

Revista de Responsabilidad Social de la Empresa

N ° 24 · 2016 · Cuatrimestre III

Artículos

Fundamentos e implicaciones del cambio climático. Una visión global
Fernando Gallardo Olmedo, Jaime Martínez Valderrama, Miguel Buñuel González

La Huella Hídrica como respuesta del sector empresarial al cambio climático

Amelia Pérez Zabaleta, Bárbara Soriano Martínez, Mónica Borrat

Una nueva perspectiva de la I+D: su influencia en la evolución de las emisiones de CO₂

Yolanda Fernández Fernández, M^a Ángeles Fernández López, Blanca Olmedillas Blanco

El Mercado de Derechos de Emisión: España y Unión Europea

Alfredo Cabezas Ares, Carmen Fernández Cuesta, María José García López

Gobernanza climática y empresa

Lara Lázaro Touza, Ángel Gómez de Ágreda

Cambio climático y gestión de empresas: análisis retrospectivo y perspectivas de futuro

Javier Amores Salvadó, José Emilio Navas López, Gregorio Martín de Castro

Responsables, sostenibles y universitarios como vía de lucha contra el cambio climático: el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (UPM)

LUIS VIVES CENTRO DE ESTUDIOS SOCIALES

Luis Vives es uno de los grandes humanistas de nuestro Siglo de Oro, cuya fama y prestigio son universales. Fue amigo, entre otros, de **Erasmus de Rotterdam** y de **Tomas Moro** y es considerado como el primer pensador en proponer un «servicio organizado de asistencia social» mediante su tratado *De subventione pauperu* (1525). Fue por tanto el precursor de la organización de los futuros servicios sociales del Estado, y por ello, un promotor de la asistencia estatal orientada a las personas más vulnerables. Su pensamiento, por lo tanto, no solo está cargado de una sólida base filosófica y cultural sino que propugna la acción como motor de cambio y mejora de la sociedad; una «acción» que es también un principio fundacional de **Acción contra el Hambre**.

Desde finales de 2012 la organización humanitaria Acción contra el Hambre fusionó a la antigua **Fundación Luis Vives**, bajo el nombre de Acción contra el Hambre. Esta suma de fuerzas y de valores ha supuesto la creación de dos nuevos proyectos de carácter social, tales como **VIVES PROYECTO** y **LUIS VIVES CENTRO DE ESTUDIOS SOCIALES** bajo cuyo paraguas se seguirán editando la Revista de *Responsabilidad Social de la Empresa* y la *Revista Española del Tercer Sector*.

Patronato de la Fundación Acción contra el Hambre

Presidente

José Luis Leal

Vicepresidente

Emilio Aragón

Luis Escauriaza Ibáñez

Secretario

Francisco Javier Ruiz Paredes

Vocales

Carmen Posadas

Crisanto Plaza Bayón

Salvador Bangueses

La *Revista de Responsabilidad Social de la Empresa* ha sido incluida en el catálogo del sistema de información LATINDEX, en el ISOC del CSIC y en DICE (Difusión y Calidad Editorial de las Revistas Españolas de Humanidades, Ciencias Sociales y Jurídicas, CSIC-ANECA), Dialnet, CIRC, RESH y EBSCO.

La *Revista de Responsabilidad Social de la Empresa* no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores de los artículos. Asimismo, los autores serán responsables legales de su contenido.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. La Editorial, a los efectos previstos en el art. 32.1 párrafo 2 del vigente TRLPI, se opone expresamente a que cualquier fragmento de esta obra sea utilizado para la realización de resúmenes de prensa. La suscripción a esta publicación tampoco ampara la realización de estos resúmenes. Dicha actividad requiere una licencia específica. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra, o si quiere utilizarla para elaborar resúmenes de prensa (www.conlicencia.com).

Producción: Última Línea
www.ultimalinea.es
ISSN: 1969-6417

Fundación Acción contra el Hambre
Duque de Sevilla, 3
28002 Madrid
Tel. 911 840 834
secretaria.rse@luisvives-ces.org

CONSEJO EDITORIAL

Director

Juan José Durán Herrera, Catedrático en la **Universidad Autónoma de Madrid**.

Secretaría de Redacción

Nuria Bajo Davó, Profesora de Finanzas de la **Universidad Autónoma de Madrid**.

Secretaría Técnica

Marisol Benavente, **Fundación Acción contra el Hambre**.

Miembros del Consejo Científico

Óscar Alzaga Villaamil, Catedrático de Derecho Constitucional y Académico de la **Real Academia de Ciencias Morales y Políticas**.

Juan Alberto Aragón Correa, Catedrático de Organización de Empresas de la **Universidad de Granada**.

Fernando Becker Zuazua, Catedrático de Economía Aplicada. **Universidad Rey Juan Carlos**.

Marta De la Cuesta González, Profesora titular de Economía Aplicada de la **UNED** y miembro del **Consejo Estatal de RSE**.

Isabel De la Torre, Catedrática de Sociología de la **Universidad Autónoma de Madrid (UAM)**.

Elsa del Castillo, Rectora. **Universidad del Pacífico, Perú**.

José Luis Fernández Fernández, Director de la Cátedra de Ética Económica y Empresarial (**ICADE-Universidad Pontificia Comillas**).

Domingo García-Maza, Catedrático de Ética de la **Empresa de la Universidad Jaime I**.

M^a José García López, Profesora Titular. **Universidad Rey Juan Carlos**.

Joaquín Garralda Ruiz de Velasco, Profesor y Vicedecano de Ordenación Académica. **Instituto de Empresa (IE) de Madrid**.

Fernando Gómez-Bezares Pascual, Catedrático de Finanzas. **Universidad de Deusto**.

José Mariano Moneva Abadía, Catedrático de Contabilidad y Finanzas de la **Universidad de Zaragoza**.

Luis Montaña Hirose, Profesor de Sociología de las Organizaciones. **Universidad Autónoma Metropolitana de México.**

José Emilio Navas López, Catedrático de Organización de Empresas. **Universidad Complutense.**

Mariano Nieto Antolín, Catedrático de Organización de Empresas. **Universidad de León.**

Lars Oxelheim, Professor. Lund Institute of Economic Research. **Lund University. The Research Institute of Industrial Economics. Estocolmo.**

Vicente Salas Fumás, Catedrático de Organización de Empresas de la **Universidad de Zaragoza** y Consejero del **Banco de España.**

Francesca Sanna Randaccio, Professor of Economics, Faculty of Engineering, **University of Rome.**

Vitor C. Simoes, Professor ISGE-Instituto Superior de Economia e Gestao. **Universidade Técnica de Lisboa.**

Justo Villafañe Gallego, Catedrático de Comunicación Audiovisual y Publicidad. **Universidad Complutense.**

Miembros del Comité Asesor

Valentín Alfaya, Director de Calidad, Prevención y Medio Ambiente de **Ferrovial**.

María Rosa Alberdi Gamazo, Directora de Responsabilidad Social Corporativa. **Grupo OHL**.

Joaquín de Ena Squella, Director de RSC del **Banco Santander**.

Antonio Fuertes Zurita, Director de Responsabilidad Social Corporativa. **Gas Natural-Fenosa**.

Juan Pedro Galiano, Jefe del Departamento de Responsabilidad Social y Reputación. **ADIF**.

Ana Gascón Ramos Directora de Responsabilidad Corporativa, **Banco Popular Español**.

Germán Granda, Director General. **Forética**.

Silvia Gutiérrez, Directora de la **Fundación Wellington**.

Olivier Longué, Director General de la **Fundación Acción contra el Hambre**.

Alejandro Martínez, Director de **Fundación Eroski**.

Antonio Mayor, Director de Comunicación de **ONCE**.

Antonio Núñez Tovar, Director General de Recursos y Medios de **Mapfre**.

Sara Pons, Directora de Responsabilidad Social de **MRW**.

Alicia Real Pérez, Profesora Titular de Derecho Civil, **Universidad Complutense de Madrid**.

Isabel Roser Hernández, Directora de la **Asociación Española de Directivos RS**.

ÍNDICE

Editorial 11-13

Artículos

Fundamentos e implicaciones del cambio climático. Una visión global

Fernando Gallardo Olmedo, Jaime Martínez Valderrama, Miguel Buñuel González 17-54

La Huella Hídrica como respuesta del sector empresarial al cambio climático

Amelia Pérez Zabaleta, Bárbara Soriano Martínez, Mónica Borrat 55-77

Una nueva perspectiva de la I+D: su influencia en la evolución de las emisiones de CO₂

Yolanda Fernández Fernández, M^a Ángeles Fernández López, Blanca Olmedillas Blanco 79-101

El Mercado de Derechos de Emisión: España y Unión Europea

Alfredo Cabezas Ares, Carmen Fernández Cuesta, María José García López 103-138

Gobernanza climática y empresa

Lara Lázaro Touza, Ángel Gómez de Ágreda 139-170

Cambio climático y gestión de empresas: análisis retrospectivo y perspectivas de futuro

Javier Amores Salvadó, José Emilio Navas López, Gregorio Martín de Castro 171-193

Responsables, sostenibles y universitarios como vía de lucha contra el cambio climático: el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (UPM)

Carmen Avilés-Palacios195-215

Evaluadores219-221

Normas de publicación225-234

E ditorial

En los últimos años se ha venido fundamentando la idea de que el cambio climático constituye la mayor amenaza global de este siglo. La amplitud y profundidad de su análisis va incrementándose, abriéndose nuevas líneas de investigación. El cambio climático se suma a los grandes desafíos de la humanidad (pobreza, desigualdad, terrorismo....). Especialmente, se apunta al aumento de la temperatura de la superficie de la tierra durante los últimos veinticinco años, inducida o producida por los seres humanos. Las regiones (y países) más grandes son los que más contaminan en términos de emisión de gases invernadero: China, EEUU, UE, India, Rusia, Japón, Brasil, Indonesia y México; países todos con una gran actividad económica y empresarial. La reducción de gases de efecto invernadero se ha vuelto a situar en la primera línea de la agenda política de un gran número de países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, y de un número creciente de organizaciones internacionales de gran relevancia en el panorama mundial. Lo que se sabe sobre el cambio climático aconseja actuar con contundencia, mejorando la coordinación internacional de políticas, haciendo uso de la planificación estratégica como forma para salvar personas, medios y modos de vida. Es necesario adoptar medidas concretas para reducir las emisiones que causan el calentamiento y persuadir a las empresas para que adopten estrategias voluntarias encaminadas a reducir las emisiones de carbono, realizar un consumo eficiente y responsable de agua buscando la eficiencia energética y el incremento de las energías renovables.

