

Executive summary^{p4}/Resumen ejecutivo^{p8}/Macrotendencias del cambio climático, año 2033^{p13}/El camino hacia la transición climática^{p17}/España 2033, un horizonte bajo en carbono^{p35}/Fundamentos de la proyección de emisiones de GEI^{p57}/La senda para la adaptación al cambio climático en España^{p75}/¿Cómo preparar a España para el 2033?^{p93}

El cambio climático en España, 2033

Hacia una economía baja en carbono



España 2033

Este informe está englobado en la colección ‘España 2033’, una serie de documentos que pretenden anticipar el futuro para tomar hoy las decisiones que afectarán a nuestro mañana. ‘España 2033’ es una iniciativa del programa Crecimiento Inteligente.



Índice

Executive summary	4
Resumen ejecutivo	8
Macrotendencias del cambio climático, año 2033	13
El camino hacia la transición climática	17
El límite de los 2° C	18
El enfoque bottom-up de la comunidad internacional	20
La consolidación del liderazgo de la Unión Europea	30
España 2033, un horizonte bajo en carbono	35
Quién es quién en las emisiones de GEI	36
Modelos que acercan el futuro	41
Una España hipocarbónica	44
Fundamentos de la proyección de emisiones de GEI	57
La evolución de la economía y la población española	58
Un parque de generación eléctrica menos intensivo en carbono	61
Mayor eficiencia y ahorro en la demanda energética	67
Desarrollo tecnológico, innovación y cambios de comportamiento	70
La senda para la adaptación al cambio climático en España	75
El clima del futuro	76
La vulnerabilidad al cambio climático en España	79
Las palancas para el refuerzo de la capacidad de adaptación	86
Oportunidades empresariales de la adaptación al cambio climático	90
¿Cómo preparar España para el 2033?	93
Agradecimientos	110
Bibliografía	111
Índice de cuadros	115
Índice de acrónimos	117
Informes de la colección España 2033	118
Contactos	119

Reflexiones

Captura y almacenamiento geológico de carbono (CCS)	16
Impactos previstos del cambio climático	19
Los esfuerzos necesarios para mantener el límite de los 2 °C	23
RiSE, Disaster Risk-Sensitive Investments	92

Executive summary

Reducing GHG emissions

The forward-looking exercise conducted shows that the short and medium-term emission limit objectives may be feasibly achieved, but only with resolute action that harnesses the most important levers of climate planning. There are various combinations of actions that will allow us to get close to those objectives, but the process will not be simple and significant effort will be required in terms of the modernisation of our economy.

The results of the emissions projections performed until 2033 indicate that, whilst during the period 1990-2012 Spanish energy emissions increased by +29%, during the period 1990-2033 they are expected to:

- Grow by between +72% and +83%, under the hypothetical trend scenarios in which no further actions are taken other than those that have already been implemented to date.
- A slower rate of growth, of between +4% and +16%, under the scenarios in which all of the measures that are currently planned are fully implemented.
- A decrease of between -7% and -17%, under the scenarios in which innovation and technological development allow Spain to make a firmer commitment to reducing emissions.

In order to prepare these projections, we have assumed two economic contexts, which are based, on the one hand, on GDP growth of 1.6% p.a. until 2020 and of 2.1% p.a. between 2020 and 2033; and,

on the other hand, on GDP growth of 1.9% p.a. until 2020 and 2.5% p.a. thereafter, until the end of the period under analysis.

The objectives that have been approved at the European level involve reductions of -20% by 2020 and -40% by 2033. Nevertheless, we should keep in mind that these goals focus on GHG emissions as a whole and not only on energy emissions. Moreover, although we already know the objective for Spain in 2020, resulting from the EU's internal division of the overall goal (-10% with respect to the emissions of various sectors in 2005), we do not yet know Spain's share of the 2030 target.

In any case, the scenarios presented reveal that those closest to the European route map in terms of the reduction of GHG emissions, are the scenarios that involve the greatest commitments, since it is possible that the measures planned to date will not be sufficient.

To achieve those scenarios in a low carbon economy, Spain will need to make a significant commitment to technological development to enable innovation across all of its production sectors. This should also be linked to changes in the habits and customs of consumers, to allow greater energy savings and more sustainable behaviour.

In this sense, the Measures and Additional Measures scenarios are based on three main groups of actions: power generation with lower GHG emissions; greater levels of energy savings and efficiencies; and technological development that allows innovation within the different energy consumption sectors.

The decarbonisation of the electricity sector would be achieved through an increase in the development of renewable energy, to enable the electricity mix to amount to around 150 gCO₂/kWh generated. We should bear in mind that since 2005, this value has decreased, from more than 400 gCO₂/kWh to less than 300 gCO₂/kWh in 2012.

Increased electricity production, with lower GHG emissions, that include hydraulic generation as well as renewable energies, would allow Spain to supply more than 40% of its primary domestic energy demand in the best-case scenario. In this sense, the objectives of the Renewable Energy Plan 2011-2020 would be met, with almost 84 GW of renewable power, primarily fuelled by wind and solar, versus the 33 GW installed in 2012, according to the planning and operating permits currently in force.

To that, we would have to add hydraulic power, which should amount to almost 25 GW by 2033, versus its current level of almost 18 GW (2012). Finally, this future scenario would not include nuclear energy, since the nuclear plants currently in operation would cease their activity in 2024.

To cover the forecast electricity demand, we would have to continue to rely on thermal generation, which in the best-case scenario would contribute more than 50% of the total energy generated.

In terms of demand for energy, the Measures scenarios include the energy efficiency objectives forecast in the National Action Plan for Energy

Efficiency 2014-2020, which amount to 10.5%. The evolution until 2033 would continue at the same annual rate, to reach values of up to 30%, which would result in savings of almost 13 M TJ between 2014 and 2033.

In addition to this, the Additional Measures scenarios also include the effect of the EU Directive 2010/31 relating to the energy efficiency of buildings, which establish a series of energy-related requirements, both for existing buildings, as well as for new buildings, which should be met from 2020 onwards (2018 for institutional buildings). To this end, greater measures will have to be adopted that result in energy savings and efficiencies for buildings.

As well as including the effect of these measures, which would result in a reduction in the annual increase in energy consumption, the Additional Measures scenarios should also take into account the renewal of the existing stock of buildings. In the best-case scenario, the set of measures would also allow the reduction of energy consumption in this sector (residential, commercial and institutional) from around 600 TJ in 2012, to just over 200 TJ by 2033.

Finally, innovation and technological developments are regarded as particularly important in the transport sector, although they will provide solutions for all sectors and are indirectly implicit in the measures commented above. The development of second and third generation biofuels, together with a better use of biomass as a fuel, would allow these energy sources to supply up

to 26% of Spain's primary energy consumption in the best-case scenarios; they currently supply around 8% (2012).

Linked to that, the development of information technologies and changes in the habits of the population would enable a shift from air and road transport to railway transport over the set timeframe, both for passengers as well as freight. At the same time, technological developments would allow electric vehicles, as well as those that run on biofuels to dominate the fleet of vehicles in 2033. That would allow a decrease in the consumption of fossil fuels in the transport sector, from around 1.1 GJ in 2012 to 0.4 GJ by 2033.

These forecast changes in the transport sector should be accompanied by the restructuring of cities and urban centres towards models that favour public transport and low-emission transport alternatives, such as bicycles.

Adapting to climate change

The concentration of GHGs in the atmosphere will lead to changes in the global climate. Studies being driven at the European level indicate that the major consequences of these changes will be felt most in the southern region, where Spain is located, with the consequent associated economic, natural and social losses.

The latest climate projections published for Spain point to a trend of increasing temperatures, with more frequent and more intense heat waves, greater variations between maximum and minimum temperatures, as well as an increase in the number of warm days and nights. Experts also expect the number of dry periods and the frequency of intense rainfalls to increase.

These variations will affect each sector in a different way. In any case, we can expect afflictions in the agriculture,

livestock and forestry sectors, due to a greater influx of plagues and fires, as well as changes in the seasonality of crops. Likewise, it is possible that industrial activities (including the generation of power) will suffer efficiency losses and delays in their processes, as well as increases in energy consumption and water resources, due to variations in climatic variables. In this respect, water resources will be under greater pressure, due to the increased needs of the consumer sectors and a possible reduction in the availability of supply linked to the decrease in rainfall and the increase in temperature.

Health will also be affected, not only due to the possible loss in the quantity and quality of water, but also due to a greater influx of patients affected by heat waves and intense rains.

Other sectors, such as tourism, may have negative or positive consequences, depending on the region under analysis. There will be regions where the increase in average temperatures may lead to an improvement in their appeal as tourist destinations and others, which will become less attractive. Regardless, in this case, we can expect to see an increase in energy and water demands from tourists.

Finally, across all sectors, the afflictions in coastal areas due to the effect of storms and the increase in the sea level are expected to also lead to the salination of adjacent land and damage to neighbouring infrastructure and ecosystems.

To mitigate the impact of these consequences, by 2033 Spain ought to increase its knowledge about the vulnerability of the various sectors, as well as put in place pro-active adaptation policies in all sectors. It is important that Spain works under frameworks involving public-private collaboration to make it easier to bring

the adaptation measures into the mainstream. Early action in some sectors, such as the energy, water and health sectors will be fundamental, given their transversal nature and given the implications that any damage to them may have on other natural and socio-economic sectors.

Likewise, urban planning should take into account climatic forecasts and its resulting consequences, also in coordination with the policies to reduce GHG emissions discussed above.

Summary

The efforts and planning undertaken to date have allowed Spain to position itself on a path that should enable it to fulfil its European objectives in 2020. Nevertheless, over a longer timeframe, such as by 2033, the forecast economic recovery may also result in a return to increases in the levels of GHG emissions.

Given this scenario and in line with recent European policy for 2030, countries are required to not only fully comply with their current planning, but also make a greater effort in terms of innovation and technological development, to enable the creation of additional solutions to aid mitigation.

Moreover, given the future scenario where climatic conditions have a greater impact on the natural and socio-economic sectors, early and coordinated action, based on up-to-date information, will facilitate the reduction in losses associated with any damage that originates from climate change. In this respect, it is important to efficiently integrate climate change into the decision-making process, both at the public and private level.

Therefore:

1. Public Administrations should be ambitious in the fulfilment of their energy and climate change plans,

committing to the extension of innovation and technological development across the different production sectors and, primarily, in those that are intensive in energy consumption.

Meanwhile, the current situation in terms of GHG emissions, resulting in part due to the economic situation in recent years, should not form a hindrance for public policies that are committed to more innovative renewable energies and to energy savings and efficiencies.

At the same time, Public Administrations need to start to analyse how climate change may affect the various levels of action, facilitating and sharing information with the sectors that may be most affected and integrating a decision dynamic in a future with different possible scenarios.

2. Energy companies have to continue working towards a less carbon intensive form of electricity generation, backing cleaner fuels and new technologies. It is important that future climate risks be incorporated into business strategies, in such a way that pro-active prevention measures may be adopted.
3. In the same way, the other GHG emitting sectors should integrate energy savings and efficiencies, as well as new energy sources, into their plans, whilst also bearing in mind the consequences that climate change may have on their activities and taking actions to minimise them.

Citizens must make changes in their consumption habits and, primarily, in their modes of transport. Quality of life should be separated from energy consumption, and savings and efficiency habits should be adopted, along with new technologies for communication.

Resumen ejecutivo

Reducción de emisiones de GEI

El ejercicio de prospectiva realizado muestra cómo lograr los objetivos de limitación de emisiones a corto y medio plazo es viable, pero solo con una acción decidida que actúe sobre las palancas más importantes de la planificación climática. Existen diferentes combinaciones de acciones que permitirán acercarse a esos objetivos, pero no será sencillo sin un esfuerzo muy relevante de modernización de nuestra economía.

Los resultados de la proyección de emisiones realizada hasta el año 2033 apuntan a que, mientras que las emisiones energéticas españolas han tenido un crecimiento del +29% en el período 1990-2012, se esperaría para el período 1990-2033:

- Un crecimiento de las mismas de entre +72 y +83% en los escenarios tendenciales hipotéticos en los que no se ponen en marcha más actuaciones que las ya implantadas.
- Una evolución, más pausada, de entre +4 y +16% en los escenarios donde las medidas planificadas en la actualidad son implantadas en su totalidad.
- Un decrecimiento de entre -7 y -17% en unos escenarios donde la innovación y el desarrollo tecnológico han permitido una apuesta más decidida por la reducción de emisiones de GEI.

En el desarrollo de estas proyecciones se han asumido dos contextos económicos

que se han basado, el primero, en un crecimiento del PIB de un 1,6% hasta el año 2020 y de un 2,1% de 2020 a 2033 y, el segundo, de un 1,9% hasta 2020 y un 2,5% hasta el final del período analizado.

Los objetivos que se han aprobado a nivel europeo apuestan por reducciones del -20% para el año 2020 y del -40% para el año 2033. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que estas metas están dirigidas al total de emisiones de GEI y no únicamente a las emisiones energéticas. Por otra parte, aunque ya se conoce el objetivo para España al año 2020, derivado del reparto interno que realiza la UE del objetivo global (-10% respecto a las emisiones en los sectores difusos de 2005), no se conoce todavía cuál podrá ser la meta que tenga que asumir España al horizonte 2030.

En cualquier caso, los escenarios dibujados revelan que aquellos más cercanos a la hoja de ruta europea en materia de reducción de emisiones de GEI, serán los escenarios que incorporen una mayor apuesta, ya que con las medidas planificadas hasta el momento es posible que no sea suficiente.

Para lograr esos escenarios con una economía hipocarbónica, será necesario apostar por un importante desarrollo tecnológico que permita la innovación en todos los sectores productivos, ligado también a un cambio en los hábitos y las costumbres, que permitan mayores ahorros energéticos y un comportamiento más sostenible.

En este sentido, los escenarios de Medidas y Medidas Adicionales se basan

en tres grupos principales de actuaciones: una generación eléctrica con menores emisiones de GEI, mayores niveles de ahorro y eficiencia energética y un desarrollo tecnológico que permita la innovación en los distintos sectores consumidores de energía.

La descarbonización del sector eléctrico se lograría con un mayor desarrollo de las energías renovables que lograrse que el mix eléctrico se situase en torno a los 150 gCO₂/kWh generado. Hay que tener en cuenta que desde el año 2005 este valor ha pasado de estar por encima de los 400 gCO₂/kWh a por debajo de los 300 gCO₂/kWh en el año 2012.

Una mayor producción eléctrica con menores emisiones de GEI, que incluya además de las energías renovables la generación hidráulica, permitiría en el mejor de los escenarios cubrir más del 40% de la demanda de energía primaria nacional. Para ello, se habrían cumplido los objetivos del Plan de Energías Renovables 2011-2020, con casi 84 GW de potencia renovable, principalmente eólica y solar, frente a los 33 GW instalados en el año 2012, según la planificación y los permisos de actividad vigentes en la actualidad.

A ello habría que agregarle la potencia hidráulica, que alcanzaría los casi 25 GW en 2033, frente a los casi 18 GW actuales (2012). Por último, este escenario futuro no contemplaría la energía nuclear, ya que las centrales actualmente en vigor cesarían su actividad en el año 2024.

Para cubrir la demanda eléctrica prevista, sería necesario seguir contando con la generación térmica,

que en el mejor de los escenarios contribuiría en más del 50% al total de energía generado.

En cuanto a la demanda energética, los escenarios de Medidas incorporan los objetivos de eficiencia energética previstos en el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, que alcanzan el 10,5%. La evolución hasta el año 2033 seguiría el mismo ritmo anual, alcanzando valores de hasta el 30%, lo que supondría ahorros de casi 13 M TJ entre 2014 y 2033.

Adicionalmente a ello, los escenarios de Medidas Adicionales incorporan también el efecto de la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios, que establece una serie de requisitos energéticos, tanto para el parque de edificios existente como para las nuevas edificaciones, a cumplir a partir del año 2020 (2018 para los edificios institucionales). Para ello, será necesario incorporar mayores medidas que redunden en el ahorro y la eficiencia energética del edificio.

Los escenarios de Medidas Adicionales, además de incorporar el efecto de estas medidas, que implicarían una reducción en el incremento anual del consumo energético, han tenido en cuenta también la renovación del parque de edificios existente. El conjunto de las medidas permitiría disminuir, en el mejor de los escenarios, el consumo energético de este sector (residencial, comercial e institucional) de alrededor de 600 TJ en el año 2012 a algo más de 200 TJ en el año 2033.

Por último, la innovación y el desarrollo tecnológico, aunque

aportarán soluciones en todos los sectores e indirectamente están implícitos en las medidas comentadas hasta el momento, se consideran especialmente en el sector del transporte. El desarrollo de los biocombustibles de segunda y tercera generación, unido a un mejor aprovechamiento de la biomasa como combustible, permitirían cubrir en el mejor de los escenarios hasta el 26% del consumo de energía primaria, estando actualmente en torno al 8% (2012).

Ligado a ello, el desarrollo de tecnologías de la información y el cambio de hábitos de la población permitirían al horizonte marcado, un trasvase del transporte aéreo y por carretera al transporte ferroviario, tanto para pasajeros como para mercancías. A la vez, el desarrollo tecnológico haría que en el parque de vehículos de 2033 predominasen, junto con los impulsados por los biocarburantes, los vehículos eléctricos. Ello permitiría un descenso en el consumo de combustibles fósiles en el transporte, pasando de alrededor de 1,1 GJ en 2012 a 0,4 GJ en 2033.

Estos cambios previstos en el transporte deberían ser acompañados de una reestructuración de las ciudades y centros urbanos, hacia modelos donde se favorezca el transporte público y algunas opciones con bajas emisiones, como la bicicleta.

Adaptación al cambio climático

La concentración de GEI en la atmósfera producirá cambios en el clima mundial. Los estudios que se están impulsando a nivel europeo apuntan a que las mayores consecuencias debidas a estos cambios se notarán en la región sur, donde se ubica España, con las consecuentes pérdidas económicas, naturales y sociales asociadas.

Las últimas proyecciones climáticas publicadas para España, apuntan a una

tendencia al incremento de la temperatura, con mayor frecuencia e intensidad de olas de calor, con mayores variaciones entre las temperaturas máximas y mínimas, así como en el número de días y noches cálidas. También se espera que aumenten los períodos secos y la frecuencia de las precipitaciones intensas.

Estas variaciones afectarán de distinta manera a los diferentes sectores. En cualquier caso, se pueden esperar afecciones en las actividades agrícolas, ganaderas y la silvicultura, por una mayor afluencia de plagas e incendios, así como cambios en la estacionalidad de los cultivos. De la misma forma, es posible que las actividades industriales (incluyendo la generación eléctrica) sufran pérdidas de eficiencia y retrasos en sus procesos, así como incrementos en los consumos energéticos y de los recursos hídricos, por las variaciones en las variables climáticas. A este respecto, el recurso hídrico tendrá una mayor presión, por las necesidades aumentadas de los sectores consumidores y por la posible menor disponibilidad de recarga ligada a la disminución de las precipitaciones y el aumento de la temperatura.

La salud también se verá afectada, además de por la posible pérdida de cantidad y calidad del agua, por una mayor afluencia de pacientes afectados por olas de calor o lluvias intensas.

Otros sectores, como el turismo, podrán tener consecuencias negativas o positivas, según la región en la que se centre el análisis. Habrá zonas en las que el aumento de las temperaturas medias pueda llevar consigo una mejora del destino turístico y otras en las que conlleve una pérdida de atractivo. En cualquier caso, se pueden esperar también en este caso, mayores demandas energéticas e hídricas por parte de los turistas.

Por último, de forma transversal a todos los sectores, las afecciones a las zonas

costeras por el efecto de los temporales y aumento del nivel del mar, se espera que conlleven también procesos de salinización de tierras adyacentes y daños en las infraestructuras y ecosistemas cercanos.

Para paliar el impacto de estas consecuencias, la España del año 2033 deberá haber mejorado en el conocimiento sobre la vulnerabilidad de los diferentes sectores, así como en la puesta en marcha de políticas de adaptación proactivas en todos los sectores. Será importante haber trabajado con marcos de colaboración público-privados, donde sea más fácil la transversalización de las medidas de adaptación. La actuación temprana en algunos sectores como el energético, el hídrico o la salud serán fundamentales, por su carácter transversal y por las implicaciones que los daños en los mismos puedan tener en el resto de sectores, naturales y socioeconómicos.

Asimismo, la planificación urbana deberá tener en cuenta las previsiones climáticas y sus consecuencias derivadas, en coordinación también con las políticas de reducción de emisiones de GEI comentadas anteriormente.

Síntesis

Los esfuerzos y la planificación existente hasta el momento han permitido posicionar a España en la senda del cumplimiento de los objetivos europeos a 2020. Sin embargo, a un horizonte más largo, como lo es 2033, la recuperación económica prevista podría suponer también una vuelta a un incremento en los niveles de emisión de GEI.

Ante este escenario, y en consonancia con la reciente política europea a 2030, es necesario no solo cumplir en su totalidad la planificación actual, sino realizar un mayor esfuerzo en materia de innovación y desarrollo tecnológico, que permita dar con soluciones

adicionales en materia de mitigación.

Por otra parte, ante un escenario futuro donde las condiciones climáticas tengan mayores impactos sobre los sectores naturales y socioeconómicos, la actuación temprana y coordinada, basada en información actualizada, facilitará la reducción de las pérdidas asociadas a los daños que tienen origen en el cambio climático. A este respecto, es importante integrar de forma eficiente el cambio climático en el proceso de toma de decisiones, tanto a nivel público como privado.

Por tanto:

1. Las Administraciones Públicas deben ser ambiciosas en el cumplimiento de sus planificaciones energéticas y de cambio climático, apostando en la extensión de la innovación y el desarrollo de tecnología entre los diferentes sectores productivos y, principalmente, en aquellos intensivos en consumo energético. Por otra parte, la situación actual en cuanto a emisiones de GEI, derivada en parte de la coyuntura económica de los últimos años, no debe suponer un freno a las políticas públicas que apuesten por las energías renovables más innovadoras y el ahorro y la eficiencia energética.

Al mismo tiempo, es necesario que las administraciones públicas comiencen a analizar cómo el cambio climático puede afectar en los diferentes niveles de actuación, facilitando y difundiendo información a los sectores que puedan verse más afectados e integrando una dinámica de decisión en un futuro con diferentes escenarios posibles.

2. Las empresas energéticas tienen que continuar trabajando hacia una generación eléctrica menos intensiva en carbono, apostando por combustibles más limpios y nuevas

tecnologías. Es importante también incorporar en las estrategias empresariales los riesgos climáticos futuros, de forma que se adopten acciones de prevención proactivas.

3. En la misma línea, el resto de sectores emisores tiene que integrar el ahorro y la eficiencia energética, así como nuevas fuentes de energía dentro de sus planificaciones, teniendo presentes también las consecuencias que el cambio climático pueda tener sobre sus

actividades y actuar para minimizarlas.

4. La ciudadanía tiene que incorporar cambios en sus hábitos de consumo y, principalmente, en sus modos de transporte. La calidad de vida debería desligarse del consumo energético, adoptando hábitos de ahorro y eficiencia y nuevas tecnologías para la comunicación.

1

Macrotendencias del cambio climático, año 2033

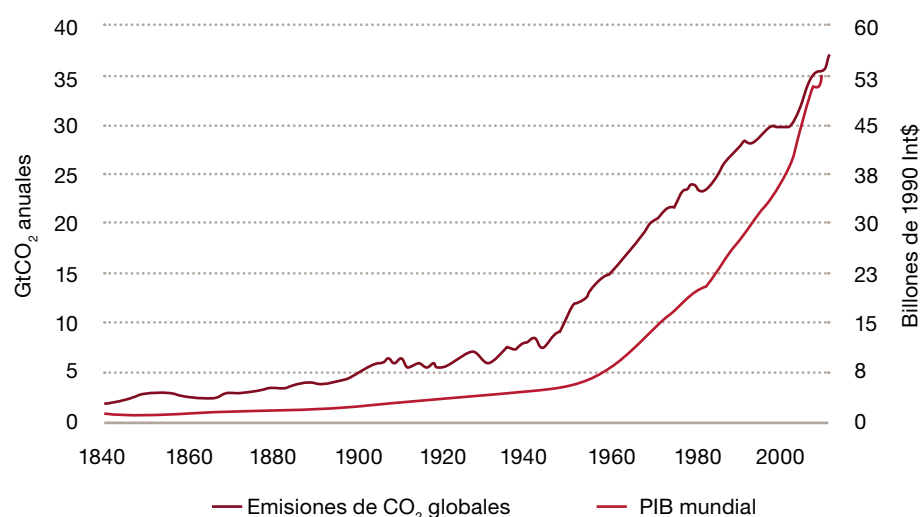


Mucho se ha escrito en torno a la necesidad de actuación para frenar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la actividad humana. Las consecuencias ligadas al cambio climático, producido por la concentración de estos gases en la atmósfera, también han sido ampliamente identificadas y analizadas. La comunidad científica internacional ha profundizado recientemente en las vías necesarias, tanto para adaptarse a los impactos del cambio climático, como para conseguir invertir las curvas de crecimiento de las emisiones de GEI, a través del Quinto

Informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

El gran reto sigue pasando por consolidar el desacoplamiento de las emisiones de GEI y el crecimiento económico a nivel mundial. La reciente coyuntura económica por la que han pasado y siguen pasando algunos países, pone de manifiesto la realidad de esta relación en muchos de ellos. Las emisiones de GEI se han reducido, pero ha sucedido cuando la economía también lo ha hecho.

Cuadro 1.
Emisiones anuales de CO₂ y PIB mundial



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IPCC y Maddison, A.

En el horizonte marcado por este estudio, 2033, debe mostrarse una transición hacia un escenario en el que se haya producido el mencionado desacoplamiento entre emisiones y desarrollo económico. El camino para alcanzar ese horizonte tiene que trazarse sobre la base del conocimiento científico, el marco político, el desarrollo tecnológico y un cambio en aspectos cotidianos de la vida de la población. Por tanto, las claves son:

Conocimiento científico. Por un lado, el conocimiento sobre la evolución de las emisiones de GEI a la atmósfera, así como sobre la evolución más probable del clima que se derive y sus consecuencias en sectores naturales y socioeconómicos, deberá ser la base que guíe la política de cambio climático a todos los niveles.

Marco político. Ligado a ello, los compromisos internacionales y europeos que se concreten en los próximos años deben marcar una hoja de ruta ambiciosa en términos de reducción de emisiones de GEI, así como en compromisos de

financiación de actuaciones para adaptarse al cambio climático en aquellos países más vulnerables.

Desarrollo tecnológico. Los estudios de proyección de emisiones de GEI a todos los niveles muestran que el efecto de mitigación de las emisiones de las tecnologías disponibles actualmente no es suficiente para conseguir de forma plena una economía baja en carbono. Por ello, el crecimiento económico previsto hace que la curva prevista de emisiones de GEI vuelva a ascender. Es necesario, por tanto, favorecer la innovación y el desarrollo tecnológico que permita mantener una tendencia descendente de las emisiones de GEI a futuro.

Comportamiento. Ligado a ello, el IPCC apunta también a la necesidad de un cambio de comportamiento hacia un modo de vida más sostenible en el que prime el ahorro en el uso de los recursos. Ello debe pasar por una menor demanda de movilidad, un menor consumo energético en edificios y una selección de productos de larga duración y menor generación de residuos.

Cuadro 2.
Claves para afrontar el cambio climático

- Ahorro energético
- Cambio en los hábitos de consumo
- Transvase a medios de transporte menos emisivos

- Nuevas fuentes de energía
- Transformación productiva
- Nuevas formas de construcción y transporte

- Toma de decisión en un momento de incertidumbre
- Coordinación inter e intra sectorial
- Colaboración público-privada

- Evolución de emisiones de GEI
- Evolución del clima
- Impactos y nivel de riesgo climático

Comportamiento

Desarrollo tecnológico

Marco político

Conocimiento científico

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los últimos estudios (IPCC, 2014), las tecnologías que permitirían una reducción de las emisiones de GEI a futuro se basan en el uso de biomasa como fuente energética, unido a la captura, transporte y almacenamiento de carbono (CCS por sus siglas en inglés). En menor alcance y fuera del área energética,

también se mencionan las actividades de aforestación y reforestación.

Sin embargo, hay que tener presente que en la actualidad la aplicación de procesos de CCS está todavía restringida y solo se realiza a pequeña escala y el potencial de la segunda vía es limitado.

Captura y almacenamiento geológico de carbono (CCS)

El uso de la tecnología CCS implica el siguiente proceso:

1. Captura de CO₂ emitido por grandes focos puntuales, como centrales térmicas de carbón o cementeras, y la depuración de otras posibles sustancias asociadas. La captura se puede realizar en precombustión (absorción a cambio de presión, separación criogénica, absorción química, absorción física o separación de membrana), postcombustión (absorción química, ciclo de calcinación/carbonatación, absorción física, membranas o destilación criogénica) o en oxidación (durante el proceso de combustión, utilizando oxígeno en lugar de aire para la misma).
2. Compresión y transporte del CO₂ por tierra mediante gaseoductos, trenes, camiones o barcos cisterna hasta el lugar de depósito.
3. Inyección en el lugar de almacenamiento. El proceso por el que el carbono es retenido en el subsuelo puede ser de dos tipos: físico, que implica la existencia de grandes estratos de roca impermeable (entrapamiento estratigráfico) o acuíferos salinos (entrapamiento hidrodinámico) bajo los que se inyecta el gas; o químico, disolviéndose, generalmente en agua de formación (entrapamiento por solubilidad) o reaccionando químicamente con la roca para formar nuevos compuestos (entrapamiento mineral). Los lugares de almacenaje más adecuados son acuíferos y diapiros salinos, reservorios agotados de petróleo y gas, mantos de carbón no explotables o el fondo oceánico.
4. Monitoreo de la zona de almacenaje para controlar su estabilidad y prevenir posibles fugas.

El coste actual de esta tecnología supone una importante barrera para su puesta en funcionamiento a gran escala. La captura es la parte más costosa del proceso puesto que los gases de combustión de las centrales térmicas de carbón o de gas natural tienen una concentración relativamente baja de CO₂ (entre 3 y 12%), la cantidad de energía necesaria para capturarlo hace que el coste por tonelada de CO₂ capturado sea elevado.

Este alto coste puede verse reducido a través de la recuperación mejorada de hidrocarburos, proceso por el cual el CO₂ capturado es inyectado en reservorios de petróleo, lo que proporciona presión adicional y facilita la extracción. El aumento en la producción de petróleo mejora el balance coste/ingreso del CCS, empleando la infraestructura petrolera existente para el transporte, la inyección y el almacenamiento del carbono.

La Comisión Europea (CE) considera que esta tecnología puede jugar un papel importante a largo plazo, para la consecución de los objetivos de reducción de 2050, ya que permitiría reducir las emisiones directas de procesos industriales a la escala necesaria a largo plazo, además de descarbonizar las tecnologías de generación eléctrica basadas en combustibles fósiles. Sin embargo, la CE no prevé que la CCS sea competitiva desde el punto de vista económico, como mínimo, hasta 2035.

A pesar de los largos plazos que se barajan, el Paquete de energía y clima 2020 incluyó la Directiva 2009/31/CE sobre almacenamiento geológico de CO₂, en la que se establece un marco jurídico para el almacenamiento geológico superior a 100 kilotoneladas en el territorio de los Estados Miembros, en sus zonas económicas exclusivas y sus plataformas continentales, no estando autorizado el almacenamiento fuera de estas zonas ni en columna de agua.

2

El camino hacia la transición climática



El límite de los 2° C

A nivel internacional se ha alertado sobre las consecuencias de que la temperatura media del planeta supere el límite de 1,5-2 °C por encima de los valores de la era preindustrial. De acuerdo con el IPCC, este es el umbral estimado a partir del cual las consecuencias del cambio climático podrían ser más graves.

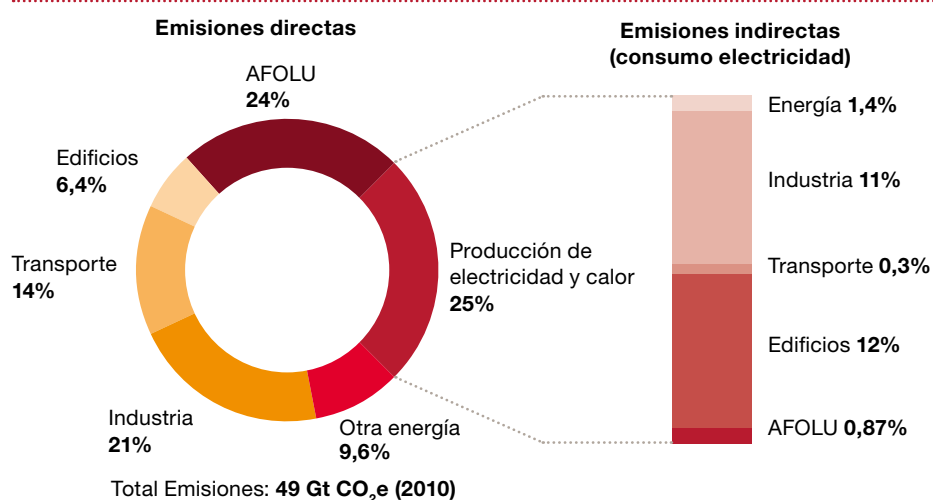
Los últimos datos publicados por el IPCC en su AR5 revelan que la temperatura media global presenta unos niveles de calentamiento de alrededor de 0,85 °C, para el período 1880-2012. Por su parte, las emisiones de GEI a nivel mundial han continuado ascendiendo, a un ritmo mayor en la última década que en las tres anteriores¹.

Sectorialmente, las emisiones que siguen contribuyendo en mayor grado son las ligadas a la energía, ya que suponen alrededor del 76% de las emisiones de GEI mundiales. Dentro de las emisiones energéticas se encuentran las debidas al uso de combustibles, fósiles

principalmente, para obtener energía, ya sea en la industria eléctrica, otras industrias, el transporte o las edificaciones, entre otros. Por el contrario, las emisiones de GEI no energéticas son las debidas a las actividades de ganadería, agricultura y los usos del suelo y cambios de uso del suelo². El grupo de las emisiones no energéticas lo completan la gestión de los residuos y algunos procesos industriales, como la producción de cal o cemento, que emiten GEI como subproductos.

Por último, el IPCC también constata que los principales responsables del incremento de las emisiones ligadas a los combustibles fósiles son el crecimiento de la población y el crecimiento económico. Por tanto, sin esfuerzos adicionales a los impulsados hasta el momento, es previsible que las emisiones de GEI sigan aumentando conforme lo hagan los niveles de población y la economía mundial. Este escenario tendencial desembocaría en aumentos medios de la temperatura del planeta de entre 3,7 y 4,8 °C para finales de siglo, respecto a los niveles preindustriales.

Cuadro 3.
Emisiones de GEI a nivel mundial por sectores de actividad económica



Fuente: Elaboración propia a partir de IPCC, 2014.

¹ El crecimiento de las emisiones mundiales de GEI ha sido de un 2,2% anual en el período 2000-2010, frente al +1,3% anual del período comprendido entre 1970 y 2000 (IPCC, 2014: Summary for Policymakers, In: Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC).

² Sector conocido como AFOLU, por sus siglas en inglés (Agriculture, Forestry and Other Land Use).

Impactos previstos del cambio climático

En Europa se espera, con toda probabilidad, el cambio climático provoque un retroceso en los glaciares alpinos, escandinavos e islandeses, el adelanto anual en el reverdecimiento de la vegetación (brote de las hojas y fructificación arbórea) en las regiones templadas y boreales, el incremento en la superficie quemada en las regiones del sur y el desplazamiento hacia el norte de especies marinas (peces, aves marinas, etc.). Por tanto, se puede esperar que los principales sectores socio-económicos afectados sean las actividades de agricultura, pesca y silvicultura, así como el turismo.

En otras regiones del mundo también se esperan, con niveles de confianza altos, importantes cambios, por ejemplo:

África

Retroceso en los glaciares de montaña tropicales, calentamiento de la capa superficial de lagos, pérdida de densidad arbórea (Sahel y Marruecos), desplazamiento de especies en el sur y pérdida de arrecifes de coral en las zonas tropicales.

Asia

Degradación del permafrost³ en Siberia, Asia central y la meseta tibetana, retroceso de glaciares y mayor caudal en los ríos como consecuencia. Cambios en los ecosistemas terrestres, hacia desplazamientos en altitud y expansión de arbustos en la sabana siberiana. Pérdida de arrecifes de coral en las zonas tropicales.

Australasia

Cambios en la genética, crecimiento, distribución y fenología de muchas especies terrestres (aves, mariposas, plantas), aumento de la decoloración de corales en la Gran Barrera de Coral y los arrecifes de Australia occidental.

América del Norte

Retroceso de los glaciares en las zonas occidentales y septentrionales, disminución de la cantidad de agua ligada al deshielo primaveral y adelantamiento del pico de caudal en los ríos, ligado al deshielo. Desplazamientos hacia el norte de especies marinas.

América Central y del Sur

Retroceso de los glaciares andinos y aumento del flujo fluvial en algunas cuencas. Aumento de la decoloración de los corales en el Caribe.

Islas Pequeñas

Pérdida de medios de subsistencia, daños en asentamientos, infraestructuras y ecosistemas costeros. Amenaza de las áreas costeras de baja altitud por eventos climáticos extremos asociados con la subida del nivel del mar. Pérdida de ecosistemas marinos (CDKN, 2014).

Regiones Polares

Disminución de la capa de hielo marino estival del Ártico, reducción de los niveles de hielo de los glaciares del Ártico, degradación generalizada del permafrost, con la consiguiente pérdida de ecosistemas asociados. Adicionalmente se esperan cambios en los ecosistemas terrestres, hacia una mayor cobertura vegetal y efectos negativos sobre las especies no migratorias del Ártico.

IPCC, 2014

³ Capa de hielo que permanece permanente en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares.

Bajo este escenario, la evolución necesaria para las siguientes décadas debería estar centrada en la desvinculación del crecimiento económico y demográfico de la emisión de la GEI. Para lograr invertir esta tendencia, es necesario alcanzar reducciones significativas en la emisión de GEI a la atmósfera.

El IPCC apunta a reducciones en las emisiones mundiales de entre el 40 y el

70% para 2050, respecto a los niveles de 2010, y prácticamente del 100% hacia finales del siglo XXI. Para ello, debe darse un cambio de modelo de producción en los sectores primario, secundario y terciario a nivel mundial, así como una modificación de los hábitos de vida. Todo ello ligado al freno de la deforestación mundial y el fomento de la aforestación y reforestación.

