otros sectores y sistemas.

Conocer los escenarios hidrológicos futuros es fundamental para los sectores de turismo, agricultura y biodiversidad -entre otros- cuyo desarrollo, planificación y gestión están condicionados por las opciones de adaptación posible en estos escenarios hidrológicos. Así pues, una evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos va a alimentar sucesivas evaluaciones en otros sectores/sistemas.

Otro ejemplo de transversalidad de impactos del cambio climático entre sectores puede encontrarse en el campo de la bioclimatología, en lo que se refiere a los impactos del cambio climático en la salud humana, el ocio y el confort en diferentes áreas, como zonas urbanas y rurales, turismo costero e interior, etc.

Un aspecto importante a integrar en las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación en cada uno de los diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos son los efectos en la salud (pública y ocupacional), económicos y socio-laborales del cambio climático y de las medidas de adaptación en la población cuya forma de vida depende de ellos.

Como resultado de esta labor de evaluación de los impactos del cambio climático, se habrán identificado de una forma preliminar y no priorizada una serie de potenciales opciones y medidas de adaptación para cada uno de los sectores, sistemas o regiones donde se trabaje. En este punto la evaluación debe enfocarse a caracterizar estas potenciales opciones de adaptación en los siguientes términos:

- descripción de la medida: objetivo, horizonte temporal, responsables institucionales y/o privados
- análisis de las opciones (coste-beneficio, coste-efectividad, análisis multicriterio, juicio experto...)
- obstáculos y barreras para su desarrollo y aplicación
- oportunidades de integración

junto con otros criterios que, conjuntamente, van a conducir a elaborar una lista priorizada de las opciones de adaptación.

La lista priorizada de opciones que resulte se integrará de forma coherente y sólida con otras estrategias e instrumentos de planificación vigentes o proyectados (*mainstreaming*), mediante procesos de participación que cumplan los objetivos señalados en el apartado 2 de este documento.

La identificación de las primeras evaluaciones y proyectos se realizará en el proceso de elaboración de los Programas de Trabajo que desarrollan el Plan Nacional de Adaptación.

#### 4. SECTORES Y SISTEMAS CONTEMPLADOS Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

El Plan Nacional de Adaptación es una iniciativa que necesita generar una dinámica de trabajo entre los actores involucrados y las evaluaciones desarrolladas, de forma tal que los resultados y los productos elaborados por algunos son la fuente de datos y la información con la que trabajan otros. Por ello, es fundamental una coordinación eficaz y una visión de conjunto holística.

Muchos sectores y sistemas ecológicos, económicos y sociales en España son vulnerables en mayor o menor medida al cambio climático y la evaluación de esta vulnerabilidad es uno de los objetivos del Plan Nacional de Adaptación. Sin perjuicio de que en una fase posterior se incluyan más, o se subdividan en varios, los sectores y sistemas que se integran en el Plan son:

---

Biodiversidad	Zonas de montaña	Industria y Energía
Recursos hídricos	Suelo	Turismo
Bosques	Pesca y ecosistemas marinos	Finanzas - Seguros
Sector agrícola	Transporte	Urbanismo
Zonas costeras	Salud humana	Construcción
Caza y pesca continental		

---

Los sectores y sistemas no son estancos, sino muy a menudo interdependientes, y esto tendrá que ser tenido en cuenta en las evaluaciones de vulnerabilidad y las opciones de adaptación para cada uno de ellos; por ejemplo la salud humana, la agricultura o el sector forestal son dependientes de la disponibilidad de recursos hídricos. Esto planteará un importante reto de integración y coordinación de disciplinas y grupos de expertos que trabajan en los diversos ámbitos sectoriales.

En las evaluaciones de impactos y vulnerabilidad al cambio climático en cada uno de los sectores y sistemas propuesto en la anterior tabla se deben contemplar aspectos tales como los efectos sobre la seguridad alimentaria, la pobreza, la desigualdad social, la seguridad humana, etc. y factores que pueden condicionar las opciones de adaptación frente a esos impactos (instituciones, gobernanza, demografía, cultura y valores sociales...).

Por otra parte, las evaluaciones de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático de los distintos sectores y sistemas deben integrarse, a medida que vayan desarrollándose, en distintos ámbitos geográficos regionales o subregionales españoles (por ejemplo, Pirineos, las Mesetas, el litoral cantábrico, el SE peninsular, las islas...), con objeto proporcionar una información relevante para orientar las estrategias de uso, planificación y gestión del territorio.

También es muy importante tener en cuenta que los horizontes temporales para planificar la adaptación difieren significativamente entre los sectores y los sistemas, lo que va a condicionar las diferentes estrategias que se adopten en cada evaluación

o proyecto. A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra una estimación subjetiva de estos plazos, referida a la adaptación tanto autónoma como planificada.

Sector / Sistema	Horizonte de planificación para la adaptación (años)
Biodiversidad	10-100
Recursos hídricos	10-100
Bosques	10-100
Sector agrícola	1-20
Zonas costeras	10-100
Caza y pesca continental	5-25
Zonas de montaña	10-100
Suelo	5-100
Pesca y ecosistemas marinos	5-20
Transporte	5-50
Salud humana	1-20
Industria y Energía	10-50
Turismo	5-20
Finanzas - Seguros	1-10
Urbanismo	10-100
Construcción	5-50

(Fuente: adaptado de *A Preliminary Examination of Adaptation to Climate Change in Finland, 2003* y de *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change, UNDP 2004*)

En los apartados siguientes se recogen los impactos previstos del cambio climático más relevantes sobre los distintos sectores y sistemas, según se señalan en la publicación *Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (MIMAM 2005) y también en otras fuentes recogidas en la bibliografía. A continuación se señalan, para cada uno de los sectores y sistemas, las medidas, actividades y líneas de trabajo que deben desarrollarse en las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación que se llevarán a cabo en el marco del Plan Nacional de Adaptación.

El desarrollo de estas líneas de trabajo dentro de cada uno de los sectores y sistemas vendrá marcado en los Programas de Trabajo, que son los instrumentos de priorización del Plan Nacional de Adaptación, como se recoge en el apartado 5.2 sobre Desarrollo del Plan. No obstante, existe ya conocimiento suficiente en algunos sectores y sistemas para adelantar algunas opciones y medidas de adaptación que permitan progresar por aproximaciones sucesivas a medida que se profundiza en el conocimiento de los efectos del cambio climático.

#### 4.1. Biodiversidad

Este apartado ha sido analizado de forma extensa en el ECCE, que le dedicó los capítulos correspondientes a ecosistemas acuáticos continentales, ecosistemas terrestres, biodiversidad vegetal y biodiversidad animal. En el marco del Plan

Nacional de Adaptación se considera que el sector Biodiversidad engloba a estos 4 capítulos, que tienen evidentes interconexiones y elementos comunes entre ellos.

La importancia de los **ecosistemas acuáticos continentales** españoles radica, entre otros motivos, en su gran diversidad de ecotipos y en que son, en su mayoría, ambientes distintos de los europeos templados y fríos, con multitud de lugares endorreicos y ecosistemas temporales, así como floras y faunas singulares y muy específicas.

Con un gran nivel de certeza se puede asegurar que el cambio climático hará que parte de los ecosistemas acuáticos continentales españoles pasen de ser permanentes a estacionales; algunos desaparecerán.

La biodiversidad de muchos de ellos se reducirá y sus ciclos biogeoquímicos se verán alterados. La magnitud de estos cambios aún no puede precisarse.

Los ecosistemas más afectados serán: ambientes endorreicos (La Mancha Húmeda, por ejemplo), lagos, lagunas, ríos y arroyos de alta montaña (1600-2500 m), humedales costeros y ambientes dependientes de las aguas subterráneas.

Los ecosistemas acuáticos de Doñana, el espacio más emblemático en la conservación de la naturaleza en España, se verán afectados por el cambio climático en su hidroperíodo, ciclos biogeoquímicos, tasas de colmatación de las marismas y composición de sus comunidades biológicas, disminuyendo su biodiversidad.

Se considera que las posibilidades de adaptación de los ecosistemas acuáticos continentales españoles al cambio climático son limitadas.

Con relación a los **ecosistemas terrestres**, los efectos del cambio climático difieren para los ecosistemas de la región Atlántica, limitados por temperatura, y para los de la región Mediterránea, limitados por agua. Mientras la productividad podría aumentar con el cambio climático en los primeros, posiblemente disminuya en los segundos.

El cambio climático alterará la fenología y las interacciones entre especies, se producirán migraciones altitudinales y extinciones locales. La expansión de especies invasoras y plagas se verá favorecida, aumentará el impacto de las perturbaciones, tanto naturales como de origen humano, y afectará a la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres.

Los ecosistemas que se encuentran en su límite ecológico o geográfico (formaciones cuyo balance hídrico es cero, ecosistemas dominados por especies relictas de climas pasados, ecosistemas de alta montaña, ciertas formaciones de zonas áridas) son los que se verán más afectados por el cambio climático. Se pueden citar algunos ejemplos: entre los ecotonos, el límite inferior del bosque determinado por la aridez es donde con mayor rapidez se podrán sentir los efectos del cambio climático; los melojares de *Quercus pyrenaica* se expandirán a expensas de robledales y bosques

atlánticos y los fragmentos aislados de estos últimos que quedan dispersos en rincones del Sistema Central (Peña de Francia, Sierra de Gredos, Sierra de Guadarrama) tenderán a desaparecer; los componentes boreo-alpinos de los pastizales de alta montaña en el Pirineo catalán son y serán los más afectados por el calentamiento.

Los impactos directos del cambio climático sobre la **biodiversidad vegetal** se producirán a través de dos efectos antagónicos: el calentamiento por un lado y la reducción de las disponibilidades hídricas por el otro. La «mediterraneización» del norte peninsular y la «aridificación» del sur son algunas de las tendencias más significativas.

Los impactos indirectos más importantes son los derivados de cambios edáficos, cambios en el régimen de incendios y ascenso del nivel del mar para la vegetación costera. Las interacciones con otros componentes del cambio global y la modificación de las interacciones entre especies constituyen otra fuente potencial de impactos sobre los que empiezan a acumularse evidencias.

La simplificación estructural de la vegetación y el predominio de las extinciones locales sobre las recolonizaciones son tendencias recurrentes de los distintos impactos. Las pérdidas de diversidad florística tienen una relevancia especial en el caso español, puesto que nuestro país alberga una proporción muy elevada de la diversidad vegetal europea.