El presente número de nuestra Revista de Responsabilidad Social de la Empresa incluye siete artículos sobre cambio climático y actividad económico-empresarial. Se abre esta publicación con el trabajo de Gallardo Olmedo (Universidad Autónoma de Madrid), Martínez Valderrama, (Estación Experimental de Zonas Áridas, CSIC) y Buñuel González (Universidad Autónoma de Madrid) que realizan un análisis general del fenómeno del cambio climático y de sus implicaciones en la organización económica de las sociedades. Los autores muestran las evidencias en materia de subida de las temperaturas como consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero, en especial de CO₂, y los efectos que se están produciendo en forma de mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos adversos y de subida del nivel del mar. Dado el impacto negativo de estos efectos sobre la sociedad, tanto en sus aspectos económicos, sociales y culturales, es preciso que todos los países adopten modelos de

descarbonización de sus economías. El artículo profundiza en estos modelos, así como en las políticas públicas que deben impulsarlos y en la necesidad de buscar soluciones en las que todos los países se impliquen, dado el carácter global del problema. En este sentido se hace una revisión de los principales acuerdos internacionales que hasta la fecha se han logrado.

A continuación incluimos el artículo "La huella hídrica como respuesta del sector empresarial al cambio climático" cuyas autoras son Amelia Pérez Zabaleta, Bárbara Soriano y Mónica Borrat, todas ellas investigadoras de la Cátedra de Economía del Agua (Fundación Aquae-UNED). En este trabajo se subraya el creciente reconocimiento de los impactos del cambio climático en el ciclo del agua y la necesidad de una acción conjunta del sector empresarial, centros de investigación e instituciones públicas y entidades del tercer sector. En este contexto se explicita que el sector empresarial comienza a hacer más evidente su preocupación por el impacto de su actividad en los recursos hídricos, incorporando, en su política de Responsabilidad Social Empresarial, el cálculo de la Huella Hídrica de su cadena de valor. Gracias a la Huella Hídrica, la empresa es capaz de conocer el eslabón de la cadena de valor más demandante del recurso y así actuar con el doble fin de minimizar el impacto sobre los recursos hídricos y de reducir la vulnerabilidad del proceso productivo ante escenarios de reducción de disponibilidad de recursos asociados al cambio climático.

Los profesores Fernández Fernández y Olmedillas Blanco, ambos de la UAM y Fernández López, de la U. Camilo José Cela, desarrollan la idea de que la innovación tecnológica, en muchos casos asociada a ahorros energéticos en la producción y el consumo, podría compensar el efecto del crecimiento económico. Asimismo, puede poner de manifiesto la incidencia de las políticas de innovación sobre el medioambiente; aspecto poco valorado hasta el momento. Se analizan los casos de la Unión Europea, Estados Unidos y China entre 1996 y 2012. Los resultados muestran que el gasto en I+D es fundamental como impulsor del desarrollo sostenible, donde el crecimiento se compagina con menores emisiones de CO₂.

El trabajo de los profesores Carmen Fernández Cuesta (Universidad de León), Alfredo Cabezas Ares y María José García López (ambos de la Universidad Rey Juan Carlos) estudia los mercados de derechos de emisión en España y la Unión Europea mediante el análisis de datos oficiales publicados. Se comprueba el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones y se observa la evolución de los precios de las unidades de carbono específicas del mercado europeo. Este trabajo permite disponer de un mejor conocimiento de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por parte del conjunto de los 28 países que configuran la Unión Europea.

En el trabajo de la Profesora Lara Lázaro Touza (Real Instituto Elcano y Colegio Universitario Cardenal Cisneros) y del Coronel Ángel Gómez de Ágreda sobre la Gobernanza climática y empresa, se parte de que el cambio climático representa un fallo de mercado global. Consecuentemente la cooperación entre países, empresas e individuos es esencial para limitar una interferencia peligrosa con el sistema climático. El artículo analiza la gobernanza del cambio climático y el papel del sector empresarial en dicha gobernanza tras la COP21 y la adopción del Acuerdo de París.

El artículo de los profesores de la Universidad Complutense, Amores, Navas y Martín muestra una valiosa revisión sistemática de la literatura más relevante sobre el tema. Realizan un análisis cuantitativo y cualitativo de las contribuciones seleccionadas, estableciendo una tipología. Este trabajo muestra el alcance y el impacto del cambio climático en la Gestión de Empresas, analizan las diferentes perspectivas desde las que se estudia el fenómeno y propone algunas líneas de investigación futura en la materia: análisis más en profundidad de las conexiones entre cambio climático y gestión medioambiental de la empresa.

Por último, el artículo de la profesora Carmen Avilés-Palacios, (Universidad Politécnica de Madrid), analiza la relevancia de la Universidad en la lucha contra el cambio climático desde diferentes perspectivas (docente, investigadora y desde la cooperación). Su análisis se basa en el caso de la Escuela de Ingeniería de Montes, centro universitario pionero e innovador en temas de responsabilidad y sostenibilidad.

Artículos

Fundamentos e implicaciones del cambio climático. Una visión global

Fernando Gallardo Olmedo

Fernando Gallardo Olmedo es Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales. Desde 2012 es Profesor Contratado Doctor en la Facultad de Económicas de la Universidad Autónoma de Madrid y con anterioridad, desde 1990, fue Profesor Asociado en dicha Facultad. Entre 1984 y 1997 trabajó en Telefónica. En el periodo comprendido entre 1997 y 2012 trabajó como consultor en temas financieros, estrategia empresarial y modelado de sistemas.

Jaime Martínez Valderrama

Jaime Martínez Valderrama es Doctor Ingeniero Agrónomo. Desde 2006 está vinculado a la Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). Su principal campo de investigación son los modelos de simulación dinámica aplicados al estudio de problemas medioambientales. Además ha sido consultor para diferentes entidades como ING, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, o el CEIGRAM (UPM).

Miguel Buñuel González

Miguel Buñuel es Profesor de Economía Aplicada en UAM. Dr. en Economía y Licenciado en Derecho por UAM; Máster en Economía y Doctor en Estudios de Energía y Medio Ambiente por Boston University. Es Visiting Associate Professor en Stanford University en Madrid y ha sido docente en UCM, UNED, Boston y Harvard. Investiga en Economía ambiental y Economía pública. Ha sido Asesor del Ministerio de Medio Ambiente, Responsable de Estudios y Publicaciones de la Fundación Biodiversidad y ha llevado a cabo trabajos de investigación para la Comisión Europea, el Banco Mundial, el IEF y varios ministerios.

RESUMEN

La acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas está provocando un aumento de la temperatura en la atmósfera y en los océanos. Este proceso de cambio climático tiene consecuencias globalmente negativas desde una perspectiva social, económica y financiera. Este trabajo tiene como objetivo presentar una visión general del fenómeno del cambio climático, sus implicaciones económicas y las políticas más adecuadas para enfrentarse al problema. Para ello procederemos, en primer lugar, a una revisión de las evidencias empíricas y de las previsiones acerca del proceso de cambio climático. En segundo lugar, se analizará la evolución de las emisiones de CO₂ en el mundo. En tercer lugar se expondrá el concepto de coste social del carbono, el cual se utiliza para estimar el perjuicio económico provocado por las emisiones de CO₂. Finalmente se estudiarán las iniciativas internacionales y las políticas frente al cambio climático.

PALABRAS CLAVE

Cambio climático, gases de efecto invernadero, coste social del carbono, políticas de adaptación y políticas de mitigación.

ABSTRACT

Accumulation of greenhouse gases from human activities in the atmosphere is causing an increase of temperatures in the atmosphere and oceans. This process of climate change has negative global repercussions. This paper aims to introduce a general view of the climate change phenomenon, as well as its economic consequences and the most appropriate policies to be implemented in order to deal with the problem. We proceed, firstly, to review empiric evidences and forecast relating to the climate change process. Secondly, we analyze the worldwide evolution of CO₂ emissions. Thirdly we introduce the concept of social cost of carbon, which it is used in order to estimate the economic harm caused by those emissions. Finally, we study the international agreements and policies against climate change.

KEYWORDS

Climate change, greenhouse gases, social cost of carbon, adaptation policies and mitigation policies.

JEL

F53, F64, H23, Q01, Q40, Q54.

1. EVIDENCIAS Y PREVISIONES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las consecuencias del cambio climático tienen una presencia casi diaria en los medios de comunicación. Así, por ejemplo, en el momento de redactar estas líneas, la prensa nos muestra un nuevo caso preocupante, como es el deshielo de la Antártida Oriental. En efecto, un equipo liderado por el glaciólogo británico Stewart Jamieson ha observado allí la formación de casi 8.000 lagos a partir de hielo derretido durante los veranos del periodo 2000-2013 (Langley et al., 2016). Nos acostumbramos con cierta pasividad al aspecto novedoso del tema: *“Es la primera vez que se detecta este fenómeno de los lagos azules en la Antártida Oriental, la mayor masa de hielo del planeta”* resalta el artículo (El País, 2016), donde se nos recuerda otro récord, al que también nos hemos habituado: *“El año 2015 fue el más cálido desde que empezaron los registros en 1880”*.

Actualmente hay un acuerdo generalizado acerca de que la actividad económica de la humanidad ha generado una dinámica de incremento de las temperaturas, tanto en la atmósfera como en los océanos, como consecuencia de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI)¹ en la atmósfera. La actividad humana provoca el aumento de GEI en la atmósfera mediante dos formas: (i) a través de la emisión de gases hacia la atmósfera (quema de combustibles fósiles, actividades industriales y explotaciones ganaderas) y (ii) como consecuencia de la eliminación de sumideros naturales de CO₂, esencialmente a través de la tala de bosques, en especial los tropicales.