El enfoque bottom-up de la comunidad internacional

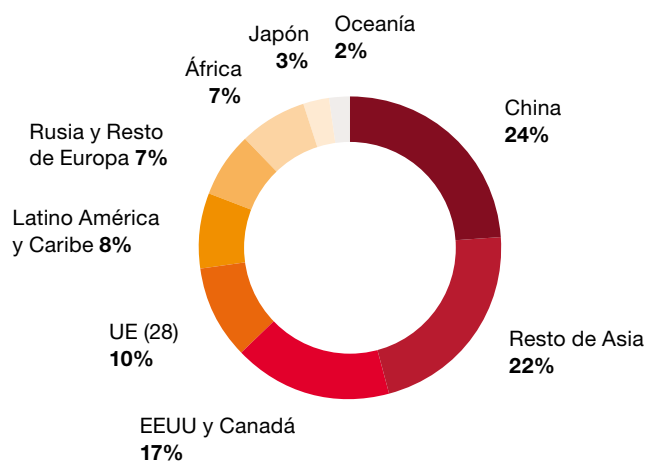
Las cumbres mundiales del clima, celebradas anualmente, están centradas en lograr que los compromisos asumidos por los diferentes países en su conjunto permitan la contención del aumento de la temperatura media global en el límite de los 2 °C. Hasta el año 2012, el objetivo de reducción de emisiones de GEI tuvo un enfoque top-down, es decir, se asumió un objetivo global que tuvo su reparto entre los diferentes países emisores. Era el caso del conocido Protocolo de Kioto que establecía límites a las emisiones para el período 2008-2012, frente a las emisiones del año 1990.

Con la finalización del primer período del protocolo, los compromisos se asumieron desde cada país, siendo la Unión Europea (UE) el principal impulsor, con su objetivo de reducción de emisiones del 20% para el año 2020 y del 40% para el año 2030. Este enfoque, en el que el objetivo global se construye a partir de los compromisos de cada país, se conoce como enfoque bottom-up.

La próxima cita decisiva está fijada para el año 2015 en París, fecha tope para conseguir un compromiso de reducción de emisiones mundial a partir del año 2020. Los avances logrados hasta el momento han sido limitados, aunque ya se cuenta con un texto borrador, todavía falta concretar cómo cada país contribuirá, paso necesario para ajustar el objetivo global, de acuerdo con el enfoque bottom-up que se ha adoptado en este nuevo modelo pragmático de negociación internacional.

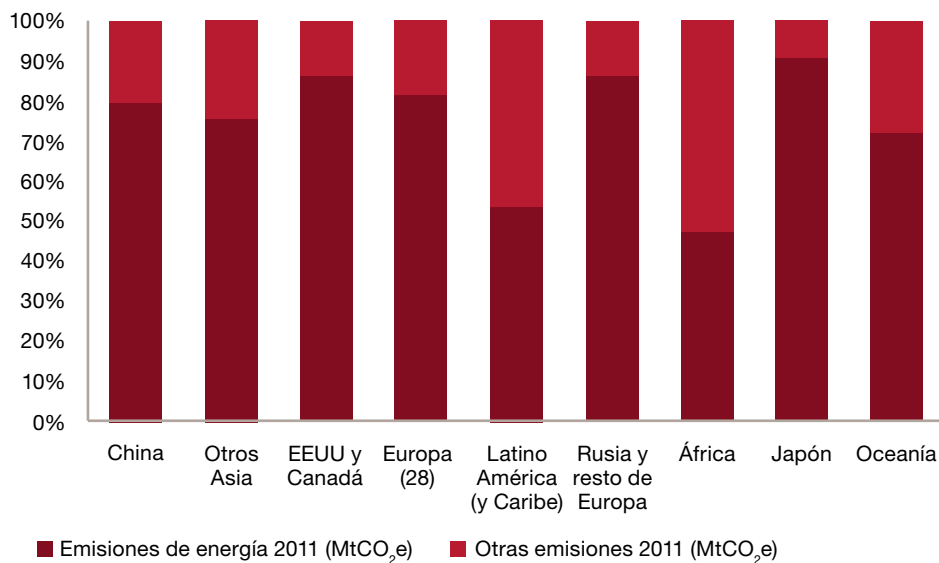
Los datos publicados hasta el momento revelan que las principales contribuciones a las emisiones mundiales de GEI se deben a China, Estados Unidos y la UE (suponiendo prácticamente el 50% de las emisiones mundiales, de acuerdo con el World Resources Institute, WRI). En estos casos, alrededor del 80% de las emisiones de GEI anuales están ligadas a la energía.

Cuadro 4.
Reparto de emisiones globales por región (2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de WRI.

Cuadro 5.
Porcentaje de emisiones energéticas sobre el total⁴ por región



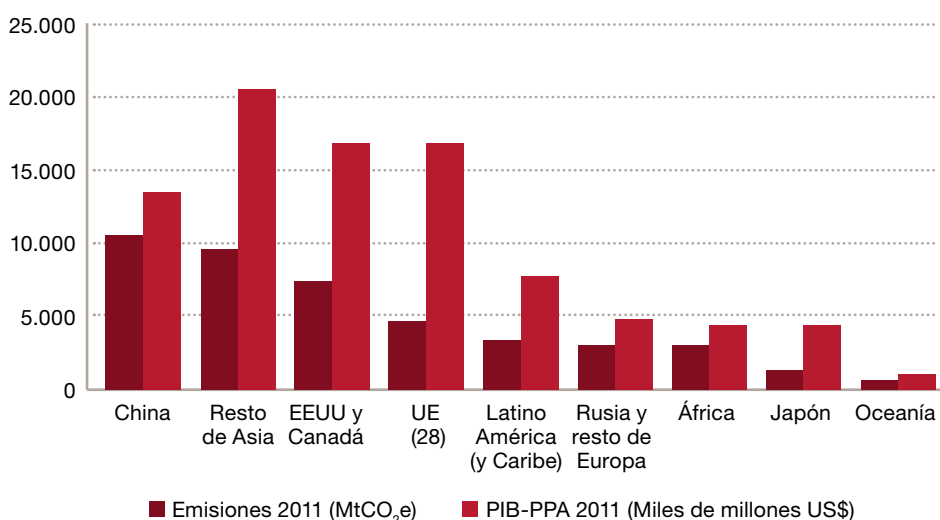
Fuente: Elaboración propia a partir de WRI.

⁴ No se han incluido las emisiones de GEI procedentes de los usos del suelo, cambios de uso del suelo y silvicultura.

Gracias a los compromisos de reducción adoptados, la UE se ha puesto en cabeza en materia de reducción de emisiones y su economía es actualmente la de menor intensidad de carbono del mundo (cantidad de CO₂e emitida por unidad económica producida). Las emisiones de la Unión Europea suponen alrededor del 10% de las emisiones de GEI mundiales

y se espera que esta proporción disminuya en el futuro, debido tanto a la progresiva reducción de emisiones como al crecimiento previsto de las economías emergentes. A la vista de estos datos, se hace patente la necesidad de un acuerdo a escala global para afrontar el reto que supone el cambio climático.

Cuadro 6.
Comparación de las emisiones globales⁵ y el PIB (PPA) por región



Fuente: Elaboración propia a partir de WRI.

⁵ No se han incluido las emisiones de GEI procedentes de los usos del suelo, cambios de uso del suelo y silvicultura.

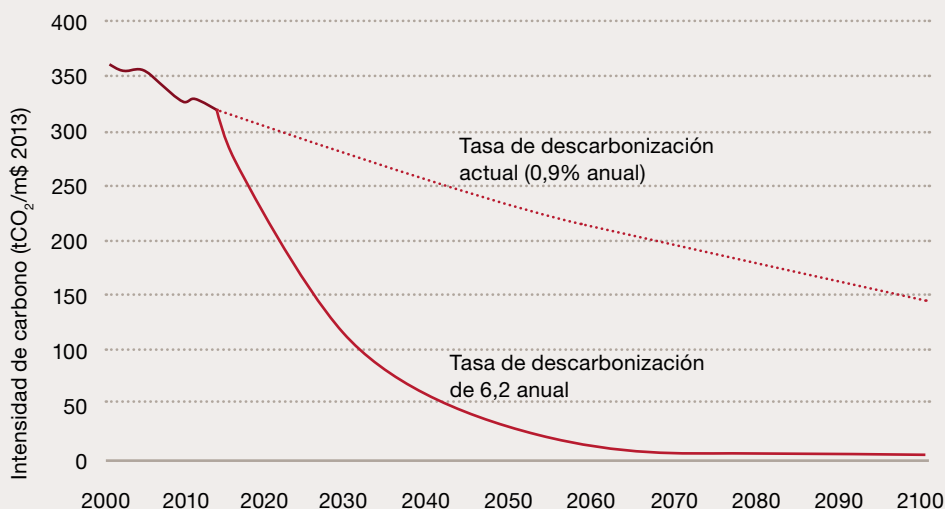
Los esfuerzos necesarios para mantener el límite de los 2 °C

El debate en las negociaciones se ha centrado en quién deberá cargar esta responsabilidad, si los países desarrollados o las economías emergentes. Sea cual fuere el resultado, al final todos los países se verán obligados a reducir sus emisiones para alcanzar dicho objetivo. El IPCC estima que el primer grupo de países deberá realizar esfuerzos constantes de reducción de emisiones, mientras que el segundo grupo tendrá que empezar a actuar a partir de 2020.

En este sentido, estudios realizados por el IPCC estiman que, para alcanzar el objetivo de no aumentar en más de 2 °C la temperatura media del planeta, el bloque de los G20⁶ deberá reducir un tercio de sus emisiones de GEI hasta el año 2030 y más de la mitad para 2050.

El Índice de Economía Baja en Carbono (LCEI), elaborado por PwC UK, calcula la tasa de descarbonización de la economía global. El LCEI para el año 2013 muestra un crecimiento absoluto de las emisiones de GEI de solo el 1,8%, la tasa de crecimiento más baja desde 2008-2009, cuando las emisiones se redujeron como consecuencia de la desaceleración de la economía mundial. EL LCEI para el último año es de una reducción de la intensidad de carbono global del 1,2%, la más alta desde 2008.

Sin embargo, no es suficiente, ya que para evitar un aumento de temperatura por encima 2 °C, la descarbonización de la economía mundial debería ser del 6,2 % anual (casi 7 veces más que la tasa media de reducción entre 2000 y 2013, del 0,9%), de aquí al año 2100. Al ritmo actual, se alcanzará el tope de emisiones estimado para dicha fecha 66 años antes de plazo, es decir, en 2034. Esta trayectoria, basada en datos del IPCC, conduce a un aumento de temperatura media global de 4 °C al final de este siglo.



Según el LCEI, el grupo de los G7 (UE, Japón, EEUU y Canadá) necesitaría alcanzar unas reducciones en la intensidad de carbono del 3,8% anual entre 2013 y 2020, y del 5,9 anual entre 2020 y 2050.

Por su parte, el grupo de los E7 (China, India, Brasil, México, Rusia, Indonesia y Turquía) requeriría de reducciones en su intensidad de carbono del 4,2% anual para el período 2013-2020. Posteriormente, deberían lograrse reducciones del 8,5% anual entre 2020 y 2030, y del 5,3% anual entre los años 2030 y 2050, según indica el LCEI.

PwC UK, 2014

⁶ El G20 incluye Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Francia, Alemania, India, Indonesia, Italia, Japón, República de Corea, México, Rusia, Arabia Saudí, Sudáfrica, Turquía, Reino Unido, EEUU, más la UE.

Otro aspecto crucial de la negociación es el relativo a la financiación de las acciones, tanto en mitigación como en adaptación. El compromiso más destacable es de los países desarrollados de aportar 100.000 millones de USD anuales a partir de 2020, para impulsar acciones de reducción de emisiones de GEI y de adaptación al cambio climático en países en vías de desarrollo (el conocido como Fondo Verde para el Clima).

Debido a la situación económica de los últimos años, los principales donantes (EEUU y la UE) no alcanzaron el objetivo intermedio de donación de 60.000 millones de USD para el año 2015. Actualmente, y hasta el año 2015, los esfuerzos están centrados en definir el marco de funcionamiento de estos fondos internacionales (no únicamente el citado Fondo Verde para el Clima, sino también el Fondo para Adaptación y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial).

Instrumentos para la reducción de emisiones de GEI

Ligado a ello, se han ido estructurando instrumentos para favorecer la canalización de financiación dirigida a la reducción de emisiones de GEI.

Instrumentos de proyecto

Los primeros instrumentos se enmarcaron en los denominados Mecanismos de Flexibilidad, derivados del Protocolo de Kioto: los Mecanismos de Desarrollo Limpio (CDM por sus iniciales en inglés) y la Aplicación Conjunta (JI por sus iniciales en inglés), enfocados en fomentar el desarrollo de proyectos en materia de reducción de emisiones aportando incentivos económicos para su desarrollo. El CDM permite las inversiones de países del Anexo I (países desarrollados y economías en transición) en proyectos que impliquen la reducción

de emisiones de GEI en países no incluidos en dicho anexo (países en desarrollo). Los países del Anexo I obtienen créditos de reducción (CERs) por los proyectos, que son intercambiables en los mercados de carbono.

De forma similar, la JI permite la obtención de unidades de reducción de emisiones (ERUs) mediante la inversión en proyectos de mitigación de un país del Anexo I en otro también del Anexo I. De esta forma, el primer país se beneficia de la adquisición de créditos de carbono intercambiables, a un precio menor del que le hubiese costado obtener la misma reducción en su ámbito nacional.

En la actualidad, los instrumentos que se están fomentando tienen un enfoque más integrador, favoreciendo que los proyectos de reducción de emisiones estén ligados a la política de cambio climático del país en cuestión y puedan replicarse. Así, se impulsan Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMA) y Programas de Actividades⁷ (PoA).

En virtud de PoA, es posible registrar la aplicación coordinada de una política, medida o meta que conduzca a la reducción de emisiones. Una vez que el PoA se ha registrado, un número ilimitado de actividades (CPAs) se pueden incluir bajo dicho programa. Esto permite aprovechar el potencial de mitigación de varios proyectos fácilmente replicables, pero con bajo potencial de reducción de emisiones, sin someterse al ciclo completo de proyecto del CDM.

Las NAMA se refieren a cualquier acción que reduzca las emisiones en un país en desarrollo y que se prepara en el marco de una iniciativa gubernamental nacional. Pueden ser políticas dirigidas a producir cambios estructurales dentro de un sector económico o acciones en intersectoriales de un enfoque nacional

⁷ Un programa de actividades se considera como una "acción coordinada voluntaria de una entidad pública o privada, que coordina y ejecuta cualquier política/medida o meta declarada, que conduce a la reducción de emisiones de GEI o al aumento neto de la absorción por los sumideros de GEI que son adicionales, a través de un número ilimitado de las actividades del programa MDL". Definición de la Guía Básica para el Programa de Actividades bajo el MDL de CD4CDM (cd4cdm.org).

más amplio. Tradicionalmente se han distinguido tres tipos de NAMA:

- Unilateral NAMA: acciones llevadas a cabo por un país en desarrollo que no cuentan con soporte externo.
- Supported/Cooperative NAMA: acciones que necesitan soporte, ya sea tecnológico, de capacitación o financiero, por parte de los países desarrollados. No se generará ninguna reducción de emisiones que pueda ser utilizada por países en desarrollo para alcanzar sus objetivos.
- Credit-generating NAMA: permiten la generación de créditos intercambiables en los mercados de carbono.

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), bajo los estándares del CDM y los PoA, hasta el momento se han registrado más de 7.500 proyectos y se han alcanzado reducciones de más de 2.300 millones de tCO₂e, siendo el principal receptor China, seguido de India.

Por su parte, los datos más recientes relativos a las NAMA (NAMA database⁸) que se están impulsando, apuntan a alrededor de 100 proyectos hasta el momento, concentrados principalmente en Latinoamérica y África, que abordan principalmente aspectos energéticos.

Mercados de carbono

Otro instrumento para la reducción de emisiones son los mercados de carbono. El comercio de emisiones se basa en el carácter global del cambio climático y permite que las empresas y gobiernos con compromisos en materia de reducción y limitación de emisiones, que no pueden lograrlos de forma directa, alcancen sus objetivos adquiriendo créditos de carbono de otros con

excedente. Así, las reducciones de emisiones se producen donde es más eficiente. En la actualidad existen dos tipos de mercados de carbono:

- Por un lado están los llamados “Mercados de Cumplimiento Regulado” o “Mercados Regulados”, que son utilizados por empresas y gobiernos con limitaciones legales a sus emisiones de GEI. Es decir, están regulados por regímenes obligatorios de reducción de carbono que pueden ser a nivel regional, nacional o internacional, como por ejemplo el comercio europeo de derechos de emisión (EU ETS).
- El otro tipo de mercado de carbono es el llamado “Mercado Voluntario”, que comprende a todas las transacciones de créditos de carbono que no están regidas por una obligación reguladora de cumplir una meta de reducción de emisiones de GEI.

Se estima que solo el valor total de los mercados de carbono con sistema “*cap & trade*” fue de alrededor de 30.000 millones de dólares al finalizar 2013. China alberga ahora el segundo mayor mercado de carbono del mundo, que cubre 1.115 MtCO₂e, solo por detrás del EU ETS, que tuvo un techo de emisiones de 2.084 MtCO₂e en 2013 (Banco Mundial, 2014).

Por tanto, el EU ETS es el mercado de carbono de mayor volumen a nivel mundial, cubriendo más de 11.000 plantas eléctricas e instalaciones industriales, además de aerolíneas⁹, en 31 países (los Estados miembros de la UE, más Islandia, Liechtenstein y Noruega). Cubre alrededor del 45% de las emisiones de GEI totales de la UE y tiene como objetivo la reducción del 43% de las emisiones de los sectores cubiertos para el año 2030, con respecto a los niveles de 1990. Las emisiones no

⁸ <http://nama-database.org/>

⁹ El EU ETS cubre actualmente las emisiones de CO₂ originadas en centrales de producción de electricidad y calor, industrias de alta intensidad energética (refinerías, acerías y producción de hierro, aluminio, metales, cemento, cal, pulpa de celulosa, papel, cartón, ácidos y productos químicos orgánicos en bruto), además de los vuelos operados por aerolíneas comerciales dentro y entre los países participantes del EU ETS.

cubiertas son las denominadas emisiones de sectores difusos, cuya reducción está establecida por los objetivos nacionales recogidos en la Decisión de reparto de esfuerzo de los Estados Miembros (406/2009/CE).

Funciona bajo un principio de “*cap & trade*” (techo y comercio), en el que se establece un límite o techo máximo al volumen de CO₂e que las instalaciones y aerolíneas cubiertas por el Régimen pueden emitir, el cual desciende progresivamente (1,74% anual entre 2013-2020). Al final de cada año, los sectores cubiertos por el EU ETS deben entregar tantos derechos de emisión como toneladas de CO₂e hayan emitido. Los participantes del EU ETS pueden, por tanto, reducir sus emisiones internamente (mediante recambio tecnológico, implementación de prácticas de eficiencia energética, etc.) o acudir al mercado, donde pueden comprar derechos de emisión de la UE (EUAs) procedentes de otras instalaciones excedentarias, como certificados de reducción de emisiones generados por proyectos (CERs o ERUs)¹⁰ o EUAs en las subastas realizadas por los Estados Miembros.

Anualmente son entregados o subastados a las compañías los EUAs equivalentes al volumen del techo de emisiones. Las compañías excedentarias de EUAs pueden resévalos para cubrir las emisiones del próximo año o pueden venderlos a otras compañías que no tengan suficientes. La flexibilidad de este sistema incentiva que las reducciones de emisiones se hagan allí donde tengan menor coste (igual o menor que el precio por tonelada de CO₂ en el mercado).

A fin de cumplir con el objetivo de un 40% de reducción de las emisiones totales de GEI de la UE con respecto 1990, y dentro del Marco 2030 de Energía y Clima, la Comisión Europea

ha propuesto modificaciones para el EU ETS, como la reducción del techo a un ritmo de 2,2% anual o la creación de una reserva de estabilidad del mercado. Aún es pronto para valorar en términos cuantitativos el impacto real que ello tendrá en los sectores afectados.

Iniciativas voluntarias y fiscales

Existen también iniciativas privadas. Por ejemplo, desde el Pacto Global de Naciones Unidas, UNEP, UNFCC y el Banco Mundial, se lanzaron en 2014 iniciativas como la Declaración de fijación del precio de carbono o los Criterios de liderazgo empresarial sobre el precio del carbono, respaldadas por 74 países, 23 provincias o Estados y más de 1.000 empresas e inversores. Las empresas firmantes de los Criterios se comprometen de forma voluntaria a:

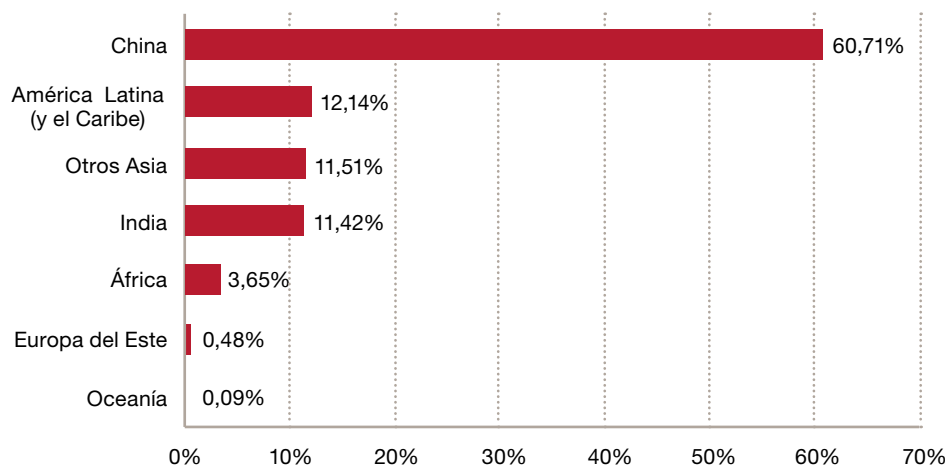
1. Establecer un precio interno sobre el carbono lo suficientemente alto como para afectar materialmente sus decisiones de inversión.
2. Abogar públicamente sobre la importancia de asignar un precio al carbono a través de políticas nacionales.
3. Comunicar los avances realizados con respecto a los dos criterios anteriores a través de informes públicos corporativos.

Por último, otro instrumento para la reducción de emisiones de GEI es la fiscalidad ambiental, en la que se utilizan instrumentos fiscales en base al criterio de “quien contamina paga” con el objetivo de favorecer aquellas prácticas más sostenibles y penalizar a las más contaminantes. Un ejemplo típico a nivel de emisiones es la aplicación de una tasa o impuesto al carbono (ver cuadro 9).

Por otra parte, distintos países han impulsado acciones individuales que

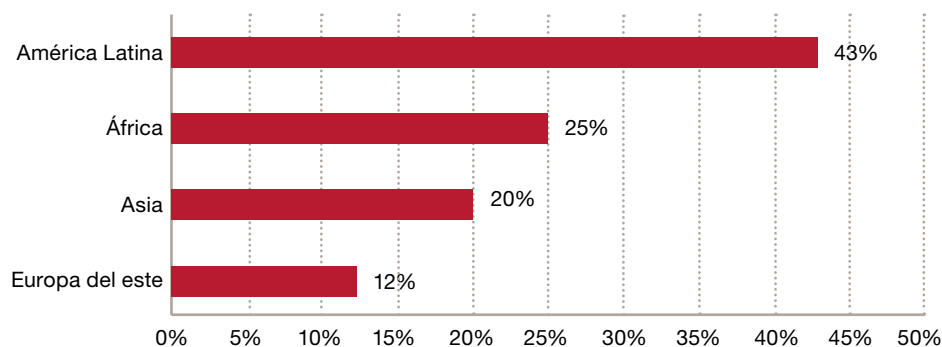
¹⁰ La cantidad de CERs y ERUs que puede utilizar un participante del EU ETS para acreditar su cumplimiento de metas tiene un límite: no puede superar un porcentaje de la cantidad de emisiones asignadas o emitidas por período.

Cuadro 7.
Distribución por región de las reducciones de GEI esperadas por CDM



Fuente: Elaboración propia a partir de UNFCCC.

Cuadro 8.
Distribución por región de las NAMAs registradas



Fuente: Elaboración propia a partir de NAMA Database.

están contribuyendo a la reducción de emisiones de GEI. Desde los presupuestos de carbono impulsados por el gobierno de Reino Unido, hasta los impuestos al carbono que han

promovido países como México o Chile.

A continuación se presenta una síntesis de algunos de los más novedosos.

Cuadro 9.

Instrumentos impulsados por distintos países para la reducción de GEI

País	Instrumento
Reino Unido	Presupuestos de carbono: Instrumento para la instrumentalización del cumplimiento de los objetivos macro para el año 2050 de reducción de emisiones de GEI, que buscan fomentar la implicación de los diferentes agentes responsables. El concepto está dirigido al establecimiento de un límite de emisiones en un determinado período de tiempo, bien para el conjunto de la economía o para un grupo de actividades, sectores o entidades territoriales. Tiene como base la Ley de Cambio Climático (<i>Climate Change Act</i>). Los presupuestos departamentales de carbono se componen de dos elementos. Por un lado, una asignación basada en las propiedades y operaciones de cada departamento. Por otra, una asignación basada en la influencia que tiene cada departamento sobre la reducción de emisiones de distintos sectores de la economía.
Italia	Certificados blancos: Son títulos emitidos por la Entidad Gestora del Mercado Eléctrico que corresponden a ahorros energéticos verificados y certificados por la Autoridad para la Energía Eléctrica y el Gas. Tienen como objetivo promover las intervenciones y mejoras en la eficiencia energética de los consumidores finales. El ahorro energético obtenido con la realización de las intervenciones viene certificado y premiado con la emisión de Certificados Blancos o Títulos de Eficiencia Energética que pueden ser comercializados. De forma anual, la Autoridad para la Energía y el Gas establece un objetivo de ahorro energético (establecidos dentro de un Decreto Ministerial) que cada uno de los distribuidores de energía eléctrica y de gas natural debe conseguir mediante la realización de acciones de reducción del consumo energético en los usuarios finales. Las empresas de distribución pueden adquirir los Certificados Blancos mediante la realización de intervenciones de mejora de la eficiencia energética en los usuarios finales o adquirirlas de terceras empresas para no incurrir en las sanciones previstas en los decretos.
Francia	Ley Grenelle: Herramienta regulatoria que se compone, a su vez, de dos leyes. Por un lado, la ley Grenelle 1 (agosto del 2009) marca los objetivos y principios generales para una transición medioambiental en Francia. Por otro, la ley Grenelle 2 (julio 2010) que define las herramientas necesarias para alcanzarlos. Dentro de esta reglamentación constan las siguientes iniciativas: - <i>Balance de las emisiones de GEI:</i> Las empresas de más de 500 empleados tienen la obligación de establecer un balance de sus emisiones de GEI y una síntesis de las acciones planificadas para reducirlas. Este balance debe ser público y se debe actualizar cada tres años. - <i>Etiquetado medioambiental:</i> Entre julio de 2011 y finales de 2012 se llevó a cabo un proceso de experimentación del etiquetado medioambiental en más de 160 empresas que venden productos de gran consumo en Francia, con el fin de evaluar y optimizar las condiciones de su generalización. Actualmente, existe la apertura para una segunda fase de diálogo para decidir conjuntamente las modalidades de despliegue del etiquetado a nivel nacional. - <i>Compra pública verde:</i> Introducción de criterios y variantes medioambientales en los pliegos de condiciones en el proceso de adjudicación de las administraciones y servicios que están bajo su autoridad. - <i>Esquema Regional Clima Aire Energía:</i> El SRCAE (por sus siglas en francés) tiene como objetivo definir la orientación regional para 2020 y 2050 en la lucha contra la contaminación del aire, el control de la demanda de energía, el desarrollo de energías renovables, la reducción de emisiones de GEI y la adaptación al cambio climático. - <i>Plan Climático Territorial de Energía:</i> el PCET (por sus siglas en francés) es un proyecto de desarrollo sostenible territorial cuyo objetivo es la mitigación y adaptación del cambio climático y el territorio. Proporciona un marco para el compromiso con el territorio. Es obligatorio para las comunidades con más de 50.000 habitantes y a las comunidades restantes se las anima a participar voluntariamente. - <i>Contribución "energía-clima":</i> Esta iniciativa fue abandonada inicialmente ante la falta de aceptación en su proceso de puesta en marcha. Buscaba integrar los efectos de las emisiones de GEI en los sistemas de precio, vía el cobro de un impuesto sobre consumos de energías fósiles. Actualmente se ha logrado retomarla. A partir de abril de 2014 se aprobó un nuevo impuesto que consiste en pagar un valor en función de lo que cada uno contamina por el consumo de energías menos limpias, como los combustibles fósiles, el carbón, el gas natural y el petróleo, afectando así a individuos, familias y empresas. Sin embargo, el gobierno anunció que adaptará la tasa social de gas para compensar el impuesto sobre el carbono y aseguró que no tendría ningún efecto en 2014, año en que se contará con una tasa fija de 7 euros la tonelada de CO₂. Posteriormente comenzará a incrementar hasta llegar a € 14,5 en 2015 y 22 en 2016. En total, la medida debe recaudar € 340 millones el próximo año, antes de aumentar hasta € 2,500 millones en 2015 y € 4,000 millones en 2016.

País	Instrumento
España	Fondo de carbono: Fue establecido en 2011 dentro del marco de la Ley de Economía Sostenible (FES-CO ₂). El objetivo es conducir al país hacia una economía baja en carbono, a la vez que se alcanzan los compromisos de reducción de emisiones de GEI para España. Para esto se ha creado un nuevo instrumento de financiación climática mediante el cual el sector privado podrá adquirir créditos de carbono vinculados a los “Proyectos Clima”, es decir, iniciativas que estarán ubicadas en España y dirigidas a los “sectores difusos” (no sujetos al Régimen Europeo de Comercio de Derechos de Emisión). El Fondo adquirirá créditos que se puedan comercializar en los mercados de carbono, ya sea en forma de reducciones verificadas de emisiones o créditos internacionales provenientes del Protocolo de Kioto u otras normas de Derecho Internacional. Además las empresas españolas podrán acceder a estos créditos para desarrollar proyectos en terceros países. Con este mecanismo se pretende eliminar las barreras para la inversión en proyecto de eficiencia energética, energías renovables, gestión de residuos o transferencia de tecnología.
México	Impuesto al carbono en combustibles: En 2014 se introdujo en el país un impuesto sobre el contenido de carbono de los combustibles fósiles a los productores e importadores por la enajenación o importación que realicen de los combustibles fósiles con el objetivo de crear conciencia sobre las emisiones de CO ₂ , ponerle un precio al carbono y promover el uso de energías más limpias. El precio varía entre US\$ 1-5/tCO ₂ dependiendo del tipo de combustible, con excepción del gas natural, que está exento del pago de este impuesto y se considera es la base cero. También se permite compensar las emisiones, pero únicamente a través de bonos de carbono provenientes de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM) desarrollados en territorio nacional. Sin embargo, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) debe publicar los lineamientos para que se habilite este esquema de compensación. A la fecha aún se está en espera de que se publiquen estos lineamientos. Se tomará el valor del mercado de los bonos al momento del pago del impuesto. Con este instrumento financiero el gobierno espera recaudar aproximadamente US\$ 1.000 millones.
Chile	Impuesto al carbono: En 2012, se presentó la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, en la que se considera aplicar un impuesto a las emisiones de CO ₂ (impuesto verde) para promover una energía limpia, segura y económica. Recientemente esta legislación ambiental ha sido respaldada con la intención de reducir las emisiones de GEI en un 20% en 2020 respecto a los niveles de 2007. Las empresas afectadas son aquellas que utilizan una capacidad igual o mayor a los 50 MW y deberán pagar US\$ 5,00 por tonelada de carbono emitido. Están exentas aquellas plantas que utilizan fuentes renovables o tengan pequeñas instalaciones. Se realizará un inventario de emisiones a nivel nacional en 2017 y el impuesto entrará en vigencia en 2018, con el cual se prevé recaudar US\$ 160 millones.
China	Mercado de carbono: Entre las políticas y acciones de China para abordar el cambio climático se encuentra la creación de un mercado de carbono, anunciado en 2011 por la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma. El plan prevé realizar siete programas piloto oficiales en siete ciudades del país (Beijing, Shanghai, Tianjin, Chongqing, Guangdong, Hubei y Shenzhen), para estudiar cada caso y utilizar las lecciones aprendidas al momento de la estructuración del mercado nacional que, de acuerdo a los planes, empezaría a funcionar en el período 2016-2020. Hasta abril de 2014 seguía pendiente la apertura del mercado de Chongqing, los seis programas piloto restantes ya están operando. En conjunto, estos mercados comercializan 1.115 MtCO ₂ , convirtiéndose en el mercado de carbono más grande del mundo.

Fuente: Elaboración propia.

La consolidación del liderazgo de la Unión Europea

Mitigación: Reducción de emisiones de GEI

La UE aprobó en 2007 el paquete de medidas sobre energía y clima 2020, comprometiéndose a reducir sus emisiones de GEI a 2020 en un 20% respecto a las emisiones de 1990, a través del impulso a las energías renovables y la eficiencia energética¹¹. En Octubre de 2014, la Comisión Europea decidió los objetivos para el nuevo paquete Clima y Energía 2030 que reemplazará al anterior paquete de medidas.

Además, en 2011, la Comisión Europea publicó la hoja de ruta a 2050 en la que se recomendaba adoptar un compromiso de reducción del 80%¹² respecto a 1990, con objetivos intermedios del 40% a 2030 y del 60% a 2040. Para ello, identificaba como motores del cambio hacia una economía hipocarbónica la innovación y el desarrollo tecnológico.

Más recientemente, en octubre de 2014, el Consejo Europeo ha aprobado los objetivos para el año 2030, liderando nuevamente la apuesta frente al cambio climático a nivel mundial. Este nuevo compromiso será la aportación/ propuesta que Bruselas presentará en las negociaciones internacionales, de cara a establecer un acuerdo global, en la vigésima primera Conferencia de las Partes (COP 21) de la UNFCCC que se celebrará en París en 2015. Los objetivos fundamentales acordados son:

- Reducir como mínimo en un 40% las emisiones de GEI, respecto a los niveles de 1990.

- Aumentar el uso de las energías renovables hasta una cuota mínima del 27% del total del consumo energético.
- Aumentar la eficiencia energética para alcanzar una cuota mínima del 27%, cifra que se revisará en 2020 para una posible subida al 30%.
- Reformar el comercio europeo de derechos de emisión (EU ETS) para el año 2021.

Reparto del esfuerzo. Objetivos individuales de reducción de emisiones de GEI

Si bien con la estrategia de cambio climático a 2020, la UE se compromete a una reducción de sus emisiones de GEI en un 20% respecto a las emisiones de 1990, este objetivo es para el total de las emisiones de la Unión en su conjunto. El objetivo de reducción de emisiones de cada Estado Miembro se hace teniendo en cuenta las emisiones de los sectores difusos con respecto al año 2005 (la reducción del resto de sectores se consigue mediante su inclusión en el EU ETS) y está determinado por la Decisión de reparto de esfuerzo de los Estados miembros (406/2009/CE)¹³. El criterio de reparto se realizó en función de las emisiones históricas de cada Estado miembro y su riqueza relativa, variando entre +20% y -20% con respecto a 2005.

El objetivo para España es la reducción de un 10% de las emisiones de los sectores difusos para el año 2020, con respecto a los niveles de 2005. La reducción debe ser

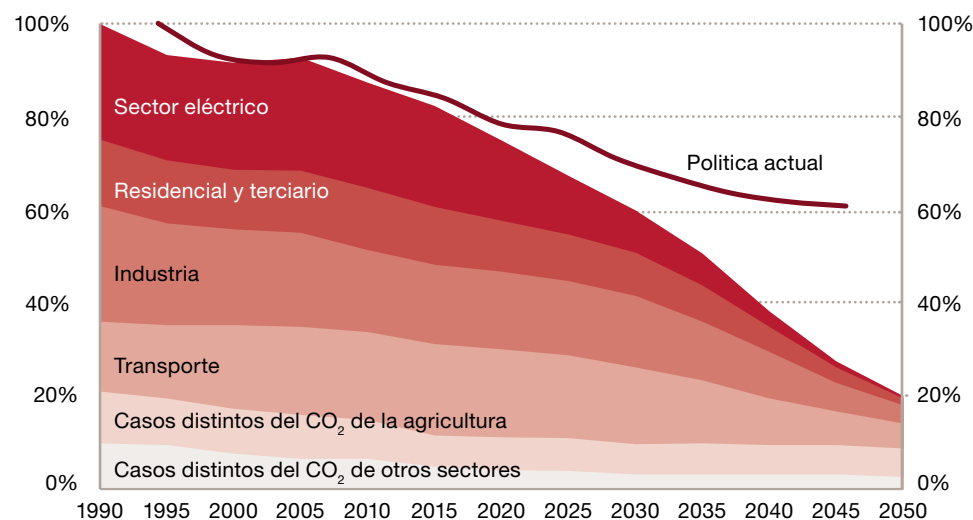
¹¹ Este objetivo incluye alcanzar un 20% de energías renovables en la combinación energética de la UE y un 20% de eficiencia energética al año 2020. Ligado a ello, el objetivo que tiene España como reparto del objetivo global de reducciones de GEI es de un +10% respecto a 2005 y únicamente centrado en los sectores difusos.

¹² Este objetivo se fijaba sobre las emisiones internas de la UE, sin tener en cuenta la adquisición de créditos en los mercados de carbono.

¹³ Igualmente, el objetivo del 20% de consumo de energía final procedente de energías renovables y el 20% de ahorro de energía para 2020 es para el conjunto de la UE, si bien los objetivos específicos de España coinciden con los absolutos de la UE, es decir, el 20% de energía renovable y de ahorro.

Cuadro 10.

Hoja de ruta de la reducción de emisiones de GEI en la UE para 2050



Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Europea.

lineal a partir de 2013, teniendo como punto de partida la media de emisiones del período 2008-2010. Sin embargo, existe cierta flexibilidad al permitirse arrastrar las reducciones de emisiones excedentes a los años siguientes y el uso de créditos de carbono (no más del 3% de las emisiones de 2005) para cumplir con la limitación anual.

En cuanto a los objetivos para 2030, aún no se ha determinado el reparto de esfuerzos para llegar a la reducción del 40% de las emisiones de la Unión con respecto a 1990.

Principales palancas de cambio en Europa para lograr la ruta 2050

La UE se ha planteado como objetivo la reducción de emisiones de GEI entre un 80 y un 90% hasta 2050 con respecto a los niveles de 1990. Para ello, reconoce que con las políticas actuales no se podrá alcanzar esta meta, por lo que se deben realizar ajustes y esfuerzos adicionales. Los estudios muestran que

la mejor vía es lograr reducciones internas del 40 y 60% de aquí a 2030 y 2040, respectivamente.