La vegetación de alta montaña, los bosques y arbustadas caducifolios sensibles a la sequía estival, los bosques esclerófilos y lauroides del sur y suroeste peninsular y la vegetación litoral se cuentan entre los tipos más vulnerables.

Con relación a la **biodiversidad animal**, España es, posiblemente, el país más rico en especies animales de la UE, y el que posee el mayor número de endemismos, por lo que los cambios en la diversidad animal tienen una especial relevancia.

El cambio climático producirá cambios fenológicos en las poblaciones, con adelantos (o retrasos) en el inicio de actividad, llegada de migración o reproducción. Cabe esperar desajustes entre predadores y sus presas debidos a respuestas diferenciales al clima.

Otro efecto previsible es el desplazamiento en la distribución de especies terrestres hacia el Norte o hacia mayores altitudes, en algunos casos con una clara reducción de sus áreas de distribución; en los ríos las especies termófilas se desplazarán aguas arriba y disminuirá la proporción de especies de aguas frías; en lagunas y lagos, la altitud, la latitud y la profundidad tienen efectos similares sobre las comunidades en relación con la temperatura. Asimismo, el cambio climático puede producir una mayor virulencia de parásitos y un aumento de poblaciones de especies invasoras.

Las zonas más vulnerables al cambio climático son las zonas costeras, humedales, cursos de agua permanentes -que pasarán a estacionales- y estacionales, que tendrán



un caudal más irregular o incluso desaparecerán, zonas de alta montaña y pastizales húmedos. La vulnerabilidad es máxima para hábitat específicos (sobre todo de montaña) totalmente aislados que albergan fauna endémica que no tiene capacidad de migrar o donde no existe la posibilidad de crear corredores naturales o no hay lugares hacia donde migrar. Con el cambio climático podrían desaparecer a corto plazo poblaciones importantes y a medio plazo la totalidad de sus hábitat disponibles. Varios ejemplos de reptiles vulnerables en zonas de montaña del Sur y Centro son *Algyroides marchi*, *Lacerta monticola cyreni*, *Podarcis carbonelli*, *Lacerta schreiberi* y *Salamandra salamandra longirostris*.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en Biodiversidad***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas a Biodiversidad que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Valoración del impacto del cambio climático sobre los bienes y servicios que proporcionan los distintos ecosistemas españoles
- Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de los hábitat y taxones españoles clave: cartografía de la vulnerabilidad de la biodiversidad española.
- Evaluación de las redes de espacios naturales protegidos (incluida la Red Natura 2000) en los escenarios de cambio climático: conectividad ambiental, gradientes latitudinales y altitudinales, establecimiento de “áreas de reserva” destinadas a reducir el impacto asociado al cambio climático, etc.
- Evaluación de medidas de conservación *ex-situ*, como respuesta a potenciales impactos del cambio climático
- Incorporación del cambio climático como variable a considerar en los proyectos de restauración de sistemas ecológicos
- Promoción de la existencia de la mayor variabilidad genética posible en los ecosistemas, como base de la capacidad adaptativa ante el cambio climático
- Consolidación de redes de seguimiento ecológico a largo plazo e integración de los datos para detectar los efectos del cambio climático
- Identificación de un sistema de indicadores biológicos de los impactos del cambio climático, y definición de protocolos de medida que conformen un sistema de vigilancia y alerta temprana
- Evaluación de los balances de carbono para distintos tipos de ecosistemas españoles
- Evaluación de los efectos del cambio climático sobre especies invasoras en España
- Elaboración de modelos predictivos, basados en las respuestas de las especies y comunidades a los cambios y en las proyecciones de los modelos regionales del clima.
- Evaluación de los efectos de los escenarios hidrológicos derivados de los climáticos sobre la biodiversidad asociada a ambientes acuáticos; demandas hídricas ecológicas y asignaciones de recursos

- Evaluación de las actividades destinadas a potenciar los sumideros de carbono y su efecto (positivo o negativo) sobre la biodiversidad

## 4.2. Recursos hídricos

El cambio climático, con aumento de la temperatura y, en España, disminución en general de la precipitación, causará una reducción de las aportaciones hídricas y una modificación de la demanda de agua en los sistemas de regadío.

Los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos no sólo dependen de las aportaciones procedentes del ciclo hidrológico, sino que el sistema de recursos hidráulicos disponible, y la forma de gestionarlo, es un factor determinante de la suficiencia o escasez de agua frente a la demanda de la sociedad.

La sensibilidad de los recursos hídricos al aumento de la temperatura y disminución de precipitación es muy alta, precisamente en las zonas con temperaturas medias altas y con precipitaciones bajas. Las zonas más críticas son las semiáridas, en las que las aportaciones pueden reducirse hasta un 50% sobre el potencial actual.

Los recursos hídricos sufrirán en España disminuciones importantes como consecuencia del cambio climático. Para el horizonte de 2030, simulaciones con aumentos de temperatura de 1°C y disminuciones medias de precipitación de un 5% ocasionarían disminuciones medias de aportaciones hídricas en régimen natural de entre un 5 y un 14%.

Para 2060, simulaciones con aumentos de temperatura de 2,5 °C y disminuciones de precipitación de un 8% producirían una reducción global media de los recursos hídricos de un 17%. Estas cifras pueden superar el 20 a 22% para los escenarios previstos para final de siglo.

La variabilidad hidrológica en las cuencas atlánticas aumentará en el futuro debido a la intensificación de la fase positiva del índice NAO. Esto puede hacer que la frecuencia de avenidas disminuya, aunque no su magnitud. En las cuencas mediterráneas y del interior la mayor irregularidad del régimen de precipitaciones ocasionará un aumento en la irregularidad del régimen de crecidas y de crecidas relámpago.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en recursos hídricos***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas a los recursos hídricos que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes

- Desarrollo de modelos regionales acoplados clima-hidrología que permitan obtener escenarios fiables de todos los términos y procesos del ciclo hidrológico, incluidos eventos extremos
- Desarrollo de modelos de la calidad ecológica de las masas de agua, compatible con el esquema de aplicación de la Directiva Marco de Aguas (DMA)
- Aplicación de los escenarios hidrológicos generados para el siglo XXI a otros sectores altamente dependientes de los recursos hídricos (energía, agricultura, bosques, turismo, etc.)
- Identificación de los indicadores más sensibles al cambio climático dentro del esquema de aplicación de la DMA
- Evaluación de las posibilidades del sistema de gestión hidrológica bajo los escenarios hidrológicos generados para el siglo XXI
- Desarrollo de directrices para incorporar en los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental y de Evaluación Ambiental Estratégica las consideraciones relativas a los impactos del cambio climático para los planes y proyectos del sector hidrológico

### 4.3. Bosques

El cambio climático, junto a la regresión del medio, puede aumentar la sensibilidad de muchas especies, dado que no podrán ocupar terrenos en los que estuvieron con anterioridad, debido a erosión u otros cambios. La fisiología de las especies forestales puede verse profundamente afectada. Las especies caducifolias alargarán su ciclo vegetativo; la renovación foliar y de las raíces finas de las perennifolias se acelerará, alterando el balance interno de reservas de la planta. El consumo de carbohidratos en la renovación de estructuras aumentará, disminuyendo así las reservas de la planta e incrementando su vulnerabilidad ante episodios adversos.

La reserva de agua en el suelo disminuirá conforme aumente la temperatura y la demanda evaporativa de la atmósfera. Esto supondrá un importante factor de estrés para el arbolado. En las zonas con déficit hídrico esto puede ocasionar cambios en la densidad del arbolado o de especies. En casos extremos, áreas susceptibles de albergar sistemas arbolados pueden perder esta condición, pasando a soportar matorrales u otra vegetación de menor porte.

Con relación a los incendios forestales, el aumento de las temperaturas y la falta de agua en el suelo conducirá a una mayor y más duradera desecación de los combustibles. Por lo tanto, la inflamabilidad de los combustibles aumentará. Los índices medios de peligro aumentarán a lo largo del siglo XXI y, en particular, la frecuencia de situaciones extremas. La duración media de la temporada de peligro también aumentará, así como las igniciones causadas por rayos y por negligencias. La frecuencia, intensidad y magnitud de los incendios forestales aumentará.

El retorno al suelo de materia orgánica en forma de hojarasca y raíces finas aumentará, al tiempo que disminuirá la producción de madera. La cantidad de carbono devuelta a la atmósfera aumentará sensiblemente con el paso del tiempo. La producción primaria aumentará inicialmente, para disminuir conforme discurre el siglo XXI. Se ha utilizado el modelo GOTILWA+ para simular el crecimiento de los bosques de la Península Ibérica bajo diferentes escenarios del IPCC. Los resultados ponen de manifiesto que, en la Península Ibérica, los bosques pueden aumentar transitoriamente su efecto sumidero durante algunas décadas, pero hacia la segunda mitad del presente siglo podrían invertir su papel de sumideros para transformarse en emisores netos de carbono a la atmósfera.

Plagas y enfermedades forestales pueden jugar un papel fundamental en la fragmentación de las áreas forestales. Algunas especies perforadoras o defoliadoras pueden llegar a completar dos ciclos biológicos en un año o aumentar su área de colonización como consecuencia de los inviernos más benignos.

Las zonas culminales de las montañas, los ambientes más xéricos y los bosques de ribera son algunas de las zonas que pueden resultar más vulnerables al cambio climático.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector forestal***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector forestal que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Elaboración de directrices y evaluación de técnicas y modelos para aplicar una gestión adaptativa forestal al cambio climático: técnicas de resalveo, control y adecuación de los turnos e intensidades de aprovechamiento, selección de las procedencias de las semillas en las repoblaciones, etc.
- Evaluación precisa de la biomasa subterránea y aérea de las especies y sistemas forestales españoles.
- Desarrollo y aplicación de los modelos de crecimiento forestal bajo distintos escenarios de cambio climático
- Evaluación de los balances de carbono para distintos tipos de ecosistemas forestales españoles
- Evaluación de las interacciones entre sequía, peligro de incendio, ocurrencia de los mismos y la respuesta de la vegetación en situaciones adversas.
- Identificación de un sistema de indicadores forestales del cambio climático y puesta a punto de un sistema de vigilancia y alerta temprana

## **4.4. Sector agrícola**

El incremento de la temperatura del aire, de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, así como los cambios en las precipitaciones estacionales afectarán a la agricultura española, aunque los efectos serán contrapuestos y no uniformes en las regiones españolas. Esto es, mientras que en algunas zonas los efectos para algunos cultivos pueden ser negativos, en otras pueden ser incluso positivos. El efecto negativo de las altas temperaturas o menores precipitaciones puede verse compensado por las mayores tasas fotosintéticas debido al incremento de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, las temperaturas más suaves en invierno permitirán mayores productividades en esta época, compensando las pérdidas de otras estaciones.