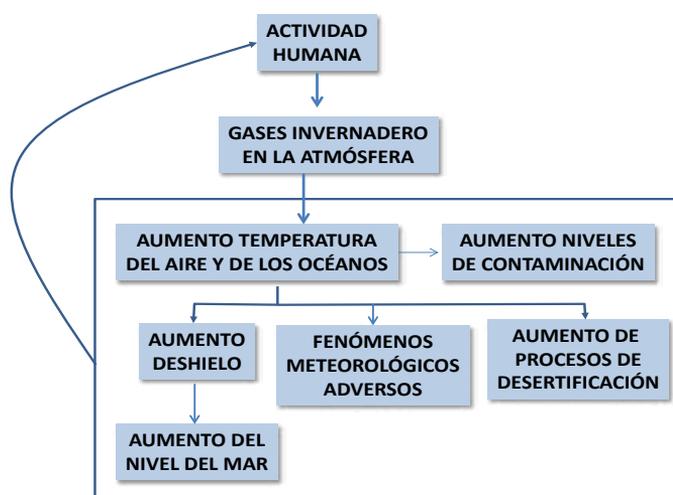
Los principales GEI generados por la actividad humana son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (NO₂) y los gases fluorados, tales como los hidrofluorocarbonos (HFC), el sulfuro hexafluorido (SF₆) y los perfluorocarbonos (PFC). Hay que tener presente que los ciclos propios de la naturaleza generan emisiones de GEI, tales como el vapor de agua y el dióxido de carbono, y en menor medida el metano y el óxido de nitrógeno. Una particularidad del vapor de agua es que el incremento de temperatura que genera la emisión del resto de gases contribuye a potenciar su efecto invernadero. Por lo tanto, se puede decir que la actividad económica, sobre todo por la emisión de carbono a la atmósfera, desestabiliza el funcionamiento natural de los GEI, provocando un incremento de temperaturas no deseable.

El aumento de las temperaturas en la superficie terrestre y en los océanos trae como consecuencia varios cambios en el ecosistema del planeta Tierra, tales como la disminución de las capas de hielo y el consiguiente aumento del nivel del mar, y el aumento de fenómenos meteorológicos adversos. Estos cambios afectan a la vida de las especies que habitan la Tierra y al sistema eco-

1 Se utiliza también la abreviatura GHG (*Greenhouse Gases*).

nómico, social y cultural de la humanidad. Dado que es la propia actividad humana la que está provocando el aumento de los GEI en la atmósfera, nos encontramos con un bucle de realimentación típico de la Dinámica de Sistemas² (ver Figura 1).

Figura 1. Bucle generado por la actividad humana sobre el clima



La avalancha de hechos que confirman el calentamiento de nuestro planeta, provocado por la actividad humana, y la acusada reiteración en los medios de comunicación transmite la poderosa idea de que el cambio climático es un problema relativamente reciente. Lejos de esta realidad, el fenómeno lleva varias décadas tratándose (Hernández, 2016), aunque no podemos negar la trascendencia y actualidad del problema.

El ingeniero británico Guy Stewart Callendar (1939) estableció, a finales de los años treinta, la teoría del cambio climático antropogénico debido al CO₂ tal y como la entendemos hoy, aunque el trabajo que se considera como pionero en el establecimiento de la conexión entre acumulación de CO₂ y el aumento de las temperaturas es el publicado por Manabe y Wetherald (1967).

Desde 1990, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) publica anualmente los aumentos de temperatura, las medidas de concentración de CO₂ en la atmósfera y las

2 Está metodología fue introducida por Forrester (1961) y tiene como objetivo plasmar en un modelo la lógica de un sistema a través de sus relaciones causales, prestando una especial atención a los bucles de realimentación causales y a los efectos retardados.

proyecciones que se estiman, así como los eventos meteorológicos extremos asociados a estos cambios. Establecido por primera vez en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el IPCC se ha convertido en la referencia pública del consenso científico sobre el cambio climático y sus efectos.

A pesar del cúmulo de evidencias y estudios (IPCC, 2007) que confirman y vuelven a confirmar el aumento de las temperaturas y la acumulación de gases con efecto invernadero, todavía quedan negacionistas, uno de cuyos últimos refugios era, precisamente, la Antártida. Allí, argüían, la cantidad de hielo que rodea al continente aumenta. La masiva aparición de lagunas en medio del continente, junto con un saldo negativo de la acumulación de hielo, nos vuelve a recordar que las evidencias son innegables y, como sugería Gore (2007), verdades ciertamente incómodas.

El problema del cambio climático no es una cuestión meramente ambiental o un capricho de los ecologistas que pretenden preservar ecosistemas en un estado más o menos original. Se trata de un asunto que afecta a la economía mundial, pues para su solución hay que rediseñar el modo en el que se produce la energía que sustenta el modelo productivo actual. Reconocer la cadena "Actividad humana - Emisión de gases - Aumento de las temperaturas - Daños a la economía" no resulta sencillo, puesto que obliga a cambios estructurales drásticos.

Sin embargo parece que hemos llegado a una situación en la que ya no podemos seguir mirando a otro lado. Reconocer el cambio climático es incómodo, pero sus consecuencias lo son mucho más. A continuación presentamos un resumen de los principales hechos que acreditan el cambio climático y sus consecuencias en el ecosistema. Posteriormente nos centraremos en las previsiones.

1.1. El Cambio Climático: hechos

A continuación se repasan los hitos más emblemáticos del cambio climático, sustentados por observaciones y datos estadísticos.

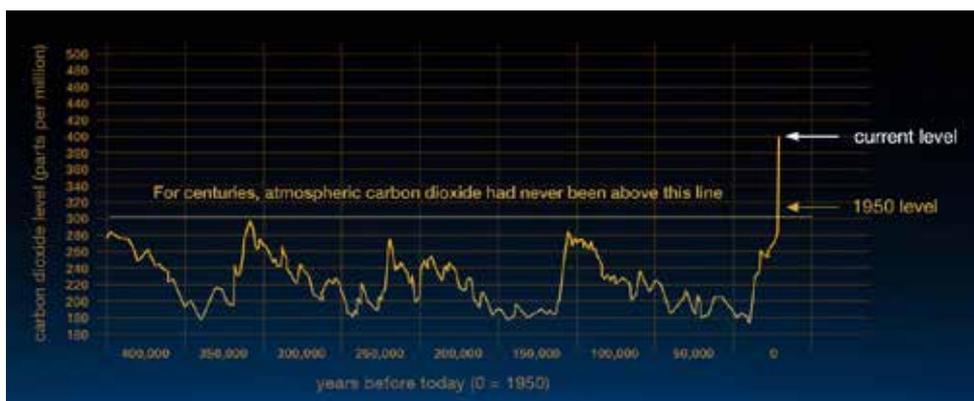
Acumulación de gases con efecto invernadero

El CO₂ es un gas de efecto invernadero producido principalmente por la actividad humana y es responsable del 63% del calentamiento global causado por la actividad económica. Su concentración en la atmósfera supera actualmente en un 40% el nivel registrado al comienzo de la industrialización (Comisión Europea, 2016). Otros gases de efecto invernadero se emiten en menores cantidades pero son mucho más eficaces que el CO₂ a la hora de retener el calor. El metano es responsable del 19% del calentamiento global de origen humano.

En las últimas décadas su aumento ha sido imparable, como consecuencia del cambio de modelo productivo de alimentos. La composición de la dieta tradicional, basada en cereales y legumbres, está siendo sustituida por el consumo de proteínas de origen animal. En consecuencia, el número de cabezas ganaderas ha aumentado exponencialmente y, con ello, las emisiones de metano.

El análisis realizado a partir de los núcleos de hielo ha permitido a los científicos estimar la concentración de CO₂ de la atmósfera de tiempos pasados (hasta 400.000 años). Esta trayectoria (ver Figura 2), muestra un hecho impactante: hemos sobrepasado el umbral de las 300 ppm (partes por millón)³ de CO₂ de manera irrefrenable.

Figura 2. Evolución de la concentración de CO₂ en ppm desde hace 400.000 años hasta el presente



Fuente: Figura tomada de NASA (<http://climate.nasa.gov/evidence/>), a partir de datos de Petit et al., 1997.

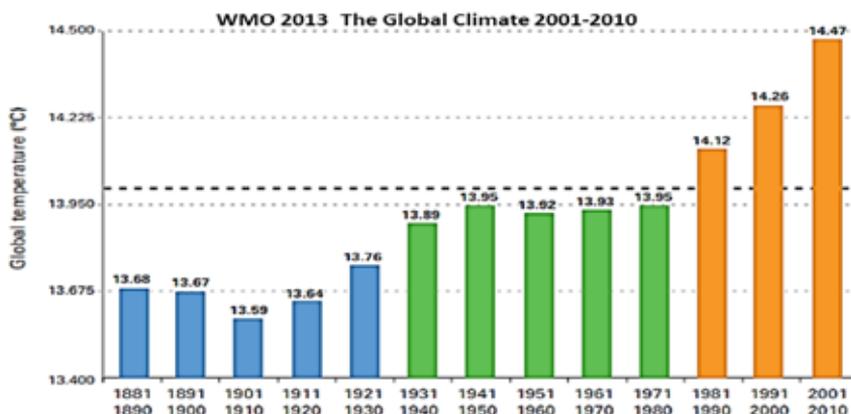
Aumento de las temperaturas

Las tres principales reconstrucciones de la temperatura de la superficie terrestre muestran que la Tierra se ha calentado (Osborn et al., 2014; BAMS, 2016; GISTEMP, 2016) desde 1880. La mayor parte de este calentamiento ocurrió desde la década de los 70 del pasado siglo. Los 20 años más cálidos jamás registrados han tenido lugar desde 1981 y los 10 más cálidos en los últimos doce años. A pesar de que en el año 2000 se registró un declive en la emisión solar que se tradujo en un mínimo solar acaecido en 2007-2009, la temperatura ha seguido

3 Esta es una unidad utilizada en física para medir la concentración.

su tendencia positiva. En la Figura 3 se muestra la evolución de la temperatura media por décadas desde 1880.

Figura 3. Evolución de las temperaturas por década desde 1881



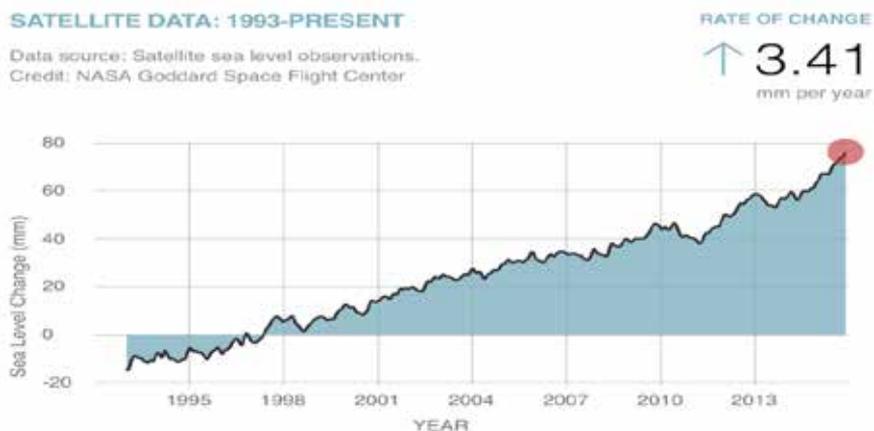
Fuente: Figura tomada de Climate Emergency Institute (2016). Disponible en: http://www.climateemergencyinstitute.com/uploads/WMO_2013_global_temp_increase_box.png.