Las distintas posibilidades de actuación en un contexto cambiante de innovación tecnológica y precios de los combustibles fósiles, arroja las siguientes claves para alcanzar los objetivos propuestos:

Un sector eléctrico seguro, competitivo y descarbonizado

Invirtiéndose y haciendo un uso apropiado de las energías renovables se pueden reducir las emisiones de GEI del sector de generación eléctrica de forma significativa. Estas tecnologías se irán abaratando conforme se mejoren los procesos y podrán penetrar el mercado energético, pero al tener una producción variable, será necesaria una inversión grande para asegurar el suministro de energía y desarrollar una red inteligente, además de permitir la electrificación del transporte. Con las energías renovables también será posible la generación distribuida. El Régimen de Comercio de Derechos de



Emisión de la UE (EU ETS) juega un papel importante, al dar una señal del precio del carbono que permita adaptar las estrategias del sector de acuerdo a la evolución de los precios energéticos y la tecnología.

Construcción sostenible

Los edificios son grandes consumidores de energía, pero tienen el potencial de reducir hasta el 90% sus emisiones de aquí a 2050. Por este motivo, el objetivo de la Directiva 2012/27 de eficiencia energética es que los edificios construidos a partir de 2021 cumplan con los requisitos de eficiencia energética, de manera que sus consumos sean casi nulos, lo que tendrá un efecto directo de reducción de emisiones. Actualmente ya se aplican normas de este tipo en varios países miembros en los contratos públicos para edificios y servicios relacionados. Estos cambios implican un coste adicional que se recupera con el ahorro de energía. Los Estados Miembros

deberán implementar medidas para incentivar la inversión del sector privado.

Industria limpia

Al igual que la construcción, las industrias pueden reducir sus emisiones entre un 83% y un 87% hasta el año 2050. La Comisión Europea reconoce que las medidas para cada sector afectado son distintas, por lo que elaborará las respectivas hojas de ruta. Sin embargo, de manera general se podría decir que los procesos y equipos industriales deberán ser más avanzados en el uso de recursos y energía, aumentando el reciclado y disminuyendo también las emisiones de otro tipo de gases, no solo de CO₂. La CCS tendrá un rol importante a partir de 2035. Además, la UE toma en cuenta el desafío que surge de las fugas de carbono¹⁴, pero necesitará del apoyo a nivel mundial para lograr los resultados esperados sin perjudicar la competitividad de las industrias.

¹⁴ El concepto fuga de carbono se utiliza para definir el traslado en la producción de las empresas a otros países en los que no existen cargas impositivas asociadas a las emisiones de carbono.

Movilidad sostenible

El Libro Blanco de Transporte sirve como base para desarrollar una movilidad sostenible en la UE a través de nuevos motores, materiales, combustibles y sistemas de propulsión y el uso de las TIC para asegurar el funcionamiento de las redes inteligentes. Pero el factor clave para reducir emisiones será la eficiencia en el uso del combustible. Se requiere desarrollar una serie de medidas que permitan reducir la congestión y contaminación atmosférica, mejorar la planificación urbanística, la gestión de la demanda y el transporte público que favorezcan la movilidad sostenible, así como crear sistemas fiscales inteligentes y facilitar la transición progresiva hacia el uso de vehículos menos emisivos (híbridos y eléctricos). Estas medidas deben estar alineadas con otros objetivos como reducir la dependencia del petróleo, mejorar la competitividad de la industria europea del automóvil y desarrollar biocombustibles sostenibles de segunda y tercera generación, para no afectar a la biodiversidad, el uso de la tierra, el agua, ni los ecosistemas naturales.

Productividad del uso de la tierra sostenible

Se estima que, para el sector agrícola, deberían obtenerse unas reducciones de entre el 42% y el 49% de las emisiones. Los esfuerzos en materia de mitigación sobre el sector ya han logrado reducir las emisiones del mismo y se estima que será posible seguir haciéndolo. Sin embargo, este ritmo puede verse afectado a partir de 2030, siendo una de las razones la necesidad de aumentar la producción agrícola para alimentar a la creciente población mundial. Como consecuencia, este sector podría suponer un tercio de las emisiones de UE (el triple de lo actual), poniendo presión en la reducción de emisiones de otros sectores para poder alcanzar los objetivos. Es importante mejorar las prácticas

agrícolas y forestales a fin de potenciar la capacidad del suelo y los bosques de secuestrar carbono. El obstáculo está en los distintos usos que se le da al suelo, ya sea para la agricultura, ganadería, producción de recursos para la bioenergía o materia prima para las industrias. Todo esto aumentará con el paso del tiempo, siendo necesario el desarrollo de políticas que tengan en cuenta la importancia de este sector en los modelos comerciales y de producción para abordar los desafíos de seguridad alimentaria mundial y cambio climático. Estos esfuerzos no serán suficientes si las acciones a nivel mundial no van en la misma dirección.

Adaptación a los impactos del cambio climático

Además de los esfuerzos por reducir las emisiones de GEI, existe otra vertiente de actuación para hacer frente al cambio climático, enfocada en la gestión de los riesgos asociados a la ocurrencia de impactos climáticos, la adaptación climática.

Algunos conceptos en torno a la adaptación al cambio climático

Cuando se habla de adaptación al cambio climático, nos referimos al proceso, espontáneo o planificado, mediante el cual los sistemas (naturales o socioeconómicos), mejoran su posición de partida para hacer frente a los cambios futuros del clima.

La adaptación al cambio climático puede ser, por tanto, autónoma (cuando ocurre sin una planificación previa), activa (cuando deriva de una planificación que persigue la disminución de las consecuencias del cambio climático) o reactiva (cuando hace frente a una consecuencia ya ocurrida).

La vulnerabilidad al cambio climático se entiende como la incapacidad de un sistema de presentar una respuesta

efectiva a los impactos derivados del cambio climático. Es decir, la propensión o susceptibilidad del sistema a ser afectado por los riesgos climáticos.

Dentro de las posibilidades que hay de actuación para reducir la vulnerabilidad al cambio climático, es habitual encontrar una diferenciación entre lo que se conoce como acciones duras (*hard*) o blandas (*soft*). Las primeras se refieren a medidas que a menudo incluyen obras de infraestructura o son soluciones tecnológicas. Las acciones blandas, por el contrario, son más flexibles, dirigiendo la actuación hacia cambios organizativos y de gestión o de traslado del riesgo.

Estrategia europea de adaptación al cambio climático

La estimación sobre los costes asociados al emprendimiento de acciones de adaptación en Europa, son inferiores a las pérdidas económicas esperadas para la reparación de los daños causados por el cambio climático. El coste mínimo de la no-adaptación se estima en 100.000 millones de euros anuales para 2020 y 250.000 millones en 2050 (EEA, 2012) para el total de la Unión Europea, siendo las regiones del sur las que se espera que tengan unas pérdidas mayores de acuerdo con los resultados del proyecto PESETA – II¹⁵, publicado en 2014. Por el contrario, el coste de adaptación en un escenario de calentamiento global moderado (+2 °C comparado con la temperatura media en época preindustrial), se estimó de entre 56.000 y 81.000 millones de euros anuales

entre 2010 y 2050, a nivel mundial (Banco Mundial, 2010).

Con estas previsiones de fondo, la UE concretó su política para la adaptación al cambio climático en 2013, con la aprobación de una Estrategia de Adaptación que marca la senda que seguir a nivel regional y local.

Los objetivos de la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático son promocionar acciones entre los países miembros, mejorar la toma de decisiones mediante información y promocionar la adaptación en los sectores vulnerables clave.

Los análisis reflejan que los principales sectores afectados en Europa serán la salud, los recursos marinos y costeros, las infraestructuras, la biodiversidad y los ecosistemas, la agricultura y el turismo. Para ello, se marcan las siguientes líneas de actuación:

- 1 Integrar la adaptación al cambio climático en la financiación, las políticas y la normativa europea.
- 2 Remediar el déficit de conocimiento, promoviendo la investigación y centralizándola en la plataforma europea Climate-ADAPT.
- 3 Asistir los países miembros en la elaboración de sus estrategias regionales de adaptación al cambio climático¹⁶.

¹⁵ Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis (PESETA) es un Proyecto financiado por la Unión Europea para la realización de un análisis multisectorial del efecto de los impactos climáticos para el horizonte 2071-2100. Más información en <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/>

¹⁶ Destaca el Proyecto Estrategias de Adaptación para las Ciudades Europeas (ASEC), que establece un marco para proporcionar formación, herramientas, asistencia, desarrollo de capacidades y facilitar el diálogo entre los grupos de interesados. La iniciativa "Mayors Adapt", en el marco del Pacto de los Alcaldes responde a la necesidad de introducir la adaptación en la acción local, para que las ciudades se preparen a los efectos del cambio climático, puesto que el 75% de la población convive en las áreas urbanas.

3

España 2033, un horizonte bajo en carbono



Quién es quién en las emisiones de GEI

Las emisiones de GEI inventariadas anualmente por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, incluyen los seis gases recogidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto. Estos son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorcarbonados (HFC), los perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

Más del 80% de las emisiones de GEI anuales de España son CO₂, procediendo principalmente de la combustión directa de combustibles para la obtención de energía y calor. La foto por sector emisor tampoco es muy diferente, revelando que el procesado de la energía agrupa prácticamente el 80% de las emisiones de GEI anuales, llegando a casi 300 millones de tCO₂e anuales en 2012.

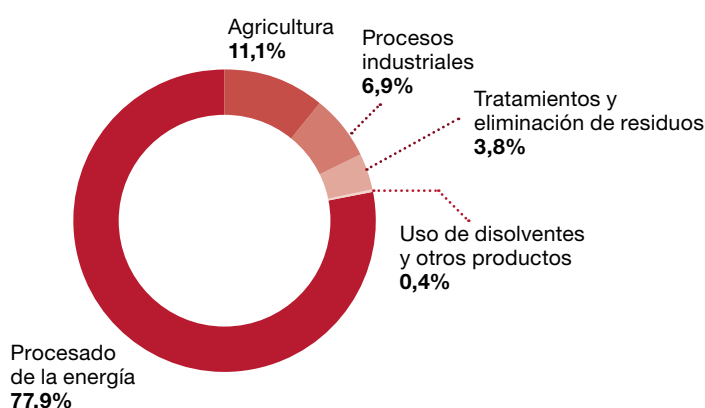
Fuentes de emisión de GEI en España

El procesado de la energía incluye todas las emisiones procedentes de la quema de combustibles para la obtención de energía –eléctrica y térmica– tanto de fuentes fijas como móviles, además de las emisiones fugitivas, procedentes de la extracción, el transporte y la distribución de combustibles.

Las emisiones de procesos industriales incluyen aquellas que tienen lugar en el sector industrial sin estar asociadas a la quema de combustibles para la obtención de energía (térmica o eléctrica). Estas emisiones no suponen más de un 10% de las emisiones totales del inventario.

El uso de disolventes y otros productos genera emisiones en forma de

Cuadro 11.
Reparto por sectores de las emisiones totales de GEI de España en el año 2012 (excluido LULUCF¹⁷)



Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Emisiones de GEI de España 1990-2012.

¹⁷ Las sigas LULUCF corresponden al sector de usos del suelo, cambios de uso del suelo y silvicultura, que recoge las emisiones de GEI debidas principalmente a la pérdida de masa arbórea.

compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM) y N_2O , en la aplicación de pinturas, fabricación y tratado de otros productos químicos, etc., siendo del orden del 5% de las emisiones inventariadas.

Las emisiones procedentes de la agricultura, principalmente CH_4 y N_2O , tienen su origen en la fermentación entérica del ganado y el uso de fertilizantes nitrogenados en los cultivos, respectivamente. Supone el segundo sector contribuidor en orden de magnitud, entre el 9,3 y el 13,3% en la serie inventariada de GEI.

Por último, las emisiones de GEI procedentes del tratamiento y la eliminación de residuos, que han crecido más de un 80% desde 1990, tienen su origen principalmente en la biometanización en vertederos y aguas residuales. Pese al considerable crecimiento, las emisiones de residuos no llegan al 4% del total.

El estudio realizado en esta publicación se centra en las emisiones que denominaremos energéticas, es decir, las ligadas al sector de procesado de la energía. De esta forma, se analiza prácticamente el 80% del inventario nacional, incluyendo la generación eléctrica y el consumo energético de todos los sectores.

Las emisiones energéticas son debidas a la actividad de distintos sectores consumidores de energía. En concreto de:

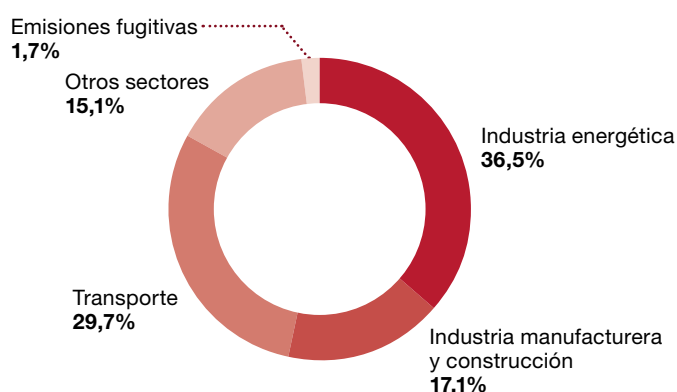
- La industria energética, que abarca la generación eléctrica, el refinado de petróleo y la fabricación de otros combustibles.
- Las industrias manufactureras y de la construcción.
- El transporte de mercancías y pasajeros.

- Otros sectores, que incluyen las emisiones generadas por el sector residencial, comercial e institucional y agricultura, silvicultura, piscifactorías y pesca.
- Las emisiones fugitivas, que derivan de la extracción, el procesado y el suministro de combustibles fósiles a los usuarios finales.

Las principales emisiones energéticas del año 2012 se deben a las industrias energéticas, con el 36,5% del total, seguidas del transporte, que es el responsable de casi el 30% de las mismas. El 34% restante se divide prácticamente en partes iguales entre las industrias manufactureras y de la construcción (17,1%) y los otros sectores consumidores (15,1%). Las emisiones fugitivas constituyen una fuente minoritaria (1,7%).

Por tanto, puede esperarse que las actividades que mayor influencia tengan a futuro en la evolución de las emisiones energéticas sean la industria energética y el transporte.

Cuadro 12.
Reparto por sectores de las emisiones energéticas de GEI de España en el año 2012



Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Emisiones de GEI de España 1990-2012.

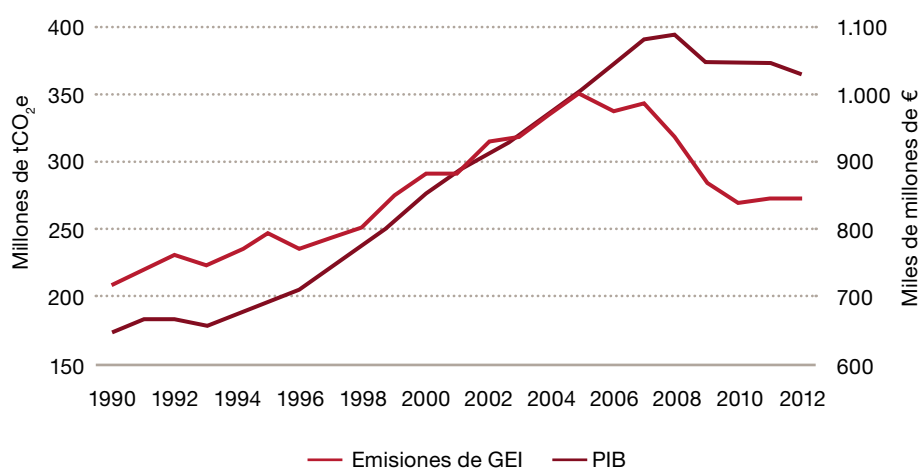
La tendencia de las emisiones: desarrollo económico y tecnológico

En la evolución histórica de las emisiones energéticas de GEI en España intervienen diversos factores que tienen que ver principalmente con el desarrollo económico y tecnológico del país. En este sentido, el análisis de la tendencia de las emisiones energéticas desde 1990 a 2012 muestra tres etapas principales:

- i. Un crecimiento moderado entre 1990-1996, seguido de un crecimiento mucho más pronunciado en el intervalo 1997-2007. Este mayor crecimiento se debe en gran medida al incremento general del consumo de combustibles, como consecuencia de la expansión de la actividad económica en el período precrisis. Las ligeras fluctuaciones en el período 1990-2007 se deben principalmente a la mayor o menor producción eléctrica de origen hidráulico frente a la de origen térmico.
- ii. El fuerte descenso observado entre 2008 y 2010, que tiene su principal origen en la recesión económica, lo que se traduce en una notable caída de los sectores consumidores de energía, especialmente la construcción y la combustión industrial, además de en un menor consumo de combustibles en el transporte, el sector residencial y el comercial-institucional.
- iii. El descenso se frena a partir del año 2010, debido a una mayor contribución de las centrales térmicas –especialmente de carbón– en la generación eléctrica.

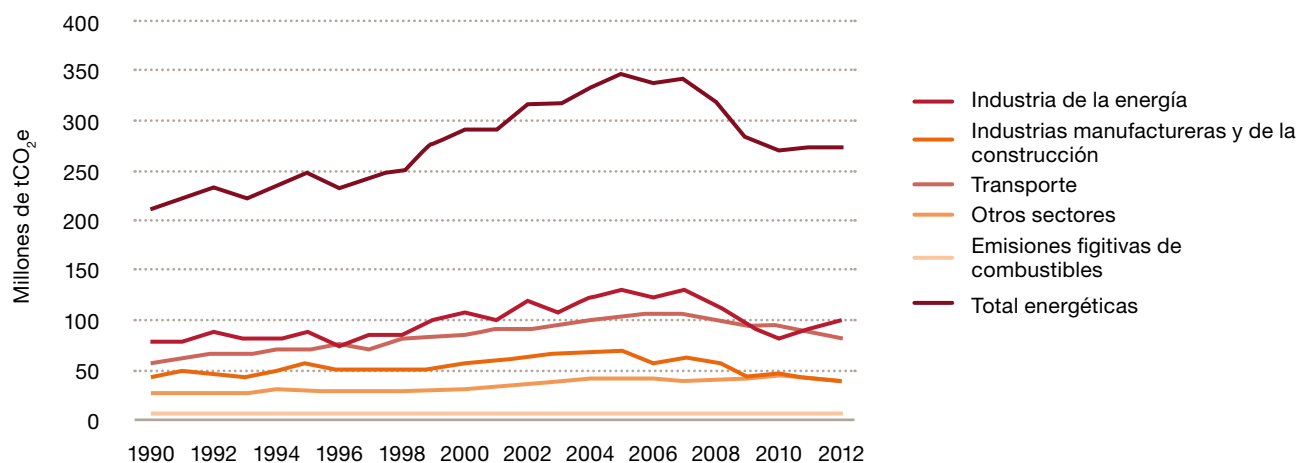
La evolución de las emisiones energéticas históricas está muy relacionada con la que han tenido las emisiones de GEI de las industrias energéticas. Asimismo, el transporte, por su contribución al total, también ha jugado un papel importante.

Cuadro 13.
Evolución del PIB (base 2010) y de las emisiones energéticas de GEI 1990-2012



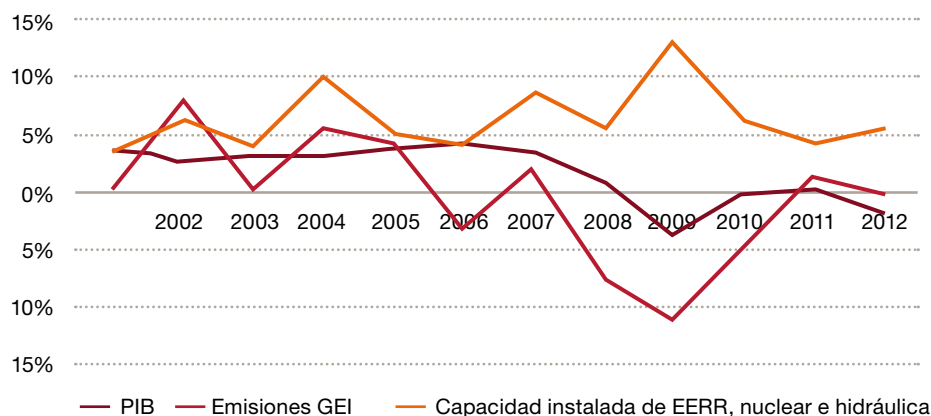
Fuente: Elaboración propia a partir de INE y MAGRAMA.

Cuadro 14.
Evolución de las emisiones de GEI energéticas por sector consumidor



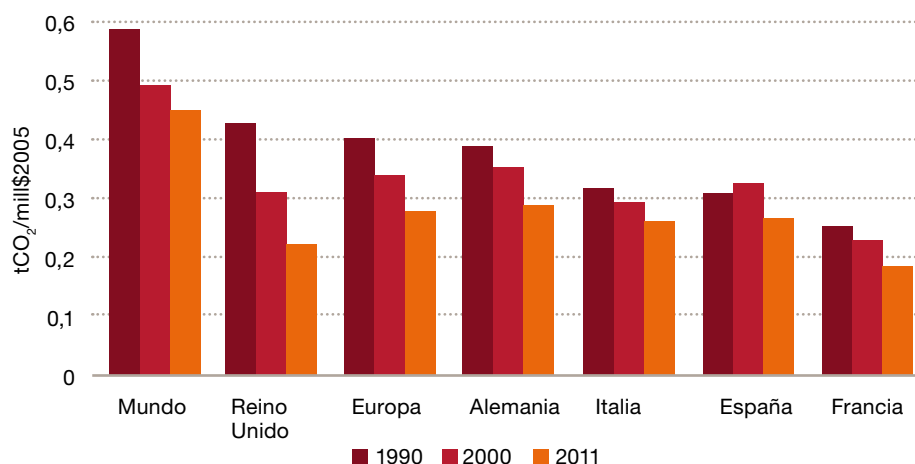
Fuente: Elaboración propia a partir de MAGRAMA.

Cuadro 15.
Variación interanual del PIB, de las emisiones de GEI y de la potencia de generación instalada de EERR y tecnologías sin emisiones (nuclear e hidráulica)



Fuente: Elaboración propia a partir de INE y MINETUR.

Cuadro 16.

Evolución de la intensidad de carbono de diversas economías europeas¹⁸

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EIA.

Comparativamente, la intensidad de carbono de la economía española es similar a la de los países de su entorno y es ligeramente la de Europa en conjunto.

La industria energética supuso entre el 21 y 32% de las emisiones totales para la serie 1990-2012, donde se incluyen las procedentes de instalaciones de generación eléctrica (centrales térmicas), refinерías de petróleo e industria de transformación de combustibles (como coquerías). Estas dos últimas son comparativamente muy pequeñas si se tienen en cuenta las emisiones procedentes de la quema de combustibles para la generación eléctrica.

Desde 1990 podemos diferenciar cuatro períodos, cuya tendencia se puede explicar por diferentes motivos:

- Por un lado, 1990-1998 presenta un crecimiento moderado, que responde a una mayor demanda eléctrica como consecuencia de más actividad económica.
- En el segundo período, 1998-2007, la aceleración de la economía previa a la

posterior crisis económica supone también un mayor crecimiento de la demanda.

iii. En el tercer período, 2007-2010, se produce un descenso en las emisiones de GEI provocado, por un lado, por una menor demanda eléctrica debida la contracción de la economía y, por otro, por una mayor participación de las energías renovables en el mix de generación eléctrica.

iv. Por último, entre 2010 y 2012 se mantiene la demanda energética, pero las emisiones aumentan debido a un mayor uso del carbón para la producción de electricidad.

Las emisiones de GEI asociadas a la combustión industrial (entre el 15 y 17% de las emisiones de GEI totales en 1990-2012) y el transporte (entre el 22 y 29% del total para 1990-2012, correspondiendo más del 87% de estas al transporte por carretera), están relacionadas directamente con la actividad económica, creciendo hasta 2007 y decreciendo después debido a la recesión económica.

¹⁸ La intensidad de carbono de Alemania para 1990 corresponde al valor de la República Federal Alemana. El valor de Europa incluye los Estados miembros de la UE, además de Albania, Bosnia y Herzegovina, Kosovo, Macedonia, Montenegro, Noruega, Serbia, Suiza y Turquía.

Las emisiones de otros sectores (entre un 10 y 14% del total en 1990-2012), en las que se incluyen las emisiones procedentes de la combustión en el sector residencial, comercial, institucional y de

la maquinaria agroforestal y pesquera, dependen igualmente de la actividad económica, produciéndose cierta variabilidad que está relacionada con inviernos más o menos rigurosos.

Cuadro 17.
Evolución de las emisiones de GEI energéticas por sector consumidor

(Valores respecto a 1990)	Δ 1998	Δ 2007	Δ 2010	Δ 2012
Industria energética	+9%	+66%	+3%	+28%
Industrias manufactureras y de la construcción	+16%	+39%	+12%	+4%
Transporte	+38%	+86%	+57%	+38%
Otros sectores	+21%	+60%	+74%	+61%
Total	+20%	+65%	+29%	+61%

Fuente: Elaboración propia a partir de MAGRAMA.

Modelos que acercan el futuro

Los modelos de proyección de emisiones permiten estimar los valores de emisiones a futuro. Se trata de herramientas técnicas que reproducen los elementos básicos del sistema económico e industrial de un país para, a partir de esa foto inicial, comprender cómo diferentes cambios en variables básicas pueden afectar a las emisiones

de un país o área definida. Cuando se trata de proyecciones a medio y largo plazo, los modelos macroeconómicos tienen numerosas ventajas sobre los modelos de tipo técnico.

En el caso de este estudio se ha utilizado el modelo BIOS¹⁹. Se trata de un modelo de simulación, de naturaleza

Cuadro 18.
Hoja de ruta para la modelización de emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia.

¹⁹ Modelo desarrollado por Factor CO2 en el año 2008, testado desde entonces en diferentes países y ámbitos territoriales.

macroeconómica, que parte de la interrelación de los distintos sectores, tal y como se manifiesta en las llamadas tablas *input-output*²⁰ de un país. Es decir, parte de cómo los sectores se relacionan entre sí y con la demanda final para producir bienes y servicios (motor *input-output*). Se trata de conocer qué necesita cada sector, tanto de sí mismo como de otros sectores, para producir un determinado nivel y relacionarlo con la contribución de ese sector a la demanda final (cocientes técnicos de Leontief²¹).

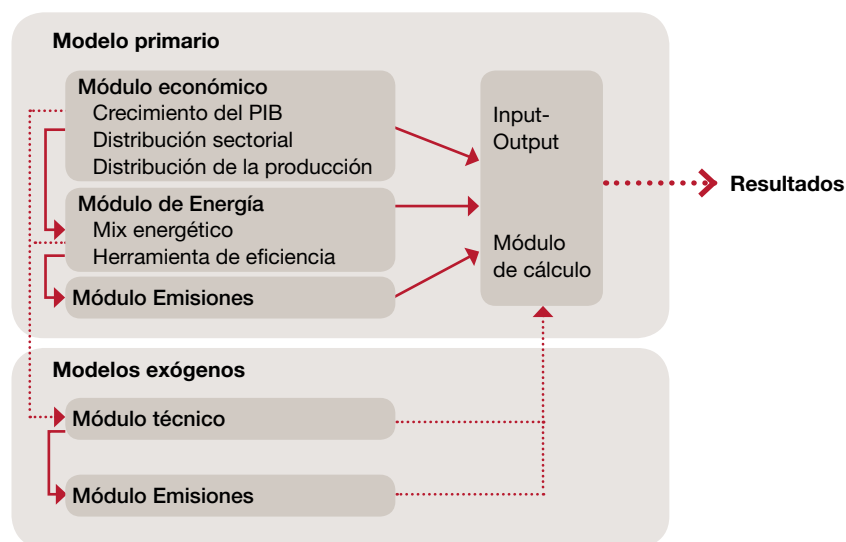
Conocida esta relación, el motor principal del modelo –a partir de distintos escenarios de demanda final– proporciona la producción de los distintos sectores y, a través de un modelo energético, los consumos de los mismos así como las emisiones. Es decir, cada sector produce un *output* (así como emisiones) a partir de determinados *inputs* (económicos y energéticos). Se trata, por tanto, de un modelo holístico que trata de manera relacional a los distintos sectores de la economía y que responde de manera

dinámica a distintos escenarios económicos a lo largo del tiempo.

La incorporación de un módulo de eficiencia permite que las necesidades energéticas por unidad de producción sean dinámicas en el tiempo, a medida que se produce una renovación cíclica de equipos en los diferentes sectores o a medida que las políticas públicas tienen un impacto adicional en este ciclo normal de renovación de equipos.

Lógicamente, esta relación general debe complementarse con el tratamiento exógeno de ciertas fuentes de emisión, cuyo comportamiento no puede predecirse de manera tan directa a través de puras hipótesis de demanda, como es el caso de la generación eléctrica, de los patrones de movilidad o consumo en el ámbito residencial. De la misma forma, al margen de las mejoras que se producen por la interrelación entre los elementos básicos del modelo, la introducción de medidas adicionales requiere en ocasiones de planteamientos *ad-hoc*.

Cuadro 19.
Esquema del modelo de proyección de emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia.

²⁰ Las tablas input-output permiten desglosar la producción nacional entre los sectores que la han originado y lo sectores que la han absorbido, mostrando la producción total de cada sector y el destino de la misma. Es una tabla de transacciones intersectoriales, que muestra cómo se relacionan todas las industrias.

²¹ Los coeficientes de Leontief representan los requerimientos de insumos del sector necesarios para producir una unidad de producto.

El resultado no es una predicción. El modelo no puede ni pretende responder a la pregunta de cuáles serán las emisiones en el futuro. Sin embargo permite afirmar que, de acuerdo con las condiciones y relaciones establecidas, si las principales hipótesis evolucionan como se prevé, los resultados serán los señalados. Es decir, se trata de un planteamiento de “si... entonces” y no tanto de una apuesta incondicionada.

Para poder hacerlo esas hipótesis básicas se agrupan en familias en función de su adscripción a unas condiciones de entorno económico o de impulso político. Esas familias de hipótesis afines es lo que conocemos como escenarios.

Para este estudio concreto se han definido dos horizontes económicos: uno de crecimiento económico moderado (horizonte conservador) y otro con una economía más expansiva (horizonte

optimista). A su vez, para cada uno de ellos, se definen tres posibles situaciones, en función de la intensidad de las actuaciones previstas:

- **Tendencial o Business as Usual (BaU)**, en el que el nivel de actuación para la reducción de las emisiones es prácticamente nulo.
- **Medidas**, que incorpora el efecto previsto en las emisiones como consecuencia de la futura aplicación de la planificación ya prevista.
- **Medidas Adicionales**, en el que se refleja el posible resultado de una actuación más ambiciosa, todavía no incluida en la planificación actual.

Por tanto, el estudio resultante según estos parámetros, genera un total de seis escenarios posibles. La introducción de estos escenarios en el modelo es lo que se refleja a continuación.

Cuadro 20.
Escenarios de emisión de GEI modelizados

	Horizonte conservador	Horizonte optimista
BaU	Escenario 1	Escenario 2
Medidas	Escenario 3	Escenario 4
Medidas adicionales	Escenario 5	Escenario 6

Fuente: Elaboración propia.

Una España hipocarbónica

Los resultados generados por el modelo para los diferentes escenarios presentados, se detallan a continuación.

Un futuro sin más esfuerzos: escenarios “Business as Usual” (escenarios 1 y 2)

Un primer ejercicio para analizar el futuro a nivel de emisiones, es modelar un escenario tendencial o BaU (*Business as Usual*). En este escenario teórico, el futuro se construye sobre la base de las políticas y los compromisos aplicados hasta la actualidad, pero asumiendo que no hay más acción futura. Es, por tanto, un futuro hipotético que refleja hasta dónde podrían llegar las emisiones de GEI, teniendo en cuenta los diferentes contextos económicos definidos actualmente.

Para estos escenarios se considera que la dotación actual de España en cuanto a capacidad de generación instalada permanece invariable, es decir, no se construyen nuevas instalaciones de generación de ningún tipo. De esta forma, el sector eléctrico debe hacer frente al incremento de demanda asociado al crecimiento de la actividad económica hasta 2033, con las centrales eléctricas existentes a fecha de 2012. Las emisiones del resto de sectores se proyectan considerando la variación del consumo de energía, dependiente de la actividad económica de cada uno de ellos y de la renta per cápita, sin variar la preferencia por cada tipo de combustible.

Los resultados son, como cabía esperar, de un crecimiento continuado de las

Cuadro 21.

Evolución de diversos parámetros en los escenarios BaU conservador (CON) y optimista (OPT)

	Unidad	2012	2033	
			CON	OPT
Mix eléctrico	kg CO ₂ e/MWh	289,9	236,9	237,6
Potencia EERR	GW	32,7	32,7	32,7
Potencia total fuentes no emisivas	GW	57,9	57,9	57,9
Generación no emisiva	GWh	152.744	207.916	234.085
Generación térmica	GWh	65.203	33.942	43.192
Generación ciclos combinados	GWh	42.510	207.251	207.251
Generación cogeneración	GWh	31.354	33.204	34.518
Demanda eléctrica	GWh	267.227	436.754	468.514
Consumo de energía primaria en residencial	TJ	369.748	554.170	591.659
Consumo de energía primaria en comercial e institucional	TJ	223.161	324.148	348.163
Consumo de energía primaria en transporte	TJ	1.194.448	1.530.327	1.594.151

Fuente: Elaboración propia.

emisiones para ambos escenarios BaU modelados, hasta situarse en el año 2033 por encima de los 350 millones de toneladas de CO₂e, superando el valor máximo histórico de 2005, uno de los años de máximo crecimiento de España antes del inicio de la recesión.

En este escenario, las emisiones de GEI se situarían en 2030 entre un +64 y un +72% por encima del año 1990, escenarios alejados del nuevo objetivo de la UE de reducción del 40%.

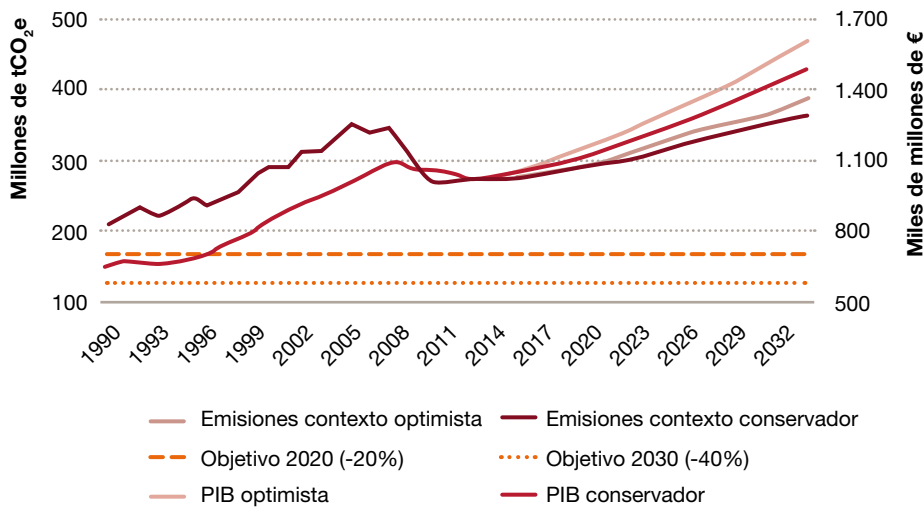
Centrando la vista en un horizonte intermedio, el año 2020, las emisiones oscilarían entre un +38 y un +40%, frente al -20% asumido por la UE a nivel global para ese año. En este caso, el objetivo que tiene España como reparto del objetivo global es de un -10% respecto a 2005 y únicamente centrado en los sectores no afectados por el comercio

européo de derechos de emisión, conocidos como sectores difusos.

Los sectores difusos incluyen principalmente las emisiones debidas al transporte, el sector residencial, el comercial e institucional y la agricultura, silvicultura, piscifactorías y pesca, así como algunas actividades industriales no intensivas en energía. Además, hay que tener presente que, aunque este estudio se centra en las emisiones energéticas, los sectores difusos también abarcan las emisiones de otros GEI procedentes de la gestión de residuos o las actividades agrícolas y ganaderas.

Atendiendo únicamente a la fracción energética de los sectores difusos, el análisis hasta 2020 revela que el objetivo para España del -10% no se cumpliría, quedándose entre el -5 y el -6%.

Cuadro 22.
Evolución de las emisiones energéticas en los escenarios BaU



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23.
Situación de los Escenarios BaU frente a los compromisos de reducción

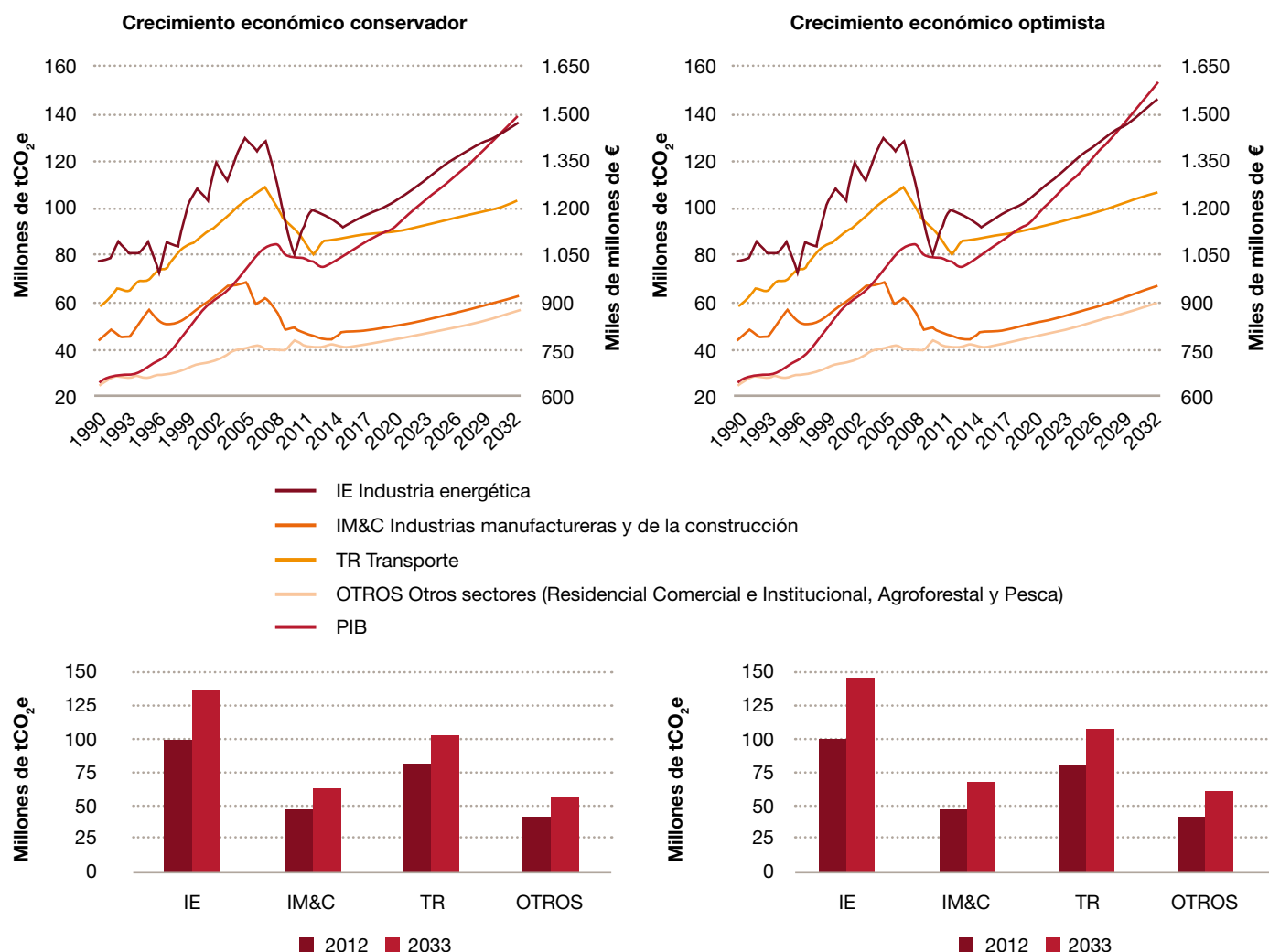
	Δ 2012	Δ 2020	Δ 2030	Δ 2033
Objetivo UE global (respecto a 1990)	n.a.	-20%	-40%	n.a.
Objetivo UE para España (respecto a 2005, difusos)	n.a.	-10%	n.a.	n.a.
Escenario 1 (respecto a 1990)	+29%	+38%	+64%	+72%
Escenario 2 (respecto a 1990)	+29%	+41%	+72%	+83%
Escenario 1 (respecto a 2005, difusos)	-15%	-6%	+6%	+11%
Escenario 2 (respecto a 2005, difusos)	-15%	-5%	+11%	+16%

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 24.