Los aumentos de temperatura pueden aumentar la demanda evapotranspirativa de los cultivos, incrementándose las necesidades de riego en algunos casos. En el sur y sureste de España la demanda de agua se incrementará, siendo el estrés térmico más frecuente.

La distribución y alcance de plagas y enfermedades de los cultivos de importancia económica pueden variar. Su control natural por las heladas y bajas temperaturas del invierno, en zonas como las mesetas, podría disminuir, lo que requerirá una adaptación en las secuencias de los cultivos. La modificación de las temperaturas puede producir el desplazamiento a latitudes mayores de algunas enfermedades.

La implicación del cambio climático sobre la ganadería es compleja por la diversidad de sistemas ganaderos. Los aumentos de temperatura por encima del nivel de neutralidad térmica afectan negativamente a la ingesta así como a las horas activas de pastoreo. Desde el punto de vista de sanidad animal, cabe esperar que los efectos del cambio climático se observen en todos aquellos procesos parasitarios e infecciosos cuyos agentes etiológicos o sus vectores, tengan una estrecha relación con el clima.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector agrícola***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector agrícola que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Cartografía de las modificaciones provocadas bajo distintos escenarios de cambio climático en las zonas agroclimáticas españolas
- Desarrollo de modelos dinámicos de simulación de los distintos cultivos que permitan describir procesos como la interceptación de radiación solar por las hojas, la generación de biomasa (parte aérea y raíces), los balances de agua y de nitrógeno y la generación del rendimiento bajo distintos escenarios climáticos regionales
- Desarrollo de modelos que simulen el comportamiento de distintos agentes patógenos con respecto al clima, la capacidad de adaptación al biotopo y la dinámica estacional de los distintos procesos
- Evaluación de las demandas de riego frente a distintos escenarios climáticos

- Cartografía del riesgo para las diversas parasitosis, así como los cambios de distribución debidos a la influencia del clima
- Elaboración de directrices y manuales para la gestión de los sistemas agrícolas con vistas a una adaptación al cambio climático en el corto plazo, en base a estrategias sencillas tales como prácticas agrícolas relacionadas con cambios en las fechas de siembra, rotaciones de cultivos, las variedades utilizadas, etc., apoyadas con el desarrollo de aplicaciones agroclimáticas como herramienta para la toma de decisiones.
- Identificación de estrategias de adaptación al cambio climático a largo plazo y de mínimo coste, específicamente en plantaciones de frutales, olivares y vid
- Evaluación de las necesidades de reducción de la carga animal, de los cambios en el manejo del pastoreo y otras opciones de adaptación al cambio climático en el sector ganadero

#### 4.5. Zonas costeras

Los principales problemas del cambio climático en las zonas costeras se relacionan con potenciales cambios en la frecuencia y/o intensidad de las tormentas así como con el posible ascenso del nivel medio del mar (NMM).

En el caso de una subida generalizada del nivel medio del mar (NMM) mar, las zonas más vulnerables serán los deltas y playas confinadas o rigidizadas. La parte del litoral español formada por acantilados de rocas resistentes no presentará problemas especiales. Sin embargo hay un peligro potencial de estabilidad de las costas formadas por acantilados constituidos por materiales incoherentes (no muy significativo).

Considerando el escenario de 0.50m de máximo ascenso posible del NMM, en el Cantábrico oriental podría suponer la desaparición del 40 % de las playas siempre y cuando no tenga lugar un aumento de la alimentación de arena (natural o artificial) a esas playas. Un ascenso relativo del NMM de 0.50m sin respuesta sedimentaria asociada supondría la desaparición de alrededor del 50% del delta del Ebro.

No obstante estimaciones más precisas sobre la previsible evolución de este tipo de sistemas litorales deberían tener en cuenta las variaciones en la altura e intensidad del oleaje y de la marea meteorológica.

En las costas bajas (deltas humedales costeros y zonas de uso agrario o construidas en el entorno de estuarios o en llanuras aluviales costeras), ese escenario de ascenso del NMM podría implicar una inundación de las mismas. En el Cantábrico oriental podría suponer la inundación de parte de las zonas bajas estimada en 23.5 km<sup>2</sup>. En el Mediterráneo y Baleares y suponiendo un máximo de 0.50 m, las zonas más amenazadas aparte de los deltas ya mencionados (Ebro y Llobregat) son la Manga del Mar Menor, las lagunas de Cabo de Gata y en el Golfo de Cádiz alrededor de 10 km de la costa de Doñana y unos 100 km<sup>2</sup> de marismas. Parte de esas zonas están

ocupadas por edificios o infraestructuras pero muchas de ellas tienen uso agrícola o parque natural y podrían permitir la formación de nuevos humedales que compensarían por desplazamiento la previsible pérdida de los que sean anegados.

Hay que señalar que adicionalmente a los impactos potenciales derivados del cambio climático otros factores de origen antrópico tales como el aporte de sedimentos por los ríos y las obras costeras son también cuantitativamente muy influyentes en la estabilidad del litoral a corto plazo.

Un hecho importante a destacar es la elaboración de un proyecto de investigación, promovido por el Ministerio de Medio Ambiente, sobre impactos en la costa española por efecto del cambio climático. En este proyecto se estudian los cambios en la dinámica costera española, los efectos y una serie de potenciales opciones de respuesta y adaptación. Los resultados de este proyecto se encuentran actualmente en fase de análisis y van a proporcionar una importante base para el desarrollo de las líneas de actuación que se indican a continuación

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en las zonas costeras***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas a las zonas costeras que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Desarrollo de modelos de respuesta morfodinámica y ecológica de las principales unidades de la costa española, bajo distintos escenarios de cambio climático. Puesta en marcha de sistemas de seguimiento y toma de datos sistemática de parámetros para la validación de modelos.
- Cartografía de la vulnerabilidad de la costa española frente al ascenso del NMM bajo distintos escenarios de cambio climático: Identificación, delimitación e inventariación de las áreas y elementos más vulnerables por el ascenso del nivel del mar, y valoración ecológica de los mismos. Parte de estas zonas podrían permitir la formación de nuevos humedales costeros que compensarían por desplazamiento la previsible pérdida de los que sean anegados.
- Evaluación de las estrategias de abandono y retroceso, o de protección, frente a distintos escenarios de ascenso del NMM
- Evaluación de la afección del ascenso del NMM sobre los centros urbanos costeros, en particular en sus sistemas de aguas pluviales y de saneamiento
- Evaluación de las opciones de adaptación mediante actuaciones sobre factores relacionados con la estabilidad del litoral, como el mantenimiento de descarga y aportes sólidos de los ríos, como solución al «origen» del problema (la falta de material sedimentario)
- Como solución a los «síntomas» del problema (retroceso o movilidad excesiva de la costa) evaluación de potenciales actuaciones para favorecer la estabilización de playas y dunas, la construcción de obras para limitar la

capacidad de transporte del oleaje incidente y las aportaciones artificiales de sedimentos

#### **4.6. Caza y pesca continental**

La caza y pesca deportiva constituyen actualmente actividades económicas que conciernen a numerosas personas y mueven importantes capitales, además de afectar a crecientes territorios gestionados fundamentalmente para su práctica. La caza y la pesca son servicios que los ecosistemas terrestres y acuáticos prestan a la sociedad, y las especies cinegéticas y objeto de pesca deportiva se van a ver afectadas por el cambio climático igual que las demás especies con las que comparten hábitat.

#### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en la caza y la pesca continental***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas a la caza y pesca continental que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Cartografía de impactos por especies y poblaciones cinegéticas y objeto de pesca deportiva bajo los distintos escenarios de cambio climático
- Evaluación de potenciales medidas de adaptación al cambio climático en la gestión cinegética y piscícola, analizando sus efectos no deseables sobre la flora y fauna protegida
- Evaluación de la respuesta de especies foráneas de peces objeto de pesca deportiva bajo los distintos escenarios de cambio climático, e interacciones con los endemismos de peces españoles.
- Evaluación de medidas adecuadas para controlar los agentes portadores de las especies invasoras (renovación de los aparejos de pesca, limpieza de embarcaciones al trasladarse de cuenca, etc.)

#### **4.7. Zonas de montaña**

Todas las evaluaciones de impacto realizadas hasta el momento reconocen a las zonas de montaña entre las áreas más vulnerables al cambio climático. La montaña española concentra importantes áreas de alta biodiversidad y endemismo, y formas de gestión tradicional de los diferentes sectores (bosques y pastos, agricultura y ganadería, aguas) de alto valor cultural.

Ya se han detectado en España algunos cambios en la distribución altitudinal de las comunidades vegetales de montaña, que pueden atribuirse al cambio climático.



### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en zonas de montaña***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas a zonas de montaña que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Integración de las evaluaciones sectoriales en el ámbito territorial de la montaña: cartografía de impactos al cambio climático en los principales sistemas montañosos españoles
- Desarrollo de una red de seguimiento del cambio climático en la alta montaña española
- Seguimiento y caracterización del impacto del cambio climático sobre los glaciares y sus efectos en la dinámica hidrológica y biocenosis asociadas

## **4.8. Suelos**

Una parte importante de la superficie del territorio español está amenazada actualmente por procesos de desertificación, especialmente como consecuencia de los incendios forestales y de la pérdida de fertilidad en suelos de regadío por salinización y erosión. Las proyecciones del cambio climático señalan un incremento de dichos problemas de forma generalizada y, especialmente, en la España de clima mediterráneo seco y semiárido.

Uno de los componentes esenciales de la fertilidad natural de los suelos es su contenido en carbono orgánico. Su variabilidad en los suelos españoles es enorme: desde menos de 4 kg m<sup>-2</sup> en zonas del Valle del Ebro o en la costa Sur mediterránea, hasta 30 kg m<sup>-2</sup> en suelos forestales de Galicia. Se estima que, en promedio, por cada aumento de temperatura de 1°C la pérdida de carbono orgánico en el suelo puede ser del 6-7 %, valor que puede aumentar o disminuir según sea el cambio en la precipitación y también según las características propias del suelo y sus usos. Con el cambio climático el contenido en carbono de los suelos españoles disminuirá, lo cual afectará de forma negativa a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos.