Como es lógico, el calentamiento no se circunscribe al aire o la superficie terrestre. Las masas de agua del planeta también han aumentado su temperatura. Los océanos han actuado como sumideros de gran parte del calor almacenado en el sistema atmosférico. Se ha estimado que los 700 metros de agua más cercanos a la superficie han aumentado su temperatura media en 0,3°C desde 1969 (Levitus et al., 2009).

Subida del nivel del mar

La subida del nivel del mar está relacionada con dos hechos vinculados con el calentamiento global: el agua procedente del deshielo y la expansión del agua salada debido a su calentamiento. El siguiente gráfico muestra los cambios observados mediante satélite del nivel del desde 1993. El último registro, que data de mayo de este año, es de 87,4 mm (<http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>).

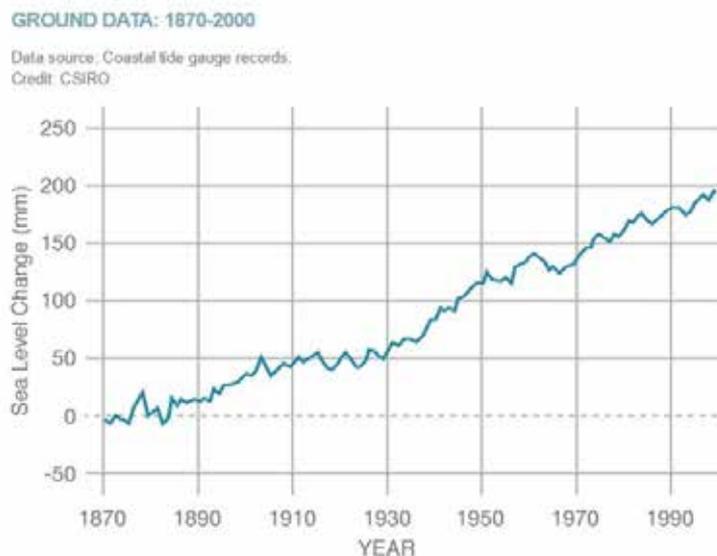
Figura 4. Cambios en el nivel del mar



Fuente: Satellite sea level observations, NASA Goddard Space Flight Center

Considerando una perspectiva temporal más amplia, diremos que el nivel medio del mar ha subido 17 centímetros en el último siglo. Esta progresión se ha duplicado en la última década. (Church y White, 2006). La Figura 5 muestra los cambios producidos entre 1870 y 2000.

Figura 5. Cambios en el nivel del mar

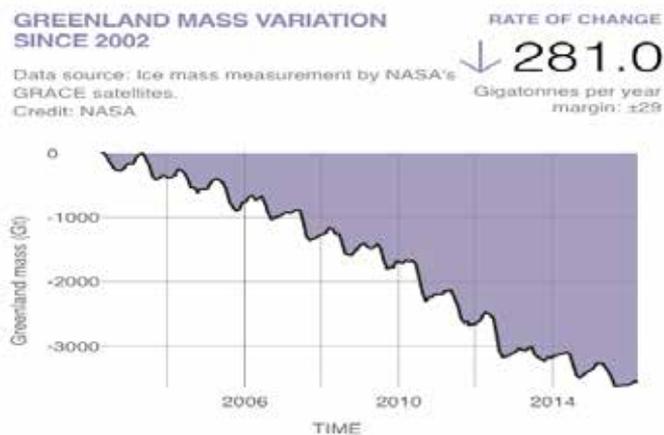


Fuente: Figura tomada de CSIRO Marine and Atmospheric Research.

Retracción de las masas de hielo

La consecuencia inmediata del aumento de las temperaturas es un retroceso de los diversos depósitos de hielo y nieve de la Tierra. Así, tanto las capas de hielo continentales más extensas del planeta, como son las de Groenlandia y la Antártida han menguado considerablemente. Según datos de la NASA, en el primer caso el ritmo de pérdida de hielo es de unas 281 Giga-toneladas anuales (ver figura 6), mientras que en la Antártida el balance negativo es de unas 117 Gtn/año.

Figura 6. Variación de la masa de hielo de Groenlandia



Fuente: Ice mass measurement by NASA's GRACE satellites (<http://climate.nasa.gov/vital-signs/land-ice/>).

Además, la extensión y grosor del hielo del mar Ártico ha declinado de manera muy rápida en las últimas décadas (Polyak et al., 2009). El panorama se completa con el repliegue de los glaciares en todas las montañas del mundo (National Snow and Ice Data Center) y con la disminución de la superficie cubierta por nieve durante el invierno en el hemisferio norte, como demuestran las imágenes por satélite (Derksen y Brown, 2012 y National Snow and Ice Data Center).

Aumento de los eventos extremos

Los eventos climáticos extremos, tales como olas de calor, inundaciones, huracanes, etc., están dejando de ser algo excepcional. El calentamiento global ha cambiado la frecuencia de las olas de calor, que han quintuplicado su frecuencia (Fischer y Knutti, 2015).

Multitud de incidencias de este tipo (tifones, inundaciones, sequías, etc.) se registran en todo el mundo cada vez con más asiduidad. Así, por ejemplo, el número de eventos con temperaturas altas se ha incrementado en Estados Unidos, así como los episodios de lluvias torrenciales⁴. En el sureste de Inglaterra se registraban temperaturas de 33.2 °C cada mil días; ahora lo hace cada 200 días (Mathiesen, 2015).

Acidificación del mar

Los océanos han absorbido alrededor del 30% del dióxido de carbono antropogénico emitido, incrementando su acidificación (Sabine et al., 2004). Esto repercute negativamente en la cantidad de fitoplancton, cuya contribución en la fijación de CO₂ se ve mermado, y en la supervivencia de los corales, que han desaparecido de una buena parte de los fondos oceánicos.

1.2. Previsiones en un sistema complejo

El clima es el resultado de la interacción de numerosos elementos. Muchos de los procesos que intervienen en un sistema tan complejo no se conocen con el suficiente detalle como para obtener predicciones con un grado de fiabilidad mínimamente aceptable. Estamos en un entorno de incertidumbre extremadamente elevado, dada la cantidad de interacciones de carácter no-lineal, retardos y bucles implicados en el clima de la Tierra; así como en la ausencia de experiencia pasada que permitan fundamentar, de alguna manera, las ecuaciones de los modelos.

Las evidencias paleoclimáticas sugieren que el clima tiende a cambiar de forma brusca, pasando de un estado de equilibrio a otro en poco tiempo. Así ha ocurrido en las transiciones entre los periodos glaciales e interglaciares. Estas alteraciones se han desencadenado por pequeñas variaciones en la distribución e intensidad de la radiación solar, que resultan amplificadas por diversos mecanismos de retroalimentación (FitzRoy y Papyrakis, 2016).

Estos mecanismos latentes pueden ser activados por motivos aparentemente inocuos y cambiar el panorama en muy poco tiempo. Son estos elementos los que otorgan complejidad al cambio climático y dan al traste con las predicciones que considerábamos más precisas. Así, por ejemplo, el IPCC pronosticó que el Ártico perdería todo su hielo al final del verano a finales de siglo, pero ahora las previsiones dicen que serán en una o dos décadas. El propio proceso de deshielo contiene un mecanismo acelerador, que consiste en el calentamiento adicional propiciado por la reducción del albedo, es decir, que la

4 Véase <http://www.ncdc.noaa.gov/extremes/cei/index.html>

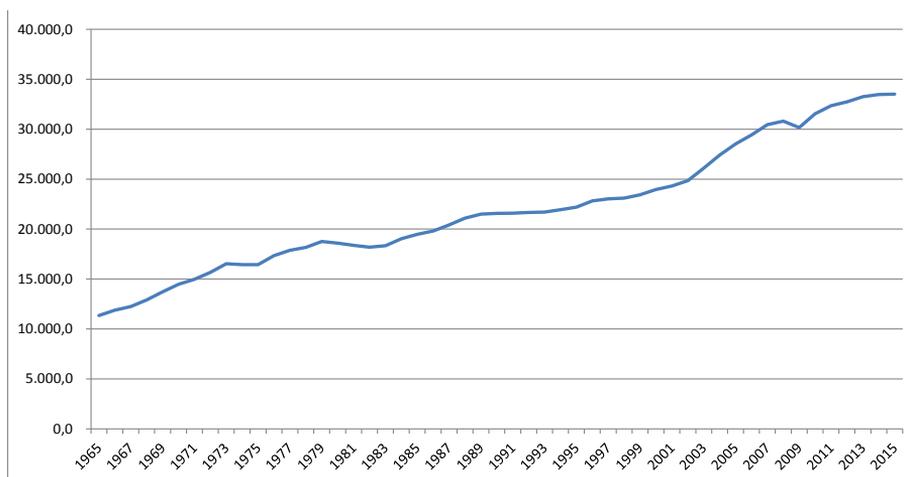
radiación solar se reflejará menos (será más absorbida) a medida que la superficie blanca (hielo y nieve) disminuya.

Otro caso que refleja bien la complejidad del problema y la dificultad que entrañan las predicciones es que se creía que la fusión de las capas de hielo de la Antártida y Groenlandia era un proceso lento, de arriba abajo, y que tardaría milenios en completarse. Ello, a su vez, retardaba las previsiones acerca de la subida del nivel del mar de acuerdo a los escenarios del IPCC. Sin embargo, registros geológicos y observaciones recientes hablan de cambios mucho más súbitos y alarmantes. Alguna de las razones que pueden justificar este nuevo punto de vista tiene que ver con procesos asociados y simultáneos que operan a otros niveles. La generación de grietas en la superficie permite el paso de agua hacia las capas profundas, lubricando el fondo rocoso y favoreciendo el deslizamiento de grandes masas de hielo hacia el mar, donde se derriten. Anunciando este proceso, uno de los científicos más relevantes en este campo hizo un llamamiento urgente para actuar con la mayor premura posible (Hansen, 2007).