Evolución de los escenarios BaU por fuente emisora



Fuente: Elaboración propia.

La tasa de crecimiento anual de las emisiones en todos los sectores se prevé similar, a excepción de la industria energética. Para este sector en concreto:

- El descenso inicial en el período 2012-2015, se debe a un menor uso del carbón para generación eléctrica con respecto a 2012, en consonancia con el promedio de los últimos 5 años previos (2007-2012).
- A partir del año 2015, las energías renovables y las centrales de

cogeneración alcanzarían su máxima capacidad de producción, por lo que las centrales térmicas irían adquiriendo una relevancia mayor en el mix de generación eléctrica, contribuyendo así a un mayor crecimiento en las emisiones de GEI.

Tras el análisis realizado, se puede decir que los escenarios BaU son teóricos y estáticos, pero que tienen utilidad como valor comparativo con escenarios más plausibles, como los que se presentan a continuación.

El futuro probable: Escenarios de Medidas (escenarios 3 y 4)

El segundo conjunto de escenarios dibuja un horizonte en el que las medidas planificadas en la actualidad han sido implementadas. Por tanto, estos escenarios, denominados Escenarios de Medidas, proyectan las emisiones de GEI considerando los compromisos que ha adquirido España en cuanto a eficiencia energética y uso de energías renovables, incluyendo también la legislación vigente o en fase de elaboración (y que será aprobada a corto plazo) en materia de emisiones y contaminación ambiental.

Para la proyección de estos escenarios, se emplean como base los consumos de

energía primaria obtenidos de las proyecciones BaU, sobre los que se aplica el efecto del ahorro recogido en el Plan Nacional Acción de Eficiencia Energética 2014-2020. Por otra parte, se aumenta la instalación de energías renovables, según el Plan de Energías Renovables 2011-2020, mientras que la capacidad instalada de energías no renovables permanece constante, entrando en funcionamiento en orden de menor a mayor emisividad. Adicionalmente en el sector transporte se produce un transvase desde el transporte de carretera y aviación hacia el transporte por ferrocarril. La preferencia por fuentes de energía se modifica de forma paulatina hacia fuentes renovables.

Por todo ello, en estos escenarios se combina una mayor demanda de energía,

Cuadro 25.

Evolución de diversos parámetros en los Escenarios de Medidas conservador (CON) y optimista (OPT)

	Unidad	2012	2033	
			CON	OPT
Mix eléctrico	kg CO ₂ e/MWh	289,9	174,2	191,6
Potencia EERR	GW	32,7	83,7	83,7
Potencia total fuentes no emisivas	GW	57,9	108,7	108,7
Generación no emisiva	GWh	152.744	215.816	215.816
Generación térmica	GWh	65.203	6.028	7.271
Generación ciclos combinados	GWh	42.510	171.272	206.583
Generación cogeneración	GWh	31.354	21.536	23.755
Demanda eléctrica	GWh	267.227	378.529	411.359
Consumo de energía primaria en residencial	TJ	369.748	437.075	474.564
Consumo de energía primaria en comercial e institucional	TJ	223.161	256.489	280.504
Consumo de energía primaria en transporte	TJ	1.194.448	1.069.851	1.129.334

Fuente: Elaboración propia.

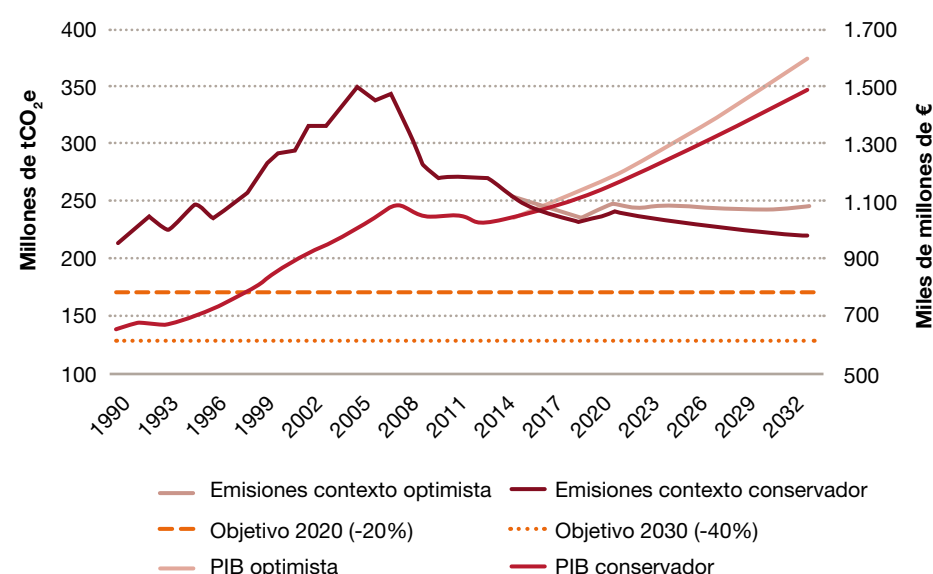
producto del crecimiento económico, con la paulatina variación del patrón de consumo de combustible hacia fuentes renovables, una mayor capacidad de generación eléctrica renovable y una menor intensidad energética.

Las medidas de mitigación de emisiones incorporadas en estos escenarios,

permitirían un desacoplamiento del crecimiento económico y las emisiones de GEI. Sin embargo, aun en el escenario más conservador, esta descarbonización de la economía no sería lo suficientemente rápida como para alcanzar los objetivos de reducción que se han acordado para 2030 a nivel europeo.

Cuadro 26.

Evolución de las emisiones energéticas en los escenarios de Medidas



Fuente: Elaboración propia.

Principales políticas consideradas²²

- Plan Nacional Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.
- Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- Ley 15/2012 de Medidas Fiscales para la Sostenibilidad Energética.
- Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016.

²² Para mayor información, ver sección 4.

Si el ritmo de crecimiento económico es más rápido, como se puede ver en el escenario optimista, la intensidad energética no descendería lo suficiente como para producir una reducción neta de las emisiones, estabilizándose en torno a las 243 millones de toneladas anuales de CO₂e, lo que supone alrededor de un +10% con relación a las emisiones en 1990.

El objetivo de incremento máximo de las emisiones en el año 2020 para los sectores difusos (-10%) se cumpliría holgadamente, con valores en torno al -20%, ya que las emisiones no solo no aumentarían en estos sectores, sino que tendrían una tendencia descende durante todo el período comprendido en la proyección. Sin embargo, como en los escenarios anteriores, hay que tener

presente que el análisis se centra en las emisiones energéticas y que, dentro de las emisiones difusas, también se incorporan las debidas a otros sectores, como la gestión de los residuos o las actividades agrícolas y ganaderas.

Al horizonte 2030, las emisiones anuales energéticas oscilarían entre un +5 y +15% respecto a 1990, alejadas del objetivo europeo (-40%). Es importante recordar que este objetivo abarca todas las emisiones de GEI, no únicamente las energéticas, por lo que para una estimación más completa sobre el grado de acercamiento que se podría llegar a dar, habría que incorporar la posible evolución de las emisiones de las otras actividades que completan el inventario nacional de GEI.

Cuadro 27.

Situación de los escenarios de Medidas frente a los compromisos de reducción

	Δ 2012	Δ 2020	Δ 2030	Δ 2033
Objetivo UE global (respecto a 1990)	n.a.	-20%	-40%	n.a.
Objetivo UE para España (respecto a 2005, difusos)	n.a.	-10%	n.a.	n.a.
Escenario 1 (respecto a 1990)	+29%	+12%	+5%	+4%
Escenario 2 (respecto a 1990)	+29%	+15%	+15%	+16%
Escenario 1 (respecto a 2005, difusos)	-15%	-21%	-32%	-34%
Escenario 2 (respecto a 2005, difusos)	-15%	-20%	-28%	-29%

Fuente: Elaboración propia.

Evolución de los escenarios BaU por fuente emisora





Las emisiones energéticas desagregadas por sectores, muestran una pendiente descendente muy suave para las industrias manufactureras y los otros sectores consumidores menores, en un contexto de crecimiento económico moderado. Para una mayor actividad económica, las emisiones anuales se mantendrían más o menos estables entre 2020 y 2030.

El transporte experimentaría el mayor descenso, en cualquiera de los contextos económicos dibujados, como consecuencia de un cambio en el patrón de consumo hacia un mayor uso de biocombustibles, vehículos eléctricos y modos de transporte sostenibles, como el ferrocarril.

Pero, este cambio de comportamiento hacia modos de transporte con menores emisiones, supondría también una mayor demanda eléctrica. Las emisiones de la industria energética, por tanto, se mantendrían estables, con un ligero

aumento en el escenario optimista debido a la mayor demanda prevista.

Aunque parte de la demanda eléctrica futura sería cubierta por una creciente potencia de generación renovable, el ritmo de puesta en servicio de instalaciones renovables no sería suficiente para reducir las emisiones a partir del año 2020, en el que comenzarían a expirar las licencias de explotación de las centrales nucleares españolas. Asumiendo que estas licencias no se renovarían, las centrales térmicas convencionales pasarían a jugar un mayor papel para cubrir la demanda.

Un futuro de apuesta: Escenarios de Medidas Adicionales (escenarios 5 y 6)

Sobre la base de los escenarios de Medidas, el último conjunto de escenarios dibujados propone un futuro hipotético en el que se lleva a cabo un mayor esfuerzo para la mitigación de emisiones de GEI, incorporando medidas que aunque están planteadas en el contexto europeo, aún no han sido incorporadas a la planificación nacional. Son los escenarios de Medidas Adicionales.

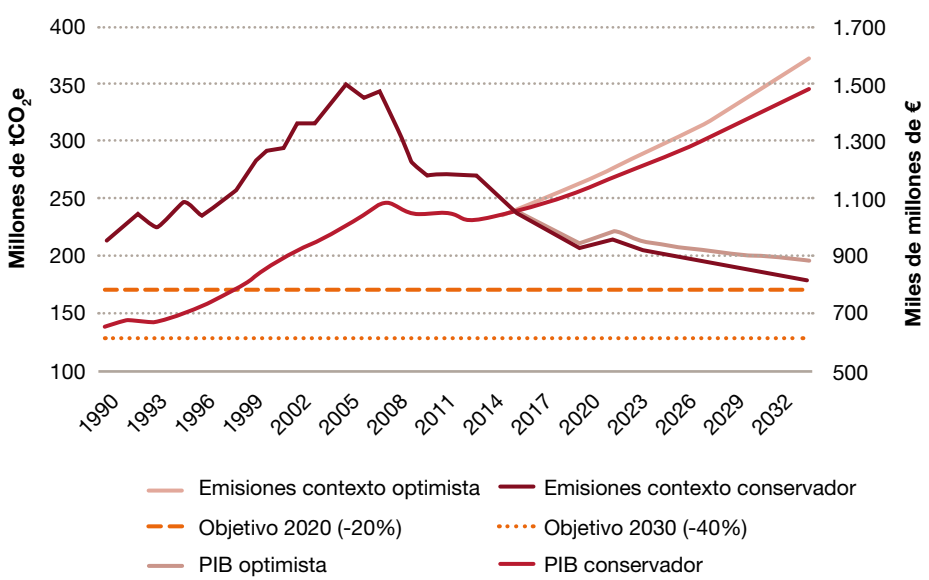
Por tanto, en la generación de estos escenarios, se aplican las mismas condiciones de los escenarios de Medidas, pero con algunas modificaciones más ambiciosas en materia de reducción del consumo energético. En concreto, en el sector del transporte por carretera y ferrocarril se consideran reducciones del consumo de combustibles fósiles, a favor de fuentes renovables. Al mismo tiempo, se aumenta el trasvase del transporte por carretera a ferrocarril. En los sectores residencial, comercial e institucional se consideran una mayor implantación de energías renovables y de rehabilitación energética, derivado de la nueva normativa europea en la materia.

Cuadro 29.
Evolución de diversos parámetros en los Escenarios de Medidas Adicionales conservador (CON) y optimista (OPT)

	Unidad	2012	2033	
			CON	OPT
Mix eléctrico	kg CO ₂ e/MWh	289,9	177,9	191,7
Potencia EERR	GW	32,7	83,7	83,7
Potencia total fuentes no emisivas	GW	57,9	108,7	108,7
Generación no emisiva	GWh	152.744	215.816	215.816
Generación térmica	GWh	65.203	6.292	7.381
Generación ciclos combinados	GWh	42.510	178.775	208.463
Generación cogeneración	GWh	31.354	22.040	23.647
Demanda eléctrica	GWh	267.227	414.845	449.095
Consumo de energía primaria en residencial	TJ	369.748	139.286	140.651
Consumo de energía primaria en comercial e institucional	TJ	223.161	76.887	77.531
Consumo de energía primaria en transporte	TJ	1.194.448	938.576	992.798

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 30.
Evolución de las emisiones energéticas en los escenarios de Medidas Adicionales



Fuente: Elaboración propia.

En estos escenarios las emisiones de GEI anuales descenderían de forma notable en los próximos 20 años, colocándose en 2033 por debajo de las emisiones de 1990.

Principales políticas consideradas²³

- Plan Nacional Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.
- Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- Ley 15/2012 de Medidas Fiscales para la Sostenibilidad Energética.
- Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016.
- Libro Blanco: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte.
- Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HE – Ahorro de Energía.

A pesar de ello, aunque las emisiones estarían en línea con la hoja de ruta establecida por la UE a 2030, este descenso no alcanzaría los objetivos globales del -40%. Como en casos anteriores, hay que tener en cuenta que no se incluyen todas las emisiones de GEI que abarca el objetivo europeo.

Pero, en este caso, asumiendo un posible reparto entre los países miembros como el que se ha dado en otras ocasiones, la situación en el mejor de los escenarios (-14%) estaría cercana al posible límite que le tocaría a España (-20%), si se tiene en cuenta la situación respecto al compromiso del año 2020.

Cuadro 31.

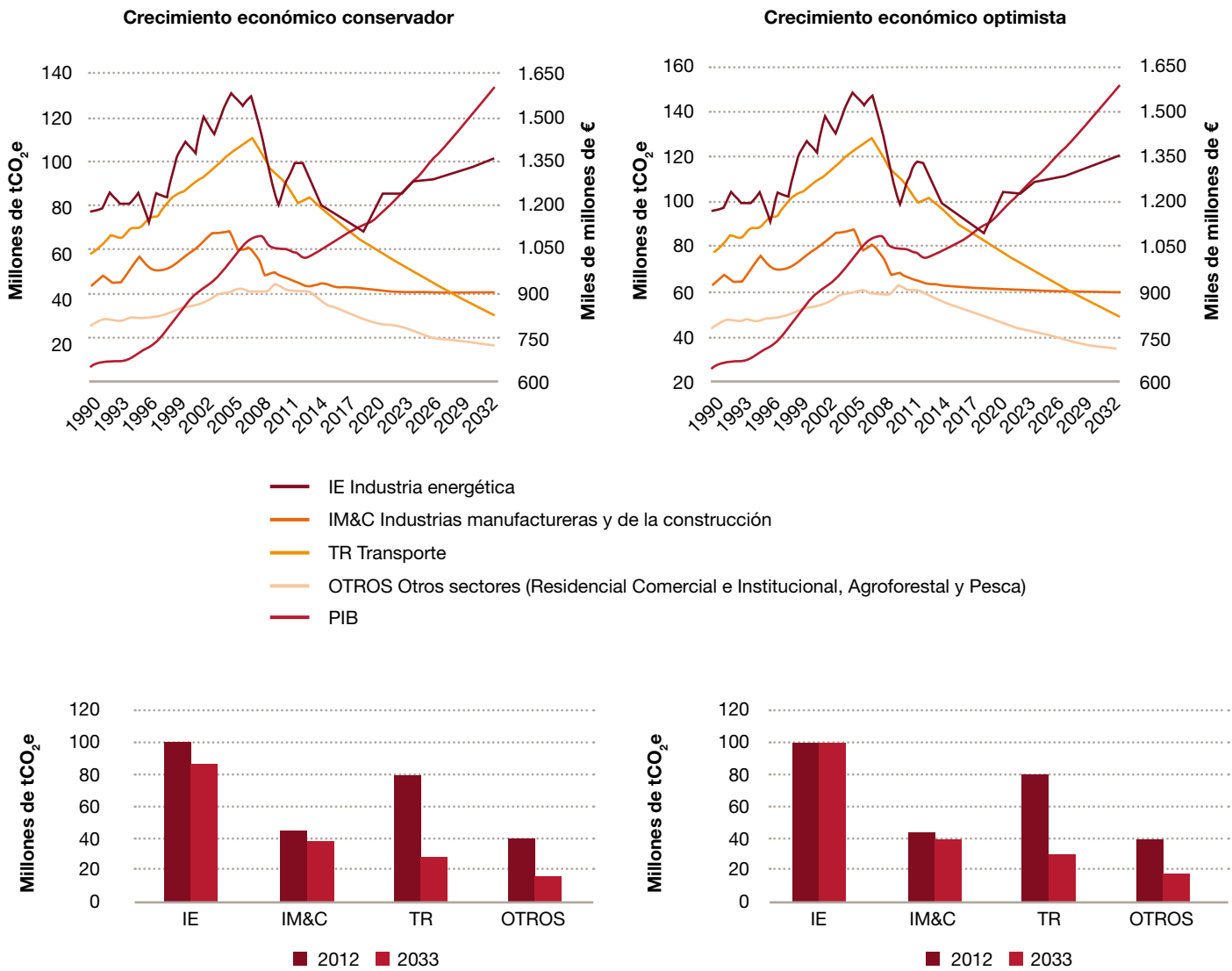
Situación de los escenarios de Medidas Adicionales frente a los compromisos de reducción

	Δ 2012	Δ 2020	Δ 2030	Δ 2033
Objetivo UE global (respecto a 1990)	n.a.	-20%	-40%	n.a.
Objetivo UE para España (respecto a 2005, difusos)	n.a.	-10%	n.a.	n.a.
Escenario 5 (respecto a 1990)	+29%	-1%	-14%	-17%
Escenario 6 (respecto a 1990)	+29%	1%	-6%	-7%
Escenario 5 (respecto a 2005, difusos)	-15%	-37%	-59%	-65%
Escenario 6 (respecto a 2005, difusos)	-15%	-36%	-58%	-63%

Fuente: Elaboración propia.

²³ Para mayor información, ver sección 4.

Cuadro 32.
Evolución de los escenarios de Medidas Adicionales por fuente emisora



Fuente: Elaboración propia.

En estos escenarios, la reducción del transporte por carretera a favor del ferrocarril y la drástica disminución del uso de motores de combustión convencional, siendo sustituidos en parte por vehículos de gas natural, biocombustibles y eléctricos, producirían una reducción mayor de las emisiones de GEI, que en escenarios anteriores.

La situación en los otros sectores consumidores sería similar, gracias a las mejoras en eficiencia energética implementadas en la construcción y renovación de edificios, y el uso de energías renovables distribuidas para cubrir parte de su demanda eléctrica y de calefacción.

La industria de la generación eléctrica, al igual que en los escenarios de Medidas, incrementaría sus emisiones a partir de la fecha de cese de funcionamiento de las centrales nucleares (año 2020). Sin embargo, en estos escenarios, la demanda eléctrica sería mucho mayor, a causa de un mayor parque de vehículos eléctricos y un uso intensivo del ferrocarril como medio de transporte, lo que derivaría en una tendencia de crecimiento a partir del año 2023. No obstante, en ambos contextos económicos, el descenso en los otros sectores compensaría este aumento.

4

Fundamentos de la proyección de emisiones de GEI



Los resultados de los distintos escenarios presentados anteriormente son producto de un conjunto de factores como la evolución de la economía y la población, así como el impacto que pueden tener distintas medidas de reducción de emisiones de GEI.

La tendencia prevista de la economía y la población está alineada con estudios anteriores realizados en el marco de la colección, a la que también pertenece este documento, “España 2033”. De esta forma, se consideran dos futuros macroeconómicos probables sobre la misma base de evolución de la población, lo que conforma dos lienzos fijos en los que la variable independiente son las medidas de reducción de emisiones introducidas. Estas, a su vez, son producto de diversas variables como la legislación, el desarrollo tecnológico, la innovación y la evolución de los patrones de consumo, entre otros. Es en estas

variables donde se ha centrado el esfuerzo de análisis de este estudio.

Las medidas que se describen más adelante son las que, dentro de los contextos socioeconómicos predefinidos, servirían a los tomadores de decisión públicos y privados para establecer una hoja de ruta que lleve a la economía española en la senda hacia un futuro hipocarbónico alineado con la política europea.

Así, a continuación se presenta en primer término la evolución asumida de población y crecimiento económico para los diferentes sectores y, posteriormente, los principales grupos de medidas de reducción de emisiones de GEI incorporados en los diferentes escenarios: una generación eléctrica menos intensiva en carbono, niveles superiores de ahorro y eficiencia energética, y una apuesta por el desarrollo tecnológico y la innovación.

La evolución de la economía y la población española

El análisis detallado de las emisiones históricas de España muestra la correlación entre la evolución de las emisiones de GEI procedentes de la combustión con fines energéticos y la evolución del PIB, como medida de la actividad económica del país.

El crecimiento económico histórico ha supuesto un incremento de la demanda de energía final. La mayor actividad económica de los sectores productivos, ha conllevado el aumento del consumo energético, mientras que la mayor riqueza per cápita ha supuesto también la posibilidad de un mayor consumo energético. Por ello, los escenarios de proyección de emisiones requieren de la determinación de un contexto económico plausible.

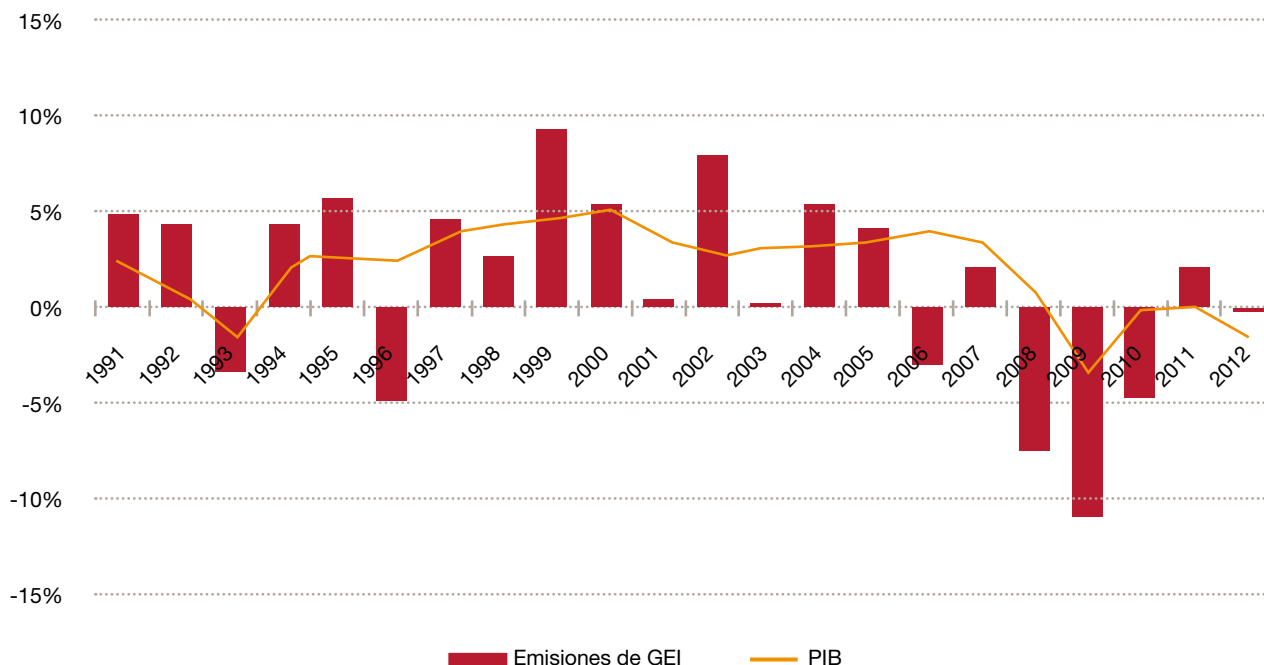
Dos futuros probables

Los posibles contextos económicos futuros utilizados son los presentados en el documento publicado por PwC “*La economía española en 2033*”, dentro de la colección “*España 2033*”.

La situación en la que se encuentra la economía española tras el inicio de la recesión económica en 2008, da lugar dos posibles visiones en el futuro, según dicho documento:

- i) Una en la que la recuperación económica se producirá a un ritmo moderado, con un crecimiento interanual del PIB del 1,6% para el período 2014-2020 y del 2,1% entre 2021-2033.

Cuadro 33.
Variación interanual de emisiones de GEI y PIB

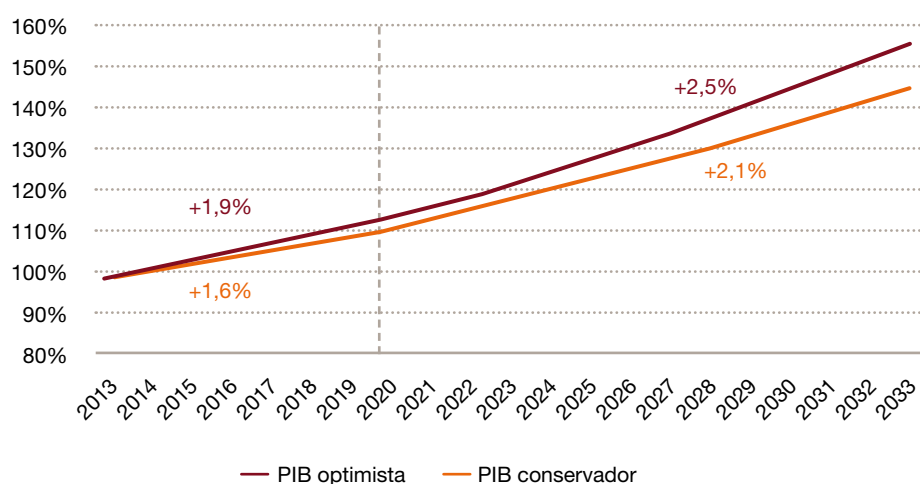


Fuente: Elaboración propia a partir de INE y MAGRAMA.

- ii) Otra en la que habrá una mayor dinamización de la economía, con crecimientos de PIB de 1,9% entre 2014-2020 y 2,5% en 2021-2033.

La economía española, a diferencia de otras economías europeas, tendrá un crecimiento más fuerte a partir de 2020. Su principal motor será el capital, el cual mejorará no en cantidad, sino en su productividad. El segundo motor será el trabajo, donde se romperá la tendencia típica de la economía española y el crecimiento será más intensivo en empleo y menos en capital. Al mismo tiempo mejorará la productividad, gracias a una mayor cualificación de los trabajadores. Por último, a largo plazo, jugará un papel importante la mayor apertura al comercio exterior y el incremento de la innovación.

Cuadro 34.
Crecimiento del PIB 2013-2033



Valor relativo respecto al PIB de 2012 (100%)
Fuente: Elaboración propia.

La evolución de la población afecta a la proyección de emisiones de dos formas:

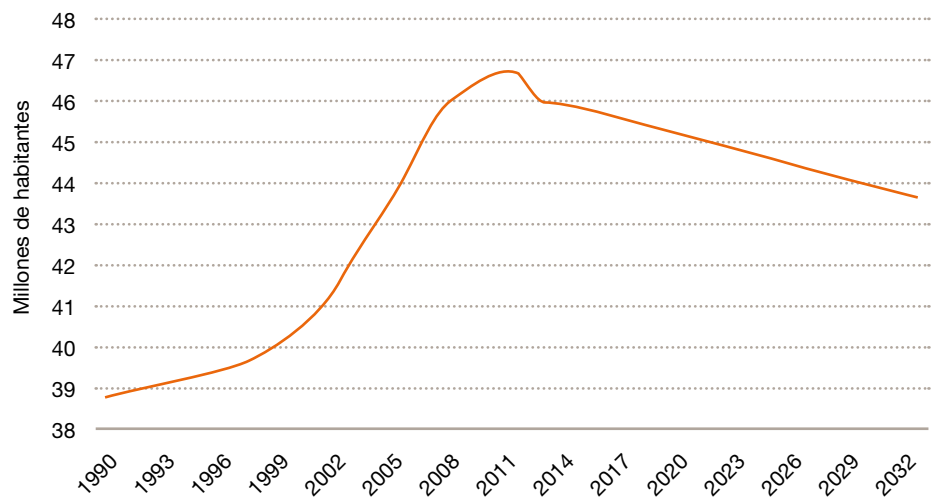
- Directamente, por el número de habitantes que determina el consumo de energía en dos sectores: el residencial y el transporte por carretera privado.
- Indirectamente, debido a que los cambios en la población total suponen

cambios en la población activa y, por ende, en la economía del país.

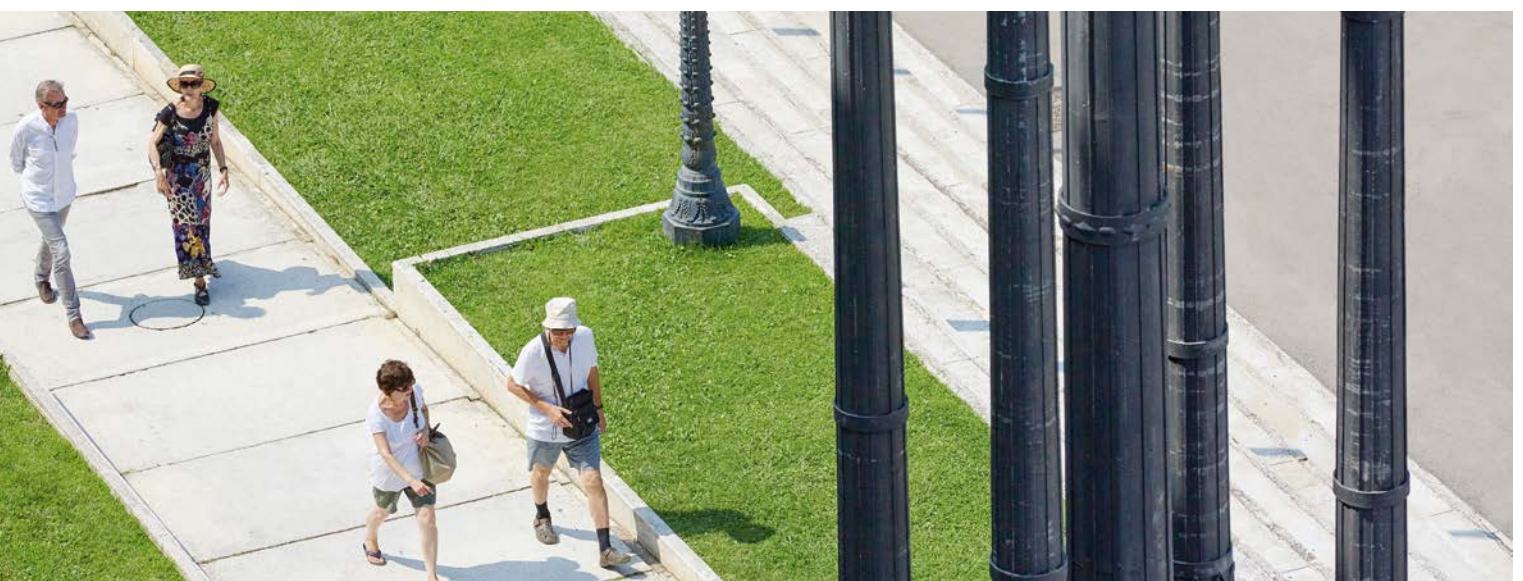
Los contextos económicos elaborados por PwC utilizan la previsión de la evolución de la población total realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Dicha previsión estima que la población en España será de casi 2,3 millones de personas menos en el año 2033 con respecto a la actualidad.

Cuadro 35.

Evolución de la población española entre 1990-2033



Fuente: Elaboración propia a partir de INE.



Un parque de generación eléctrica menos intensivo en carbono

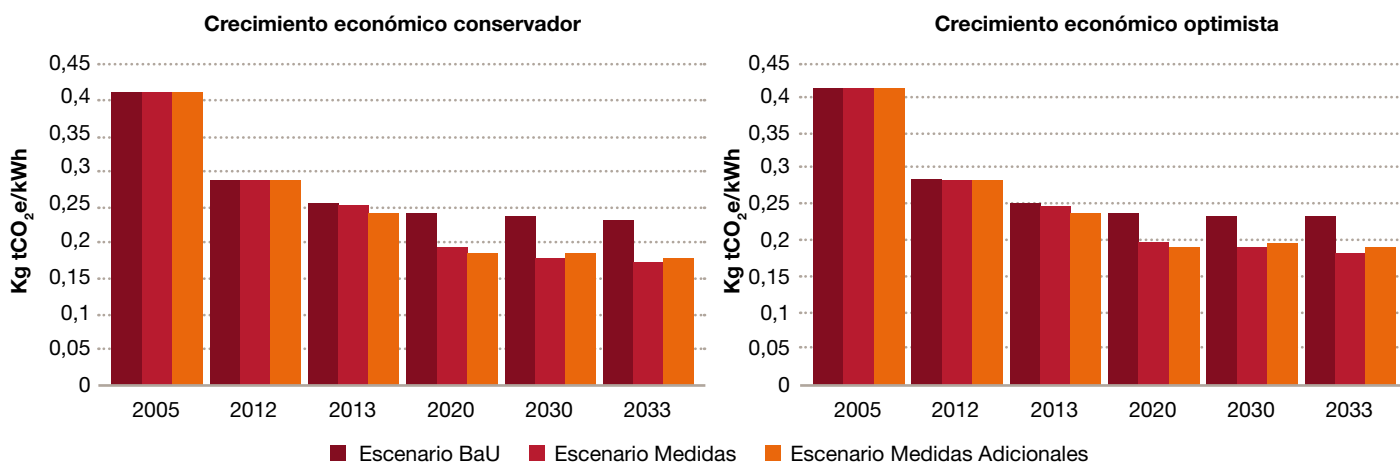
La combustión para la producción de electricidad supuso el 22% de las emisiones totales de GEI desde 1990 a 2012 en España. Se trata del sector individual más emisor y, a la vez, uno de los que mayor potencial de mitigación puede presentar.

Para alcanzar los escenarios presentados anteriormente, es necesario que la demanda de energía, actualmente cubierta en su mayor parte por la quema de combustibles, vaya cediendo espacio a favor de la energía eléctrica, especialmente en el sector del transporte. Este aumento de demanda eléctrica, junto con el que se puede esperar como consecuencia de la recuperación económica, hará que el

sector de generación eléctrica juegue un papel aún más relevante en el inventario anual de emisiones de GEI.

Bajo este enfoque, una de las claves futuras será el mix eléctrico²⁴ al que se genere esa electricidad. En un horizonte BaU, la demanda eléctrica en 2033 se cubriría con un mix entre +35% y +46% más emisor que en la actualidad (2012). En cambio, en los escenarios de mayor apuesta, las emisiones variarían entre un +3%, en un contexto de mayor crecimiento económico (escenario optimista), y -11%, con crecimiento de la economía moderado (escenario conservador), también con respecto a las emisiones de 2012.

Cuadro 36.
Evolución del mix eléctrico español por escenarios



Fuente: Elaboración propia.

²⁴ Emisiones de GEI por unidad de energía eléctrica producida.

Generación renovable intensificada

Para alcanzar los escenarios de medidas y apuesta dibujados, será necesario lograr una descarbonización elevada del parque de generación eléctrica español.

Para ello, se debe asumir el cumplimiento de la planificación prevista en materia de energías renovables en el *Plan de Energías Renovables 2011-2020*. Este Plan, elaborado por la Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), establece la hoja de ruta para alcanzar una cuota de producción de electricidad procedente de fuentes renovables de cómo mínimo el 20% en 2020.

Asumiendo la misma tendencia de incremento de la capacidad instalada de EERR que marca el Plan, en el año 2033 se podría alcanzar una potencia de generación eléctrica con emisiones nulas (EERR e hidroeléctrica) que supusiese el 69% de la capacidad instalada total (más de 108 GW, lo que implica más del doble de la potencia actual instalada).

En este horizonte, el escenario más optimista permitiría que el 52% de la energía eléctrica producida tuviese su origen en fuentes de emisiones de GEI prácticamente nulas.

Para llegar a este futuro, será preciso aumentar la capacidad de tecnologías que ya han alcanzado la madurez, como la eólica y la hidráulica, e introducir nuevas tecnologías de forma paulatina, conforme aumente su competitividad, como la eólica *off-shore*, biomasa y los distintos tipos de energía marina. Este abanico más amplio de tecnologías proporcionará, además, una mayor seguridad en el suministro.