Las zonas donde cabe esperar pérdidas mayores de carbono orgánico serán las más húmedas (N de España) y en los usos de suelo que comportan contenidos en carbono orgánico más elevados (prados y bosques).

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en suelos***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas a suelos que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Cartografía de las zonas más vulnerables a la desertificación debido a los factores climáticos en los futuros escenarios
- Modelización de procesos erosivos bajo los distintos escenarios de cambio climático
- Evaluación de los efectos de la reforestación de tierras marginales, y la práctica de una agricultura orientada a la conservación del suelo sobre el aumento del contenido de carbono orgánico y la mejora de la fertilidad edáfica
- Monitorización de las tierras degradadas y en proceso de desertificación mediante el seguimiento de la erosión y de la evolución del carbono orgánico en los suelos

#### **4.9. Pesca y ecosistemas marinos**

Los efectos del cambio climático diferirán para ecosistemas de afloramiento o de zonas estratificadas, así como de zonas costeras u oceánicas. Se prevé una reducción de la productividad de las aguas españolas, dadas sus características de mares subtropicales o templados cálidos.

Los cambios afectarán a muchos grupos de organismos, desde fitoplancton y zooplancton a peces y algas. Habrá cambios en las redes tróficas marinas, afectando a las especies recurso, sobre todo en su fase larvaria y en el reclutamiento.

Es esperable el cambio de distribución de muchas especies, tanto de especies pelágicas como bentónicas, con aumento de especies de aguas templadas y subtropicales y disminución de especies boreales. Entre las especies que pueden verse afectadas se encuentran especies anadromas (reproducción en el río y crecimiento en el mar), como el salmón y el esturión, o catadromas (reproducción en el mar y crecimiento en el río), como la anguila. Es posible un aumento de especies invasoras.

Los cultivos marinos no subsidiados con alimento pueden verse afectados por la reducción de la productividad marina. Son esperables incrementos en la aparición de especies de fitoplancton tóxico o de parásitos de especies cultivadas, favorecidas por el incremento térmico de las aguas costeras.

Las zonas y sistemas más vulnerables al cambio climático son las comunidades bénticas y, entre ellos, los ecosistemas que están conformados por los organismos más longevos y de crecimiento más lento, como son los corales rojos del Mediterráneo y los corales negros de Canarias; los campos de algas de cierta profundidad, marismas y praderas de *Posidonia oceánica* del Mediterráneo, las praderas de *Cymodocea nodosa* y poblaciones de *Zostera noltii* de Canarias, y las praderas de *Z. noltii* y *Z. marina* de la costa atlántica Ibérica, y las praderas de algas pardas del conjunto de las costas españolas.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector pesquero y en los ecosistemas marinos***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector pesquero y los ecosistemas marinos que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Desarrollo de modelos de circulación marina, y modelos acoplados de ecosistemas en aguas españolas bajo distintos escenarios de cambio climático
- Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de los hábitat y taxones marinos españoles clave: cartografía de la vulnerabilidad de la biodiversidad marina española.
- Evaluación de las redes de áreas marinas protegidas (incluida la Red Natura 2000) en los escenarios de cambio climático
- Evaluación de medidas de conservación *ex-situ*, como respuesta a potenciales impactos del cambio climático sobre especies marinas amenazadas
- Evaluación de los efectos del cambio climático sobre especies marinas invasoras en España
- Evaluación de los balances de carbono y del pH en las aguas costeras y marinas españolas
- Evaluación de los impactos generados por el cambio climático sobre especies marinas objeto de pesquerías de interés comercial para España
- Evaluación de las capacidades de carga de los ecosistemas donde se implantan cultivos marinos en España, bajo distintos escenarios de cambio climático, incluyendo el efecto sobre la dinámica de poblaciones fitoplanctónicas de carácter tóxico.
- Consolidación de las redes de seguimiento ambiental y ecológico a largo plazo, aprovechando y mejorando las ya existentes

#### **4.10. Transporte**

Las evaluaciones generales indican que el sector del transporte no se vería muy afectado por una subida de las temperaturas del orden de magnitud previsto. Sin embargo, sí podría verse afectado por un cambio en la estructura de las precipitaciones o en el régimen de los vientos o la frecuencia de fenómenos como las nieblas. Si los cambios en estas variables son importantes, sería necesario introducir modificaciones en las obras de infraestructura: nuevas orientaciones de algunas pistas de aterrizaje y despegue, nuevos criterios para el diseño de puentes, etc. En las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación en los transportes

habrá que tener en consideración los efectos de las políticas de mitigación en el sector.

En el ámbito portuario una subida del nivel del mar y la modificación en el régimen de lluvias, vientos, oleaje, etc., podría tener numerosos impactos.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector transporte***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector transporte que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Cartografía de los impactos previstos para los sectores terrestre, aéreo y marítimo, relativos a las infraestructuras y a las operaciones y seguridad de los transportes.

## **4.11. Salud humana**

Las interacciones entre el cambio climático y la salud humana son múltiples y complejas. Sintetizando podrían resumirse en: a) cambios en la morbi-mortalidad en relación con la temperatura; b) Efectos en salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas, huracanes y precipitaciones extremas); c) Contaminación atmosférica y aumento de los efectos en salud asociados; d) Enfermedades transmitidas por alimentos y el agua y e) enfermedades transmitidas por vectores infecciosos y por roedores

En España cabe esperar un aumento en la morbi-mortalidad causada por las olas de calor, que se apuntan como más frecuentes en intensidad y duración en los próximos años.

Junto a esto hay que señalar el riesgo debido a la extensión geográfica a nuestro país de vectores ya establecidos o la implantación y la instalación de vectores subtropicales adaptados a sobrevivir a climas menos cálidos y más secos. Entre las enfermedades vectoriales susceptibles de incrementar su incidencia en España se hallan algunas transmitidas por mosquitos (dengue, enfermedad del Nilo Occidental, malaria) o garrapatas (encefalitis).

La población mayor de 65 años constituye el grupo más vulnerable al incremento de morbi-mortalidad por efecto de temperaturas extremas.

### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector de la salud humana***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector de la salud humana que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Evaluación del efecto del cambio climático en la salud, teniendo en cuenta las proyecciones de la estructura demográfica en nuestro país y la influencia de otros sectores, bajo los distintos escenarios de cambio climático: Cartografía de las zonas más vulnerables para la salud humana bajo los distintos escenarios socioeconómicos y de cambio climático
- Desarrollo de planes de actuación en salud pública basados en sistemas de alerta temprana que permitan la identificación de situaciones de riesgos antes de que éstas se produzcan
- Desarrollo de programas de vigilancia y control específicos en enfermedades de transmisión vectorial
- Desarrollo de actividades dirigidas a aumentar la concienciación y participación ciudadana en todas las actividades relacionadas con el cambio climático y sus implicaciones en la salud humana.

#### **4.12. Industria y Energía**

Bajo un escenario de incremento de temperaturas y disminución de precipitaciones se prevé un incremento de la demanda eléctrica que deberá cubrirse sin poder recurrir a energía hidráulica, pues ésta se reducirá. Se prevé, asimismo, un incremento de la demanda de petróleo y de gas natural, y una reducción del aporte (actualmente escaso) de la biomasa.

La proyectada disminución de precipitaciones afectará a la estructura de la oferta de hidroelectricidad, así como a determinadas centrales térmicas y nucleares refrigeradas en circuito abierto.

Sólo la energía solar (en sus diversas formas) se vería beneficiada por el plausible incremento de las horas de insolación. Caso de producirse un incremento de los episodios de viento fuerte, podrían darse incrementos en la producción de electricidad de origen eólico.

#### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector industrial y energético***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector industrial y energético que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Cartografía de las potencialidades climáticas (positivas y negativas) de las regiones de España para la producción de energías renovables bajo distintos escenarios de cambio climático
- Evaluación de los efectos de los escenarios hidrológicos proyectados para el siglo XXI sobre los sistemas de producción energética dependientes de recursos hídricos
- Evaluación de la incidencia de las condiciones de temperatura proyectadas por los escenarios climáticos para el siglo XXI sobre los sistemas de producción energética dependientes de refrigeración por aire
- Evaluación del efecto del cambio climático sobre la demanda de energía en España, a nivel regional y por sectores económicos.

#### **4.13. Turismo**

La sensibilidad del turismo al clima es muy elevada en España ya que sus buenas condiciones climatológicas, sobre todo en el litoral mediterráneo, suponen un factor de influencia decisivo sobre las zonas geográficas de atracción, los calendarios de actividad, las infraestructuras turísticas y su funcionamiento y las condiciones de disfrute y bienestar de los turistas.

Los impactos del cambio climático afectarán, en primer lugar, al espacio geográfico-turístico, y pueden producir alteraciones en los ecosistemas, ya en condiciones de alta fragilidad, dejando de reportar los beneficios sociales, económicos y ambientales disfrutados hasta el momento. Las zonas más vulnerables al cambio climático se localizan en el espacio litoral (con un alto grado de artificialización), que configura el principal producto turístico español, turismo de sol y playa, y las zonas de montaña, sobre todo en el turismo de nieve.

La escasez de agua provocará problemas de funcionalidad o viabilidad económica de ciertos destinos. El incremento de las temperaturas puede modificar los calendarios de actividad. La elevación del nivel del mar amenazaría la localización actual de determinados asentamientos turísticos y de sus infraestructuras.

Los turistas pueden disminuir la estancia media en cada destino, retrasar el momento de la decisión del viaje y cambiar la dirección de sus visitas hacia otros lugares: los turistas extranjeros quedándose en sus propios países y los nacionales con desplazamientos hacia las costas del norte o el interior.

#### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector turístico***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector turístico que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Evaluación del papel del clima actual en el sistema turístico español y los impactos que supondría el cambio climático por zonas y productos más vulnerables, integrando las diferentes escalas de manifestación del fenómeno
- Cartografía de zonas críticas y vulnerables para el turismo, bajo distintos escenarios de cambio climático
- Desarrollo de sistemas de indicadores sobre la relación cambio climático-turismo para su medición y detección
- Desarrollo de modelos de gestión para optimizar las principales opciones adaptativas y las implicaciones en las políticas turísticas.
- Evaluación de los potenciales impactos del cambio climático en el patrimonio cultural (tangibles e intangibles) y su repercusión en el turismo

#### 4.14. Finanzas - Seguros

El sector de las aseguradoras puede ser, económicamente hablando, uno de los que más rápida e intensamente se vea afectado por los cambios climáticos.

Las tormentas y las inundaciones son los eventos más numerosos y de mayor factura para el sector.