El cambio climático actúa como el pistoletazo de salida de otros muchos procesos aparentemente inertes que pueden acelerar el calentamiento actual o incluso llevarlo hacia la dirección opuesta, es decir, hacia una nueva era glacial. La liberación de depósitos de metano y carbono que estaban 'cautivos' pueden echar por tierra las previsiones sobre el aumento de la temperatura. Actualmente la temperatura media es 0,85 °C superior a la de finales del siglo XIX. En lo que parece haber consenso es que un aumento de 2 °C con respecto a la temperatura de la era preindustrial es el límite más allá del cual existe un alto riesgo para que se desencadenen cambios peligrosos y catastróficos. Tomar las decisiones correctas en los próximos años es a la vez algo tan complicado como necesario.

2. PANORAMA INTERNACIONAL DE LAS EMISIONES DE CO₂

Las emisiones de CO₂ a la atmósfera han aumentado considerablemente a lo largo de los últimos 50 años. De acuerdo con datos de BP (2016), en el año 1965 se emitieron unos 11.500 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, mientras que en 2015 la cifra prácticamente se triplicó (33.500 mill. de tn.). La evolución de las emisiones a lo largo de ese periodo se muestra en el Gráfico 1. Como se puede observar en dicho gráfico, tras un periodo de crecimiento intenso entre los años 2003 y 2007, a partir de este último año el crecimiento se modera y los incrementos anuales son cada vez menores. En 2015 las emisiones aumentaron un 0,1% con respecto al año anterior.

Gráfico 1. Emisión anual de CO2 a la atmósfera (mill. de tn.)

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de BP (2016).

Además de la evolución de las emisiones totales, resulta relevante analizar las de las mayores zonas emisoras de carbono, que en estos momentos son China (27,3% de las emisiones totales de 2015), Europa y Eurasia⁵ (18,5%) y Estados Unidos (16,4%). Tal y como se puede apreciar en el Gráfico 2, China inicia un crecimiento muy pronunciado en el año 2002, el cual se mantiene hasta 2011. Durante este periodo supera y marca grandes diferencias con Estados Unidos y el área de Europa y Eurasia. A partir de 2011, la cifra se estabiliza. Si se hace un balance de la última década se puede apreciar que las emisiones de China se han multiplicado por 3. En lo que respecta a Europa y Eurasia se puede apreciar cómo se ha producido una corrección a partir de los inicios de la década de los 90 del siglo pasado. En cambio, la corrección en los Estados Unidos ha sido más tardía (a partir de 2007) y menos pronunciada.

Asimismo es interesante analizar los valores relativos de emisiones por países de los últimos años. En la Tabla 1 se muestra, para los 30 países más emisores del mundo, el volumen total emitido en el año 2015 y varios ratios seleccionados. Los dos países que están al frente del volumen de emisiones -China y Estados Unidos- son responsables del 43,7% del total de emisiones. Sus ratios muestran diferencias notables. La emisiones de CO₂ por habitante de los Estados Unidos (17,1 mill. tn. por habitante) son 2,5 veces las de China (6,7). Podemos explicar este ratio aplicando el siguiente desglose:

5 Los países que se incluyen en Eurasia son los siguientes: Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Kazajstán, Kirguistán, Moldavia, Rusia, Tayikistán, Turkmenistán, Ucrania y Uzbekistán.

$$\frac{\text{Emisiones } CO_2}{\text{Habitantes}} = \frac{\text{Energía primaria}}{\text{Habitantes}} \times \frac{\text{Emisiones } CO_2}{\text{Energía primaria}} \quad [1]$$

Tal y como se muestra en la Tabla 1, el ratio de consumo de energía primaria por habitante de Estados Unidos es de 7,2 mill. toneladas equivalentes de petróleo (tep)⁶ por habitante, mientras que el de China es de 2,2. El ratio de Estados Unidos solo es superado por Canadá, Singapur y los países árabes productores de petróleo. El elevado uso energético derivado del transporte explica el ratio de los Estados Unidos. En cambio el ratio de emisiones en relación con el consumo de energía primaria es superior en China (3 tn. de CO₂ por cada tep de energía consumida) que en los Estados Unidos (2,4). La razón de esta diferencia se encuentra en que, a pesar de que la distribución de consumo de energía primaria entre fósiles y no fósiles es similar en ambos países (88%-12% en China y 86%-14% en Estados Unidos, ver Tabla 2), el uso del carbón como energía primaria es extremadamente elevado en China, alcanzando una tasa del 64% (17% en los Estados Unidos).

La comparación entre ambos países puede completarse con el análisis del ratio de emisiones de CO₂ sobre PIB (tn. de emisiones de CO₂ por cada mill. de dólares de PIB). Tal y como se muestra en la Tabla 3, el ratio de China (842,4) es 2,75 veces superior al de Estados Unidos (305,7). Este ratio se puede analizar realizando el siguiente desglose:

$$\frac{\text{Emisiones } CO_2}{\text{PIB}} = \frac{\text{Emisiones } CO_2}{\text{Energía primaria}} \times \frac{\text{Energía primaria}}{\text{PIB}} \quad [2]$$

A través del ratio de energía primaria sobre PIB se puede observar que la economía china, muy intensiva en el sector industrial en los últimos años, explica en buena parte el mayor valor de este ratio (277,4 tep por millón de dólares de PIB en China frente a 127,1 en Estados Unidos). El otro elemento que influye es el ratio de emisiones de CO₂ sobre consumo de energía primaria, el cual se analizó anteriormente.

Un elemento positivo de cara al futuro, junto con las mejoras en eficiencia, es el mayor peso que el sector servicios está adquiriendo en la economía china. Desde el año 2013 el sector servicios presenta un mayor porcentaje que el industrial en el PIB. En cualquier caso, la reducción de las emisiones de CO₂

6 La tep es una unidad de energía. Equivale a la energía que produce la combustión de una tonelada de petróleo, la cual, de acuerdo con la definición de la Agencia Internacional de la Energía, equivale a 10⁷ Kcal. De acuerdo con el índice de generación energética del resto de fuentes primarias, se obtiene un total agregado para todas las fuentes de energía primaria.

en China viene condicionada, en gran medida, por la reducción en el uso del carbón como fuente de energía primaria.

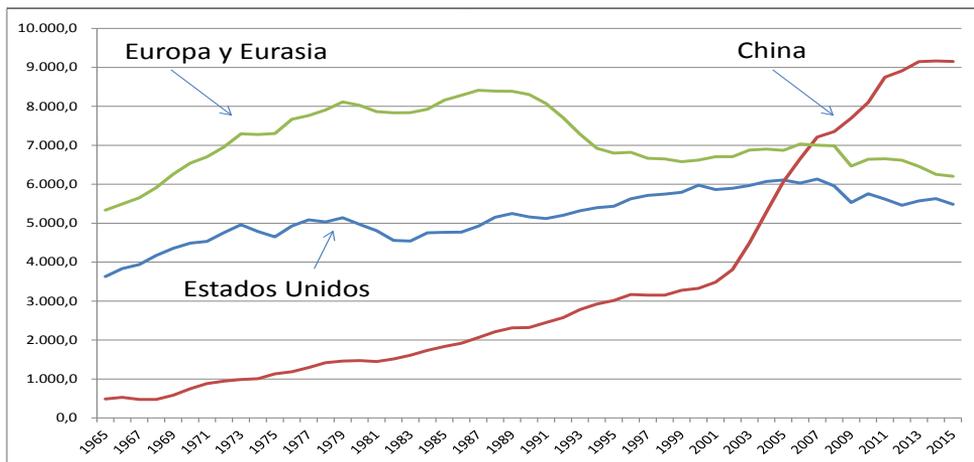
En cuanto al resto de países incluidos en las tablas 1 y 2 cabe realizar los siguientes comentarios de interés:

1. India es el tercer país emisor de CO₂, con un 6,6% del total mundial. Su ratio de emisiones por habitante es muy bajo (1,7), el cual bien determinado por el bajo ratio de consumo de energía primaria por habitante. En cambio su economía es muy ineficiente en términos de emisiones de CO₂, ya que cada mill. de euros de PIB supone la emisión de más de 1.000 tn. de CO₂. A ello contribuye el elevado uso del carbón como fuente de energía primaria (58% del total).
2. El cuarto emisor mundial, Rusia, presenta un ratio de emisiones sobre PIB mayor que India, pero la explicación no se encuentra en la intensa utilización del carbón como fuente de energía primaria, sino en el elevado ratio de energía primaria sobre PIB (más de 500 tep por mill. de euros de PIB). A pesar del uso contenido del carbón, Rusia emplea energías fósiles en un 88%, lo cual incide en el elevado ratio de emisiones de CO₂ por habitante (10,3).
3. Hay un grupo de países (Japón, Corea del Sur, Canadá, Australia y Holanda) con un elevado ratio de emisiones por habitante (entre 12,4 y 16,8) pero con un ratio de emisiones de CO₂ por PIB a un nivel contenido a pesar de su desarrollo económico. Japón, Holanda y Australia presentan un ratio por debajo de 300 tn de emisiones de CO₂ por mill. de dólares de PIB. Corea del Sur (343) y Canadá (485) presentan valores superiores.
4. Las grandes economías de la Unión Europea (Alemania, Francia, Italia y España) y Reino Unido muestran ratios de emisiones de CO₂ por habitante y PIB a unos niveles comparativamente buenos en relación con otros países desarrollados, en especial Francia, Italia y el Reino Unido. Los datos de Francia son los mejores (4,6 mil. tn. CO₂ por hab. y 127 tn. CO₂ por mill. USD de PIB). Los datos de este país están influenciados por el uso de la energía nuclear como fuente de energía primaria (41% del total), lo cual hace que la distribución de energías primarias entre fósiles y no fósiles sea del 50%-50%.
5. Los países árabes productores de petróleo incluidos en las tablas 2 y 3 (Arabia Saudita, Irán y Emiratos Árabes Unidos) muestran los peores datos, tanto en emisiones por habitantes como por PIB. La abundancia de petróleo, y de gas natural en algún caso (Irán), junto con la estrategia de elevadas subvenciones por el uso de la energía por parte de la

población y la escasa sensibilidad por los aspectos relacionados con el medio ambiente son las causas que explican esos ratios.