Con este horizonte de implantación de EERR, será clave el papel de la generación distribuida o descentralizada. Ya sea a escala de consumidor o de distrito, permitirá reducir las pérdidas asociadas a la red de transporte y distribución. Para que el paso de la generación centralizada actual a distribuida sea posible, deberá implementarse un marco legislativo que no penalice económicamente el autoconsumo y el vertido de excedente eléctrico en la red, para que así esta forma de producción pueda ser competitiva.

Cuadro 37.
Evolución de la potencia instalada (MW) por tecnología de EERR y no emisivas en los escenarios de Medidas y Medidas Adicionales

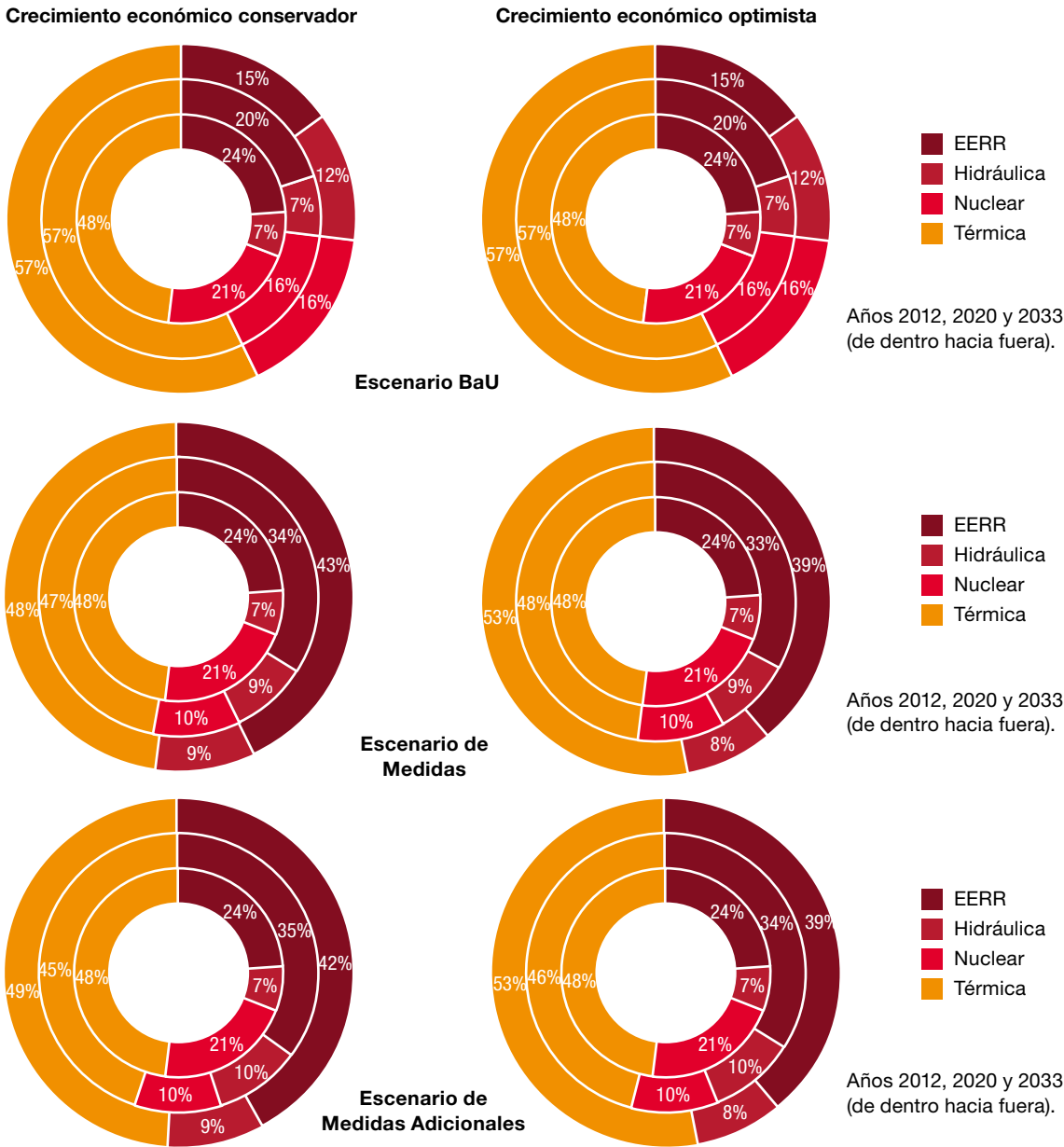
MW	2012	2020	2030	2033
Eólica	22.722	35.750	52.046	56.915
Solar	6.538	12.050	18.932	21.011
Minihidráulica	2.042	2.185	2.364	2.417
Biomasa	957	1.350	1.841	1.989
Residuos	447	600	791	848
Mareomotriz	0	100	300	360
Geotérmica	0	50	150	180
Total EERR	33.154	52.085	76.424	83.720
Hidráulica	17.762	24.487	23.855	24.934
Nuclear	7.853	4.220	0	0
Total no emisivas	58.769	76.792	100.279	108.654

Fuente: Elaboración propia.

El origen de la electricidad por tipo de tecnología es muy similar entre los escenarios de Medidas y Medidas Adicionales. Esto se debe a que en ambos, las EERR trabajan a su máxima capacidad y el resto de la demanda es cubierto por centrales térmicas. En los escenarios de Medidas Adicionales, los

ahorros debidos a la mejora de la eficiencia energética son contrarrestados por una mayor demanda debida a una mayor electrificación en el transporte, por lo que es necesaria la puesta en funcionamiento de las centrales térmicas en una proporción similar a los escenarios de Medidas.

Cuadro 38.
Origen de la electricidad generada por tipo de tecnología y escenario



Fuente: Elaboración propia.

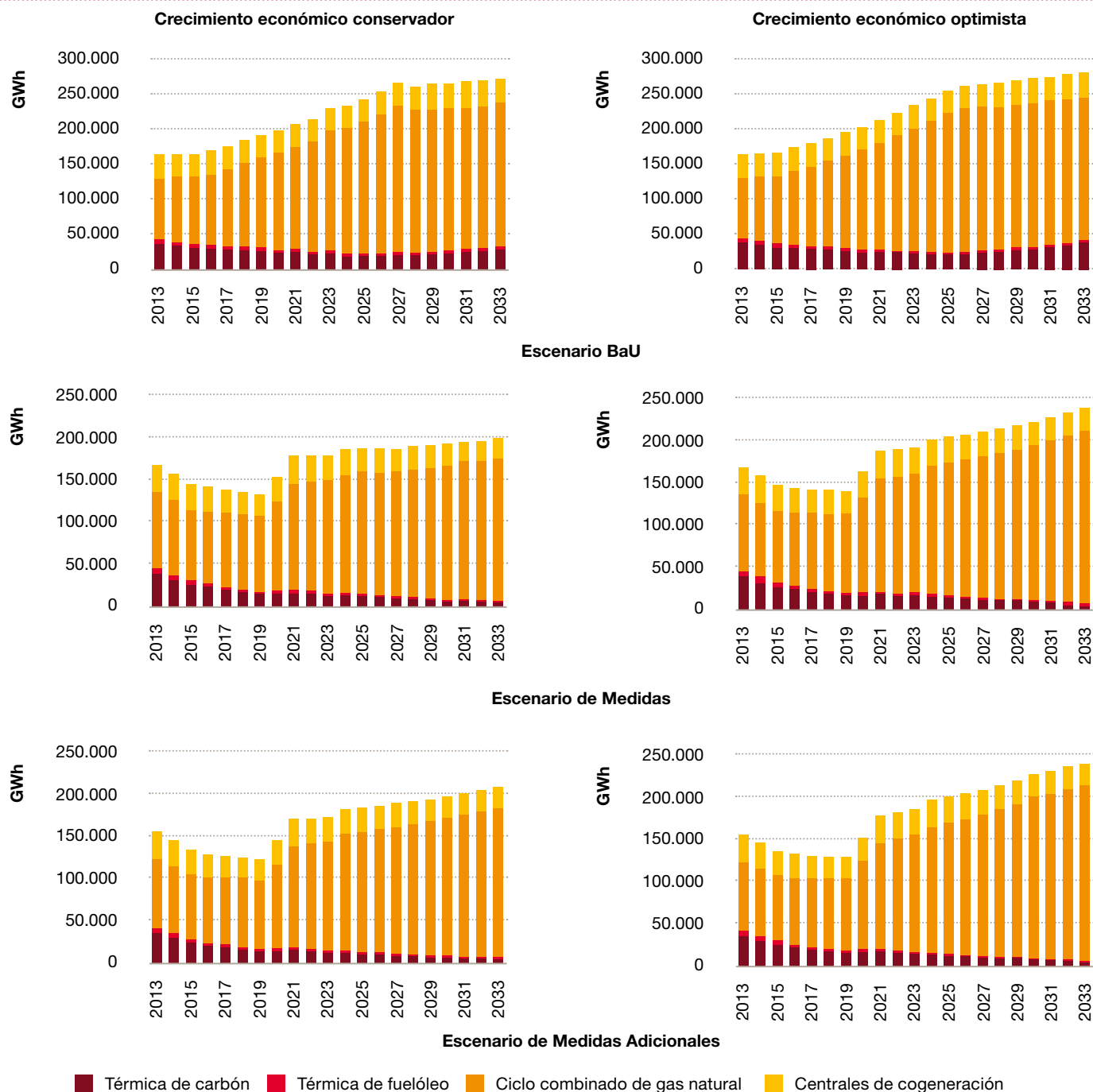
Centrales térmicas más eficientes

Aunque se diese una gran expansión de las EERR, como la comentada

anteriormente, la generación eléctrica en centrales térmicas convencionales seguirá siendo necesaria para cubrir la demanda total proyectada en los distintos escenarios.

Cuadro 39.

Origen de la electricidad generada por tipo de tecnología y escenario



Fuente: Elaboración propia.

En los escenarios de medidas adicionales se ha previsto un mayor uso del gas natural para generar electricidad, por su menor contribución a la emisión de GEI, frente a otros combustibles fósiles.

Clausura de las centrales térmicas nucleares

Debido a la ausencia de una planificación explícita al respecto, si bien la patronal del sector defiende la operación a largo plazo de las centrales nucleares²⁵, en los escenarios de medidas se asume que las plantas existentes cesarían su actividad en los años previstos en función de sus diferentes periodos autorizados de explotación. Sin embargo, los escenarios

tendenciales o BaU mantienen la producción eléctrica derivada de las centrales térmicas nucleares, al asumir que la situación actual es la que prevalece a futuro.

El cierre de estas centrales supondría un vacío en la cobertura de la demanda, que sería cubierto en su mayoría por centrales de ciclo combinado de gas natural, puesto que los incrementos previstos en el crecimiento de las EERR no podrían compensar esta pérdida de potencia instalada. El modelo contempla por lo tanto el efecto negativo sobre las emisiones que tendría una eventual no prórroga de la vida útil de las centrales nucleares actuales.

Cuadro 40.
Centrales térmicas nucleares con su potencia y año previsto de cese en los escenarios de Medidas y Medidas Adicionales

Reactor	Potencia	Año de cese
Santa María de Garoña	466 MW	2012
Almaraz I	1.035,3 MW	2020
Almaraz II	1.045 MW	2020
Ascó I	1.032,5 MW	2021
Ascó II	1.027,21 MW	2021
Cofrentes	1.092,02 MW	2021
Trillo	1.066 MW	2024

Fuente: Elaboración propia a partir de CSN.



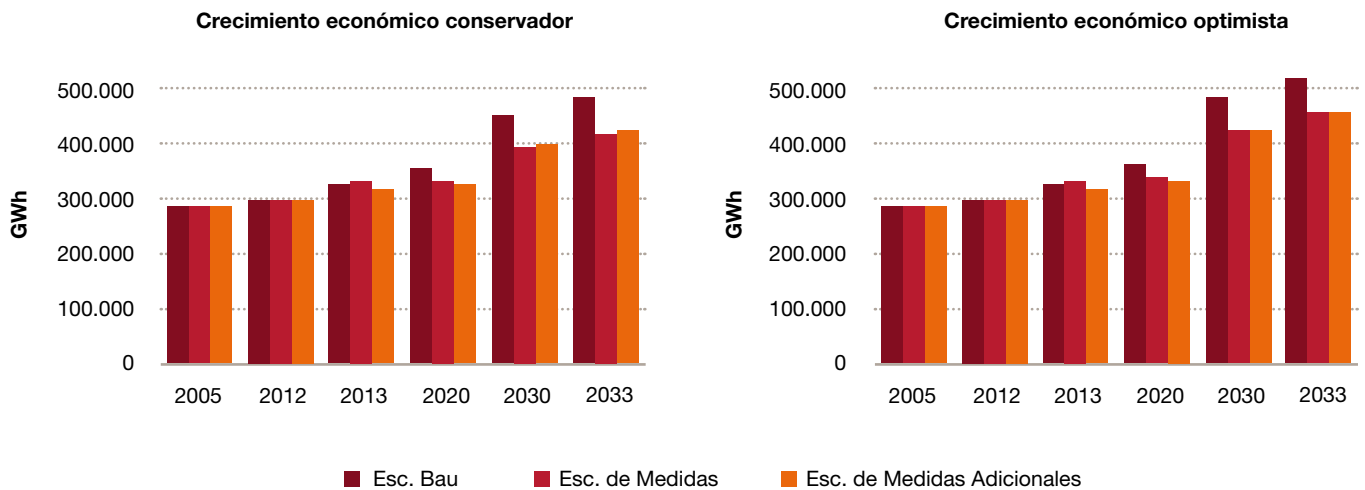
²⁵ UNESA: Prospectiva de generación eléctrica 2030

Menor demanda eléctrica

Aunque se detalla en el siguiente apartado, no se debe olvidar la posible evolución de la demanda eléctrica. La eficiencia energética incorporada en los escenarios con Medidas, produciría que la demanda de energía eléctrica fuese comparativamente menor que en el escenario BaU. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el cambio en los patrones de consumo en los modos de transporte, moderaría esos ahorros en la demanda final.

Por otra parte, se puede esperar que la Ley 15/2012 de medidas fiscales para la sostenibilidad energética, que grava fiscalmente la generación eléctrica, además de eliminar las exenciones fiscales sobre el consumo de combustibles, tenga el efecto de reducir la competitividad de las centrales térmicas. Esta pérdida de competitividad, se traduciría en una menor exportación de electricidad, lo que supondría una menor generación neta y menores emisiones procedentes de centrales térmicas.

Cuadro 41.
Evolución de la demanda eléctrica por escenarios



Fuente: Elaboración propia.

Mayor eficiencia y ahorro en la demanda energética

La eficiencia energética se considera como una de las vías de mayor potencial de mitigación de las emisiones de GEI. Ello, unido al ahorro energético, contribuye al aumento de la seguridad de suministro, puesto que un menor consumo es más fácil de cubrir con los recursos disponibles propios.

Por ello, el objetivo de una economía hipocarbónica se debe buscar desde dos frentes convergentes. Por un lado, la implementación de tecnologías que produzcan energía con las mínimas emisiones posibles y, por otro lado, la reducción del consumo de energía en todas las actividades productivas. La meta es una baja intensidad energética, siendo una economía altamente productiva y a la vez de gran eficiencia energética.

El salto que debe dar España, para alcanzar los horizontes dibujados a 2033, pasa también por un aumento de sus niveles de ahorro y eficiencia energética en todos los sectores consumidores e intensivos en emisiones.

Ahorro generalizado en el consumo energético

La eficiencia y el ahorro energético incluidos en los escenarios de medidas proyectados son multisectoriales e incorporan los objetivos fijados por el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020, aprobado por la Secretaría de Estado de Energía, como respuesta a la Directiva 2012/27/UE relativa a Eficiencia Energética. Esta planificación calcula que el ahorro energético a alcanzar en el año 2020 deberá ser del 10,5%.

Para la estimación de los ahorros asumidos en el Plan Nacional de Acción

de Eficiencia Energética 2014-2020 se tienen en cuenta distintas planificaciones, entre las que se encuentran por ejemplo:

- *Programa de Incentivos al Vehículo Eficiente (PIVE)*: 175 M€, para incentivar la modernización del parque de vehículos turismo y comerciales con modelos de alta eficiencia energética.
- *Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios Existentes del Sector Residencial (PAREER)*: 125 M€, promover actuaciones integrales que favorezcan la mejora de la eficiencia energética y el uso de energías renovables en el parque de edificios existentes del sector residencial.
- *Plan de Impulso al Medio Ambiente (PIMA Aire)*: 38 M€, para la adquisición de vehículos comerciales.
- *Plan PIMA Sol*: 5,21 M€, para la rehabilitación energética de instalaciones hoteleras.
- *Proyectos Clima*: para fomentar el ahorro energético mediante la adquisición de las reducciones verificadas de emisiones generadas en los sectores difusos.
- *Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética*: estableció con carácter permanente mecanismos de carácter impositivo encaminados a enviar a los consumidores finales de energía una señal de precio adecuada, de forma que se fomente su uso racional y eficiente.

Cuadro 42.

Objetivos de ahorro según el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética

	Consumo promedio 2010-2012 Energía final (TJ)	Objetivos de Ahorro sobre el promedio histórico				
		Energía final (TJ)				
		1,50% 2014	10,50% 2020	25,50% 2030	30,00% 2033	Ahorro total 2014-2033
Industria energética	1.299.983	19.500	136.498	331.496	389.995	4.094.948
Industrias manufactureras y de la construcción	761.146	11.417	79.920	194.092	228.344	2.397.611
Transporte	1.257.313	18.860	132.018	320.615	377.194	3.960.535
Otros sectores	770.493	11.557	80.902	196.476	231.148	2.427.053
Total	4.088.935	61.334	429.338	1.042.679	1.226.681	12.880.146

Fuente: Elaboración propia.

La previsión asumida en este estudio es que la tendencia marcada hasta 2020 continuaría hasta el año 2033, alcanzándose ahorros de hasta el 30% al final del período. Esto supondría un ahorro total de casi 13 millones de TJ entre 2014 y 2033, que se aplicaría a los sectores industrial, transporte, residencial, comercial, institucional, agroforestal y pesca, tanto en el consumo de energía primaria como en la demanda de energía eléctrica.

Edificios con un consumo de energía casi-nulo (NZEB)

Para alcanzar el escenario que presenta la mayor apuesta (escenario de Medidas Adicionales) sería necesario un esfuerzo extra en términos de ahorro y eficiencia energética en el ámbito de la edificación. Los sectores residencial y comercial e institucional, fueron responsables en 2012 del 20% de la energía primaria total consumida en España y representaron casi el 65% de la demanda eléctrica de dicho año (IDAE). Puesto que, prácticamente la totalidad del consumo de dichos sectores proviene de los edificios asociados a ellos, se pueden catalogar a estos como grandes consumidores de energía.

El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE – Ahorro de

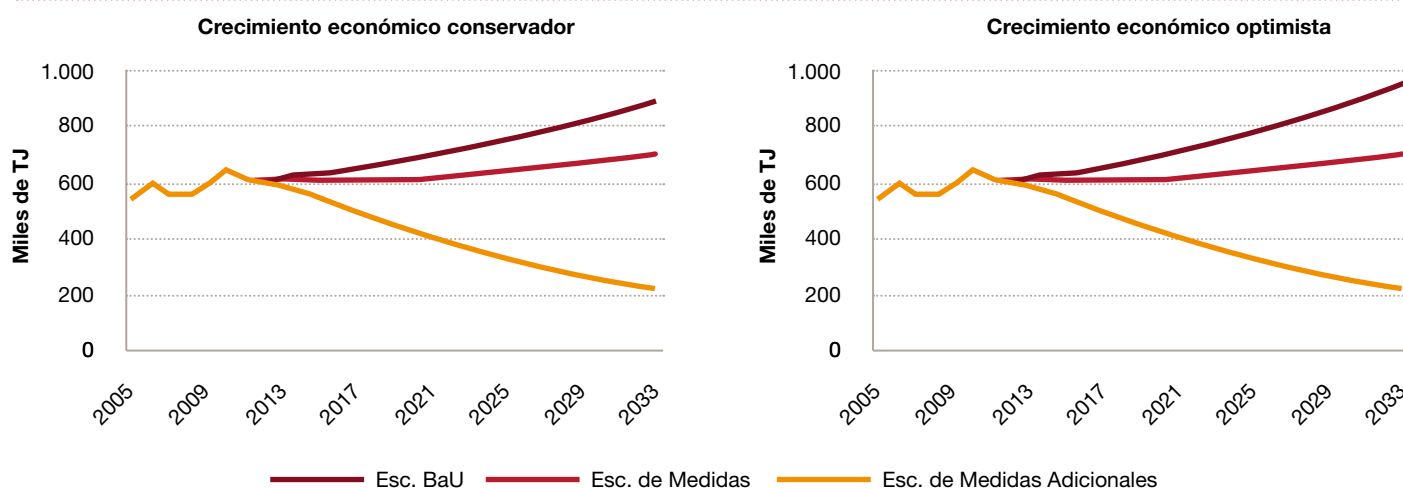
Energía, aprobado por el Ministerio de Fomento en septiembre de 2013, incluye la normativa en materia de energía a la que se deben someter los edificios de nueva construcción y aquellos que sean ampliados o reformados. Establece una limitación del consumo y la demanda energética, el rendimiento de las instalaciones térmicas, la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, así como la contribución mínima de energía solar para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria y electricidad. La implementación de este documento de forma progresiva, no solo en edificios nuevos, sino también en la rehabilitación del parque existente, supondrá un considerable ahorro.

Por otro lado, la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios, además de incluir las directrices para el establecimiento de un sistema de certificación de eficiencia energética de los edificios en cada uno de los estados miembros, introduce el concepto de edificio de consumo de energía casi-nulo. A partir del fin del horizonte 2020 (2018 para los edificios de la administración pública), todos los edificios de nueva construcción deberán contar con unas medidas de eficiencia energética, instalaciones térmicas, envoltura y energías renovables



Cuadro 43.

Evolución del consumo de combustible primario de los sectores residencial, comercial e institucional por escenarios



Fuente: Elaboración propia.

integradas, que hagan que el consumo de energía neto exterior al sistema del edificio sea prácticamente nulo.

Para alcanzar el escenario modelado que presenta una mayor apuesta (escenario de Medidas Adicionales), es necesario incorporar los objetivos de estas dos normativas. De esta forma, se alcanzaría una reducción significativa del consumo energético de los sectores residencial y comercial e institucional.

Así, se conseguiría una reducción paulatina en el incremento del consumo energético interanual, hasta llegar a prácticamente cero en el año 2020, como consecuencia de la aplicación de tecnologías de ahorro y eficiencia energética en los edificios de nueva construcción. Al mismo tiempo, el consumo energético también se iría reduciendo de forma gradual, debido a la rehabilitación energética del parque de edificios ya existente.

Desarrollo tecnológico, innovación y cambios de comportamiento

La creación de una sociedad hipocarbónica requiere de un cambio de paradigma en la forma de consumir y producir energía. El actual modelo preponderante en el mundo es el mismo desde la Revolución Industrial, la quema de combustibles de alto poder calorífico, ricos en carbono. Este cambio solo puede llegar a través de la innovación, tanto tecnológica, como en las formas de producción, hábitos de consumo y estilo de vida de la población.

En esta línea, la forma de generar riqueza de la economía española será fundamental para la reducción de su intensidad energética. La economía deberá bascular de sectores altamente demandantes de energía por unidad de riqueza producida, hacia otros de consumo mucho menor. Para llevar a cabo este cambio, las tecnologías de

información y comunicación (TIC), así como la I+D+I generalizada en todos los sectores serán áreas clave.

Ligado a ello, será necesaria la creación de marcos legislativos que impulsen la innovación y el desarrollo de forma transversal. Simultáneamente, se deberán eliminar incentivos perversos y distorsionadores, y apostar por la implementación de mecanismos de mercado que incorporaren las externalidades en el coste de generación y consumo de energía.

Innovación en la generación eléctrica

Para alcanzar los horizontes dibujados, sería necesario un mayor apoyo gubernamental al desarrollo de nuevas tecnologías, que paulatinamente se irían



Cuadro 44.

Proporción del consumo de energía primaria cubierto por EERR, por escenarios

		2012	2020	2030	2033
Esc. BaU	EERR	14%	13%	12%	12%
Esc. de Medidas	EERR	14%	21%	31%	34%
Esc. de Medidas Adicionales	EERR	14%	25%	38%	41%

Biocombustibles y biomasa (arriba) y EERR (abajo).
Fuente: Elaboración propia.

haciendo más competitivas hasta superar a las formas de producción convencionales.

De esta forma, en el horizonte dibujado, la energía eléctrica generada a través de plantas solares termoeléctricas, geotérmicas, mareomotrices y térmicas de biomasa y biogás, serían económicamente competitivas en 2033, sumando una capacidad instalada de más de 84 GW en dicho año. Tecnologías ya establecidas como la solar fotovoltaica y eólica mejorarían su competitividad, y podrían llegar a convertirse en la fuente de energía eléctrica más barata del mercado. La energía solar y eólica generarían más de 154.130 GWh en 2033, lo que supondría entre el 34 y 37% de la electricidad generada total en dicho año, dependiendo del escenario.

Existen, además, otras tecnologías en desarrollo que pueden suponer una línea competitiva para la reducción de emisiones de GEI en el futuro. Estamos hablando principalmente de las tecnologías de CCS, presentadas en el primer capítulo. Sin embargo, la *Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva* en 2050 de la Comisión Europea, no plantea la introducción generalizada de esta tecnología hasta después de 2035, por lo que su potencial de reducción de emisiones no se ha incluido los escenarios futuros presentados.

Innovación en los combustibles

La innovación en los tipos de combustibles será una de las claves para la descarbonización de muchos sectores consumidores, pero especialmente en el transporte. En este sentido, la apuesta por el desarrollo de los biocombustibles de segunda y tercera generación permitiría la sustitución de los combustibles fósiles en aquellas actividades donde no sea posible el uso de la energía eléctrica.

Dependiendo del tipo de materia prima a partir de la cual se obtengan, los biocombustibles se clasifican por generaciones:

- i) **Primera generación:** se producen por procesos químicos como la fermentación alcohólica, la transesterificación o la digestión anaerobia de azúcares, almidones o aceites vegetales o animales. Tienen, por tanto, su principal origen en los cultivos agrícolas destinados a la alimentación humana, como la caña de azúcar y el maíz para el caso del etano o la colza, la soja, el girasol o la palma para el caso del biodiésel.
- ii) **Segunda generación:** son aquellos que proceden de fuentes no alimenticias, como desechos de cultivos o biomasa, con alto contenido lignocelulósico. Requieren

tecnologías de obtención más complejas que los de primera generación, las cuales aún están en fase de investigación u optimización.

iii) **Tercera generación:** tienen como materia prima cultivos energéticos, que mejoran el rendimiento de las cosechas y están específicamente diseñados para la obtención de biocombustibles, como las microalgas. Actualmente también se encuentran en fase de investigación.

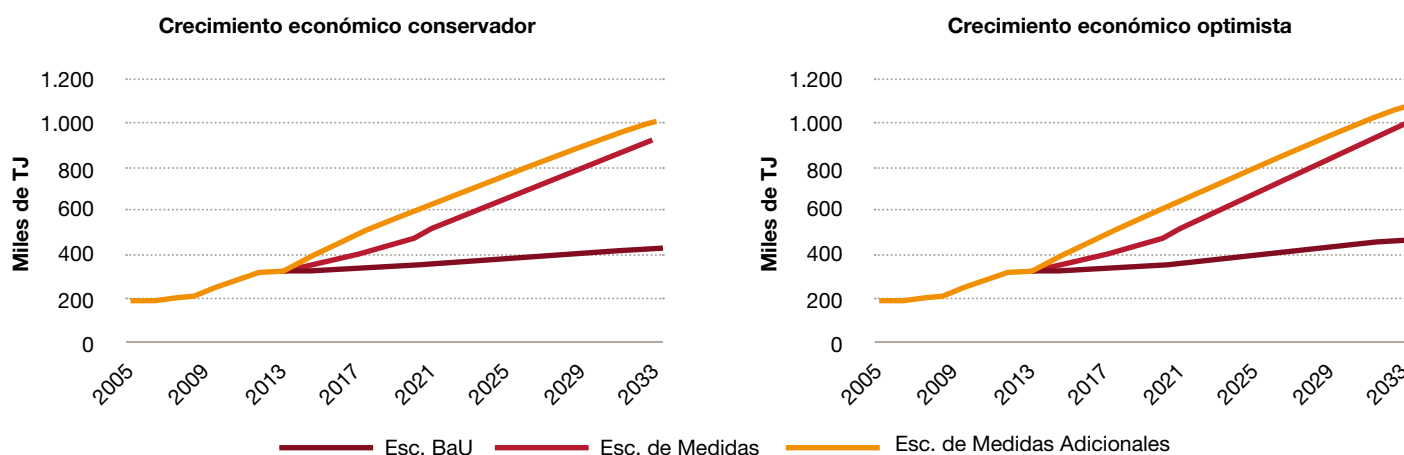
Por último, se han comenzado a investigar los biocombustibles de cuarta generación, a partir de bacterias modificadas genéticamente que

aprovecharían mejor el CO₂ durante el ciclo de vida.

Ligado a ello, los horizontes con medidas dibujados a 2033 también incorporan la puesta en marcha de una infraestructura que permita la producción y uso de biogases procedentes de residuos urbanos, industriales y agroforestales.

Las proyecciones de los escenarios de medidas contemplan un uso creciente de estos combustibles, así como de la biomasa sólida. En el escenario de proyección más optimista en cuanto a su utilización, llegarían a cubrir más de un 26% del consumo de energía primaria total al año 2033.

Cuadro 45.
Evolución del consumo de biocombustibles y biomasa por escenarios



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 46.
Proporción del consumo de energía primaria cubierto por biocombustibles y biomasa, por escenarios

		2012	2020	2030	2033
Esc. BaU	Biocombustibles y biomasa	8%	8%	8%	8%
Esc. de Medidas	Biocombustibles y biomasa	8%	11%	19%	21%
Esc. de Medidas Adicionales	Biocombustibles y biomasa	8%	16%	19%	26%

Fuente: Elaboración propia.



Cambio en los modos de transporte

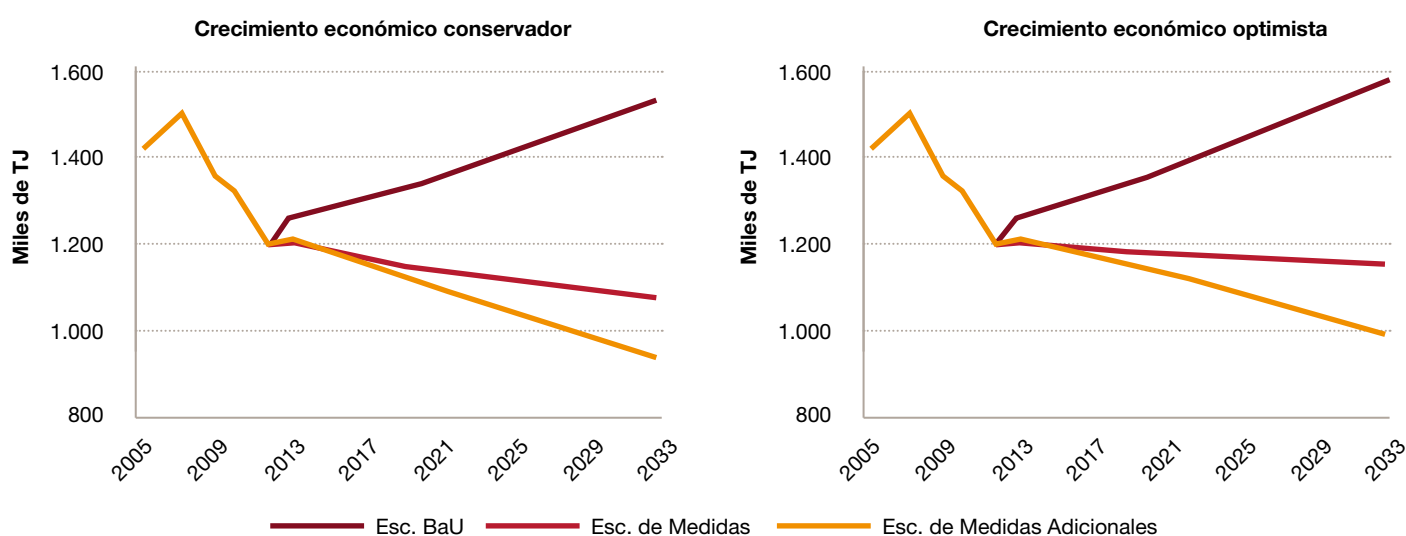
Por otra parte, además de la innovación en los combustibles, el sector transporte y los medios de comunicación presentan otras vías de actuación que sería necesario implementar para alcanzar los horizontes presentados.

Por un lado, es necesario incidir en un cambio de los patrones de desplazamiento. En los escenarios dibujados, el transporte aéreo y por carretera cedería terreno ante el transporte ferroviario. Más de un 30%

del transporte de mercancías por carretera (que se proyecta en el escenario BaU), sería asumido por el sistema ferroviario, cuyos principales consumos energéticos serían eléctricos. También se deberán dar cambios en cuanto al parque de vehículos con combustión interna convencional (gasolina y diesel). En los escenarios presentados, estos se reducirían en un 50%, a favor de vehículos impulsados por biocombustibles y vehículos eléctricos. Estos últimos no solo supondrían una vía de mitigación de emisiones de GEI, sino que también contribuirían a la mejora de la calidad del aire en las ciudades.

Cuadro 47.

Evolución del consumo de combustible primario de los sectores residencial, comercial e institucional por escenarios



Fuente: Elaboración propia.

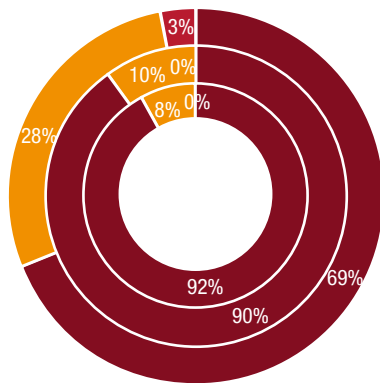
Por otra parte, la configuración de los centros urbanos también sufriría cambios relevantes, hacia urbes donde el tráfico rodado estaría

limitado, favoreciendo el uso de transporte público colectivo y modos de transporte con emisiones nulas, como la bicicleta.

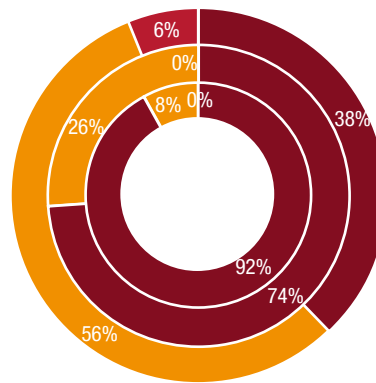
Cuadro 48.

Fuente de energía del transporte por carretera

Crecimiento económico conservador



Crecimiento económico optimista



■ Fósiles
■ Biocombustibles
■ Electricidad

Años 2012, 2020 y 2033
(de dentro hacia fuera).

El reparto de los esc. BaU es idéntico al de 2012.

Fuente: Elaboración propia.

5

La senda para la adaptación al cambio climático en España



El clima del futuro

El proceso de identificación de impactos del cambio climático se inicia con un conocimiento detallado de las condiciones climáticas actuales de las regiones y de sus posibles tendencias. Las proyecciones climáticas permiten evaluar el progreso del clima global.

En este sentido, los modelos climáticos constituyen la mejor herramienta actualmente disponible para estimar cómo afectarán los cambios de las concentraciones de GEI en el clima. A medida que mejora el conocimiento de los procesos que tienen lugar en el sistema climático, mejora igualmente la habilidad para predecir los cambios climáticos que probablemente tendrán lugar.

La información publicada hasta el momento para España se basa en el resultado de la regionalización desarrollada por parte de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), a partir de los escenarios del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (SRES) publicados en 2009²⁶. De forma general, los escenarios exponen diferentes contextos de evolución del desarrollo socioeconómico y tecnológico. Además, se utilizan diferentes patrones de

circulación atmosférica basados en parámetros meteorológicos (precipitación, temperatura, radiación solar, nubosidad, viento, humedad, etc.) y en la duración y frecuencia de los fenómenos meteorológicos tales como sequías, inundaciones, heladas o tormentas.

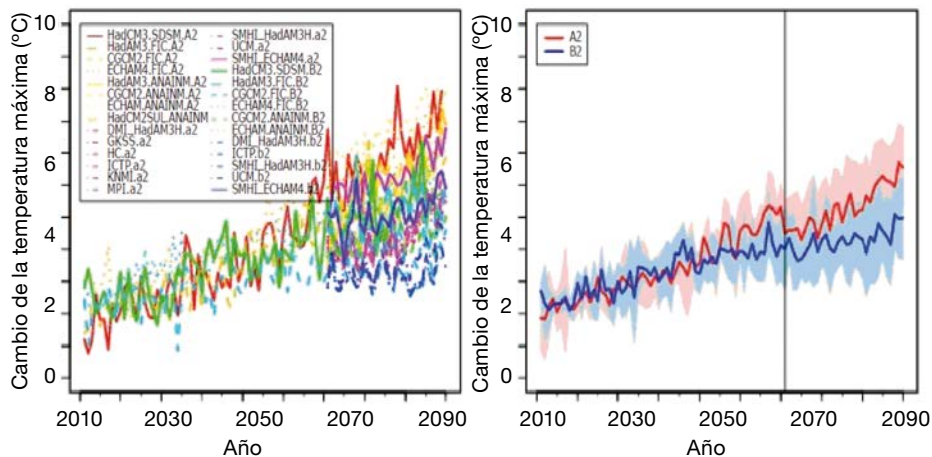
Los resultados para España revelan que existe una tendencia al calentamiento con aumento en las temperaturas máximas y mínimas, el número de días cálidos y noches cálidas y en la duración máxima de las olas de calor. Además, disminuiría el número de días de heladas, la cantidad de precipitación acumulada y el número de días de lluvia. Por otra parte, aumentaría ligeramente la duración de los períodos secos y el número de días con precipitaciones intensas.

Las predicciones en cuanto a precipitaciones no muestran una tendencia clara, como en el caso de la temperatura, pero sí se observa una ligera tendencia a la baja para finales del presente siglo. Ocurre lo mismo con las precipitaciones intensas, ya que solo presentan una ligera tendencia al alza durante el último período analizado.

²⁶ En la actualidad, AEMET está trabajando en la regionalización climática para España basada en los nuevos escenarios climáticos globales publicados por el IPCC en su AR5 y denominados trayectorias de concentración representativas (RCP).

Cuadro 49.