El reaseguro internacional destaca que en el posible escenario de aumento en el nivel de pérdidas por cambio climático, los ramos del seguro que se verán más afectados son daños (patrimoniales, industria, ingeniería e incendios), representativo del aumento del valor de los bienes en zonas con una elevada exposición al impacto climático y, en menor medida, salud, vida y responsabilidad civil.

Según datos del seguro agrario, la mitad oriental de la península, por elevada peligrosidad de los fenómenos meteorológicos y climáticos, y por la concentración de cultivos sensibles a dichas variables, se confirma como la zona más sensible a un cambio climático.

#### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector finanzas - seguros***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector finanzas - seguros que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Cartografía y evaluación del riesgo para los distintos ramos del seguro en España bajo distintos escenarios de cambio climático



- Promoción de una revisión del marco relativo a las normas básicas de construcción y diseño, y de la planificación territorial y usos del suelo, acorde con la cartografía anterior
- Desarrollo de modelos específicos para el sector seguros (modelos catastróficos), que combinen riesgo y los parámetros financieros del seguro y reaseguro, para recrear eventos históricos y estimar pérdidas futuras.
- Evaluación de la vulnerabilidad de estructuras y cultivos en las distintas áreas geográficas, a los principales fenómenos meteorológicos y climáticos en sus manifestaciones más extremas.
- Promoción del seguro como instrumento de prevención
- Análisis de viabilidad de la política agraria en los escenarios climáticos futuros

#### **4.15. Urbanismo y construcción**

Las estrategias de ordenación del territorio y los planes urbanísticos deben prestar una atención especial a la información climática y a los efectos del cambio climático, de forma que las propuestas de ocupación y distribución en el territorio de los distintos usos y actividades: asentamientos humanos, actividades económicas, infraestructuras, etc., integren entre sus objetivos impedir y prevenir la degradación de los recursos naturales con influencia negativa sobre el clima, a la vez que tengan en cuenta el mejor aprovechamiento y adaptación a las características del clima y a los efectos del cambio climático.

El urbanismo extensivo que se está desarrollando en nuestro país plantea problemas de aumento del uso de recursos por vivienda, incluyendo agua, energía y mayores necesidades de transporte, por lo que genera impactos en sinergia con otros sectores.

Dentro del espacio urbano, las zonas que pueden verse más directamente afectadas por los cambios climáticos son las llamadas zonas verdes en general (parques y jardines).

En la edificación, el conocimiento de los datos climáticos relacionados con el viento, la lluvia, la nieve, la temperatura y humedad del aire, la radiación solar, las descargas eléctricas, etc., resulta necesario tanto para la elaboración de la normativa técnica sobre edificación como para una adecuada realización de los proyectos que considere la situación climática de la localidad donde se ubican los edificios.

En la edificación, la repercusión de los cambios climáticos conlleva nuevas necesidades para atender los aspectos de habitabilidad de los edificios, que requieren instalaciones de climatización y ventilación que, a su vez, repercuten sobre el microclima de la localidad.



### ***Líneas de actuación del Plan Nacional de Adaptación en el sector urbanismo - construcción***

Entre las medidas, actividades y líneas de trabajo para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector urbanismo - construcción que se llevarán a cabo en el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, pueden señalarse las siguientes:

- Desarrollo de estudios que permitan la elaboración de normas que conduzcan al aprovechamiento óptimo de las condiciones climáticas proyectadas en los sectores urbanístico y de la construcción
- Desarrollo y promoción de la bioconstrucción, especialmente en todos los edificios públicos
- Evaluación de las nuevas necesidades de las especies y variedades vegetales de parques y jardines bajo distintos escenarios de cambio climático
- Evaluación del impacto del urbanismo extensivo sobre los sectores de transporte, de recursos hídricos y consumo de energía por vivienda.

## 5. COORDINACIÓN Y GESTIÓN DEL PLAN

La OECC es la unidad responsable de la coordinación, gestión y seguimiento de la implementación del Plan Nacional de Adaptación, que se organiza bajo el esquema institucional que se indica a continuación.

### 5.1. ARQUITECTURA INSTITUCIONAL

Para alcanzar los objetivos del Plan se necesita establecer su arquitectura de gestión, coordinación y seguimiento de su implementación, así como las principales vías de participación institucional a través de las cuales se desarrollan las tareas planificadas y se canaliza la información.

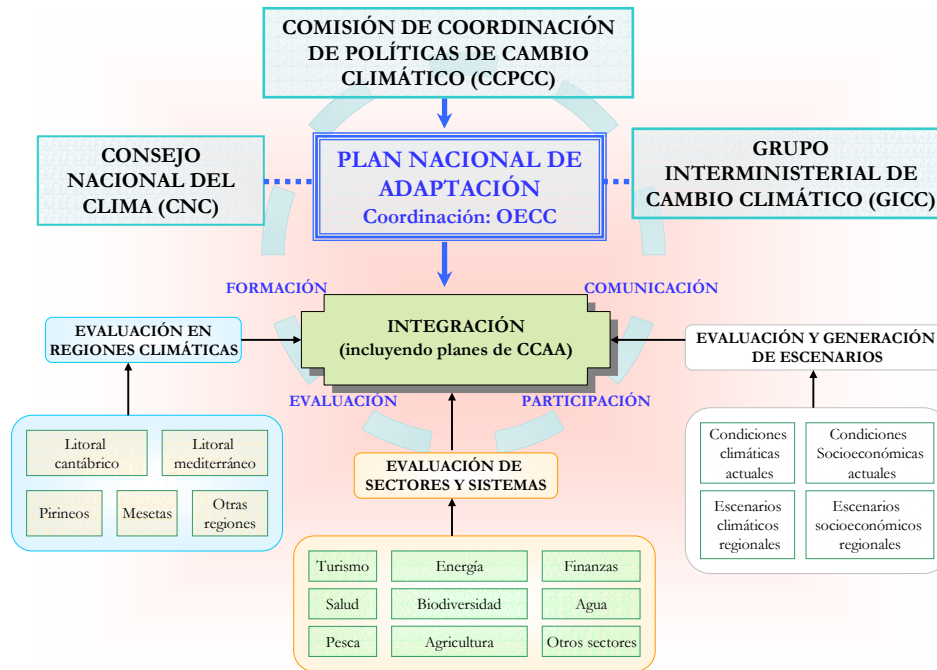
A nivel nacional existen dos órganos principales de coordinación en materia de cambio climático, con competencias atribuidas sobre medidas y políticas para la lucha contra el cambio climático. El primero es un órgano de coordinación dentro de la Administración General del Estado, el **Grupo Interministerial de Cambio Climático** (GICC, constituido en mayo de 2004 mediante acuerdo de la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos). El segundo es un órgano de coordinación de la Administración General del estado, las comunidades autónomas y el ámbito local, la **Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático** (CCPCC, creado en el R.D.L. 5/2004 de 27 de agosto), que entre otras misiones se le atribuye el seguimiento del cambio climático y adaptación a sus efectos.

Junto a ellos, el **Consejo Nacional del Clima** (CNC, regulado en el R.D. 1188/2001 de 2 de noviembre), con una representatividad muy amplia de todas las Administraciones y sectores sociales implicados, es un órgano colegiado de coordinación y participación entre cuyas funciones se encuentra elaborar propuestas y recomendaciones para las estrategias de adaptación.

La Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático es el órgano que aprueba el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en España; además mediante los Programas de trabajo establece líneas de actuación para períodos concretos.

La **Oficina Española de Cambio Climático** es el órgano administrativo del Ministerio de Medio Ambiente que coordina la participación de las diferentes administraciones y sectores sociales implicados y propone programas de trabajo a la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático para el desarrollo de las políticas de adaptación en España.

De acuerdo a lo expuesto, el esquema siguiente refleja la estructura institucional de coordinación propuesta del Plan Nacional de Adaptación. Se señalan un conjunto de sectores socioeconómicos y sistemas naturales, de regiones geográficas españolas y de escenarios necesarios para realizar las evaluaciones de impacto del cambio climático de manera integrada.



## 5.2. DESARROLLO DEL PLAN

El desarrollo del Plan Nacional de Adaptación se llevará a cabo mediante Programas de Trabajo a propuesta de la Oficina Española de Cambio Climático. Se podrán crear grupos de trabajo para tareas específicas identificadas en estos programas.

Los Programas de Trabajo contendrán las actividades y proyectos a desarrollar, así como un calendario de las mismas, cuya duración puede ser variable en función de su naturaleza.

Los recursos financieros que se puedan requerir podrán ser aportados por aquellos organismos, instituciones y asociaciones con responsabilidad e intereses en los sectores y/o sistemas a evaluar. En el desarrollo de los sucesivos proyectos se promoverá, por un lado, la participación profesional de los mejores expertos e instituciones y, por otro, la participación social del mayor número de agentes implicados e interesados en el sector correspondiente.

Como orientación general, los Programas de Trabajo se revisarán anualmente y se informarán de los mismos a los órganos principales de coordinación.

La identificación de las actividades a incluir en el Primer Programa de Trabajo se fundamentará, por un lado, en la necesidad de disponer de unos determinados elementos que se pueden considerar transversales a todas las evaluaciones de impacto en los distintos sectores y sistemas y, por otro, en lanzar determinadas evaluaciones en sectores considerados de máxima prioridad en España.

## 6. PARTICIPACIÓN

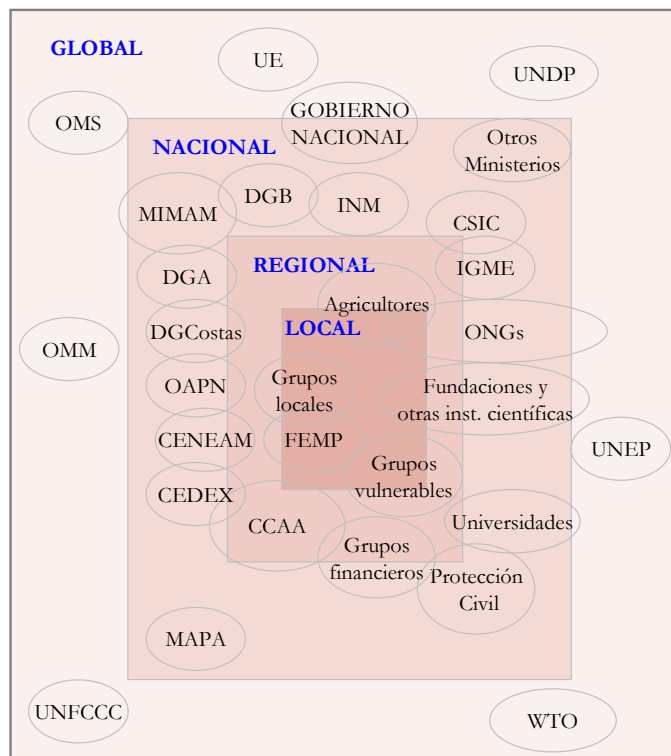
El objetivo general de la participación es compartir determinadas decisiones que afectan a un colectivo o grupo de personas, en un asunto dado, en este caso en la planificación y gestión de los sectores y sistemas considerados en el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático.