6. Los casos de Sudáfrica, Ucrania y Singapur son especialmente singulares por su elevada ineficiencia energética.

Gráfico 2. Emisión anual de CO₂ a la atmósfera (mill. de tn.) por países



Fuente: Elaboración propia con datos tomados de BP (2016).

Tabla 1. Ratios relacionados con la emisión de CO₂ por países

	Emisión CO ₂ en 2015		Consumo de energía primaria en 2015		Ratios relevantes				
	(mill. de tn.)	% s/ total mundial	(mill. de tn. equivalentes de petróleo)	% s/ total mundial	Emisiones de CO ₂ por habitante (1) = (2) x (3)	Consumo de energía primaria por habitante (2)	Emisiones de CO ₂ sobre consumo de energía primaria (3)	Emisiones de CO ₂ sobre PIB (4) = (3) x (5)	Consumo de energía primaria sobre PIB (5)
1 China	9.153,9	27,3%	3.014,0	22,9%	6,7	2,2	3,0	842,4	277,4
2 Estados Unidos	5.485,7	16,4%	2.280,6	17,3%	17,1	7,1	2,4	305,7	127,1
3 India	2.218,4	6,6%	700,5	5,3%	1,7	0,5	3,2	1.069,9	337,8
4 Rusia	1.483,2	4,4%	666,8	5,1%	10,3	4,6	2,2	1.118,5	502,9
5 Japón	1.207,8	3,6%	448,5	3,4%	13,1	4,8	2,7	292,9	108,8
6 Alemania	753,6	2,2%	320,6	2,4%	9,3	3,9	2,4	224,6	95,6
7 Corea del Sur	648,7	1,9%	276,9	2,1%	12,8	5,5	2,3	484,9	207,0
8 Irán	630,2	1,9%	267,2	2,0%	8,0	3,4	2,4	1.481,7	628,3
9 Arabia Saudi	624,5	1,9%	264,0	2,0%	19,8	8,4	2,4	966,8	408,6
10 Indonesia	611,4	1,8%	195,6	1,5%	2,4	0,8	3,1	709,4	227,0
11 Canadá	532,5	1,6%	329,9	2,5%	14,9	9,2	1,6	343,4	212,8
12 Brasil	487,8	1,5%	292,8	2,2%	2,3	1,4	1,7	274,9	165,0
13 México	474,2	1,4%	185,0	1,4%	3,7	1,5	2,6	414,4	161,7
14 Reino Unido	436,9	1,3%	191,2	1,5%	6,7	2,9	2,3	153,4	67,1
15 Sudáfrica	436,5	1,3%	124,2	0,9%	8,0	2,3	3,5	1.395,5	397,2
16 Australia	400,2	1,2%	131,4	1,0%	16,8	5,5	3,0	298,8	98,1
17 Italia	341,5	1,0%	151,7	1,2%	6,8	3,0	2,3	164,9	73,2
18 Turquía	336,3	1,0%	131,3	1,0%	4,3	1,7	2,6	468,3	182,8
19 Francia	309,4	0,9%	239,0	1,8%	4,6	3,6	1,3	127,8	98,7
20 Tailandia	295,9	0,9%	124,9	0,9%	4,4	1,8	2,4	748,3	315,8
21 Polonia	295,8	0,9%	95,0	0,7%	7,8	2,5	3,1	623,1	200,0
22 España	291,7	0,9%	134,4	1,0%	6,3	2,9	2,2	243,3	112,1
23 Taiwan	268,5	0,8%	110,7	0,8%	11,4	4,7	2,4	569,1	234,6
24 Emiratos Árabes Un.	264,7	0,8%	103,9	0,8%	28,8	11,3	2,5	714,7	280,7
25 Malasia	246,9	0,7%	93,1	0,7%	8,2	3,1	2,7	833,7	314,4

	Emisión CO2 en 2015		Consumo de energía primaria en 2015		Ratios relevantes				
	(mill. de tn.)	% s/ total mundial	(mill. de tn. equivalentes de petróleo)	% s/ total mundial	Emisiones de CO2 por habitante (1) = (2) x (3)	Consumo de energía primaria por habitante (2)	Emisiones de CO2 sobre consumo de energía primaria (3)	Emisiones de CO2 sobre PIB (4) = (3) x (5)	Consumo de energía primaria sobre PIB (5)
26 Egipto	212,1	0,6%	86,2	0,7%	2,3	0,9	2,5	641,4	260,6
27 Holanda	210,1	0,6%	81,6	0,6%	12,4	4,8	2,6	279,2	108,5
28 Singapur	205,0	0,6%	80,2	0,6%	37,3	14,6	2,6	700,2	274,0
29 Ucrania	195,1	0,6%	85,1	0,6%	4,3	1,9	2,3	2.153,2	939,0
30 Argentina	190,0	0,6%	87,8	0,7%	4,4	2,0	2,2	469,6	217,1
Total Mundial	33.508,4	100,0%	13.147,3	100,0%	4,6	1,8	2,5	456,3	179,0

(1) Medido como mil. de tn. de CO2 por cada habitante

(2) Medido como mil. de tep por cada habitante

(3) Medido como tn. de CO2 por tn de petróleo equivalente de consumo de energía primaria

(4) Medido como tn. de CO2 por cada millón de dólares de PIB

(5) Medido como tep por cada millón de dólares de PIB

Fuente: Elaboración propia con datos de BP(2016) y World Bank (2016)

Tabla 2. Consumo de energía primaria en 2015

	(mill. de tn. equivalentes de petróleo)	Energías fósiles (%)	Energías no fósiles (%)	Petróleo y gas (%)	Carbón (%)	Energía Renovable nuclear (%)	Energía Renovable hidroeléctrica (%)
1 China	3.014,0	88%	12%	24%	64%	1%	11%
2 Estados Unidos	2.280,6	86%	14%	69%	17%	8%	6%
3 India	700,5	93%	7%	34%	58%	1%	6%
4 Rusia	666,8	88%	12%	74%	13%	7%	6%
5 Japón	448,5	92%	8%	65%	27%	0%	8%
6 Alemania	320,6	80%	20%	55%	24%	6%	14%
7 Corea del Sur	276,9	86%	14%	55%	30%	13%	1%
8 Irán	267,2	98%	2%	98%	0%	0%	2%
9 Arabia Saudí	264,0	100%	0%	100%	0%	0%	0%
10 Indonesia	195,6	97%	3%	56%	41%	0%	3%
11 Canadá	329,9	64%	36%	58%	6%	7%	29%
12 Brasil	292,8	65%	35%	59%	6%	1%	33%
13 México	185,0	93%	7%	86%	7%	1%	6%
14 Reino Unido	191,2	82%	18%	70%	12%	8%	10%
15 Sudáfrica	124,2	97%	3%	29%	68%	2%	1%
16 Australia	131,4	94%	6%	59%	35%	0%	6%
17 Italia	151,7	84%	16%	76%	8%	0%	16%
18 Turquía	131,3	86%	14%	59%	26%	0%	14%
19 Francia	239,0	50%	50%	47%	4%	41%	8%
20 Tailandia	124,9	98%	2%	83%	14%	0%	2%
21 Polonia	95,0	95%	5%	42%	52%	0%	5%
22 España	134,4	74%	26%	64%	11%	10%	16%
23 Taiwan	110,7	91%	9%	57%	34%	7%	2%
24 Emiratos Árabes U	103,9	100%	0%	98%	2%	0%	0%
25 Malasia	93,1	96%	4%	77%	19%	0%	4%
26 Egipto	86,2	96%	4%	95%	1%	0%	4%
27 Holanda	81,6	96%	4%	83%	13%	1%	3%
28 Singapur	80,2	100%	0%	99%	0%	0%	0%
29 Ucrania	85,1	75%	25%	40%	34%	23%	2%
30 Argentina	87,8	86%	14%	85%	2%	2%	12%
Total Mundial	13.147,3	86%	14%	57%	29%	4%	10%

Fuente: Elaboración propia con datos de BP(2016) y World Bank (2016)

3. COSTE SOCIAL DEL CARBONO

Como se ha expuesto en el apartado 1 de este trabajo, hay un amplio consenso en que el causante del cambio climático está en las elevadas emisiones de gases de efecto invernadero, en especial del carbono contenido en el CO₂, como consecuencia de la actividad económica humana. Una forma de evaluar económicamente el impacto de las emisiones de CO₂ es mediante el cálculo del denominado Coste Social del Carbono (CSC), el cual se puede definir como una estimación monetaria de los daños que ocasiona la emisión de una tonelada (tn.) de carbono a la atmósfera en un año dado.

Las estimaciones realizadas sobre el CSC provienen de las simulaciones realizadas mediante los denominados Modelos Integrales de Valoración (MIV). Pindyck (2013) expone claramente cuáles son las características esenciales de estos modelos:

1. Estimación de las emisiones futuras de CO₂ bajo un escenario en el que no se toma ninguna iniciativa de lucha contra el cambio climático y bajo diferentes escenarios en los que sí se hace. Estas proyecciones se basan en escenarios de crecimiento del PIB y de la intensidad en carbono de la producción de los bienes y servicios incluidos en el PIB.
2. Estimación del CO₂ que se concentrará en la atmósfera de acuerdo con la concentración actual y las emisiones futuras.
3. Estimación del impacto que las concentraciones de CO₂ en la atmósfera tendrán sobre la temperatura, el nivel del mar y los acontecimientos meteorológicos adversos.
4. Estimación del impacto económico que tendrá el aumento de la temperatura en los otros efectos medioambientales mencionados en el punto anterior. El impacto económico se mide mediante una estimación de la reducción en el consumo y el PIB, así como en la monetización de los impactos negativos sobre la salud humana.
5. Estimación del coste de las iniciativas de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En este aspecto es esencial plantear una previsión acerca del avance tecnológico que permita reducir dichos costes.
6. Hipótesis sobre utilidad y preferencia temporal acerca de los costes que conllevan las políticas que combaten el cambio climático.

La metodología general para el cálculo del CSC se basa en el cálculo del daño económico (D) que genera el aumento de las temperaturas. Tal y como indica IPCC (2014), se considera un escenario de emisiones de CO₂ para el futuro (E_0, E_1, \dots, E_t) y de acuerdo con las especificaciones del modelo MIV utilizado se

obtiene una senda de variación de temperaturas. El daño económico se calcula a través de la relación que define el modelo entre el cambio de temperatura y el impacto en el PIB. El elemento clave en este análisis es la determinación de los parámetros que definen esa relación. La mayor parte de los modelos definen esos parámetros como una variable estocástica, dada la dificultad para determinarlos con precisión. En cualquier caso, la función de daños es convexa, al objeto de definir un daño marginal creciente.