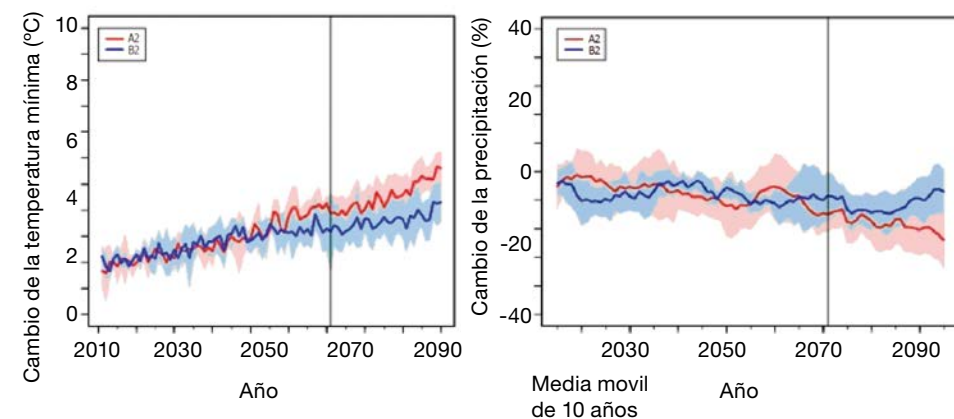
Evolución de temperatura máxima para España con diferentes modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión respecto al valor promedio de referencia, período 1961-1990



Fuente: Servicios climáticos de AEMET.

Cuadro 50.

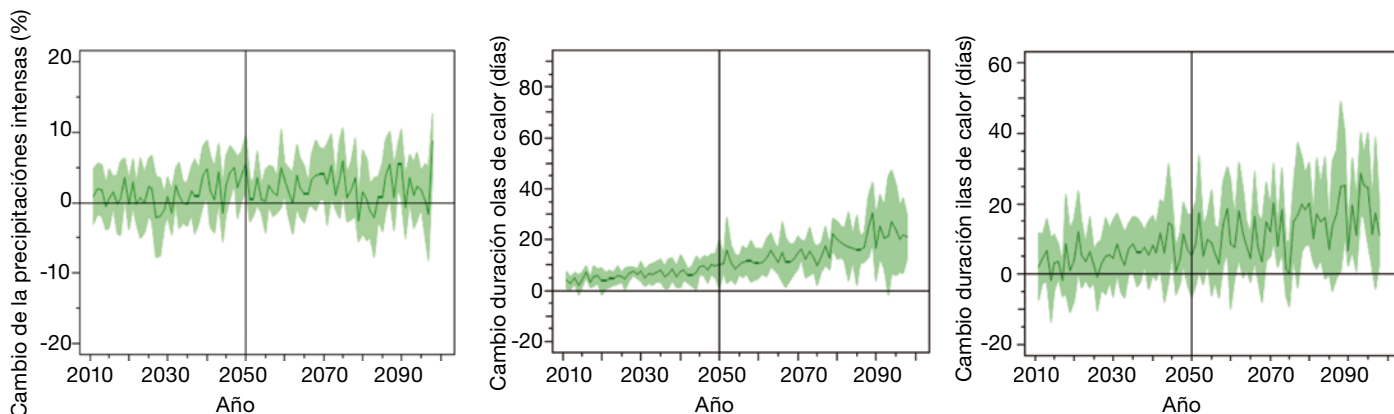
Evolución de temperatura mínima y precipitación para España con diferentes modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión respecto al valor promedio de referencia, período 1961-1990



Fuente: Servicios climáticos de AEMET.

Cuadro 51.

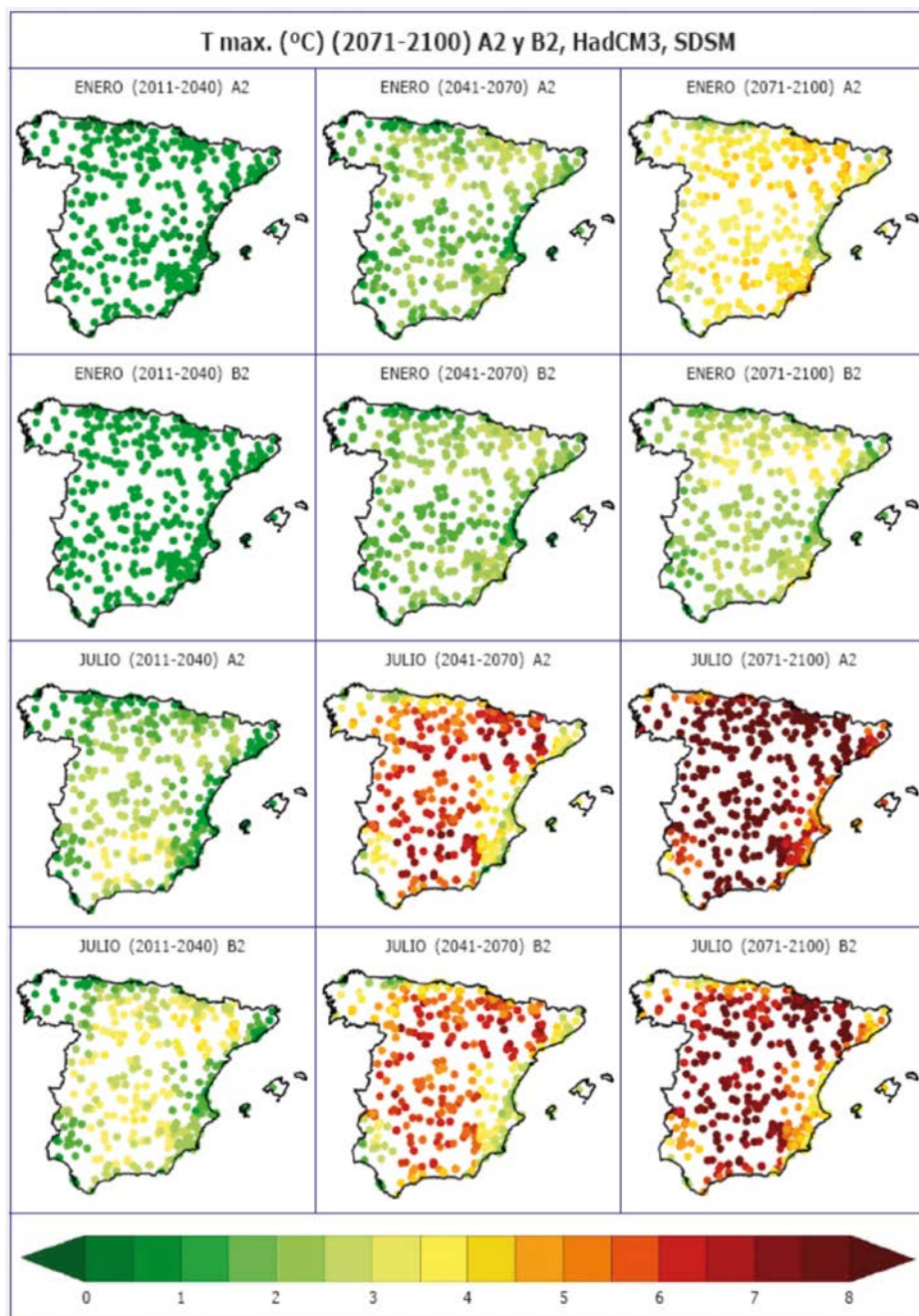
Evolución de eventos extremos para la España peninsular, período 2011-2100



Fuente: Servicios climáticos de AEMET.

Cuadro 52.

Temperaturas máximas mensuales para el período 2011-2100 para los escenarios A2 y B2 usando los modelos HadCM3 y SDSM²⁷



Fuente: AEMET. Informe generación de escenarios regionalizados para España. 2009.

²⁷ Hadley Centre Coupled Model version3 (HadCM3) y Statistical DownScaling Modelling (SDSM). El primero es un modelo de circulación atmosférico-oceánica utilizado para el análisis la evolución del clima en los reportes del IPCC mientras que el segundo es una metodología que permite generar información climática de alta resolución a escala mensual a partir de modelos climáticos generales.

La vulnerabilidad al cambio climático en España

La política española en la materia define sectores económicos prioritarios para la acción en materia de adaptación al cambio climático. Dentro de estos, el análisis realizado se ha centrado en aquellos más cercanos a la actividad económica e institucional española, más relacionados también con las emisiones de GEI energéticas. De esta forma, los protagonistas en este caso son el sector agropecuario, la pesca y el sector forestal, la industria, la energía, el turismo, el urbanismo y la construcción, los recursos hídricos y la salud (los dos últimos integrados aquí bajo la rúbrica de servicios públicos).

En las próximas páginas se llevará a cabo un análisis detallado por sector en relación a las posibles afecciones. Es importante destacar que una adaptación proactiva a los mismos tiende a reducir los costes frente a estrategias reactivas o de espera. En cualquier caso, existen también oportunidades asociadas para diversos sectores y empresas que deben tenerse en cuenta, pero no han sido abordadas de manera explícita en estas páginas.

A modo de síntesis, el análisis de los impactos del cambio climático sobre las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca revelan que las principales consecuencias vendrían de la mano de las previsiones de aumento de temperatura y reducción de precipitación. Estos cambios afectarían a los ciclos de cultivos y la economía rural, favoreciendo una mayor incidencia de plagas e incendios. En las zonas costeras, además, las previsiones de aumento del nivel del mar podría favorecer la salinización de las tierras adyacentes al litoral.

En el caso de las actividades industriales, incluyendo las ligadas al procesamiento de la energía, las variaciones en la temperatura y precipitación afectarán también a los procesos, así como al consumo energético, entre otros factores debido a que se puede prever una mayor demanda para climatización y refrigeración.

Por otra parte, las variaciones en el clima podrán afectar también a algunas formas de generación eléctrica, principalmente aunque no exclusivamente a las ligadas con el recurso hídrico.

El impacto del cambio climático sobre los servicios públicos estará muy relacionado con la gestión del agua y la salud. Una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos como olas de calor o lluvias intensas, ligado a aumentos de la temperatura media y disminución de la precipitación afectará a la calidad y disponibilidad de agua, además de afectar negativamente en la salud de la población, principalmente en los grupos calificados como sensibles (enfermos, ancianos y niños).

El turismo en España, muy ligado a los destinos de sol y playa, podrá sufrir cambios en la estacionalidad y en los destinos. Como en casos anteriores, las variaciones en temperatura y precipitación también conllevarían una mayor demanda energética e hídrica, unida a la estacionalidad de esta actividad.

Por último, no debemos olvidar el efecto que el cambio climático puede tener en las ciudades, que albergan a la mayoría de la población española. El efecto de isla de calor, que ya se produce en muchas de nuestras grandes urbes, se vería aumentado de cumplirse las previsiones

climáticas. La demanda energética e hídrica también aumentaría para mantener las condiciones de confort.

En cuanto a las infraestructuras, se podría dar un mayor deterioro y fatiga de los materiales, aumentando los niveles de riesgo, debido a una mayor aparición de eventos extremos, como son precipitaciones intensas o fuertes vientos. Además, los edificios del litoral pueden verse afectados por el aumento del nivel del mar, que incluso aumentará

el riesgo de daños materiales por oleaje, borrascas o fenómenos similares.

En la mayoría de los casos, los impactos climáticos, aparte de materializarse en daños físicos, tienen repercusiones económicas. Desde el coste que supone el arreglo o el mantenimiento de una determinada infraestructura, hasta las pérdidas económicas por interrupciones de la actividad o los gastos asociados al sobreconsumo de energía y agua, entre otros.

Cuadro 53.

Impacto del cambio climático en diversos sectores

Impactos del cambio climático	Sector: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
Aumento de las temperaturas (1)	- La variación de la estacionalidad y la variabilidad interanual afectarán los ciclos de cultivo y gestión de las explotaciones, lo que afecta al rendimiento y la economía rural. - Cambio de delimitación de las zonas agroclimáticas y redistribución de las especies arbóreas. Aumento de la evapotranspiración y de la demanda de agua. Estrés hídrico para el arbolado y los cultivos por déficit de agua. Ocasiona cambios en la densidad del arbolado o de especies. Ciertas áreas perderán sus sistemas arbolados, pasando a soportar otra vegetación. Aumento en las plagas y enfermedades forestales = fragmentación de las áreas forestales. Mayor colonización de las especies perforadoras o defoliadoras por los inviernos más benignos. Cambio de distribución y alcance de insectos, especies patógenas, plagas y enfermedades parasitarias (vectoriales) que afectan a los cultivos y al ganado. Disminución del control natural de estos a través de las heladas y bajas temperaturas del invierno y desplazamiento a latitudes mayores. Afecta a la viabilidad económica de las explotaciones (menores producciones y mayores gastos veterinarios). Reducción de la productividad de las aguas templadas españolas, y cultivos marinos en peligro por el incremento térmico del agua costera. Organismos amenazados y cambios en las redes tróficas marinas (reducción de los alimentos disponibles para los peces), así como en la distribución de muchas especies. Incremento en las especies de fitoplancton tóxico o de parásitos de especies cultivadas. Aumento de la vulnerabilidad de los organismos más longevos y de crecimiento más lento, como lo son los corales y las praderas de algas.
Reducción de precipitaciones (2)	- Reducción de productividad en especies sensibles. En zonas mediterráneas, la producción y el rendimiento de los árboles es limitada por la poca humedad del aire y del suelo debido al aumento de la demanda en evaporación asociado al aumento del calor, factor de estrés para la fotosíntesis si excede los 30 °C. - Aumento de las necesidades en agua para el riego de los cultivos, para los pastos/reducción de las reservas de agua en el suelo. Competencia sobre el agua e incremento de los precios.
Eventos extremos (3)	Sequía: falta de agua en el suelo, degradación del suelo, mayor desecación e inflamabilidad de la madera. Mayor intensidad, frecuencia, magnitud duración del peligro de incendios forestales y liberación de CO₂. Asociados a tormentas, los incendios generan erosión y desertificación; La insuficiencia de agua disponible para cubrir las necesidades de irrigación provoca pérdidas de cultivo/cosecha; La sequía afecta gravemente al crecimiento y la supervivencia de los árboles, así como a la disponibilidad de nutrientes en el suelo y conduce al aumento de las pérdidas de nitrógeno a través de una nitrificación acelerada. En la ganadería, la reducción en la disponibilidad de recursos forrajeros por la sequía y el aumento de temperatura por encima del nivel de neutralidad térmica genera estrés para los animales, afecta negativamente a la ingesta durante el pastoreo que se reduce también y aumenta la mortalidad. Reducción de la rentabilidad económica. Episodios extremos (tormentas, vendavales, ciclogénesis explosivas, etc.), con fuertes implicaciones para los ecosistemas de los bosques + madera dañada reducción de la protección contra las inundaciones y los corrimientos de tierra. Lluvias intensas de invierno-Inundaciones: durante la temporada de crecimiento de las plantas provoca la lesión y la inhibición de la germinación de las semillas, los cambios en anatomía de las plantas y la promoción de la senescencia temprana y mortalidad; daños a los cultivos en etapas vulnerables de su desarrollo e interrupción de la actividad agrícola. Años excesivamente húmedos pueden causar la disminución de los rendimientos como consecuencia de inundaciones y aumento de los problemas de plagas y enfermedades. La lluvia intensa y las granizadas pueden afectar el rendimiento y la calidad de los cultivos vulnerables.

Impactos del cambio climático	Sector: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
Aumento del nivel del mar (4)	Inundación de tierras agrícolas, salinización del suelo y de los recursos de agua. Abandono de las tierras por ser inadecuadas para el cultivo y riesgo de desertificación.
Normativa Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (BOE 19 de agosto de 2008). Ley 43/2003, de Montes, modificada por Ley 10/2006 y de planificación de rango estatal (Estrategia Forestal, Plan Forestal)- incorporación de la evaluación de impactos y la adaptación al cambio climático entre los criterios básicos de ordenación de los montes. - La OECC firmó en 2011 un Acuerdo Marco de Colaboración con el Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM), de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) con el objetivo de la promoción del conocimiento sobre los impactos, la vulnerabilidad y las opciones de adaptación en la agricultura, la ganadería y otros sectores relacionados. Entre las acciones desarrolladas, cabe señalar una línea formativa basada en la realización de webinars sobre agricultura y cambio climático	
Estudios realizados Directrices de gestión forestal adaptativa (2011), en el marco del proyecto de la OECC denominado Evaluación y Revisión de las Prácticas de Ordenación Forestal para una Gestión Adaptativa de los Bosques españoles ante el Cambio Climático. El proyecto tipifica y sistematiza los impactos y la vulnerabilidad de los bosques españoles, y analiza posibles medidas de adaptación, planteando como conclusiones, de forma muy sintética, una serie de propuestas y directrices selvícolas para una gestión adaptativa. Informe de síntesis de evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en la biodiversidad y los bosques en España.	

Impactos del cambio climático	Sector: Industria y Energía
Aumento de las temperaturas (1)	- Afecta a los procesos productivos que se desarrollan en ambientes abiertos o que necesitan mantener una estabilidad térmica para optimizar su rendimiento. - Impacto en las centrales térmicas y nucleares refrigeradas en circuito abierto y efectos sobre los sistemas de refrigeración por aire en centrales eléctricas. Mayores consumos de electricidad asociados a la refrigeración de los procesos industriales que necesitan frío. Alteración del patrón estacional y anual de la demanda energética y variación en el mix de producción de energía eléctrica, ligado a una menor hidrogenación por disminución del recurso hídrico Mayor evapotranspiración en cuencas y disminución de los caudales en los ríos y consiguiente reducción de la disponibilidad de agua para la energía hidráulica frente a otras prioridades como el riego o abastecimiento - En el sector de generación eléctrica, pérdida de la capacidad de transporte de las líneas de alto voltaje y aumento de la resistencia de los conductores eléctricos. Disminución de la eficiencia en la generación de las centrales térmicas (hasta un 19% de pérdida en verano para aumentos de temperatura de 1 °C), así como en los motores de industrias que consumen combustibles fósiles. Implica consumos de combustible mayores. - Menor producción de energía.
Reducción de precipitaciones (2)	- La disminución de recursos hídricos impactará especialmente en las actividades industriales intensivas en consumo de agua como por ejemplo la industria papelera pudiendo ocasionar paradas en la producción. - Menor disponibilidad de agua para la refrigeración de centrales eléctricas. - Menor producción de energía hidráulica por menor disponibilidad de agua. Incremento de la demanda de combustibles fósiles para generar electricidad y responder a los picos de consumo.
Eventos extremos (3)	Las lluvias intensas podrán provocar inundaciones en las instalaciones industriales y energéticas situadas en fondos de valles fluviales, en cuencas modificadas y en los que las inundaciones son frecuentes así como deslizamientos de tierra + vientos extremos = consiguientes daños materiales en las infraestructuras y los activos industriales. Ej.: daños a las carreteras de acceso a las instalaciones productivas. Ej.: paradas en el abastecimiento de energía y agua por daños a las infraestructuras y competencia sobre el uso de los recursos escasos. Olas de calor, olas de frío y sequías darán lugar a picos de demanda cada vez más importantes, lo que podría causar una sobretensión de la infraestructura energética.
Aumento del nivel del mar (4)	Daño a las carreteras e instalaciones localizadas en la línea de costa. Exposición de las infraestructuras de almacenamiento de gas en áreas costeras acentuada con los fuertes vientos y oleaje. Afecta a los activos industriales situados en la costa en general.

Impactos del cambio climático	Sector: Servicios públicos
Aumento de las temperaturas (1)	- El aumento de la temperatura del agua afecta las propiedades físicas, químicas, biológicas y las condiciones bacteriológicas de lagos, embalses y ríos, provocando efectos adversos sobre las especies y la calidad del agua. Aumenta la probabilidad de floraciones de cianobacterias. Incidencia de microorganismos patógenos como el del botulismo lo que dificulta el tratamiento de las aguas residuales (coagulación y floculación). Interrupción de suministros. - Anticipación de los caudales máximos primaverales en los ríos alimentados por glaciares y por nieve-cambios en la disponibilidad de agua.. - Mayor demanda de agua y sobre-explotación de acuíferos. - Aumento de la morbilidad cardiorrespiratoria asociada al ozono troposférico. - Enfermedades transmitidas por vectores infecciosos y por roedores: dengue, enfermedad del Nilo Occidental, malaria, encefalitis. - Incremento de las enfermedades diarreicas. - Cambio en la estacionalidad de algunos pólenes alérgicos.
Reducción de precipitaciones (2)	- Limitación de agua disponible como recurso. - Descenso adicional de los niveles freáticos, atribuido en parte a la menor duración de la estación de recarga y la menor retención de agua en forma de nieve. - Disminución de la escorrentía total y del recurso hídrico por descenso en las recargas.
Eventos extremos (3)	Sequía: - Algunas cuencas fluviales del Mediterráneo, que ya sufren estrés hídrico, pueden experimentar una notable disminución de la disponibilidad de agua con disminución de la escorrentía fluvial. - Riesgo más importante en las zonas con temperaturas medias altas y con precipitaciones bajas donde las aportaciones pueden reducirse hasta un 50% sobre el potencial actual. - La disminución de la disponibilidad de aguas superficiales y de la recarga de los acuíferos aumenta considerablemente la presión sobre estos por parte de distintos sectores que entran en competencia sobre su uso. Riesgo más importante en las zonas con temperaturas medias altas y con precipitaciones bajas donde las aportaciones pueden reducirse hasta un 50% sobre el potencial actual. Desequilibrios disponibilidad/demanda de agua según la zona geográfica. - En la agricultura, reducción de las aportaciones hídricas naturales y mayor demanda de agua de regadío acentuada por el aumento de las temperaturas. Lluvias torrenciales: - Inundaciones. Plantas de tratamiento de aguas residuales pueden sufrir sobrecargas y desbordamiento de caudal. Interrupción de suministros. Alteración de caudales, deslizamientos, crecidas relámpago en las cuencas del mediterráneo y del interior, erosión, desbordamiento de los sistemas de alcantarillado contaminación de las aguas superficiales que generan el aumento de la turbidez y el ritmo de colmatación de los embalses. Incremento de la eutrofización de lagos y ríos poco profundos. Contaminación microbiológica debida a maniobras incorrectas en la red de distribución (roturas, depresiones, infiltraciones de aguas residuales, etc.). Los eventos extremos provocan inundaciones, olas de calor, sequías, incendios afectando a la salud: ahogamientos, paradas cardiorrespiratorias, hipotermias, accidentes cardiovasculares, traumatismos y accidentes mortales, enfermedades infecciosas por contaminación del agua, deshidratación por escasez de agua, enfermedades mentales como ansiedad o estrés post-traumático, mortalidad y morbilidad por estrés térmico en islas de calor urbano. Los más vulnerables son los niños, mayores de 65 años, enfermos crónicos, desfavorecidos, personas con una movilidad reducida por dependencia y/o discapacidad. Aumento de ingresos hospitalarios. - El impacto sobre la salud está relacionado con la magnitud del desastre sobre los sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento, la disponibilidad de cobijo, el desplazamiento poblacional, el funcionamiento de la infraestructura de salud pública, el acceso a los servicios de salud, los servicios de asistencia pública y emergencia (bomberos, policía, servicios de atención urgente, servicios sociales).
Aumento del nivel del mar (4)	Determinados acuíferos cerca de la costa dejan de ser aptos para el consumo humano debido a la intrusión salina provocada por la elevación relativa del nivel del mar.

Impactos del cambio climático	Sector: Servicios públicos
Normativa	
- Integración de la necesidad de tener en consideración los efectos del cambio climático en la planificación hidrológica (RD 907/2007, Regl. de Planificación Hidrológica, BOE 7 de julio de 2007; Orden ARM/2656/2008, Instrucción de Planificación Hidrológica, BOE 22 de septiembre de 2008). - Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública integra el aspecto de adaptación. Puesta en marcha del Observatorio del cambio climático y salud. Instrumento de análisis, diagnóstico, evaluación y seguimiento de los impactos del cambio climático en la salud, y dar apoyo a las políticas de mitigación del cambio climático en el sector. Apoyar la inclusión de la salud en las políticas de cambio climático e integrar la adaptación al cambio climático en las políticas de salud, impulsar un sistema de información que permita evaluar las consecuencias del cambio climático sobre la salud, potenciar la investigación en la materia y concienciar a la población. Plataforma web y base de datos sobre el cambio climático y la salud para la difusión de información científico técnica, noticias, enlaces de interés y material divulgativo, y una evaluación de la normativa sectorial, con el fin de facilitar la integración de la adaptación al cambio climático en las políticas de salud en España. Grupos de trabajo han elaborado un informe sectorial en cuatro áreas (calidad del aire, temperaturas extremas, enfermedades transmisibles y calidad del agua) donde se analizan los impactos previsibles del cambio climático, las opciones de adaptación, las lagunas de conocimiento, etc.	
Estudios realizados	
“Estudio de los Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y las Masas de Agua”, con cuatro líneas de trabajo que evalúan los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos en régimen natural; las demandas de agua (urbanas y de regadío); los sistemas de explotación de los recursos hídricos; el estado ecológico de las masas de agua.	

Impactos del cambio climático	Sector: Turismo
Aumento de las temperaturas (1)	- Redistribución de las condiciones climáticas ideales para el turismo en el tiempo y en el espacio. Cambio en las condiciones de confort de los turistas y consiguiente redistribución de los flujos de turistas con cambio de estacionalidad, destinos y acortamiento de la estancia media. Impacto positivo en ciertos destinos y negativo en otros con mayor/menor afluencia de turistas. Tendencia en verano a preferir zonas menos cálidas como las costas del norte sobre las regiones del interior peninsular, que experimentarán descensos importantes en su idoneidad climática; incremento en el efecto isla de calor de las ciudades; mayor atractivo de los parques naturales con menor riesgo de incendio; turismo de nieve en las zonas de montaña afectado por la disminución de la innivación, el derretimiento más rápido de la nieve y las avalanchas; aumento del turismo en primavera y otoño. - Mayor demanda y más gastos en climatización. Picos de demanda en electricidad. - Aumento del consumo de agua. - Cambios en la distribución de la biodiversidad terrestre y marina y pérdida de atractivos naturales y especies. - Cambios en la distribución de enfermedades vectoriales infecciosas tropicales: reducción del atractivo turístico de las zonas cálidas afectadas.
Reducción de precipitaciones (2)	- Escasez en recursos hídricos y agravamiento de la situación de abastecimiento de agua: problemas de funcionalidad o viabilidad económica de ciertos destinos con temperaturas altas, demanda de agua al alza y conflictos entre sectores para su uso. - Aumento en la evapotranspiración, desertificación y aumento del riesgo de incendio forestal con las repercusiones negativas asociadas en el turismo y los turistas. - Irregularidades en la aportación de nieve: disminución en la cobertura de nieve y de glaciares afecta a la práctica de deportes de nieve e implica mayores costes derivados de la producción de nieve artificial. - Menor disponibilidad de agua durante la primavera y verano en ríos y lagos: alteraciones del valor ecológico o paisajístico de ciertos ecosistemas influyendo en su atractivo turístico-ocio. - Cambios en el suelo (ej.: niveles de humedad, erosión y acidez): daños y pérdida en los recursos arqueológicos y naturales atractivos a nivel turístico.

Impactos del cambio climático	Sector: Turismo
Eventos extremos (3)	• Incremento de los destrozos y daños físicos en las infraestructuras de turismo, interrupciones de los suministros, alteraciones en los ecosistemas y cancelaciones en reservas. • Estrés asociado con las olas de calor. • Lluvias torrenciales y tormentas: inundaciones; daños a infraestructuras y recursos turísticos, al patrimonio arquitectónico, cultural y natural, daños físicos por desmoronamientos en laderas de pendiente, daños a rutas de acceso-cortes y retrasos en medios de comunicación, así como en suministros de energía, alimentos y agua sobre todo en zonas más retiradas. • Sequía: competencia por el agua; mayor frecuencia e intensidad de incendios forestales y consiguiente pérdida de calidad estética, de atractivos naturales y especies, aumento en el riesgo de inundaciones y afección a la seguridad de las infraestructuras turísticas.
Aumento del nivel del mar (4)	• Amenaza/daños a los asentamientos turísticos como puertos deportivos, marinas, paseos con el rebase por las olas de las obras marítimas como los diques. • Aumento de la cota inundable. Riesgo de inundación y deterioro de recursos en primera línea de costa. • Erosión costera y retroceso de playas. • Pérdida de atractivo turístico de los hoteles de costa.
Estudios realizados	
• “Impactos del cambio climático y adaptación en el turismo de interior”. • Identificación de la información disponible para evaluar los impactos y la vulnerabilidad. • Metodología de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático basado en índices climáticos turísticos adaptados a las particularidades de los distintos tipos de turismo. • Casos de estudio. • Propuesta de medidas de adaptación al cambio climático. • Aproximación del valor del impacto económico del cambio climático. • Proyecto cambio climático en la costa de España C3E- Información para el sector turismo de costa para que integren los impactos del cambio climático en su planificación y gestión y en las estrategias empresariales del sector. • Evaluación de los impactos del cambio climático sobre el turismo de nieve en los principales sistemas montañosos de España en el siglo XXI. • Evaluación sectorial sobre evaluación y seguimiento de los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático sobre el turismo en España.	



Impactos del cambio climático	Sector: Urbanismo y Construcción
Aumento de las temperaturas (1)	• Fenómeno de islas de calor urbano con edificios inadaptados a las condiciones climáticas. Mayor demanda en energía (aire acondicionado) debido a la exposición al sol (más calor), a un aislamiento, ventilación y climatización inadecuados. Repercute sobre el microclima de la localidad. • Riesgo de daños a materiales y estructuras y pérdidas de valor de activos inmobiliarios. • Dilatación de los carriles y las sujeciones. • Amenaza a las infraestructuras de zonas de montaña por deslizamientos, inundaciones, caída de rocas, avalanchas, con pérdida de masa de los glaciares, cambios morfológicos, reducción de la capa de nieve, deshielo del permafrost y cambio en los patrones de precipitaciones. • En infraestructuras de transporte, mayor deterioro y fatiga de los materiales (incluyendo asfalto, juntas de dilatación, hormigón armado con una aceleración de su carbonatación, corrosión del metal que refuerza las estructuras, vías férreas), el sobrecalentamiento del equipamiento auxiliar y los daños causados por el incremento de los incendios forestales.
Eventos extremos (2)	• Problema del urbanismo extensivo con el aumento del uso de recursos por vivienda (agua, energía) y mayores necesidades de transporte-impactos en sinergia con otros sectores. • Impacto en el funcionamiento de las infraestructuras de transporte como las aeroportuarias (despegue/aterrizaje) por su ubicación, exposición, orientación, etc. a fuertes vientos, niebla, precipitación. • Precipitaciones intensas: – Riesgo de deslizamiento y corrimientos de tierra en los taludes y terraplenes de ferrocarril por la erosión así como en las laderas adyacentes a las infraestructuras de transporte. Reducción de la capacidad de soporte de la obra de tierra. – Daños al balasto, subbalasto y la explanada de las líneas de ferrocarril, aumentando el contenido de humedad y la presión intersticial del suelo, y disminuyendo su estabilidad. – Elevación de caudales de escorrentía-saturación de los sistemas de drenaje de las carreteras. Menor infiltración del agua-acumulación de agua en el firme y en la explanada, reduciendo su capacidad de soporte y su período de vida efectivo. – Corrimientos de tierras, filtración de las aguas, saturación del alcantarillado, inundaciones y grandes crecidas, consiguientes deslizamientos y subsidencia del suelo-afecta a la resistencia de edificios e infraestructuras de transporte, daño a los cimientos y sótanos, impermeabilización, pérdida de funcionalidad, reducción de la vida útil, destrucción. • Ej. 1. En los puentes, erosión de pilas, estribos y muros de contención adyacentes a carreteras. Puede disminuir o agotarse el resguardo entre la lámina de agua y el tablero de los puentes. • Ej. 2. Aceleración de los procesos de fisura, degradación superficial y desprendimiento de áridos de la capa de rodadura de la calzada, provocando la aparición prematura de baches y reduciendo a largo plazo las características resistentes del firme. – Inundaciones por la impermeabilización del suelo en zonas con tasa de urbanización alta y ubicación en zona inundable (en borde de río...). • Fuertes vientos: caída de árboles y vegetación sobre las vías de trenes, pérdida de contacto entre pantógrafo y catenaria y posible derribo de catenaria. • Olas de calor: envejecimiento acelerado de materiales. Formación más frecuente de garrotes en raíles. Defectos en las infraestructuras-deformaciones, roderas, fisuras y baches, así como afecciones significativas a las juntas de las estructuras de hormigón por oxidación prematura del ligante y ablandamiento de las capas bituminosas del firme.
Aumento del nivel del mar (3)	• Edificios al borde del mar, infraestructuras portuarias amenazadas por la subida del nivel del mar acompañado de fuerte oleaje, borrascas, lluvia. Rebase de las infraestructuras del litoral. Riesgo de inundaciones y riesgo de rotura de diques.
Normativa	
Integración de la adaptación en la normativa sectorial derivada del PNACC • Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de Evaluación y Gestión de Riesgos de inundación. • Ley 2/2013, de 29 de mayo, de Protección y Uso Sostenible del Litoral y de Modificación de la Ley 22/1988, del 28 de julio, de Costas. • Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental. Esta ley establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible, mediante: la integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos; el análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables; el establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente; el establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias.	
Estudios realizados	
• La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas-aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte. • Las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Proporciona pautas para integrar la adaptación al cambio climático en la elaboración de planes y programas de la construcción, el mantenimiento y/o la explotación de las infraestructuras de transporte.	

Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes.

Las palancas para el refuerzo de la capacidad de adaptación

Hasta el momento, los esfuerzos en este sentido han estado dirigidos por el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Este instrumento de planificación define el contexto de la adaptación al cambio climático en España y establece el marco de referencia para la coordinación de las actividades de evaluación de impactos,

vulnerabilidad y adaptación a nivel nacional y regional. El mismo se desarrolla a través de Programas de Trabajo periódicos, de los que hasta el momento han sido aprobados tres.

En la siguiente tabla se especifica el enfoque de cada programa de trabajo del PNACC.

Cuadro 54.

Política española para la adaptación al cambio climático

Política	Contenido
Primer programa de trabajo del PNACC 2006	• Período 2006-2008. • Su primer objetivo es responder a la necesidad de obtener información de partida para realizar la evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación de los sectores y prepararse frente a los efectos adversos del calentamiento global. • Cuatro ejes de actuación: (i) la generación de escenarios climáticos regionalizados; la evaluación del impacto del cambio climático en tres sectores definidos como prioritarios: (iii) los recursos hídricos, (iv) la biodiversidad y (v) el litoral costero.
Segundo programa de trabajo del PNACC 2009	• Período 2009-2013. • Cuatro nuevos ejes de actuación: (i) la evaluación sectorial de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, extendiendo los trabajos realizados en el primer programa de trabajo a un mayor número de sectores-salud, turismo, agricultura, bosques, suelo/desertificación; (ii) la integración de la adaptación al cambio climático en la normativa sectorial de forma explícita, tanto a nivel estatal como autonómico, de manera que esta se incluya de forma sistemática en la planificación sectorial y transversal; (iii) la movilización de actores clave público-privados, integrando los objetivos de participación, comunicación, concienciación y formación del PNACC, (iv) sistema de indicadores de impactos climáticos y adaptación al cambio climático en España. • Los dos pilares clave de actuación fueron el impulso de un Programa de I+D+i y la coordinación entre administraciones.
Tercer programa de trabajo del PNACC 2013	• Período 2014-2020. • Profundiza en las necesidades de coordinación que existen entre las diferentes escalas de la planificación (local, regional, estatal y europea), las diferentes dimensiones pública y privada, y la coordinación y transversalización entre los distintos sectores priorizados. • Continúa con la estructura de cuatro ejes y dos pilares de acción del segundo programa de trabajo. • Para cada sector se incluye la componente económica de evaluación de costes y beneficios y se analizan los potenciales fondos e instrumentos europeos aplicables para la financiación de la adaptación. • En 2015, se lanza un nuevo Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España, (PIMA Adapta), que incluye una inversión de 12,1 millones de euros para más de 46 actuaciones en la costa, el dominio público hidráulico y los Parques Nacionales.

Fuente: PNACC.

Sobre la base del trabajo realizado hasta el momento, será necesario realizar una mayor apuesta por la comprensión e interiorización de políticas de adaptación al cambio climático en todos los ámbitos, públicos y privados.

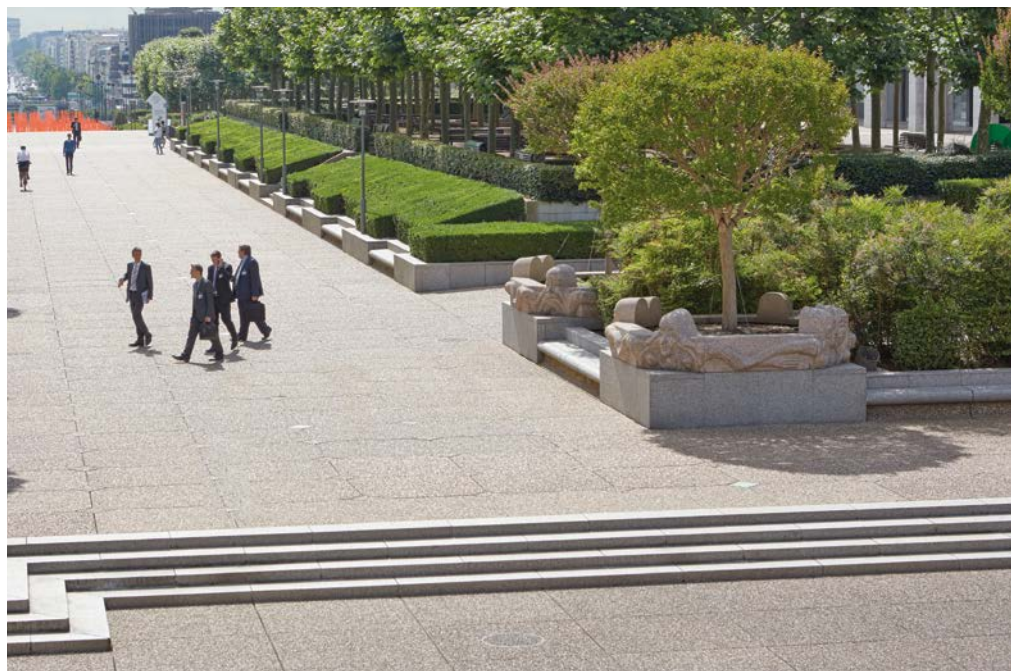
Del análisis realizado anteriormente sobre las principales consecuencias debidas al cambio climático que se pueden esperar, se extraen líneas de trabajo que permitirán reforzar la capacidad de adaptación ante ellas.