La participación es un capítulo muy significativo dentro del Plan Nacional de Adaptación, ya que mediante la misma se cumple el objetivo de integrar la adaptación al cambio climático en las distintas políticas sectoriales.

La identificación de los agentes interesados y el establecimiento de los procesos de participación deben realizarse en las primeras etapas de cada uno de los proyectos de evaluación de los impactos del cambio climático que se desarrollen en los diferentes sectores y sistemas. Es importante que el propio proceso de identificación de los interesados sea participativo e iterativo, y que se definan de forma clara y transparente los papeles y las responsabilidades de cada grupo. Dependiendo de los sectores y sistemas a evaluar, la participación será más o menos intensa.

En las fases de diseño y desarrollo de los proyectos de evaluación de impactos - llevados a cabo por los expertos designados para ello- la participación de los interesados debe retroalimentar el trabajo en curso. La presentación y debate de los resultados de los proyectos con todos los interesados forma parte de la verdadera adaptación al cambio climático, pues constituye un proceso de evaluación de la viabilidad de las opciones y medidas identificadas para integrarlas en la gestión de los distintos sectores y sistemas. Para esta participación se establecerán las modalidades oportunas, tales como mesas redondas, seminarios, talleres, presentaciones, etc.

La siguiente figura es un ejemplo general donde están identificados una serie de grupos de interesados (*stakeholders*), referidos a los niveles global, nacional, regional o local. Un esquema semejante debe elaborarse para cada una de las actividades y proyectos concretos identificados en los Programas de Trabajo.



(Fuente: adaptado de *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change*, UNDP, 2004)

Conforme el Plan Nacional de Adaptación se desarrolle, se irá creando una base de datos con actores interesados y con participación en los diferentes proyectos, lo que irá enriqueciendo las capacidades de los sectores en materia de recursos humanos con relación a la adaptación al cambio climático.

Puede citarse a modo de ejemplo el Programa de Impactos del Clima del Reino Unido (*United Kingdom Climate Impacts Programme, UKCIP*), que en sus 8 años de existencia desde su creación ha reunido a más de 195 actores involucrados de todo tipo (administraciones, ONGs, sector privado, asociaciones...), que están participando, construyendo y financiando su Programa Nacional a todos los niveles y en todos los ámbitos.

La siguiente tabla muestra, a modo de ejemplo, una serie de instituciones y grandes grupos españoles potencialmente interesados en la adaptación al cambio climático, con especificación de sus intereses probables en los distintos elementos, sectores y sistemas que componen el Plan Nacional de Adaptación. Elaborar una matriz de este tipo completa y detallada, desglosando los grandes grupos en sus componentes, es una tarea que se ha de realizar de forma participativa y en cada uno de los proyectos que se desarrolle.

Elementos, sistemas y sectores del Plan de Adaptación	Grupos de Involucrados																			
	Condiciones climáticas actuales	Condiciones socio-económicas actuales	Escenarios regionales climáticos	Escenarios socio-económicos regionales	Biodiversidad	Recursos hídricos	Bosques	Sector agrícola	Zonas costeras	Zonas de montaña	Suelos	Pesca y ecosistemas marinos	Transporte	Salud	Energía	Turismo	Finanzas	Urbanismo	Construcción	
Org. Internacionales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
MIMAM	OECC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	DGC					x	x		x			x				x		x	x	
	DGB					x		x		x	x	x								
	DGA					x	x		x			x							x	
	OAPN					x		x	x	x	x	x				x				
	INM	x		x																
CENEAM																				
Otros Ministerios e Instituciones	CSIC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Universidades	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	CEDEX						x		x				x					x	x	
	CIEMAT												x			x				
	IDAE				x											x				
	MAPA		x		x		x	x	x			x	x							
	Sanidad		x		x										x					
	Ind+Tur+Con		x		x	x	x	x		x	x		x	x		x	x			
	Fomento		x		x									x		x			x	x
	Interior							x		x	x									
Vivienda		x		x														x	x	
CCAA		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
FEMP													x			x		x	x	
Fundaciones y otras instituciones científicas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
ONGs					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sindicatos								x				x	x	x						
Empresarios							x	x					x		x	x	x		x	
Medios de comunicación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Aseguradoras								x	x	x			x	x	x	x	x		x	
Org. Consumidores												x	x	x	x	x	x	x	x	

*Algunos actores interesados y sus elementos/sectores/sistemas de interés en el marco de la adaptación al cambio climático en España*

## 7. COMUNICACIÓN, FORMACIÓN Y CONCIENCIACIÓN

La información, comunicación, formación y concienciación son instrumentos sociales que, junto a la participación, se consideran muy importantes para obtener unos resultados eficaces del Plan Nacional de Adaptación al cambio climático.

El Plan Nacional de Adaptación solo será eficaz si su existencia, sus progresos y sus resultados son difundidos y comunicados de forma efectiva a todos los interesados: administraciones, organizaciones y sociedad en general. El proceso de comunicación se debe alimentar con los resultados que se generen en las distintas evaluaciones y proyectos del propio Plan y en base a las necesidades que se detecten en los distintos grupos de destinatarios que se definan. Para ello es necesario una periódica producción de material y actividades de comunicación que mantenga “vivo” el proceso.

Las actividades de **Información y Comunicación** del Plan Nacional de Adaptación al cambio climático incorporarán paulatinamente, entre otros, los siguientes elementos:

- Identificación de necesidades de información y comunicación
- Elaboración de planes de comunicación específicos para sectores clave
- Creación de redes que faciliten el intercambio de información y experiencias entre sectores clave
- Acuerdos con medios de comunicación para el desarrollo de iniciativas de divulgación y sensibilización
- Introducir una imagen corporativa, un sello de identidad, para todas las acciones del Plan Nacional de Adaptación
- Elaboración de materiales divulgativos (CDs, folletos, etc.)
- Distribución a sectores interesados de materiales considerados de interés para mejorar la información y sensibilización
- Boletines periódicos de aspectos técnicos, noticias y novedades del Plan
- Difusión de foros, encuentros y seminarios
- Presencia en eventos nacionales e internacionales
- Atención a consultas y peticiones

Como parte de estas actividades, se mantendrá una línea de comunicación con la mesa general de diálogo social vinculada al Protocolo de Kioto y al Plan Nacional de Asignación, con objeto de mantener informados a sus componentes de los progresos y últimos avances en materia de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España.



Otro aspecto importante son las actividades de formación con el objetivo de capacitar a los interesados en los distintos sectores y sistemas a interpretar y hacer uso de los resultados de las evaluaciones y proyectos que se desarrollen en este marco. La formación y la capacitación deben siempre adecuarse a los destinatarios a los que vayan dirigidas.

Las actividades de **Formación** del Plan Nacional de Adaptación al cambio climático incorporarán paulatinamente, entre otros, los siguientes elementos

- Identificación de necesidades formativas
- Diseño de un módulo general de capacitación básico sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
- Diseño de actividades de capacitación específicas para cada uno de los sectores y sistemas considerados en el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático

En resumen, puede considerarse que estas actividades de Comunicación y de Formación deben contribuir a la sensibilización y concienciación del conjunto de la sociedad española frente a los problemas ambientales y, para ello, deben coordinarse con otros planes de formación, educación, concienciación y sensibilización en curso del Ministerio de Medio Ambiente que se desarrollan a través del CENEAM y de otras unidades. Los impactos del cambio climático en los diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos constituyen una fuente de información potencialmente muy útil y “visible” para ser usada en mensajes destinados a promover actitudes individuales más respetuosas con el medio ambiente, lo cual en sí mismo es una medida de adaptación al cambio climático.

## 8. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

Como se indicó en el apartado 5.2, los Programas de Trabajo constituyen los instrumentos de desarrollo del Plan Nacional de Adaptación. Estos Programas de Trabajo contendrán las características principales de las actividades y proyectos de evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación.

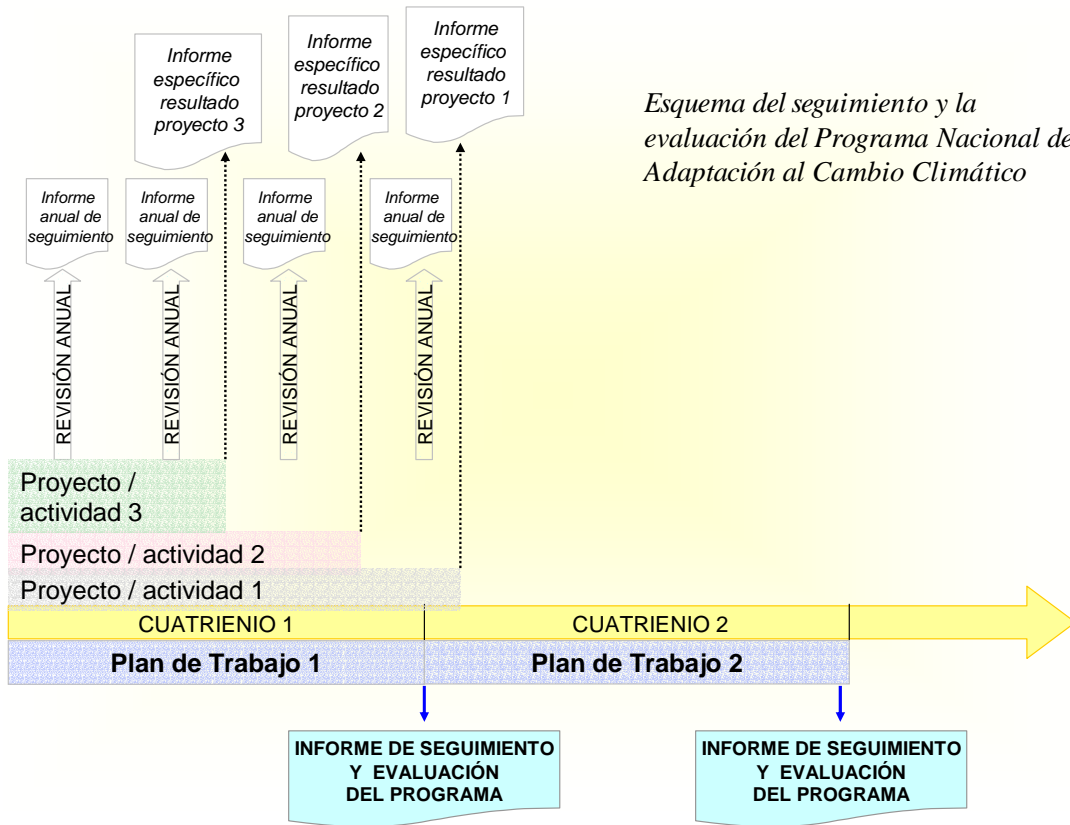
La evaluación del Plan Nacional de Adaptación se realizará a través de las revisiones anuales de los Programas de Trabajo, fruto de las cuales se elaborarán los informes anuales de seguimiento de cada una de las actividades y proyectos en curso. A la finalización de cada uno de los proyectos de evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación en un sector o sistema dado le seguirán un informe específico con los principales resultados alcanzados y las necesidades futuras detectadas.