El cálculo del valor concreto del CSC se obtiene mediante un proceso de dos etapas (IPCC, 2014). En la primera de ellas se obtiene el valor actualizado (VA), en el momento del cálculo, de la función de daño económico para un año determinado "t":

$$VA_D = \int_0^{\infty} D(\Delta T_t) dt \quad [3]$$

En la segunda etapa, se obtiene el daño marginal o CSC ante una variación de las emisiones en el momento inicial (E_0):

$$CSC_0 = \frac{\partial VA_D}{\partial E_0} \quad [4]$$

Una estimación reciente y conocida del CSC es la publicada por la US Environmental Protection Agency (2015), cuyos resultados se muestran en la Tabla 3. Esta agencia norteamericana obtiene el CSC calculando la media de los resultados obtenidos en los tres modelos del tipo MIV más reconocidos: DICE (Dynamic Integrated Climate and Economy), PAGE (Policy Analysis of the Greenhouse Effect) y FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution)⁷. Como se puede apreciar, el resultado es muy sensible a la tasa de descuento utilizada (d), la cual es una variable que depende de dos factores: la tasa de preferencia temporal (δ) y la tasa de descuento del consumo futuro (ρ) (Pindyck, 2013; Stern, 2006; Heal, 2009).

Cuanto mayor sea δ menor es el valor que se le da en el momento de la valoración a los daños futuros que ocasionará el aumento de las temperaturas. O dicho de otra manera, dado que el horizonte temporal de los daños sobrepasa con creces la esperanza de vida de las personas que viven en estos momentos, a mayor δ menor es la valoración que se hace de los daños que sufren las generaciones futuras. En un contexto de solidaridad intergeneracional dicha tasa ha de ser baja. Incluso debe de ser de cero (Heal, 2009), lo que en tal caso sig-

7 El modelo DICE fue desarrollado inicialmente a principios de los años noventa del siglo pasado (Nordhaus, 1993), aunque luego ha sido actualizado (Nordhaus, 2008). El modelo FUND ha contado con la financiación de Holanda y el apoyo de la Unión Europea. Una descripción del mismo se encuentra en Tol (2002-a y 2002-b). El modelo PAGE también se empezó a desarrollar en 1991 y fue actualizado en 2002. Los fundamentos del mismo se pueden encontrar en Hope (2006).

nificaría que valoramos los daños de las generaciones futuras como si fuesen daños nuestros. Incluso se podría considerar una tasa negativa, tal y como proponen Weitzman (1998) y Stern (2008), lo cual significa valorar más los daños que sufrirían las generaciones futuras que los nuestros. Así pues, el valor de δ es una variable exógena determinada por principios éticos.

La tasa de descuento del consumo futuro depende de tres variables (Heal, 2009). Una de ellas es la propia δ , la cual es exógena. En caso de que se opte por un valor de cero, solo nos quedarían dos variables, las cuales son de carácter endógeno. La primera de ellas sería la tasa de crecimiento de los flujos que estamos descontando, la cual se puede aproximar por la tasa de crecimiento del consumo. La segunda variable es la aversión relativa al riesgo (η) dentro del contexto de una función de utilidad.

El consenso de expertos acerca de qué tasa de descuento utilizar se encuentra en el 3% (Howard and Sylvan, 2015). Esta es la tasa utilizada por la Agencia de Protección Ambiental norteamericana en su escenario central y en el análisis de estrés.

Las bases para el cálculo del CSC (MIV y elección de la tasa de descuento) no son muy sólidas. De acuerdo con Pindyck (2013) hay elecciones arbitrarias en lo concerniente a los elementos que configuran la tasa de descuento y a las funciones y parámetros que estiman las futuras pérdidas y ganancias como consecuencia de las políticas de lucha contra el cambio climático. Todas estas limitaciones de los modelos no son una excusa para poner en duda las evidencias que muestran el cambio climático y, ni mucho menos, la necesidad de implementar medidas de descarbonización de la economía que limiten el aumento de las temperaturas. Las políticas de descarbonización de la economía son una forma de seguro que se ha de implementar para evitar, en la medida de lo posible, los daños, incluidos los procedentes de escenarios posibles de estrés, que el cambio climático puede ocasionar a la humanidad (Buñuel, 1999). Estamos en total sintonía con Stern (2008) cuando afirmaba que las emisiones de gases de efecto invernadero son externalidades y representan el mayor fallo de mercado que ha sufrido el mundo.

Tabla 3. Estimación del Coste Social del Carbono en julio de 2015 en el período 2015-2050 (dólares de 2007 por tn. de CO₂)

Año	Tasa de descuento			
	Media del 5%	Media del 3%	Media del 2,5%	Percentil 95 con media del 3%
2015	11	36	56	105
2020	12	42	62	123
2025	14	46	68	138
2030	16	50	73	152
2035	18	55	78	168
2040	21	60	84	183
2045	23	64	89	197
2050	26	69	95	212

Fuente: US-EPA (2015).

4. GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En este apartado se abordan las cuestiones esenciales que conlleva la gestión del cambio climático. Comenzamos por las diferentes políticas que se pueden implementar para luchar contra el cambio climático. A continuación se exponen los acuerdos internacionales alcanzados hasta la fecha. Posteriormente se procede a realizar un análisis económico de las políticas públicas.

4.1 Tipos de políticas frente al cambio climático

Podemos plantearnos tres tipos de política para abordar el problema del cambio climático: una política de adopción de contramedidas para contrarrestar el aumento de las temperaturas, una política de adaptación y una política de prevención o mitigación de las causas que generan el problema. La elección de la política o combinación de políticas óptima se ve afectada de manera sustancial por el hecho de que el problema del cambio climático presenta las características de incertidumbre e irreversibilidad. Las principales incertidumbres rodean a la relación entre el aumento de la concentración atmosférica de los GEI y el calentamiento global que generan, así como a las consecuencias de dicho calentamiento. Sin embargo, la evidencia científica es suficiente para que sepamos que si mantenemos las tasas actuales de emisión de GEI las temperaturas medias globales aumentarán de forma muy significativa y que, aunque las consecuencias de este aumento son inciertas, el riesgo de que sean irreversibles y muy costosas, cuando no catastróficas, es muy elevado. En consecuencia,

parece claro que la primera recomendación que debemos hacer es la de proseguir con la investigación científica que nos permita disminuir la incertidumbre tanto como sea posible.

La primera de las políticas antes mencionadas consiste en el uso de técnicas de gestión de la radiación solar o SRM (*Solar Radiation Management*), que tienen como objetivo aumentar ligeramente la reflexión solar con el objetivo de disminuir la temperatura de la atmósfera. Esto se consigue lanzando partículas a la atmósfera, esencialmente compuestos sulfúricos, y mediante técnicas de modificación de las nubes (IPCC, 2014; Royal Society, 2009). Los partidarios de este tipo de técnica de geoingeniería la plantean como una alternativa a las estrategias y políticas de adaptación y mitigación. Algunos de ellos rechazan directamente las políticas de adaptación por las necesidades de cambios que requieren sobre el entramado industrial y empresarial (The New York Times, 2015).

Aunque hay partidarios del uso de la SRM, son muchos más los detractores de la geoingeniería como alternativa a la adaptación y mitigación. La geoingeniería presenta grandes inconvenientes (Corner y Pidgeon, 2010; y Dilling y Hauser, 2013). En primer lugar, hay una serie de riesgos físicos y de efectos negativos de impacto medioambiental. En segundo lugar, se plantean cuestiones éticas relacionadas con la manipulación intencionada del clima. Es cierto que el ser humano ya ha realizado diversas modificaciones relacionadas con la naturaleza, pero las implicaciones de ésta sobre las generaciones futuras sobrepasan con creces las anteriores. Por otro lado, tal y como señala Schneider (1989) la geoingeniería basada en técnicas SRM lleva asociada altas dosis de incertidumbre.

Por lo tanto, hoy en día se entiende que las únicas políticas razonables son la adaptación y la mitigación. No obstante, la geoingeniería podría ser una alternativa en forma de recurso de última instancia en caso de un fracaso futuro de las políticas de adaptación y mitigación (IPCC, 2015).

La adaptación al cambio climático es defendida como única política razonable por todos aquellos que argumentan que las grandes incertidumbres que rodean a este problema no justifican que se adopten medidas de prevención o mitigación que pueden ser tremendamente costosas en el presente y cuya finalidad es la incierta obtención de beneficios futuros. Quienes así piensan sostienen que las inversiones que la sociedad puede realizar para prevenir el calentamiento global son muy arriesgadas, por lo que, cuando tales inversiones son evaluadas, se debe añadir una prima de riesgo muy elevada a las mismas y a los futuros e inciertos beneficios que generan.

La evaluación de cualquier inversión en prevención o mitigación del cambio climático cuyos beneficios (B) y costes (C) se extienden en el tiempo requiere que estimemos el valor actualizado del retorno esperado de la inversión ($VAREI$). En el caso continuo,

$$VAREI = E \int_0^T (B_t - C_t) e^{-rt} dt, \quad [5]$$

donde T es el último periodo en nuestro horizonte temporal, r es el tipo de descuento y t es el periodo de tiempo. Puesto que la incertidumbre afecta principalmente a los efectos del cambio climático, lo incierto es el beneficio de la inversión preventiva, que se producirá en periodos distantes. Por lo que respecta a los costes, podemos asumir que son conocidos y que se producen en el periodo actual. Por tanto, podemos reescribir la expresión anterior del siguiente modo:

$$VAREI = E \int_{t_0}^T B_t e^{-rt} dt - C_0, \quad [6]$$

donde t_0 es el periodo en el que los beneficios empiezan a producirse, puesto que $B_t=0$ para $t < t_0$, y $C_t=0$ para $t > 0$.

Resulta claro que el tipo de descuento sólo afecta a nuestra percepción del beneficio de la inversión y que

$$\Pr(VAREI \leq 0) = \Pr(C_0 \geq E \int_{t_0}^T B_t e^{-rt} dt), \quad [7]$$

que tiende a 1 a medida que $t_0 \rightarrow T = \infty$, o a medida que $r \rightarrow \infty$. Es decir, cuanto más distante en el tiempo esté el periodo en el que empiezan a producirse los beneficios y cuanto mayor sea el tipo de descuento, menos probable será que un proyecto de inversión en mitigación se lleve a cabo. Por tanto, añadir una prima de riesgo elevada al tipo de descuento supondría que se aceptasen menos proyectos de inversión en prevención. Sólo aquellos proyectos que generasen beneficios inmediatamente tendrían altas probabilidades de llevarse a cabo. Por supuesto, este tipo de proyectos es el menos controvertido, pues se trata de políticas preventivas de las que no cabe arrepentirse en ningún caso, como evitar la deforestación antieconómica o mejorar la eficiencia energética, que son deseables incluso sin la preocupación por el cambio climático.