- En las actividades ligadas al sector primario será necesario realizar un mayor esfuerzo para revisar, sintetizar y evaluar el conocimiento existente sobre los impactos, vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático del sector en España. Ello solo podrá ser posible si se desarrollan marcos de colaboración entre organismos públicos y privados, que favorezcan la actuación conjunta.
- En el caso del sector industrial, incluyendo el energético, deberá interiorizar la evaluación periódica de la vulnerabilidad al cambio climático dentro de la estrategia empresarial de las diferentes empresas, incluyendo la identificación y selección de aquellas acciones más costo-eficientes.
- La coordinación entre instituciones públicas y privadas será clave para abordar actuaciones en sectores como la salud o la gestión hídrica, ante escenarios futuros con menor disponibilidad de agua y mayor incidencia de enfermedades ligadas a cambios en el clima.
- Los patrones actuales del sector del turismo podrán modificarse en las siguientes décadas, por lo que para poder aprovechar las oportunidades y minimizar los impactos negativos de este cambio, es necesaria una

evaluación temprana de las zonas turísticas actuales y su posible evolución con los diferentes escenarios climáticos previstos. Para que la estrategia futura del sector sea exitosa, esta debe también ser coordinada de forma conjunta desde los ámbitos público y privado.

- La estructuración de los centros urbanos también deberá adecuarse a las nuevas condiciones climáticas, incorporando en las planificaciones urbanísticas las previsiones climáticas existentes. Por otra parte, en lo que se refiere a las construcciones, será importante el desarrollo de proyectos de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación en las infraestructuras más expuestas, incluyendo su pertinente análisis de costes y beneficios.

En las siguientes tablas se incluye un análisis más detallado sobre las líneas de trabajo, que se pueden abordar para favorecer la capacidad de adaptación al cambio climático de las actividades comentadas.



Cuadro 55.

Propuestas de líneas de trabajo para la adaptación al cambio climático en diversos sectores

Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	
	- Revisión, síntesis y evaluación del conocimiento existente sobre los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal, en la agricultura y en la ganadería en España. - Desarrollo de marcos de colaboración con organismos competentes en el ámbito de la investigación y gestión forestal, así como de la agricultura y el seguro agrario en España. - Impacto del cambio climático en los diferentes productos directos forestales y servicios ambientales. Implicaciones económicas y sociales. - Desarrollo de conocimiento y herramientas para la selección de semillas forestales como base para la selección de ecotipos en acciones de restauración que integren proyecciones de cambio climático. - Evaluación de los impactos del cambio climático sobre los incendios forestales. - Evaluación de los impactos del cambio climático sobre plagas y enfermedades forestales. - Desarrollo de metodologías de análisis de costes y beneficios de la gestión forestal adaptativa. - Indicadores de efectos del cambio climático en las formaciones forestales y en el sector agricultura, pesca y acuicultura. - Impactos y adaptación al cambio climático sobre las principales zonas y cultivos agrícolas, incluyendo la agricultura de regadío y sus demandas de agua; sobre zonas y cabañas ganaderas; sobre la acuicultura; sobre la industria agroalimentaria; sobre el seguro agrario y sobre la actividad pesquera en España. - Desarrollo de metodologías de análisis de costes y beneficios de la adaptación, y aplicación en áreas o ámbitos piloto del sector. - Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector agroalimentario. Aplicación en empresas piloto.
Industria y Energía	
En el ámbito de la energía	- Evaluación del efecto del cambio climático sobre la demanda de energía en España, a nivel regional y por sectores económicos. - Evaluación 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 del impacto del cambio climático sobre los sistemas de refrigeración en los sistemas de producción energética. - Desarrollo y aplicación de metodologías de análisis de costes y beneficios de la adaptación en el ámbito del sector energético español. - Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector de la energía. - Indicadores de cambio climático en el sector.
En el ámbito de la industria	- Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector de la industria. Aplicación en empresas piloto. - Desarrollo y aplicación de metodologías de análisis de costes y beneficios de la adaptación en el ámbito del sector industrial español. - Indicadores de cambio climático en el sector.
Servicios Públicos	
	- Evaluación del efecto del cambio climático sobre fenómenos hidrológicos extremos: cambios en la frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones. - Evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hidrogeológicos en España. - Evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos procedentes de la innivación en España. - Evaluación del impacto del cambio climático sobre el abastecimiento y el saneamiento. - Desarrollo de metodologías de análisis de costes y beneficios de la adaptación tanto en el ámbito del agua como de la salud. - Establecimiento y desarrollo de marcos de colaboración con organismos competentes en el ámbito de la investigación, planificación y gestión de los recursos hídricos. - Indicadores de cambio climático en el sector agua y salud. - Revisión, síntesis y evaluación del conocimiento existente sobre los impactos, la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la salud en España, en cada área del OSCC. - Mantenimiento y gestión de la base de datos y de la plataforma web del Observatorio de Salud y Cambio Climático (OSCC). - Evaluación del impacto del cambio climático sobre la calidad y disponibilidad del agua potable en zonas rurales.

Turismo

- 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 (tangible e intangible) y su repercusión en el turismo.
- Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector turístico. Aplicación en empresas piloto.
- Establecimiento y desarrollo de marcos de colaboración con organismos competentes en el ámbito del turismo.
- Revisión, síntesis y evaluación del conocimiento existente sobre los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los distintos segmentos del turismo en España, materializado en un informe de evaluación sectorial.
- Evaluación de la repercusión de la pérdida de biodiversidad por efecto del cambio climático en el turismo ecológico.
- Desarrollo de metodologías de análisis de costes y beneficios de la adaptación, y aplicación en áreas o ámbitos piloto del sector.

Urbanismo y Construcción

- | | |
|--|---|
| En el área del transporte | <ul style="list-style-type: none">• Desarrollo y potenciación de los sistemas de información sobre fenómenos adversos asociados al cambio climático que afectan a cada modo de transporte, incluyendo la revisión de los sistemas de alerta temprana de fenómenos que por efecto del cambio climático van a aumentar en intensidad y frecuencia.• Revisión de los planes de contingencia y procedimientos de emergencia para integrar la dimensión del cambio climático.• Desarrollo de proyectos de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en las infraestructuras que previsiblemente se verán más afectadas, que incluya la componente de análisis de costes y beneficios de los impactos y la adaptación.• Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector transporte. Aplicación en empresas piloto.• Revisión de las normas técnicas de recomendaciones de diseño, estándares, protocolos de prevención, mantenimiento y vigilancia, etc., para cada modo de transporte.• Indicadores de cambio climático en el sector.• Líneas de investigación en el campo de nuevos materiales de construcción y componentes de las infraestructuras de transporte que minimicen los impactos del cambio climático. |
| En el área de urbanismo y construcción | <ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de una guía metodológica para la integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial española del sector de la construcción. Aplicación en empresas piloto.• Desarrollo de una guía metodológica para la aplicación en el planeamiento urbano de herramientas para la adaptación al cambio climático.• Desarrollo y aplicación de metodologías de análisis de costes y beneficios de la adaptación en el ámbito del sector de la construcción y del urbanismo.• Indicadores de cambio climático en los sectores de construcción y urbanismo. |

Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes.

Oportunidades empresariales de la adaptación al cambio climático

Los riesgos para un sector a menudo significan oportunidades de negocio para otro (PwC, 2011). En este caso, el cambio climático representa una oportunidad para los proveedores de tecnologías y soluciones de adaptación que ven abrirse nuevos mercados, incrementarse la demanda de productos o servicios existentes y afirmarse la necesidad de nuevos productos o servicios. Los que tengan capacidad de previsión y cambio podrían obtener como recompensa ventajas competitivas sostenibles.

La gestión de la adaptación al cambio climático en el ámbito empresarial

puede suponer, además, un refuerzo de su buena reputación. Al revelar cómo gestiona la empresa los riesgos climáticos y cómo maximiza las oportunidades, puede infundir confianza a los inversores, a los clientes y a otras partes interesadas. Además, el apoyo a la adaptación al cambio climático de las comunidades y ser vistos como proveedores de soluciones, puede mejorar también la imagen social.

En relación con esto, a continuación se recogen algunas oportunidades en este sentido para diferentes sectores del ámbito privado.

Cuadro 56.

Oportunidades de la adaptación al cambio climático para el sector privado

Principales sectores privados	Funciones y oportunidades
Industria aseguradora - (Re) aseguradoras mundiales/nacionales. - Agentes locales e internacionales. - Canales de distribución (internet, telemarketing, etc.) - Proveedores de micro finanzas.	- Crear capacidad en el país para analizar, prevenir y gestionar los riesgos relacionados con la variabilidad y el cambio climático. - Ofrecer nuevos productos de seguros para aumentar su mercado y nuevos territorios y responder a los nuevos peligros (ej.: producto de cobertura de catástrofes naturales para empresas y gobiernos basados en índices meteorológicos; productos de microseguros para las comunidades con escasos recursos).
Tecnologías de la información y la comunicación	- Medidas de alerta temprana frente a distintas amenazas. - Sistemas de comunicación de desastres para los trabajadores de los grupos de asistencia, alertas meteorológicas a través de móviles. - Soluciones y modelos de datos, incluyendo imagen por satélite, modelos de riesgos SIG y evaluación postdesastre.
Sector de alimentación/ bebidas y agricultura	Fomentar y promover el interés por la innovación en la reducción y el aseguramiento del riesgo entre grupos de agricultores.
Asistencia de respuesta en caso de desastre	Industrias con las habilidades necesarias: potencial para apoyar los esfuerzos de asistencia en caso de desastre con urgencia y a gran escala, a nivel local y regional.
Otras tecnologías y soluciones en adaptación	- Empresas de biotecnología: I+D en relación a cultivos de nuevas variedades con mayor tolerancia o mayor rentabilidad bajo distintas condiciones climáticas. - Industria química: I+D en plaguicidas menos dañinos o mejoras en la calidad del agua. - Empresas de control de plagas: medidas de control biológico. - Oportunidades de soluciones para la adaptación en el sector manufacturero (por ej. Sistemas de almacenamiento de agua de lluvia o materiales de construcción).

Fuente: Adaptado de PWC, 2011.

En la siguiente tabla se recogen algunos ejemplos de oportunidades relacionadas con la adaptación al

cambio climático que han sido aprovechadas por el sector privado.

Cuadro 57.

Experiencias empresariales provechosas en materia de adaptación al cambio climático

Oportunidad	Experiencias
Nuevos productos y servicios	BASF ha desarrollado productos que ayudan a los asentamientos costeros a proteger los diques locales absorbiendo la fuerza de los embates del mar y ralentizando la velocidad de las masas de agua. Desarrollan además plantas con alta tolerancia al estrés debido, por ejemplo, a las condiciones meteorológicas extremas como la sequía o superabsorbentes para incrementar la capacidad de almacenamiento de agua. Jain Irrigation ha desarrollado productos para evitar los desperdicios de agua de riego de los cultivos agrícolas. Ha puesto la agricultura sostenible en el centro de su negocio y ofrece biofertilizantes, sistemas de goteo e irrigación por aspersores y sistemas de filtración del agua. Sompo Japan Insurance ha desarrollado un modelo de seguro indexado en función del clima para los agricultores del noreste de Tailandia que dependen de la agricultura de secano en el que las compensaciones están vinculadas a las precipitaciones.
Expansión en nuevos mercados	Allianz ofrece micro seguros en India, Indonesia, Egipto, Camerún, Senegal y Colombia. Ha creado un bono de inundación catastrófica. Vodafone ha desarrollado servicios orientados a los agricultores en mercados emergentes, como por ejemplo el proporcionarles a través del teléfono móvil información sobre las condiciones meteorológicas, sistemas de alerta y los precios de mercado, etc. Les ayuda a mitigar los efectos de los fenómenos y desastres meteorológicos extremos. Swiss Re establece asociaciones con aseguradoras locales, bancos, instituciones de microfinanciación, gobiernos y ONG para diseñar soluciones de transferencia de riesgos que ayuden a sacar a los pequeños agricultores de la pobreza a través de su programa de desarrollo de adaptación climática. El programa para la India, Kenia, Mali y Etiopía tiene vocación a protegerles frente al riesgo de sequía.

Fuente: Adaptado de PWC, 2011.

R_iSE, Disaster Risk-Sensitive Investments. (www.theriseinitiative.org)

“Las pérdidas económicas causadas por desastres naturales están fuera de control y sólo se podrán reducir en colaboración con el sector privado”

Ban Ki-moon, Secretary-General of the United Nations

La Iniciativa R_iSE es una plataforma internacional de colaboración público-privada desarrollada para fomentar el desarrollo de estrategias, acciones y herramientas para la gestión de la reducción de riesgos asociados a desastres.

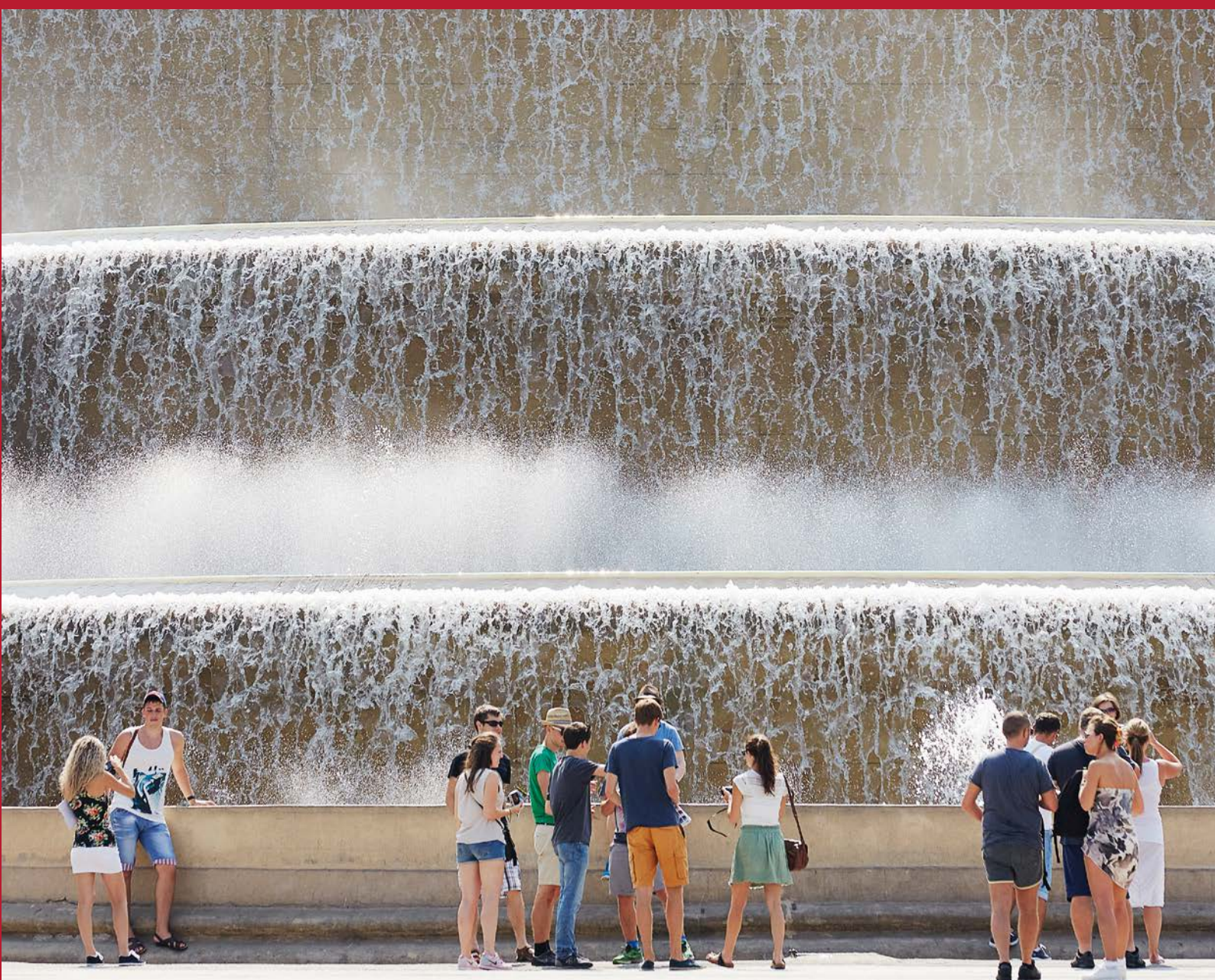
La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) y PricewaterhouseCoopers (PwC), se unen con The Economist Intelligence Unit (EIU), la Universidad Internacional de Florida (FIU), los Principios de Inversión Responsable (PRI), AECOM y Willis, entre otras empresas e instituciones, para apoyar la Iniciativa R_iSE. El objetivo general de la Iniciativa R_iSE es fomentar la sensibilidad de las inversiones hacia el riesgo, fomentando la colaboración y las actuaciones tangibles para lograr inversiones más sensibles al riesgo y contribuir a la creación de una economía mundial más resiliente.

La iniciativa propone 8 líneas de trabajo que incluyen: diseño de estrategia de reducción de riesgos, desarrollo de métricas para la medición del riesgo, diseño de estándares industriales para mejorar la resiliencia climática, fomentar la educación en temas de adaptación, fomentar la inversión responsable, crear ciudades resilientes, asegurar el rol de las aseguradoras en temas de resiliencia climática y apoyar a las Naciones Unidas en la gestión de los riesgos asociados a situaciones de desastre.

Al reunir a 6 agentes conectados - negocios, inversores, aseguradoras, sector público, profesionales de la educación y la sociedad civil – R_iSE pretende convocar actores que tienen la capacidad y los recursos para influir en la dirección futura de la gestión del riesgo de desastres (DRM)

6

*¿Cómo preparar a España
para el 2033?*



El cambio climático es, sin lugar a dudas, uno de los principales retos a escala global de cara al 203 y en adelante.

De acuerdo con análisis de PwC, el cambio climático forma parte de las mega-tendencias que marcarán los grandes retos de la sociedad del futuro. En concreto, las 5 mega-tendencias que PwC ha identificado se refieren a: i) la aceleración de la urbanización, con más del 50% de la población mundial viviendo actualmente en ciudades y una previsión para 2050 del 72%; ii) el incremento demográfico en determinadas áreas y el envejecimiento de la población en otras, que afectará a los patrones socioeconómicos; iii) una mayor escasez de recursos favorecida por el cambio climático y la demanda de bienes y servicios por parte de una población creciente y con mayor poder adquisitivo; iv) cambios en el poder económico mundial con la irrupción de los países emergentes, como los BRICs y otros, y v) grandes avances en nanotecnología y tecnologías de la información que incrementarán la productividad y seguirán modificando las expectativas de los consumidores.

En este contexto, España, como el resto de las economías, necesita encontrar fórmulas de crecimiento que permitan una mejora de la situación económica, una reducción de las cifras de paro y el bienestar de los ciudadanos, junto con el desarrollo de una economía más eficiente en el consumo de recursos y energía capaz de adaptarse a los impactos generados por los cambios en el clima.

Adicionalmente, España deberá afrontar nuevos retos asociados a los objetivos acordados con sus socios europeos y con la comunidad internacional en materia de cambio climático. Las decisiones que se tomen al respecto podrán condicionar temas tan significativos como la estructura del sistema energético nacional, el desarrollo económico de sectores tradicionalmente claves y de sectores innovadores, con el fin de encontrar soluciones a los nuevos desafíos.

En estos momentos, las proyecciones indican que España necesitará de medidas adicionales para alcanzar sus objetivos de reducción del 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por debajo de los niveles de 2005 para 2020. De hecho, se espera que las emisiones de GEI en 2020 se sitúen un 9% por encima del objetivo establecido.

A nivel global, los resultados del informe “Low Carbon Economy Index 2014”, publicado anualmente por PwC, muestran que los esfuerzos actuales en materia de descarbonización de la economía resultan todavía insuficientes para mantener el incremento de la temperatura global por debajo del límite crítico de los 2° C. La economía global debería estar reduciendo su intensidad de emisiones a una tasa anual del 6% para lograr estos objetivos, mientras que los datos apuntan a que la reducción de la intensidad de emisiones se encuentra actualmente en un 1,2%, lo que nos conduciría a escenarios de 4°C de aumento de las temperaturas. Así, considerando este previsible escenario, fomentar la mitigación y adaptación a todos los niveles es fundamental. Por ello, el objetivo es doble. Por un lado, conseguir desacoplar el desarrollo económico del incremento de las emisiones de GEI. Por otro, garantizar el desarrollo económico y social adaptándonos a los efectos generados por los cambios en el clima.

Afrontar el reto del cambio climático en 2033 pasa por un mayor compromiso y mejora de las capacidades de los sectores público y privado y mecanismos de colaboración conjunta, que incluyan el fomento de la inversión en proyectos climáticos y una mayor sensibilización, educación y participación de la ciudadanía. Sólo la implicación del conjunto de actores de la sociedad permitirá asegurar la transición a una economía baja en carbono, eficiente en el consumo de recursos y energía, y resistente a los cambios en el clima, sin afectar al desarrollo económico y al bienestar.

Recomendaciones para las administraciones públicas

1. Desarrollar un marco regulatorio y de políticas claro que incentive los cambios de comportamiento hacia una economía baja en carbono

Las administraciones públicas han de seguir avanzando en la consolidación de un marco regulatorio y de política ambiental y cambio climático más integrado e incentivador, a través de una participación y coordinación entre instituciones nacionales, autonómicas y locales. Este enfoque debe ser capaz de garantizar una mayor eficiencia en el logro de los objetivos establecidos de minimización de emisiones de GEI, reducción del consumo de energía e incremento del consumo de energías renovables, en línea con los compromisos asumidos por la Unión Europea.

Así, es conveniente que las estrategias, planes y programas autonómicos y locales, estén alineados con las estrategias nacionales, tales como la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible (EEDS), la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia (EECCCEL) y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), entre otros, definiendo así objetivos conjuntos y coordinados e indicadores para el seguimiento de su aplicación.

Una mayor coordinación de los entes nacionales y territoriales también implica afianzar la realización de planes y programas conjuntos, asegurar su financiación, y reforzar organismos que aglutinen a diferentes administraciones. Tal es el caso de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, la Comisión de

Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC) u otras iniciativas como la Red Española de Ciudades por el Clima. Desde diferentes instancias se ha propuesto la creación de una Agencia Nacional de Medio Ambiente, de forma similar a las que existen en otros países europeos, para enlazar la actividad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y la actividad de las Autonomías y demás administraciones locales. Ello facilitaría la coordinación e integración de políticas, el desarrollo del marco regulatorio, la definición conjunta de objetivos específicos y el intercambio de información y puesta en marcha de mecanismos de colaboración conjunta en materia de cambio climático.

Por otra parte, el desarrollo de nuevas políticas y legislación ambiental debe incluir un análisis de coste beneficio del impacto económico y ambiental, tanto en su fase inicial como tras su implantación. Además, una mayor aplicación de análisis económicos a aspectos ambientales contribuirá al desarrollo de políticas ambientales más eficientes y facilitará la integración de criterios ambientales en el desarrollo de otras políticas. No se trata sólo de determinar el impacto económico derivado del marco político y legal ambiental, incluido la generación de empleo verde, sino de medir también el impacto ambiental de otras políticas e iniciativas legislativas, lo que permitiría asegurar mayor calidad de las mismas y su capacidad de generar un contexto más incentivador.

También es importante asegurar la transparencia y la participación de los grupos de interés y de la sociedad en general, tanto a nivel local como

autonómico y nacional, para garantizar políticas y legislación ambiental más exitosas. Aplicar de forma más extendida los mecanismos de consulta pública y participación actualmente disponibles, contribuiría de forma importante a una mayor sensibilización ambiental de la ciudadanía.

Otro elemento clave dentro de una política dinámica sobre cambio climático es asegurar una participación destacada de España en la agenda europea de lucha contra el cambio climático, participando de forma activa en lograr objetivos ambiciosos, tanto en materia de mitigación como de adaptación al cambio climático, así como contribuir a garantizar la materialización de las propuestas y compromisos planteados hasta ahora en las diferentes Cumbres sobre el Clima.

2. Impulsar mecanismos fiscales y de financiación para la transformación hacia una economía baja en carbono

La fiscalidad ambiental permite a las administraciones internalizar costes, provocando que los mercados moneticen su impacto ambiental.

España, como el resto de países de la Unión Europea, ha implementado en los últimos años tasas e impuestos sobre el consumo energético y de combustibles, con gran incidencia sobre las emisiones de GEI y el cambio climático. No obstante, se puede promover una mayor vinculación de las figuras impositivas con las emisiones de GEI, en lugar de relacionarlas al consumo energético o potencia.

Adicionalmente, otras medidas de fiscalidad ambiental pueden estar dirigidas a la creación de incentivos o exenciones de impuestos existentes para la producción de energía mediante tecnologías que minimicen las emisiones

y para los sectores de economía verde, o la anulación gradual de beneficios fiscales y subsidios para actividades que impliquen una emisión intensiva de GEI o el consumo excesivo y la degradación de recursos naturales en peligro.

De hecho, la Agencia Internacional de la Energía señala que las subvenciones a los combustibles fósiles fueron en general superiores a las dedicadas al sector de las energías renovables. Reducir este tipo de subsidios podría resultar en una distribución más eficiente de los recursos.

Por otra parte, de acuerdo con el Informe Lagares, en España existen variedad de tasas e impuestos ambientales, muchos de los cuales no siempre contribuyen a mejorar los sistemas ambientales y, en ocasiones, presentan una capacidad recaudatoria limitada. Este Informe recomienda simplificar, consolidar y reformar los impuestos ambientales para internalizar mejor los costes externos ambientales y reducir la presión fiscal sobre el empleo, lo que precisa también la colaboración estrecha entre gobierno central y las comunidades autónomas.

Promover los incentivos financieros es otro instrumento para favorecer la transición hacia una economía más baja en carbono.

Para que los incentivos financieros sean efectivos, su uso debe estar vinculado a requisitos concretos y objetivos específicos. Un ejemplo son los incentivos asociados a la renovación de edificios vinculada al último Código Técnico de Edificación o a certificados de energía de edificios existentes, o la renovación de vehículos basada en criterios ambientales como la menor emisión de CO₂ o los vehículos eléctricos.

Otro ejemplo de incentivos financieros son los Proyectos Clima, destinados a sectores difusos no afectados por el comercio de emisiones de la Unión Europea, los cuales sólo se hacen efectivos tras una reducción

de emisiones de GEI verificada por una entidad independiente. No obstante, en estos proyectos conviene tener en cuenta el criterio de adicionalidad, es decir si la reducción de emisiones de GEI habría tenido lugar incluso sin el incentivo financiero. Estos proyectos promueven también programas voluntarios de compensación de emisiones de GEI, a través del cual las empresas apoyan proyectos forestales o para una utilización sostenible del suelo.

Adicionalmente, se requiere potenciar nuevos mecanismos financieros. En este sentido, la financiación en la lucha contra el cambio climático será uno de los pilares de la Conferencia sobre el Clima de París en diciembre de 2015. El Fondo Verde para el Clima creado durante las *Conferences of the Parties* (COP) de las Cumbres del Clima de Copenhague y Cancún. Este Fondo ha alcanzado una primera capitalización de USD\$ 9.300 millones y será crucial para generar confianza y movilizar a inversores privados. España confirmó a finales de 2014 una contribución de USD\$ 149 millones. Aun así, la financiación asignada para la lucha contra el cambio climático debe fortalecerse a largo plazo y debe brindar una mayor visibilidad para generar flujos de inversión hacia la economía baja en carbono.

Actualmente, tres propuestas están siendo objeto de debate a nivel internacional para los nuevos mecanismos de financiación, basadas en políticas financieras no convencionales, con el fin de promover las inversiones en proyectos de economía baja en carbono y adaptación al cambio climático:

- La utilización de los Derechos Especiales de Giro (*Special Drawing Rights*, SDR) emitidos por el Fondo Monetario Internacional (FMI) para capitalizar un fondo de inversión internacional para la financiación de proyectos relacionados con cambio climático.

- La Expansión Cuantitativa Verde (*Green Quantitative Easing* o *Green QE*), que permite a los bancos centrales canjear bonos que puedan ser utilizados para financiar proyectos bajos en carbono.
- La creación de Bonos de Carbono (*Carbon Certificates*, CC) que son emitidos por un banco central y que permite a los promotores de proyectos verdes pagar una parte de sus deudas a los bancos comerciales usando los Bonos de Carbono obtenidos a través de la reducción de emisiones. La deuda se conmutaría por una reducción de las emisiones de carbono.

Los promotores de estos “mecanismos financieros inteligentes no convencionales” (*Smart Unconventional Monetary*, SUMO) han identificado el gran potencial en este tipo de fondos a la hora de proveer financiación para proyectos verdes y reducir, a su vez, los riesgos asociados para los inversores. Por ejemplo, se estima que los *Green QE* y los CC podrían generar una cifra del orden de varios cientos de miles de millones de dólares al año de mantenerse las políticas de Expansión Cuantitativa puestas en marcha en Reino Unido y Estados Unidos. Asimismo, se estima que los SDR podrían alcanzar una cifra en torno a unos 100 mil millones de dólares al año, en base a los compromisos asumidos por los países desarrollados para la inversión en proyectos bajos en carbono en países en desarrollo. De momento, se considera que las políticas SUMO podrían implantarse inicialmente en países con políticas monetarias independientes, que no requieren de acuerdos multilaterales, dispuestos a poner en práctica políticas climáticas de carácter nacional, como Noruega, Suiza o Reino Unido. Sin embargo, todo ello, podría ser considerado como una opción válida y un objetivo a futuro también para España.

3. Apoyo a la innovación y al desarrollo de tecnologías que apoyen la transformación hacia una economía baja en carbono

La innovación es parte esencial del engranaje económico. En España la innovación ha destacado de manera significativa por sus resultados en energías renovables y medio ambiente. En consecuencia, la inversión en I+D+i debería seguir potenciando estas áreas, en las que España ha desarrollado ventajas comparativas, y fortalecer áreas estratégicas como el modelo energético, la mitigación y adaptación al cambio climático, la eficiencia de los sistemas de transporte y la eficiencia energética.

Sin embargo, el éxito en innovación no ocurre de manera espontánea ni predeterminada. Actualmente, la inversión pública y privada en I+D+i (esta última soportada en más de un 50% por las pymes), es significativamente inferior a la media de países de la OCDE, a pesar de los incentivos fiscales de los últimos años. El sector privado español muestra una baja intensidad tecnológica, mientras el número de patentes españolas es también inferior a la media de países de la OCDE.

Mejorar la eficiencia de nuestro modelo de innovación hacia una economía baja en carbono pasa por una mejor articulación de las políticas de innovación de las diferentes administraciones, además de su coordinación con las políticas de cambio climático y energía. Asimismo, es clave mejorar la conexión entre instituciones de investigación pública y privada y promover la colaboración más estrecha con otros actores para la coordinación entre la oferta y la demanda de productos innovadores, teniendo en cuenta las necesidades del mercado. Adicionalmente, es necesario revisar los estándares de innovación y la eficiencia de los apoyos e incentivos económicos,

así como ampliar las fuentes de financiación. Es recomendable a su vez, hacer seguimiento de los productos innovadores hasta su puesta en el mercado y fomentar la demanda de bienes y servicios más verdes en la industria y en el conjunto de los consumidores.

4. Apoyar esfuerzos hacia la adaptación al cambio climático

España debe actuar con antelación a los efectos derivados de las modificaciones en los patrones de temperatura y precipitación y, particularmente, de la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos, tanto en el ámbito local, regional y nacional. Las administraciones públicas deben jugar un papel impulsor en este desafío, generando marcos de actuación en los que intervenga el sector privado, reduciendo el riesgo de impactos climáticos negativos y potenciando al máximo las oportunidades que puedan surgir.

El marco de actuación en materia de adaptación lo ha establecido la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en cinco áreas de actuación prioritaria:

- la planificación e implantación de medidas de adaptación, en las que es determinante la participación del sector privado;
- la valoración del riesgo, del impacto y la vulnerabilidad, orientada a programas que permita a las empresas identificar y visualizar su nivel de exposición al cambio climático;
- el desarrollo y transferencia de tecnología y la innovación;
- la gestión de riesgos de desastres, incluido los seguros, a través de la colaboración público-privada para el desarrollo de plataformas;
- y por último la financiación de las actividades de adaptación, a través de

mecanismos para atraer a la comunidad inversora y al sector privado en general a las oportunidades asociadas a la adaptación.

Así, las administraciones públicas deberían impulsar la toma de decisiones clave en materia de adaptación climática así como las áreas prioritarias de inversión, principalmente en las infraestructuras de transporte, energía, control y el dominio público hidráulico, y en sectores específicos como el agrícola o ámbitos como el costero. Posponer decisiones en adaptación climática puede ser motivo para la inacción por parte del sector privado.

Otro de los retos para la adaptación es la disponibilidad de datos climáticos científicos sólidos, identificando los principales “gaps” de conocimiento y de capacidades de gestión. Por esta razón, también es conveniente que la Administración Pública fomente el desarrollo, el intercambio y la disponibilidad de información fiable y fidedigna. Diferentes países están invirtiendo en la provisión de información relativa al cambio climático, como el Reino Unido a través de su Programa de Impactos Climáticos (UKCIP).

La información climática requiere ser accesible, específica y relevante para cada sector de actividad económica, contextualizada a las diferentes situaciones geográficas, y orientada a la aplicación comercial. Es decir, facilitar a las empresas, grandes y pequeñas, el identificar la relación entre los impactos climáticos y las consecuencias sobre sus actividades a corto, medio y largo plazo, así como las soluciones que se pueden poner en marcha. De hecho, la tecnología necesaria para muchos de los proyectos de adaptación ya existe. Igualmente, se deben promover las oportunidades para que el sector privado apoye el proceso de recogida y divulgación de información.

Otro eje clave es la adaptación urbana. De hecho, muchas ciudades están reconociendo la necesidad de prepararse para actuar contra los efectos derivados del cambio climático sobre las infraestructuras, los ecosistemas locales y la calidad de los servicios urbanos. Los procesos de planificación urbana requieren incorporar la adaptación climática, en su fase inicial de desarrollo. Las tendencias internacionales en esta materia inciden en la involucración de las diferentes administraciones locales, la recopilación de información en materia de adaptación urbana y sectorial y el fomento de la capacitación en esta área a través de la creación de estructuras (comités o grupos de trabajo) para su implantación.

Por otra parte, la apuesta por el desarrollo de ciudades inteligentes (smart cities) es cada vez mayor en las ciudades españolas como parte de las estrategias para dinamizar la planificación urbana, con una visión transversal de la prestación de servicios, la mejora de la calidad de vida de los habitantes y la eficiencia. En materia de cambio climático, esta re-planificación de las ciudades no debe servir sólo para la reducción de los consumos de energía, a través de las mejoras en transporte, logística, movilidad, alumbrado, uso de energías renovables, etc., sino también para fomentar la adaptación de las infraestructuras al cambio climático. Por otra parte, el concepto “inteligente” no está limitado al ámbito urbano, sino que se puede extender a regiones, territorios e incluso destinos turísticos, y la interacción de todos estos con las ciudades inteligentes. En este sentido, es conveniente aprovechar las experiencias de las diferentes ciudades de España, a pesar de la diversidad de enfoques y experiencias, para nutrir y favorecer la cooperación entre los proyectos “inteligentes” ya existentes y de éstos con nuevos proyectos.

5. Aumentar la protección y resiliencia al cambio climático de los entornos naturales

Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y proteger la biodiversidad de los efectos del cambio climático es otro de los grandes retos de cara al 2033.

Según una reciente publicación de la revista *Science* realizada por científicos de universidades y centros de prestigio mundial, la capacidad de resiliencia (resistencia) de los ecosistemas frente al cambio climático se ve modificada de forma gradual hasta un punto de inflexión, a partir del cual se desencadena una situación de colapso difícil de revertir. Sin embargo, las actuaciones a escala local tienen una gran capacidad para modificar las condiciones generadas por el cambio climático en los ecosistemas. Esto abre mayores posibilidades para mantenerlos en niveles de conservación aceptables si se actúa de manera acertada. La gestión a nivel local permite grandes logros si se asignan medios y recursos específicos de manera inteligente, evitando daños a largo plazo.

Este es el caso del Parque Nacional de Doñana, el ecosistema de humedales más importante de aves acuáticas de Europa, con diversidad de anfibios e invertebrados. El Parque de Doñana se encuentra amenazado por la eutrofización generada por la contaminación y la reducción en la aportación de sus afluentes, intensificada por la extracción de agua subterránea para el cultivo de la fresa y el turismo de playa, lo que favorece la aparición de especies vegetales invasivas y desajustes a nivel microbiológico que afectan a la calidad de sus aguas.

El cambio climático intensifica los efectos de la eutrofización de los ecosistemas acuáticos generada por la alta concentración de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) a

raíz del uso de fertilizantes y la actividad agrícola intensiva. A su vez, la eutrofización parece tener capacidad de potenciar el cambio climático al promover la emisión de gases de GEI (metano y dióxidos de nitrógeno). No obstante, las evidencias en lagos de diversas zonas del planeta sugieren que una reducción de un tercio en la concentración de nutrientes puede compensar el efecto causado por el incremento de 1°C en la temperatura del agua, permitiendo a su vez reducir su potencial de emisión de gases de GEI.

Se requieren por ello acciones encaminadas de manera acertada a reducir el efecto de los factores locales, tales como la disminución de la concentración de nutrientes en el medio hídrico o el mantenimiento de la masa forestal, evitando dejar nuestros espacios naturales, como el de Doñana, en una situación de innecesaria y alta vulnerabilidad al cambio climático.

6. Proponer medidas que incentiven el desarrollo de un sector de economía verde que pueda impulsar el tránsito a una economía baja en carbono

La Administración Pública debería fomentar la formalización de acuerdos voluntarios con las empresas, que ha sido considerado por la Unión Europea como uno de los mecanismos idóneos en la consecución de objetivos de reducción de emisiones de GEI.

Un acuerdo voluntario se puede definir como un acuerdo suscrito entre la administración ambiental competente y una empresa, o los representantes de un sector, colectivo u organización determinada, según el cual ambas partes se vinculan voluntariamente para el cumplimiento de unos objetivos de protección ambiental. Este tipo de acuerdos se enmarcan dentro de las prácticas de autorregulación, ya que no

son obligatorios; sin embargo muchas administraciones públicas, tanto en el ámbito nacional como comunitario, los incluyen en los textos normativos reconociendo su utilidad y buscando fomentar su empleo. No obstante, la valoración de los acuerdos debe tener en cuenta la relación coste-eficiencia, ya que el coste administrativo no debe ser más elevado que el de otros instrumentos ya disponibles.

Por otra parte, *para la transición hacia el desarrollo de una economía verde es esencial seguir avanzando hacia la descarbonización del sistema eléctrico español*. Asegurar que las reformas del sistema tarifario permitan reducir los impactos de nuevas inversiones en generación de energía renovable. Además, se deben afianzar mecanismos de participación y consulta amplios y transparentes con todos los sectores implicados en la generación de electricidad y los consumidores, incorporando además una evaluación coste beneficio exhaustiva en cuanto al alcance de los apoyos públicos a las diferentes tecnologías de generación, en el que se tenga en cuenta tanto las implicaciones de la importación de energía (de combustibles de otros países) como la reducción de emisiones de GEI a largo plazo.