Ambos tipos de informes, anuales de seguimiento y específicos de resultados, deben ser elaborados por los equipos técnicos a cargo de la ejecución de los proyectos y supervisados por la Oficina Española de Cambio Climático.

Tomando como base los informes anuales de seguimiento y los informes específicos de resultado de cada uno de los proyectos, se plantea elaborar cada cuatro años un informe de seguimiento y evaluación del Plan en su conjunto, teniendo también en cuenta consideraciones transversales y los resultados de las actividades horizontales de Información y Comunicación, y de Formación. La responsabilidad de este informe será de la OECC. Estos informes cuatrianuales de seguimiento y evaluación servirán para la revisión del propio Plan Nacional de Adaptación como marco general de referencia para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

La siguiente figura refleja el esquema general planteado para el seguimiento y la evaluación del Plan Nacional de Adaptación:

*Esquema del seguimiento y la evaluación del Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático*



## 9. REFERENCIAS

- TAR IPCC Working Group II – *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, 2001
- FCCC/SBSTA/2004/INF.13. *Application of methods and tools for assessing impacts and vulnerability, and developing adaptation responses. Background paper*. November 2004.
- UNFCCC Secretariat. *Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change. Final draft report* (and the brochure on the Compendium). December 2004
- Carter, Parry, Harasawa y Nishioka. *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*. 1994 (Part of the IPCC Special Report to the COP1)
- Special Report IPCC Working Group II. *The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability*. 1998.
- U.S. Country Studies Program (USCSP). *Climate Change: Mitigation, Vulnerability and Adaptation in Developing and Transition Countries*. October 1999.
- Bo Lim and Erica Spanger-Siegrfried (Eds.), UNDP. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Changes: Developing Strategies, Policies and Measures*. 2004
- About AIACC: Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change in Multiple regions and Sectors.
- Parry, M.L. (Ed.). *Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe: The Europe ACACIA Project*. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK, 2000.
- Willows, R.I. and Connell, R.K. (Eds.) *Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making*. UKCIP Technical Report. UKCIP, Oxford, 2003.
- Moreno, J.M. et al. *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. MIMAM 2005
- MIMAM. *Libro Blanco de la Educación Ambiental de España*. 1999
- OECC, MIMAM. *La Investigación sobre el cambio climático en España: Análisis de situación y propuesta de mejoras*. Marzo 2002.
- European Environmental Agency (EEA). *Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment*. EEA Report n° 2/2004
- European Environmental Agency (EEA). *Vulnerability and Adaptation to Climate Change Impacts in Europe. A scoping report*. Draft reports, 8 March 2005, 30 May 2005
- Easterling, Hurd and Smith. *Coping with Global Climate Change. The Role of adaptation in the United States*. Pew Center on Global Climate Change. June 2004
- FINADAPT: *Assessing the Adaptive Capacity of the Finnish Environment and Society under Climate Change*. February 2004 (+ 14 Work Packages)
- Veikko Marttila et al (Eds.) *Finland National Strategy for adaptation to Climate Change*. Ministry of Agriculture and Forestry, Finland 2005.
- Donald S. Lemmen and Fiona J. Warren (Eds.) *Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective*. Natural Resources Canada, 2004.
- F.D.Santos, K. Forbes y R.Moita (Eds.) *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*. SIAM Project, Lisbon, Portugal, June 2002
- Carter, T.R., M. Hulme and M.Lal. 1999. *Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate impact and Adaptation Assessment*. TGCA, IPCC
- Malone, Elizabeth L., Joel B. Smith, Antoinette L. Brenkert, Brian Hurd, Richard H. Moss, and Daniel Bouille (2004). *Developing Socioeconomic Scenarios for Use in Vulnerability and Adaptation Assessments*, UNDP, New York, US, 48pp, April 2004

- L. O. Mearns, F. Giorgi, P. Whetton, D. Pabon, M. Hulme, M. Lal. 2003. *Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments*. Data Distribution Center of IPCC. TGICIA 2003.
- RL Wilby, SP Charles, E Zorita, B Timbal, P Whetton, LO Mearns (2004). *Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods*. TGICA IPCC August 2004.
- Hulme, M., Jenkins, G.J., Lu, X., Turnpenny, J.R., Mitchell, T.D., Jones, R.G., Lowe, J., Murphy, J.M., Hassell, D., Boorman, P., McDonald, R. and Hill, S. (2002) *Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report*. Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK. 120pp
- Schröter, D. et al., 2004: *ATEAM: Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling*. Postdam Institute for Climate Impact Research, Germany. Final Report 2004
- *UKCIP 2005-2010 Work Programme*. UKCIP 2005.
- Joseph Alcamo et al., 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Millennium Ecosystem Assessment (MA). Island Press
- Valladares, F. (Ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, MIMAM 2004
- Steven J. Eisenreich, JRC, Ispra Italy (coord.-dir.) (2005). *Climate Change and the European Water Dimension*. European Commission- Joint Research Centre. Italia. 2005
- C. Giannakopoulos, M. Bindi, M. Moriondo and T. Tin (2005). *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise*. A report for WWF, 1 July 2005
- M- Fernández y F. Borja Barrera (2006). *Doñana y cambio climático. Propuestas para la mitigación de los efectos*. WWF / Adena, Enero 2006
- III COMUNICACIONES NACIONALES, capítulo de impactos de los países Anexo I

## ANEXOS

### I. Glosario de términos

#### **Adaptación**

Ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos previstos o a sus efectos, que mitiga los daños o explota oportunidades beneficiosas. Pueden distinguirse diversos tipos de adaptación: anticipadora y reactiva, privada y pública, autónoma y planificada:

- *Adaptación anticipadora*: Adaptación que se produce antes de que se observen impactos del cambio climático. También se denomina adaptación pro-activa.
- *Adaptación reactiva*: Adaptación que se produce después de haberse observado los impactos del cambio climático.
- *Adaptación autónoma*: Adaptación que no constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales y cambios en el mercado o el bienestar en los sistemas humanos. También se denomina adaptación espontánea.
- *Adaptación planificada*: Adaptación que resulta de una decisión política deliberada, basada en la comprensión de que las condiciones han cambiado o están por cambiar y de que se requieren medidas para volver a un estado deseado, mantenerlo o lograrlo.
- *Adaptación privada*: Adaptación iniciada y ejecutada por personas, familias o empresas privadas. La adaptación privada suele responder a un interés fundado de quienes la realizan.
- *Adaptación pública*: Adaptación iniciada y ejecutada por cualquier nivel de gobierno. La adaptación pública suele orientarse a necesidades colectivas.

#### **Escenario (en sentido genérico)**

Descripción verosímil y a menudo simplificada de la forma en que puede evolucionar el futuro, sobre la base de una serie homogénea e intrínsecamente coherente de hipótesis sobre fuerzas determinantes y relaciones fundamentales. Los escenarios pueden derivarse de proyecciones, pero a menudo se basan en información adicional de otras fuentes, en ocasiones combinada con una “línea evolutiva narrativa”. Véase también *escenario climático* y *escenario de emisiones*.

#### **Escenario de emisiones**

Representación verosímil de la evolución futura de las emisiones de sustancias que pueden ser radiativamente activas (p. ej., GEI, aerosoles), sobre la base de una serie homogénea e intrínsecamente coherente de hipótesis sobre las fuerzas determinantes (como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico y los cambios tecnológicos) y las relaciones fundamentales entre ellas. En el IPCC (1992) figura una serie de escenarios de emisiones que se utilizaron como punto de partida para la elaboración de proyecciones climáticas en el Segundo Informe de Evaluación (IPCC, 1996). A esos escenarios de emisiones se les conoce con el nombre de IS92. En el *Informe especial sobre los escenarios de emisiones del IPCC* (Nakicenovic *et al.*, 2000) se publicaron nuevos escenarios de emisiones: los llamados escenarios SRES.

#### **Escenario climático**

Representación verosímil y a menudo simplificada del *clima* futuro, sobre la base de una serie intrínsecamente coherente de relaciones climatológicas, elaborada para ser expresamente usada en la investigación de las posibles consecuencias de los cambios climáticos antropógenos, y que suele utilizarse como instrumento auxiliar para la elaboración de modelos de impacto. Un “escenario de cambio climático” es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

#### **Evaluación del riesgo**

Proceso mediante el cual se valoran de forma probabilística -cuantitativa o cualitativamente- los componentes del riesgo. Frecuentemente, cuando existen datos que lo permiten, esta probabilidad se expresa en forma de período de retorno o de recurrencia de un fenómeno y/o de sus consecuencias.

#### **Impactos (climáticos)**

Consecuencias (positivas o negativas) del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Tomando en consideración las opciones de adaptación, se puede distinguir impactos potenciales e impactos residuales:

- *Impactos potenciales*: Todos los impactos que pueden producirse, dado un cambio climático proyectado, sin tener en cuenta la adaptación.
- *Impactos residuales*: Los impactos del cambio climático que se producirían después de la adaptación.

#### **Incertidumbre**

Es un descriptor de la calidad de nuestro conocimiento asociado a un riesgo, o del grado de desconocimiento de un valor (p. ej., el estado futuro del sistema climático). La incertidumbre puede derivarse de la falta de información o de las discrepancias en cuanto a lo que se sabe o incluso en cuanto a lo que es posible saber. Puede tener muy diversos orígenes, desde errores cuantificables en los datos hasta ambigüedades en la definición de conceptos o en la terminología, o inseguridad en las proyecciones del comportamiento humano. La incertidumbre puede, por lo tanto, representarse con medidas cuantitativas (p. ej., una serie de valores calculados con distintos modelos) o con expresiones cualitativas (p. ej., que reflejen la opinión de un grupo de expertos).

### **Mitigación**

Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero

### **Riesgo**

Combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso dado y de la magnitud de sus consecuencias. El riesgo considera la frecuencia con que se presentan ciertos estados o eventos y la magnitud de las consecuencias probables asociadas a la exposición a dichos estados o eventos.

### **Sensibilidad**

Grado en que un sistema resulta afectado, negativa o ventajosamente, por estímulos relativos al clima. El efecto puede ser directo (p. ej., un cambio en el rendimiento de las cosechas en respuesta a un cambio en la temperatura media, su margen de variación o su variabilidad) o indirecto (p. ej., los daños causados por un aumento en la frecuencia de las inundaciones costeras debido a la elevación del nivel del mar).

### **Vulnerabilidad**

Medida en que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

Vulnerabilidad = Riesgo (impactos climáticos adversos) — Adaptación

*(Fuente: Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making, UKCIP 2003 y Tercer Informe de Evaluación, IPCC 2001)*

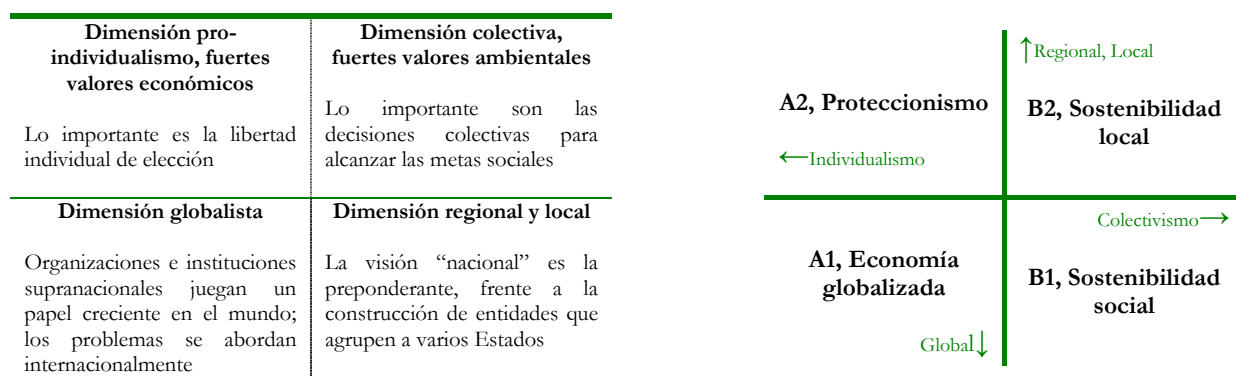
## II. Escenarios de emisiones del IPCC

### *SRES: Informe especial sobre los escenarios de emisiones del IPCC* (Nakicenovic *et al.*, IPCC 2000)

Los escenarios *SRES* han sido contruidos para explorar la evolución futura de las emisiones de sustancias que pueden ser radiativamente activas (p. ej., gases de efecto invernadero, aerosoles).

Se ha desarrollado 4 líneas narrativas, llamadas A1, A2, B1 y B2, donde se describen las relaciones entre las fuerzas que van a gobernar las emisiones de GEI y aerosoles a lo largo del siglo XXI, para grandes regiones del mundo y para el globo en su conjunto. Cada línea narrativa representa diferentes condiciones demográficas, de desarrollo socioeconómico y de cambios tecnológicos que divergen progresivamente de forma irreversible. Estas 4 familias de escenarios se desarrollan en 40 escenarios de emisiones diferentes, cada uno con su trayectoria de emisiones a lo largo del siglo.

En términos sencillos, las 4 líneas narrativas se estructuran a lo largo de dos ejes divergentes, según se refleja a continuación:



Las líneas narrativas de las distintas familias de escenarios se resumen de la siguiente manera (Nakicenovic *et al.*, 2000):

- ❖ **A1:** describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante.
- ❖ **A2:** describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.
- ❖ **B1:** describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.
- ❖ **B2:** describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.



### III. Algunos ejemplos de sistemas, modelos, métodos y herramientas relevantes para evaluar impactos del cambio climático en distintos sectores/sistemas

SECTOR / SISTEMA	Algunos ejemplos de modelos / herramientas específicas	Comentarios
Sistema climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>SMOC</b> (Sistema Mundial de Observación del Clima, o en sus siglas inglesas <b>GCOS</b>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GCOS fue establecido en 1992 para asegurar las necesidades de datos y observaciones climáticas a todos los potenciales usuarios. La iniciativa está co-patrocinada por la OMM, la COI de la UNESCO, el PNUMA y la ICSU. Proporciona el marco de observación sistemática de datos climáticos, y contempla la totalidad del sistema climático, incluyendo las propiedades físicas, químicas y biológicas y los ámbitos atmosférico, oceánico, hidrológico, criosférico y terrestre</li> </ul>
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proyectos del V y VI Programa Marco EU: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>ATEAM</b></li> <li>○ <b>EURO-LIMPACS</b></li> <li>○ <b>ALARM</b></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos acoplados que simulan procesos ecológicos como balance de C y N, productividad primaria, descomposición de la materia orgánica, LAI, evapotranspiración, humedad del suelo, estructura y composición de la cubierta vegetal, evolución de los nichos ecológicos de determinados taxones, etc. (Participación del CREAM y de la UCLM)</li> <li>- Modelo de impactos del CC en los ecosistemas acuáticos de agua dulce (Participación del CSIC y de la Univ. de Granada)</li> <li>- Evaluación de las consecuencias del CC en la biodiversidad, se busca predecir cambios en la biodiversidad, así como en estructura, función y dinámica de ecosistemas (Participación del CREAM, de la UAB y de la UCLM)</li> </ul>
Recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>SIMPA</b></li> <li>▪ Modelos hidrológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo distribuido para la evaluación cuantitativa de los recursos hídricos desarrollado por el CEH del CEDEX; modeliza a 1x1km.</li> <li>- Multitud de modelos con diferente grado de complejidad; los que atienden a factores cualitativos están menos desarrollados</li> </ul>
Bosques	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>GOTILWA +</b></li> <li>▪ <b>FWI</b> (Canadian Fire Weather Index)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo de simulación de crecimiento y producción para diferentes especies forestales, bajo distintos escenarios climáticos y de gestión. Desarrollado por el CREAM</li> <li>- Índice adimensional de riesgo que contempla factores climáticos y forestales</li> </ul>
Sector agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>CropSyst</b></li> <li>▪ Modelos de productividad y de necesidades de riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos de simulación de sistemas agrícolas</li> <li>- Multitud de modelos que simulan los rendimientos en la producción y los requerimientos hídricos para determinadas producciones, partiendo de las condiciones edafo-climáticas</li> </ul>
Zonas costeras	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>DINAS COAST</b> (EU FP-5)</li> <li>▪ Modelos de simulación de la dinámica de distintos procesos costeros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo integral de evaluación de la vulnerabilidad costera frente al cambio climático y el ascenso del nivel del mar</li> <li>- Multitud de modelos de nivel del mar, oleaje, marea astronómica y meteorológica, cota de inundación, transporte de sedimentos y geomorfología, dinámica de la cuña salina, rebases en infraestructuras, etc.</li> </ul>
Zonas de montaña	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>GLORIA</b> (EU FP-5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esta integrado en GTOS, su objetivo es establecer una red de seguimiento de parámetros ambientales y evaluación de impactos del cambio climático en alta montaña (participación de la universidad de Granada y CSIC)</li> </ul>
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>CENTURY</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo edáfico de balance de carbono, nitrógeno, fósforo y azufre en el sistema planta-suelo. Aplicable a diferentes tipos</li> </ul>

SECTOR / SISTEMA	Algunos ejemplos de modelos / herramientas específicas	Comentarios
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>USLE</b></li> </ul>	<p>de ecosistemas y agrosistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo erosivo basado en la ecuación universal de pérdida de suelo.</li> </ul>
<p><b>Pesca y ecosistemas marinos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proyectos y modelos desarrollados en el marco del Programa <b>GLOBEC</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <a href="#">(Global Ocean Ecosystem Dynamics)</a> Programa auspiciado por UNESCO sobre el impacto del cambio global sobre el ecosistema marino, con amplia participación española (IEO, varias universidades, CSIC)</li> </ul>
<p><b>Salud humana</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>MIASMA</b></li> <li>▪ Metodología <b>OMS 2003</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simula los impactos de las olas de calor en la mortalidad, de la reducción de la capa de ozono en la piel y de la transmisión de enfermedades infecciosas</li> <li>- Proporciona directrices para estimar los impactos del cambio climático sobre la salud y las opciones de adaptación</li> </ul>

#### IV. Acrónimos

AOGCM	Modelos de Circulación General acoplados Atmósfera / Océanos
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación
CEH	Centro de Estudios Hidrográficos
CENEAM	Centro Nacional de Educación Ambiental
CCPCC	Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNC	Consejo Nacional del Clima
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DGA	Dirección General de Aguas
DGB	Dirección General para la Biodiversidad
DGC	Dirección General de Costas
ECCE	Evaluación del cambio climático en España
ESEOO	Establecimiento de un Sistema Español de Oceanografía Operacional
FEMP	Federación Española de Municipios y Provincias
GCOS	Sistema Mundial de Observación del Clima
GCM	Modelos de Circulación General
GEI	Gases de efecto invernadero
GEO	Grupo de Observación de la Tierra
GICC	Grupo Interministerial de Cambio Climático
GOOS	Sistema Mundial de Observación de los Océanos
ICSU	Consejo Internacional para la Ciencia
IDAE	Instituto de Diversificación y Ahorro Energético
INM	Instituto Nacional de Meteorología
IPCC	Grupo Intergubernamental de expertos en Cambio Climático
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
MIMAM	Ministerio de Medio Ambiente
NMM	Nivel Medio del Mar
OAPN	Organismo Autónomo Parques Nacionales
OECC	Oficina Española de Cambio Climático
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RCM	Modelos Climáticos Regionales
SRES	Informe especial sobre los escenarios de emisiones del IPCC
UKCIP	Programa de Impactos del Cambio Climático del Reino Unido