A su vez, *el sistema de transporte en España requiere de una mayor eficiencia para reducir las emisiones de GEI*. Se propugna fomentar la electrificación del transporte a través del transporte público, un mayor uso del tren y de vehículos eléctricos y la conexión a puerto de embarcaciones (lo que implica la construcción de infraestructuras para los servicios de recarga de vehículos) o el apoyo de la intermodalidad en el transporte de personas y mercancías. Otras medidas que favorecen la reducción del consumo de energía y de GEI en el transporte son: el impulso de la movilidad sostenible en las empresas y en su cadena de valor, así como hacer uso de

herramientas tecnológicas que promuevan la demanda de flotas sostenibles o fomentar la aplicación de nuevos materiales más livianos en los vehículos, entre otras innovaciones.

Además, en el contexto actual de desempleo, *promover el empleo en sectores relacionados con productos y servicios ambientales* es una opción válida dado su potencial de crecimiento. Es necesario, por ello, evaluar los programas para la generación de empleo y el fomento de la emprendeduría en sectores de la economía verde, extraer lecciones aprendidas y ampliar de manera adecuada su alcance y cobertura. También se requiere potenciar los programas de formación sobre competencias y servicios ambientales, así como la capacitación de empleados en la reducción de impactos ambientales en sus sectores de actividad.

Cabe resaltar que la mayor parte de los proyectos verdes ofrecidos por pymes requieren de financiación externa. Disponer de herramientas para valorar el riesgo de este tipo de proyectos favorecería la implantación de los mismos. Por ejemplo, existen protocolos de riesgos financieros para proyectos de eficiencia energética (como el *International Energy Efficiency Financing Protocol*, IEEFP), cuya implantación beneficiaría a las empresas de servicios energéticos (ESE o *Energy Service Companies*, ESCO) y otras similares. La implantación de un protocolo de financiación para los proyectos de eficiencia energética es fundamental para reducir la percepción de riesgos, la reducción del proceso de concesión de préstamos y los costes de transacción. Igualmente, se deberían fomentar programas que faciliten el contacto entre emprendedores y fondos de inversión con preferencia por empresas y proyectos relacionados con economía verde.

El desarrollo de una economía verde también requiere de experiencias de éxito que se puedan reproducir. Para ello

es importante tener en cuenta experiencias nacionales e internacionales de creación de ecosistemas empresariales para el desarrollo de una economía baja en carbono. A través del apoyo de las administraciones públicas e instituciones, se pueden poner en contacto empresas demandantes de soluciones ecoeficientes con empresas capaces de ofertarlas (por ej., basadas en tecnologías de la información, la eficiencia energética, entre otras) o de brindar apoyos para una gestión empresarial sostenible. Además, a través de estos ecosistemas se puede atraer a inversores institucionales y particulares interesados en proyectos empresariales más sostenibles ambiental y socialmente.

7. Incorporar indicadores de crecimiento verde y proponer nuevos modelos de medir la prosperidad de un país o región

La adecuación de los actuales instrumentos para medir el desempeño económico resulta insuficiente, sobre todo aquellos que se basan únicamente en el PIB. La adecuación resulta incluso más compleja en términos de bienestar y desarrollo social.

Las administraciones públicas pueden moldear su política económica mediante la incorporación de nuevos indicadores de crecimiento inteligente además del PIB. Desde diferentes instancias se ha señalado la importancia de una medición también del bienestar de la población y no sólo de la producción económica,

incorporando de manera más activa indicadores de desarrollo humano e indicadores de huella ecológica, con el fin de evaluar el avance en desarrollo sostenible y facilitar la toma de decisiones a nivel local, regional y nacional. En la actualidad, una disminución del PIB es vista como un fracaso de las políticas, pero en el futuro una disminución del PIB, si coincide con una mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, podría ser vista como un éxito. Por otra parte, las administraciones públicas priorizan normalmente los indicadores de progreso y desarrollo para el conjunto de la población y la manera en que repercuten en la economía, e incluso en el medio ambiente. Sin embargo, será cada vez más importante identificar las mejoras conseguidas ligándolas con indicadores de inclusión (género, edad de la población, minorías, entre otras variables de diversidad).

Por otra parte, la redefinición de los conceptos de progreso y desarrollo no sólo favorecerá la ampliación del ámbito económico y la generación de nuevos mercados, por ejemplo a través de la evaluación financiera de intangibles. Gracias a una evaluación más integral del precio de los bienes y servicios, reflejando el coste y beneficio de las externalidades, incluido el coste social y ambiental, comienza a surgir una nueva base de estándares contables globalmente aceptados y, por tanto, de indicadores más integrales que el PIB para medir el desempeño económico y la generación de valor a largo plazo en un país o una región.

Recomendaciones para las empresas

1. Incorporar los riesgos climáticos en la toma de decisiones empresariales, tanto en materia de adaptación como de mitigación

Es esencial que las empresas integren la gestión del carbono en su modelo de negocio y en su gestión de riesgos, pasando a ser el carbono otra variable más a tener en cuenta en la toma de decisiones estratégicas, de las que la alta dirección debe asumir un papel protagonista. Para ello, las empresas deben incorporar procedimientos y herramientas que les permitan comprender mejor de qué manera los riesgos climáticos influyen en el desarrollo y viabilidad de sus actividades, su nivel de exposición a tales riesgos y evaluar las consecuencias asociadas (particularmente en términos financieros), así como las oportunidades asociadas, por ejemplo, para la oferta de productos o servicios más verdes.

Las empresas serán más competitivas respecto a retos asociados al cambio climático en la medida en que sean capaces de entender de qué manera sus consecuencias influyen en el entorno regulatorio y en los ámbitos económico, social, ambiental y de reputación.

Por una parte, los acuerdos vinculantes de reducción de emisiones de GEI a nivel internacional conducirán a un contexto más exigente en cuanto a reducción de emisiones, tanto para sectores regulados (EU ETS) como no regulados (difusos), a través de políticas que asignan un precio a las emisiones de GEI, tales como las tasas sobre el carbono o los sistemas de mercado *cap-and-trade*. Es de esperar la

aparición de condiciones regulatorias más estrictas, europeas y nacionales, y el requerimiento de mayores inversiones por parte de las empresas para alcanzar el cumplimiento de los objetivos nacionales.

Por otra parte, los efectos asociados a los cambios sobre los patrones de temperatura y precipitación, como la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos, tendrán cada vez más impacto económico sobre sectores con actividades vinculadas a recursos dependientes del clima, principalmente turismo, energía y agricultura.

Las empresas deberán seguir avanzando en la reducción de sus emisiones de GEI, a través de tecnologías más eficientes en consumo de energía y materias primas, la optimización de sus procesos e incluso el replanteamiento progresivo de sus procesos productivos, así como el uso de energías limpias. Por otra parte, existe un área menos explorada en cuanto a la colaboración entre empresas para reducir de manera conjunta sus emisiones de GEI. Propuestas como la “ecología industrial” promueven la interdependencia entre empresas, buscando la complementación en sus operaciones, intercambiando entre sí flujos de energía (corrientes de vapor y refrigeración) así como los subproductos de una empresa que pueden ser materia prima para otras, y en general vinculándose entre sí a través del intercambio de bienes y servicios, ahorrando costes y aprovechando economías de escala para mejorar la eficiencia. En este sentido, los polígonos industriales son un campo interesante para aplicar estas alternativas.

Igualmente, las empresas deben prepararse para un progresivo cambio

climático a través del *desarrollo y despliegue de medidas de adaptación*, preparando sus propios activos y operaciones, así como detectar las oportunidades que también se abren en este contexto.

Dado que gestionar riesgos implica gestionar también el concepto “incertidumbre”, disponer de información clave impulsará al sector empresarial a definir prioridades y a la toma de decisiones en cuanto a adaptación climática. Cabe tener en cuenta, que muchas empresas (principalmente de transporte y servicios) han acumulado conocimientos y experiencia importantes en materia de adaptación, por lo que es necesario fomentar el intercambio de buenas prácticas y de enfoques y metodologías para recabar información. Las empresas deben ser capaces de entender cómo, cuándo y para qué tipo de impactos deben estar preparadas, y cómo y cuándo deben responder.

Integrar diferentes escenarios climáticos en el diseño, la selección de un emplazamiento y otras especificaciones de los activos contribuirá a reducir gastos en el futuro (evitar la retro-adaptación). Además, las empresas capaces de demostrar una gestión de los riesgos climáticos podrán asegurar y reducir el coste de las primas de los seguros y las reclamaciones, así como infundir confianza a inversores, clientes y otros socios de negocio.

Asimismo, las empresas deben apoyar a sus proveedores para que se protejan frente al clima, con el fin de asegurar el suministro de materias primas y, por tanto, la producción. Además, ser consciente de la manera en que se verán afectados los proveedores permitirá a las empresas obtener sus materias primas en regiones con menores costes. En este sentido, la diversificación de suministros puede contribuir a dispersar los riesgos de interrupción de la cadena de suministro. Por otra parte, ayudar a

preparar el futuro de la comunidad local y las condiciones de los empleados permitirá garantizar la movilidad, la salud y la seguridad del personal garantizando la continuidad del trabajo.

Otro factor clave es la colaboración entre empresas, especialmente entre pymes. Si cada empresa busca fomentar su propio nivel de protección, incurrirá en costes más elevados que si desarrolla un enfoque asociativo, además de perder la posibilidad de generar interdependencias cruciales. En consecuencia, una mayor actuación colaborativa permitirá alcanzar logros más significativos en menor tiempo.

Por otra parte, en el contexto de la adaptación climática, empresas del sector de las TIC encontrarán un nicho de mercado atractivo, a través de sistemas de información geográfica (SIG) y tecnologías de teleobservación, la recopilación de bases de datos de información sobre adaptación y la distribución de información sobre el impacto climático y la vulnerabilidad frente al clima, redes de comunicación en caso de eventos meteorológicos, etc. Otras empresas podrán obtener ventajas competitivas, gracias a una rápida adecuación, por ejemplo del sector de la biotecnología, siendo capaces de ofrecer variedades de cultivo con mayor tolerancia o mayor rentabilidad bajo distintas condiciones climáticas, el sector químico mediante el desarrollo de nuevos materiales de construcción, empresas de seguros, mediante nuevos productos para el riesgo climático, entre otras.

2. Desarrollo de sistemas sólidos de gobernanza del cambio climático que fomenten la rendición de cuentas y la transparencia

La integración de prácticas comprometidas con el cambio climático por parte de las empresas será un aspecto cada vez más importante dentro de las

expectativas de los clientes, empleados y especialmente de los inversores. Por esto, resulta necesaria una mayor transparencia en la gestión del cambio climático.

Actualmente, cada vez más empresas aportan información sobre su desempeño social, ambiental y de gobierno corporativo y su evaluación es una muestra de una mayor transparencia ante sus usuarios finales.

En este sentido, la participación voluntaria en índices bursátiles de sostenibilidad (tales como el Carbon Disclosure Project (CDP), el Dow Jones Sustainability Indexes (DJSI) o el FTSE4good, etc) ayudan a mostrar transparencia, no sólo a los mercados financieros sino también al resto de grupos de interés.

La transparencia de la empresa se mide por su capacidad de respuesta ante las necesidades y expectativas de los grupos de interés, incluido la comunidad inversora, y constituirá un elemento cada vez más vertebrador en el mundo empresarial. Un ejemplo de ello es la Directiva 2014/95/UE, de 22 de octubre de 2014, sobre divulgación de información no financiera, aplicable a partir del ejercicio 2017 en las empresas de más de 500 empleados. A través de esta Directiva, se solicitará una descripción de las políticas que las empresas aplican para asuntos no financieros, incluyendo procedimientos de debida diligencia. También se requerirá el análisis de los riesgos no financieros vinculado con las actividades de las empresas y los indicadores y resultados de desempeño no financiero, acordes con su sector.

Esto implicará a las empresas la capacidad de integrar en su visión del negocio el ámbito financiero y no financiero. En otras palabras, entender de qué manera se consigue entrelazar los activos financieros, industriales y operacionales (tradicionalmente considerados) con los activos intelectuales, tecnológicos, ambientales, de talento y sociales que la empresa utiliza o sobre las que influye,

con el fin de generar valor a corto, medio y largo plazo, asegurando la permanencia de la organización. En definitiva, se requiere un planteamiento más integral sobre el modelo de negocio de la empresa y la manera en que se diseñan las estrategias para responder a riesgos y oportunidades marcados por un entorno cambiante, en el que el cambio climático es, sin duda alguna, un aspecto más que relevante.

3. Desarrollar un proceso de medición de la huella de carbono, en todos sus alcances tanto directos como indirectos a lo largo de la cadena de valor

Muchas empresas han comenzado a medir su huella de carbono directa, la derivada de las emisiones de GEI de sus instalaciones y actividades, y la huella de carbono indirecta por consumo de electricidad y el consumo de calefacción y refrigeración. En la actualidad, existen herramientas y sistemas de información en el mercado que facilitan el cálculo y la gestión de las emisiones y la eficiencia energética, incluso la monitorización online de estos parámetros en determinados procesos y actividades industriales. Esto permitirá disponer de un cuadro de mando para la gestión de las emisiones de GEI y facilitará la implantación de medidas de eficiencia energética y reducción de emisiones que realmente impacten en la cuenta de resultados de las empresas.

El siguiente paso consistirá en realizar la medición de la huella extensible a toda su cadena de valor, algo en lo que algunas de las principales empresas líderes en materia de cambio climático llevan tiempo trabajando. En este sentido, en octubre de 2011, el Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) publicó un estándar para el cálculo de las emisiones de GEI de la cadena de valor. Este estándar proporciona a las compañías una metodología clara sobre cómo reportar las

emisiones indirectas de GEI diferentes a las de la energía adquirida. El estándar distingue entre 15 categorías de emisiones, 8 de ellas relacionadas con emisiones *upstream* y 7 con emisiones *downstream*.

De entre todas las categorías de emisiones indirectas de GEI a reportar, las derivadas de la cadena de proveedores suelen ser las más complejas de calcular, a la par que las que mayor peso tienen sobre el total de emisiones en muchos sectores. Para la realización de un primer cálculo, se recomienda el empleo de metodologías *Environmentally-extended input output models* (EEIO), que permiten llegar a una aproximación del cálculo de la huella de carbono de proveedores utilizando la metodología input-output y asignando, así, emisiones de GEI por cada euro de gasto dependiendo de la “actividad económica” en la que esté clasificado dicho gasto.

De cara a los grupos de interés, la verificación por parte de un tercero independiente de la huella de carbono calculada garantiza la credibilidad de la información proporcionada. En este sentido, existen diferentes estándares de verificación de emisiones, como por ejemplo la norma ISAE 3410 procedente del entorno de la Auditoría (emitida por el *International Federation of Accountants*-IFAC) o la Norma ISO 14064. Aparte de los beneficios en materia de reputación y transparencia, la verificación de la huella de carbono, cada vez más extendida en España, también permite a las organizaciones identificar oportunidades para mejorar la gestión y los procesos de reporting.

4. Desarrollar programas efectivos de reducción de emisiones y compensación de la huella de carbono

Las empresas más proactivas respecto a sus emisiones de GEI miran hacia

objetivos cada vez más ambiciosos, en los que la palabra reducción ha sido sustituida por “neutralidad en carbono”. El concepto de neutralidad en carbono debe entenderse como la capacidad de una organización de reducir su impacto por emisiones de GEI a un valor neto nulo, a través de un proceso transparente de cálculo de su huella de carbono, de reducción efectiva de sus emisiones y de compensación de las emisiones no reducidas.

La “neutralidad en carbono” requiere necesariamente de una reducción efectiva de las emisiones, lo que implica soluciones diseñadas específicamente para la mitigación de emisiones de GEI, combinada con la adquisición de créditos de carbono en los mercados internacionales existentes para ello, o acceso a mecanismos financieros para sectores no regulados por el mercado internacional de emisiones. La selección de los mecanismos de compensación debe considerar tanto motivaciones económicas, ambientales, sociales o de reputación para la adquisición de los créditos, como las preferencias en cuanto al origen de los mismos (ubicación o alcance del proyecto) y el presupuesto disponible para la compensación y la cantidad de emisiones a ser compensadas.

5. Valoración económica de los impactos ambientales

La valoración económica del coste del CO₂, y del resto de parámetros ambientales para la toma de decisiones estratégicas y la gestión de las compañías resulta fundamental. Para ello, es necesario el cálculo y monetización de las externalidades ambientales de una organización y de un producto, no sólo en el ámbito de sus operaciones directas sino también indirectas (a lo largo de su cadena de proveedores).

Un ejemplo de este ejercicio, es la realización de una cuenta de pérdidas y

ganancias ambientales de la compañía (como ha hecho la compañía PUMA), identificando así no sólo el impacto en términos de unidad de física del CO₂, agua, etc., sino el coste que este impacto supone para la sociedad en términos económicos a lo largo de toda la cadena de valor, lo que le permite conocer el coste ambiental de los productos y trabajar en la reducción de los mismos.

La generación de estándares de contabilidad que incorporen el coste y beneficio de las externalidades, basados en mecanismos que le otorgan un valor monetario a la contaminación y un valor a los recursos naturales de acuerdo con su nivel de escasez, facilitará la toma de decisiones basada en criterios más amplios. Organizaciones como el Banco Mundial, entre otras organizaciones financieras han animado a los gobiernos y a las empresas a financiar el coste del CO₂ como mecanismo válido para reducir las emisiones. En esta línea, el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) ha desarrollado principios y ha elaborado mecanismos pilotos para la asignación de precio al CO₂ aplicables a nivel internacional.

Por otra parte, el denominado “coste social del CO₂” sirve como herramienta para el cálculo de los impactos generados por las emisiones de GEI, a partir de las actividades de los diferentes sectores económicos, regiones en diferentes períodos de tiempo. Este análisis comprende un amplio abanico de efectos con impactos significativos sobre la población, como los relacionados con la disminución en la productividad de la producción agrícola o la afección a la salud.

Recientes estudios del Gobierno de Estados Unidos muestran que el impacto económico asociado a las emisiones de GEI genera un coste de hasta 220 dólares por tonelada de GEI emitida. Teniendo en cuenta que las emisiones de GEI en 2013 en España ascendieron aproximadamente a 285 millones de toneladas de GEI (datos del último inventario publicado en 2015), el impacto económico adquiere una dimensión considerable que, a su vez, se traduce en un elevado nivel de efectos directos e indirecta sobre el bienestar de los ciudadanos.

Sensibilización de la población para movilizar al ciudadano como actor decisivo en la lucha contra el cambio climático

1. Sensibilización de los ciudadanos y educación de las nuevas generaciones en materia de cambio climático

La sensibilización ambiental, que tenga en cuenta el papel de las nuevas tecnologías, resulta fundamental para lograr la transición hacia una economía baja en carbono. Por ello, es necesario avanzar en herramientas de información para afianzar una conciencia ambiental que permita entender las implicaciones de la realidad cotidiana, adaptando el lenguaje y los mensajes, enfocando los contenidos en función de objetivos diseñados para y por la propia ciudadanía.

Como consumidores, el poder de los ciudadanos es enorme. Por ello, es esencial promover una cultura que motive la demanda de bienes y servicios más eficientes en el consumo de materiales y energía, incrementando la cantidad y fiabilidad de la información disponible a los ciudadanos. Esto, además, contribuiría a fomentar también la innovación. El etiquetado para el consumidor final es una forma eficaz de aumentar la conciencia y la información en la economía baja en carbono. El ciudadano europeo lo ha experimentado con el nuevo etiquetado ambiental de electrodomésticos, coches, vivienda de nueva construcción, etc. Recientemente, en otros países europeos comienzan a aparecer nuevas etiquetas en relación a las emisiones de carbono. El Gobierno francés, por ejemplo, ha obligado al sector transporte a comunicar las

emisiones de GEI generadas durante los viajes. La comunicación precisa y fiable es, sin duda, una herramienta de promoción eficaz para sensibilizar al consumidor. Otro ejemplo, es el nuevo etiquetado europeo de neumáticos, que proporciona importante información sobre aspectos ambientales y de seguridad, incluido las emisiones de GEI.

También son necesarios comportamientos más sostenibles a nivel individual que reviertan en una reducción de emisiones de GEI, tanto en los hogares como en las organizaciones. Por ejemplo, en muchas empresas se hacen campañas para reformular las acciones que habitualmente llevan a cabo las personas que forman parte de la misma, y en las que participan directamente los propios empleados, con el fin de desarrollar hábitos de ahorro de energía (acciones tan elementales pero igualmente válidas como apagar las luces que no se están utilizando, desconectar los cargadores de equipos que no están en uso o ajustar la temperatura de equipos de climatización, etc.). Estas actuaciones que involucran directamente a los empleados pueden estar promovidas por incentivos económicos y no económicos.

Además, los ciudadanos también pueden ser motor de la transición hacia una economía baja en carbono si eligen depositar sus ahorros y planes de pensiones en inversiones responsables con el medio ambiente y el cambio climático, promoviendo la generación de nuevos productos financieros.

No obstante lo anterior, los datos aportados por el último Euro-barómetro en temas de cambio climático realizado por la Comisión Europea en 2014 indican que sólo un pequeño porcentaje de la población española encuestada (8%) considera el cambio climático como uno de los retos importantes a escala global (en comparación a la media europea del 16%). Por delante de éste, se encuentran temas relacionados con la pobreza, el hambre o la falta de agua potable (45% de los encuestados) o la situación económica (39% de los mismos), los cuales son vinculables de forma directa o indirecta con el cambio climático. España es uno de los países en los que la percepción sobre el cambio climático ha sufrido un mayor retroceso respecto a los resultados del Euro-barómetro de 2011. A pesar de esto, España es uno de los países en los que un mayor porcentaje de encuestados señala la existencia de una responsabilidad personal en la gestión del cambio climático (34%).

No obstante, las inquietudes de la población española seguirán cambiando. La juventud española, la mejor preparada de la historia, volcada cada vez más en el uso de las nuevas tecnologías y abierta a un contexto planetario, se plantea constantemente preguntas sobre las incertidumbres que le plantea el futuro y, por tanto, su proyecto de vida. Son conscientes de los desafíos contemporáneos, incluyendo el cambio climático. Esta actitud se ve reflejada en las redes sociales pero también en la orientación que le dan a su carrera profesional, así como la satisfacción personal en su puesto de trabajo o la importancia que le dan a sentirse identificados con los valores de las empresas en las que trabajan. Sin duda están interesados en propuestas en las que no se les tenga en cuenta sólo como espectadores, sino en participar como consumidores, como usuarios de servicios públicos, pero sobre todo como actores determinantes en un mundo interconectado, construido a partir de la diversidad de muchas voces y opiniones.

Agradecimientos

Han participado en el estudio:

Juan Jiménez. Escuela de Organización Industrial de Madrid

Kepa Solaun, Itxaso Gómez, Asier Sopelana, Julie Urban, Juan Carlos Gómez, Yvonne Roca. Factor CO₂

M^a Luz Castilla, Pablo Bascones, Tecla Keller, Luis Felipe Díaz Beltrán, Franck Van Dellen, Cyrille Vecchi. PwC

Bibliografía

- AEA Energy and Environment y Universidad de Politécnica de Madrid. (2007). Adaptation to Climate Change in the Agricultural Sector. Report to European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development.
- Amelung, B., Moreno, A. - International Centre for Integrated assessment & Sustainable development - Maastricht University. (2009). Impacts of climate change in tourism in Europe. PESETA - Tourism study. Luxemburgo: European Commission - Joint Research Centre.
- Banco Mundial. (2010). The economics of adaptation to climate change – Synthesis report. Washington D.C.: Banco Mundial.
- Banco Mundial. (2014). State and trends of carbon pricing. Washington DC: Banco Mundial.
- CDKN. (2014). The IPCC's Fifth Assessment Report. What's in it for Small Island Developing States.
- Christensen, O. B., Goodess, C. M., Harris, I., Watkiss, P.. (2011). European and Global Climate Change Projections. Technical Policy Briefing Note. 01. Estocolmo: Stockholm Environment Institute.
- Comisión Europea. (2011a). Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050.
- Comisión Europea. (2011b). Hoja de Ruta de la Energía para 2050.
- Comisión Europea. (2012). Libro Blanco: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible.
- Comisión Europea. (2013a). Adaptation to climate change impacts on human, animal and plant health. Bruselas.
- Comisión Europea. (2013b). Commission staff working document - Adapting infrastructure to climate change. Bruselas.
- EEA, Tyndall Centre, Centro Temático Europeo sobre Calidad del Aire y Cambio Climático, Centro Temático Europeo sobre el Agua, Ecología y la Agencia de Medio Ambiente de Inglaterra y Gales. (2009). Cambio climático y adaptación de los recursos hídricos. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- EEA. (2012). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. Report No 12/2012. Copenhagen: European Environment Agency.
- España. MAGRAMA. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. (2013a). Proyección de emisiones de gases de efecto invernadero 2011-2030.
- España. MAGRAMA. Secretaría de Estado de Medio Ambiente (2013b). Sexta Comunicación Nacional de España, Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Madrid.

- España. MAGRAMA. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. (2014). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España años 1990-2012.
- España. MFOM. (2013). Informe final del grupo de trabajo para el análisis de las necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España. Madrid: EEA.
- España. MAGRAMA. Oficina Española de Cambio Climático. S. G. para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. (2006). 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 - primer programa de trabajo 2006-2008. Madrid.
- España. MAGRAMA. Oficina Española de Cambio Climático. Secretaría de Estado para el Cambio Climático. (2009) 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-segundo programa de trabajo 2009-2013. Madrid.
- España. MAGRAMA. Oficina Española de Cambio Climático. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. (2014). 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-tercer programa de trabajo 2014-2020. Madrid.
- España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas. (2012). La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas – aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte. Madrid: Secretaría de Estado de Cambio Climático - Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.
- España. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e igualdad. Observatorio de Salud y Cambio Climático. (2013). Impactos del cambio climático en la salud. Madrid.
- España. MINETUR. Secretaría de Estado de Energía. (2014). Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.
- España. MINETUR. IDEA. (2011). Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- España. MFOM. (2013). CTE Documento Básico HE Ahorro de energía.
- FAO. (2013). Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales. Roma.
- Ferron C., Morel R. CDC climat research publications (2014). Smart unconventional monetary (SUMO) policies giving impetus to green investment.

- Greenhouse Gas Protocol (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard.
- Grupo de Ecología y Gestión Forestal Sostenible - Universidad Politécnica de Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático. Madrid.
- IEA. (2014). World Energy Outlook 2014. (<http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2014/>)
- IHOBE. (2012). Manual de planeamiento urbanístico en Euskadi para la mitigación y adaptación al cambio climático. Bilbao.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (<http://www.idae.es/index.php/idpag.802/recategoria.1368/remenu.363/mod.pags/mem.detalle>)
- Integrated Reporting <IR> (2013). The International <IR> Framework.
- IPCC. (2007). Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. En Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Nueva York: Cambridge University Press.
- IPCC. (2008). Cambio Climático 2007. Informe de síntesis.
- IPCC. (2013). Cambio Climático 2013. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas.
- IPCC. (2014). Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas.
- Lagares Calvo, M. J., Castellano Real, F., Valle Sánchez V. Comisión de expertos para la reforma del sistema tributario español (2014).
- Moreno, A. - International Centre for Integrated assessment & Sustainable development - Maastricht University. (2010). Turismo y cambio climático en España - Evaluación de la vulnerabilidad del turismo de interior frente a los impactos del cambio climático.
- Moss, B., Kosten, S., Meerhoff, M., Battarbee, R. W., Jeppesen, E., Mazzeo, N., Havens, K., Lacerot, G., Liu, Z., De Meester, Luc., Paerl, H., Scheffer, M. Inland Waters (2011). Allied attack: climate change and eutrophication.
- OECD (2015). Environmental Performance Reviews. Spain.
- Overseas Development Institute. (2014). The fossil fuel bailout: G20 subsidies for oil, gas and coal exploration.
- Parlamento Europeo. (2010). Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo Y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. Bruselas.
- Parlamento Europeo. (2014). Directiva 2014/95/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 por la que se modifica la Directiva 2013/34/UE en lo que respecta a la divulgación de información no financiera e información sobre diversidad por parte de determinadas grandes empresas y determinados grupos. Bruselas.

- PwC. (2011). ¿Por qué las empresas deben liderar la adaptación al cambio climático?.
- PwC. (2013). La economía española en 2033.
- PwC (2014). Five megatrends and possible implications.
- PwC. (2014). Two degrees of separation: ambition and reality. Low Carbon Economy Index 2014.
- RISE. Disaster Risk-Sensitive Investments. (www.theriseinitiative.org)
- Scheffer, M., Barrett, S., Carpenter, S. R., Folke, C., Green, A. J., Holmgren, M., Hughes, T. P., Kosten, S., van de Leemput, I. A., Nepstad, D. C., van Nes, E. H., Peeters, E. T. H. M., Walker, B. Science (2015). Creating a safe operating space for iconic ecosystems. Manage local stressors to promote resilience to global change.
- Special Eurobarometer 409 (2014). Climate change report.
- University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna (BOKU), Institute of Silviculture, Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, INRA-UMR Biodiversité Gènes et Communautés, Italian Academy of Forest Sciences, European Forest Institute. (2007). Impacts of Climate Change on European Forests and Options for Adaptation. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development.
- World Business Council for Sustainable Development (2010). Vision 2050. The new agenda for business.
- World Business Council for Sustainable Development (2012). Changing Pace. Public policy options to scale and accelerate business action towards Vision 2050.

Índice de cuadros

Cuadro 1. Emisiones anuales de CO ₂ y PIB mundial	14
Cuadro 2. Claves para afrontar el cambio climático	15
Cuadro 3. Emisiones de GEI a nivel mundial por sectores de actividad económica	18
Cuadro 4. Reparto de emisiones globales por región (2011)	21
Cuadro 5. Porcentaje de emisiones energéticas sobre el total ⁴ por región	21
Cuadro 6. Comparación de las emisiones globales ⁵ y el PIB (PPA) por región	22
Cuadro 7. Distribución por región de las reducciones de GEI esperadas por CDM	26
Cuadro 8. Distribución por región de las NAMAs registradas	26
Cuadro 9. Instrumentos impulsados por distintos países para la reducción de GEI	28
Cuadro 10. Hoja de ruta de la reducción de emisiones de GEI en la UE para 2050	31
Cuadro 11. Reparto por sectores de las emisiones totales de GEI de España en el año 2012 (excluido LULUCF)	36
Cuadro 12. Reparto por sectores de las emisiones energéticas de GEI de España en el año 2012	37
Cuadro 13. Evolución del PIB (base 2010) y de las emisiones energéticas de GEI 1990-2012	38
Cuadro 14. Evolución de las emisiones de GEI energéticas por sector consumidor	39
Cuadro 15. Variación interanual del PIB, de las emisiones de GEI y de la potencia de generación instalada de EERR y tecnologías sin emisiones (nuclear e hidráulica)	39
Cuadro 16. Evolución de la intensidad de carbono de diversas economías europeas	40
Cuadro 17. Evolución de las emisiones de GEI energéticas por sector consumidor	41
Cuadro 18. Hoja de ruta para la modelización de emisiones de GEI	41
Cuadro 19. Esquema del modelo de proyección de emisiones de GEI	42
Cuadro 20. Escenarios de emisión de GEI modelizados	43
Cuadro 21. Evolución de diversos parámetros en los escenarios BaU conservador (CON) y optimista (OPT)	44
Cuadro 22. Evolución de las emisiones energéticas en los escenarios BaU	45
Cuadro 23. Situación de los Escenarios BaU frente a los compromisos de reducción	46
Cuadro 24. Evolución de los escenarios BaU por fuente emisora	47
Cuadro 25. Evolución de diversos parámetros en los Escenarios de Medidas conservador (CON) y optimista (OPT)	48
Cuadro 26. Evolución de las emisiones energéticas en los escenarios de Medidas	49
Cuadro 27. Situación de los escenarios de Medidas frente a los compromisos de reducción	50
Cuadro 28. Evolución de los escenarios BaU por fuente emisora	51
Cuadro 29. Evolución de diversos parámetros en los Escenarios de Medidas conservador (CON) y optimista (OPT)	53
Cuadro 30. Evolución de las emisiones energéticas en los escenarios de Medidas Adicionales	53
Cuadro 31. Situación de los escenarios de Medidas Adicionales frente a los compromisos de reducción	54

Cuadro 32. Evolución de los escenarios de Medidas Adicionales por fuente emisora de generación instalada de EERR y tecnologías sin emisiones (nuclear e hidráulica)	55
Cuadro 33. Variación interanual de emisiones de GEI y PIB	59
Cuadro 34. Crecimiento del PIB 2013-2033	59
Cuadro 35. Evolución de la población española entre 1990-2033	60
Cuadro 36. Evolución del mix eléctrico español por escenarios	61
Cuadro 37. Evolución de la potencia instalada (MW) por tecnología de EERR y no emisivas en los escenarios de Medidas y Medidas Adicionales	62
Cuadro 38. Origen de la electricidad generada por tipo de tecnología y escenario	63
Cuadro 39. Origen de la electricidad generada por tipo de tecnología y escenario	64
Cuadro 40. Centrales térmicas nucleares con su potencia y año previsto de cese en los escenarios de Medidas y Medidas Adicionales	65
Cuadro 41. Evolución de la demanda eléctrica por escenarios	66
Cuadro 42. Objetivos de ahorro según el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética	68
Cuadro 43. Evolución del consumo de combustible primario de los sectores residencial, comercial e institucional por escenarios	69
Cuadro 44. Proporción del consumo de energía primaria cubierto por EERR, por escenarios	71
Cuadro 45. Evolución del consumo de biocombustibles y biomasa por escenarios	72
Cuadro 46. Proporción del consumo de energía primaria cubierto por biocombustibles y biomasa, por escenarios	73
Cuadro 47. Evolución del consumo de combustible primario de los sectores residencial, comercial e institucional por escenarios	73
Cuadro 48. Fuente de energía del transporte por carretera	74
Cuadro 49. Evolución de temperatura máxima para España con diferentes modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión respecto al valor promedio de referencia, período 1961-1990	77
Cuadro 50. Evolución de temperatura mínima y precipitación para España con diferentes modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión respecto al valor promedio de referencia, período 1961-1990	77
Cuadro 51. Evolución de eventos extremos para la España peninsular, período 2011-2100	77
Cuadro 52. Temperaturas máximas mensuales para el período 2011-2100 para los escenarios A2 y B2 usando los modelos HadCM3 y SDSM	78
Cuadro 53. Impacto del cambio climático en diversos sectores	72
Cuadro 54. Política española para la adaptación al cambio climático	80
Cuadro 55. Propuestas de líneas de trabajo para la adaptación al cambio climático en diversos sectores	86
Cuadro 56. Oportunidades de la adaptación al cambio climático para el sector privado	88
Cuadro 57. Experiencias empresariales provechosas en materia de adaptación al cambio climático	90
	91

Índice de acrónimos

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
BaU	Business as Usual
CCS	Captura y almacenamiento geológico de carbono
CDM	Mecanismos de Desarrollo Limpio
CE	Comisión Europea
COP	Conferencia de las Partes
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles no metánicos
CDKN	Climate and Development Knowledge Network
CSN	Consejo de Seguridad Nuclear
EEA	Agencia Europea del Medioambiente
EERR	Energías renovables
EU ETS	Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE
GEI	Gases de efecto invernadero
IDEA	Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
JI	Aplicación Conjunta
LCEI	Índice de Economía Baja en Carbono
LULUCF	Usos del suelo, cambios de uso del suelo y silvicultura
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
MFOM	Ministerio de Fomento
MINETUR	Ministerio de Industria, Energía y Turismo
NAMA	Acciones Nacionales Apropriadadas de Mitigación
PIB	Producto interior bruto
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PoA	Programas de Acción
PPA	Paridad del poder adquisitivo
TIC	Tecnologías de la información y comunicación
UE	Unión Europea
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
USD	Dólares americanos
WRI	World Resources Institute

Informes de la colección España 2033:

La Economía española en 2033

(diciembre 2013)

España en el mundo 2033

(abril 2014)

Cientes@2.033

(julio 2014)

Trabajar en 2033

(septiembre 2014)

Ciudades y ciudadanos en 2033

(septiembre 2014)

España 'goes global'

(octubre 2014)

El dinero en 2033

(marzo 2015)

Más valor social en 2033

(marzo 2015)

Administración 2033. La Administración invisible

(abril 2015)

El cambio climático en España, 2033

(abril 2015)

Compitiendo en innovación

(abril 2015)

Descárgate los informes en <http://www.pwc.es/es/publicaciones/españa-2033/index.jhtml>

Un programa para apoyar a las empresas y a las Administraciones Públicas en el tránsito hacia un nuevo modelo productivo sostenible basado en la **innovación, la calidad, el talento y el valor añadido**.



Crecimiento Inteligente

El programa está coordinado por Jordi Sevilla, senior advisor de PwC.

Más información en www.pwc.es

Contactos

Sostenibilidad y Cambio Climático

M^a Luz Castilla Porquet

Socia de PwC
mariluz.castilla@es.pwc.com
+34 932 537 005

Pablo Bascones Ilundain

Director de PwC
pablo.bascones.ilundain@es.pwc.com
+34 915 685 071

Equipo Crecimiento Inteligente

Jordi Sevilla Segura

Senior counsellor de PwC
jordi.sevilla@es.pwc.com
+34 915 684 119

Tecla Keller

Senior manager de PwC
Responsable de España 2033
tecla.keller@es.pwc.com
+34 915 685 058

Fundación de PwC

Enrique Fernández Miranda y Lozana

Presidente de la Fundación de PwC
fundacion.pwc@es.pwc.com
+34 915 684 250

Marta Colomina Casaus

Directora general de la Fundación de PwC
marta.colomina@es.pwc.com
+34 915 684 063

Contactos Club'33

Máximo Ibáñez Lucea

Socio de Clientes y Mercados de PwC
maximo.ibanez@es.pwc.com
+34 915 684 744



PwC ayuda a organizaciones y personas a crear el valor que están buscando. Somos una red de firmas presente en 157 países con más de 195.000 profesionales comprometidos en ofrecer servicios de calidad en auditoría, asesoramiento fiscal y legal y consultoría. Cuéntanos qué te preocupa y descubre cómo podemos ayudarte en www.pwc.es

© 2015 PricewaterhouseCoopers S.L. Todos los derechos reservados. "PwC" se refiere a PricewaterhouseCoopers S.L., firma miembro de PricewaterhouseCoopers International Limited; cada una de las cuales es una entidad legal separada e independiente.