Por otra parte, no existe acuerdo sobre cuál debe ser el tipo de descuento usado, si es que debe usarse alguno. La productividad marginal del capital podría ser la respuesta económica, pero muchos otros factores la ponen en duda. En última instancia, la discusión sobre el tipo de descuento es un tema de equidad intergeneracional. Desde esta perspectiva, lo que importa es que, salvo que invirtamos dinero en la actualidad para compensar las pérdidas que se produzcan en el futuro, cualquier descuento supone distribuir beneficios hoy cuyos costes serán pagados en años venideros. Es decir, el argumento que sugiere que se añada una prima de riesgo para descontar las inversiones mitigadoras porque generan costes ciertos hoy y beneficios inciertos en el futuro

puede revertirse completamente basándonos en razones de equidad intergeneracional. En este sentido, puede argumentarse que las emisiones de GEI producen beneficios hoy (los derivados de las actividades emisoras) y generan costes en el futuro (los daños causados por el calentamiento global), los cuales, aunque inciertos, pueden ser catastróficos e irreversibles. Por tanto, el descuento crea un riesgo de infraprotección de las generaciones futuras, que pueden tener que pagar un precio enorme por el bienestar de las generaciones presentes. De este modo, si un enfoque de aversión al riesgo parece preferible a uno de neutralidad y aceptamos una prima de riesgo, ésta puede que tenga que ser negativa, porque el riesgo considerado no es el de incurrir en costes hoy que pueden no ser necesarios, sino el de qué daños catastróficos e irreversibles pueden ocurrir en el futuro.

Además, existen otros dos argumentos en contra de añadir una prima de riesgo al tipo de descuento. En primer lugar, puede que los tipos de descuento de mercado ya tengan una prima de riesgo excesiva porque tienen en cuenta riesgos que son privados pero no sociales, puesto que para la sociedad en su conjunto esos riesgos están completamente diversificados. En segundo lugar, los costes y (lo que es más relevante) los beneficios se miden de acuerdo a las preferencias de las generaciones presentes, aunque las preferencias de las generaciones futuras pueden ser diferentes, lo que resulta en que no se tengan en cuenta las oportunidades de las que se priva a estas generaciones. Esto refuerza la idea de una prima de riesgo negativa para proteger a las generaciones futuras.

En definitiva, el elevado riesgo de que las consecuencias del cambio climático sean irreversibles y catastróficas hace inadmisibile la inacción, en tanto que las incertidumbres que rodean al problema del cambio climático sean despejadas (*principio de precaución*). Por el contrario, "lo racional desde el punto de vista económico es proceder a *asegurarnos* frente al riesgo. El *seguro de calentamiento global* supone actuar hoy frente al problema para reducir el riesgo, aun a costa de incurrir en ciertos costes, que equivaldrían a la *prima de seguro*" (Buñuel, 1999, p. 188). Sin embargo, es casi seguro que el nivel óptimo de este seguro frente al cambio climático implique que debemos permitir que cierto grado de cambio climático llegue a producirse, con lo que las políticas de adaptación al calentamiento global resultan igualmente pertinentes.

Una vez que hemos descartado las contramedidas de ingeniería para evitar el aumento de las temperaturas como una solución viable en la actualidad, las políticas de prevención o mitigación constituyen la forma de adquirir el seguro de calentamiento global. Estas políticas persiguen disminuir el calentamiento global limitando las causas que lo originan, es decir, la creciente concentración de GEI en la atmósfera. Como ya hemos señalado antes, existen algunas polí-

ticas preventivas que son deseables incluso sin considerar sus efectos mitigadores del calentamiento global (deforestación antieconómica o aumento de la eficiencia energética). Sin embargo, no parece que estas políticas basten para reducir las emisiones de GEI hasta niveles aceptables, es decir, para proporcionar el seguro óptimo frente al problema del cambio climático, por lo que se necesitan políticas complementarias. De entre ellas, la disminución del uso de combustibles fósiles es la principal política de mitigación propuesta, pues constituye la manera más efectiva de reducir las emisiones de GEI. Esta disminución puede producirse a través de un aumento de la eficiencia energética, nuevas técnicas de producción y nuevos productos y servicios que requieran un menor uso de combustibles fósiles, su sustitución por otras fuentes de energía y una disminución de la demanda final de energía. Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) también pueden reducirse sustituyendo los combustibles fósiles con mayor contenido de carbono, como el carbón, por otros con un contenido menor, como el gas natural, así como mediante técnicas de captura y almacenamiento del carbono.

La necesidad de acometer medidas preventivas que limiten las emisiones de los GEI ha conducido a la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y, dentro de la misma, al Protocolo de Kioto y, más recientemente, al Acuerdo de París. No obstante, la gran incertidumbre que rodea al problema y nuestra deficiente información hacen imposible que seamos capaces de determinar en la práctica el nivel de seguro óptimo, por lo que hemos de conformarnos con fijar objetivos de reducción de emisión arbitrarios a través del proceso político de negociación internacional, si bien entendemos que esos objetivos nos acercan más al nivel óptimo de seguro de calentamiento global. De esta forma, en lugar del (desconocido) seguro óptimo fijamos lo que entendemos que es un nivel de seguro *razonable*.

4.2 Acuerdos internacionales

La gravedad de las consecuencias del cambio climático llevó a la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) en 1992, que tiene como objetivo la estabilización de la concentración atmosférica de los GEI a un nivel que impida interferencias de origen antropogénico peligrosas para el sistema climático. Sin embargo, la CMCC se limita a reconocer la existencia del problema, estableciendo mínimas obligaciones para las Partes, siguiendo la práctica habitual del derecho internacional medioambiental de acordar convenios marcogenéricos, que posteriormente se desarrollan por acuerdos denominados protocolos. De este modo, se obtiene una amplia participación en los convenios internacionales, para que una vez que exista la voluntad política necesaria puedan adoptarse compromisos que doten de con-

tenido concreto a las disposiciones genéricas de los convenios marco. En 1997 se fijaron compromisos concretos de reducción de las emisiones de GEI para los países desarrollados en el Protocolo de Kioto, adoptado en la Tercera Sesión de la Conferencia de las Partes (COP 3), órgano supremo de la CMCC.

La principal característica del Protocolo de Kioto es que establece para los países desarrollados (incluyendo los países con sistemas económicos en transición en aquella época; es decir, los países del Este de Europa) la limitación y reducción cuantificada de sus emisiones de seis GEI: dióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso, carburos perfluorados, carburos hidrofluorados y hexafluoruro de azufre. Dichos países asumieron el compromiso de reducir, individual o conjuntamente, durante el quinquenio 2008-2012 al menos un 5% de sus emisiones antropógenas de los seis gases objeto de control, con respecto de sus emisiones en 1990. El objetivo global de un 5% de reducción se repartió entre las partes firmantes según lo mostrado en la Tabla 4. No obstante, no todos los firmantes del Protocolo llegaron a ratificarlo. En particular, EEUU nunca lo hizo, por lo que no acabó comprometido a la reducción del 7% que había firmado. La UE asumió un compromiso global de reducción del 8%, que repartió entre sus Estados miembros de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5. Como resultado, a España se le permitió aumentar sus emisiones hasta un 15%. A punto de concluir el primer periodo de compromiso, comprendido entre 2008 y 2012, se acordó prorrogar la vigencia del Protocolo hasta 2020, aunque con menos participantes, a la espera de alcanzar un nuevo acuerdo internacional al que pudieran sumarse todos los países, que no llegó hasta el Acuerdo de París. En el segundo periodo de compromiso de la prórroga del Protocolo de Kioto, la UE adoptó un compromiso unilateral de reducir sus emisiones en un 20% en 2020.

Tabla 4. Compromisos de reducción de emisiones de GEIs del Protocolo de Kioto

Alemania	8%	Finlandia	8%	Noruega	+1%
Australia	+8%	Francia	8%	Nueva Zelanda	0%
Austria	8%	Grecia	8%	Países Bajos	8%
Bélgica	8%	Hungría*	6%	Polonia*	6%
Bulgaria*	8%	Irlanda	8%	Portugal	8%
Canadá	6%	Islandia	+10%	Reino Unido	8%
Croacia*	5%	Italia	8%	República Checa*	8%
Dinamarca	8%	Japón	6%	Rumania*	8%
Eslovaquia*	8%	Letonia*	8%	Rusia*	0%
Eslovenia*	8%	Liechtenstein	8%	Suecia	8%

España	8%	Lituania*	8%	Suiza	8%
Estados Unidos	7%	Luxemburgo	8%	Ucrania*	0%
Estonia*	8%	Mónaco	8%	Unión Europea	8%

* Países con sistemas económicos en transición a una economía de mercado.

Fuente: Naciones Unidas (1998, Anexo B).

Tabla 5: Reparto intracomunitario del compromiso de reducción de emisiones de GEI de la UE en el Protocolo de Kioto

Alemania	21,0%	Irlanda	13,0%
Austria	13,0%	Italia	6,5%
Bélgica	7,5%	Luxemburgo	28,0%
Dinamarca	21,0%	Países Bajos	6,0%
España	15,0%	Portugal	27,0%
Finlandia	0,0%	Reino Unido	12,5%
Francia	0,0%	Suecia	4,0%
Grecia	25,0%	TOTAL	8,0%

Fuente: Consejo de las Comunidades Europeas (2002, Anexo II).

Otra característica fundamental del Protocolo de Kioto es que se prevé la posibilidad de que los países con compromisos cuantitativos de reducción usen dos vías alternativas a la reducción de emisiones propias para cumplir con dichos compromisos. La primera de esas vías consiste en el uso de los llamados sumideros (cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un GEI o un precursor de un GEI en la atmósfera). La segunda vía alternativa es la formada por los llamados *mecanismos de flexibilidad*, que persiguen disminuir el coste para los países desarrollados de cumplir con sus obligaciones y contribuir al desarrollo sostenible mediante la promoción de proyectos encaminados a reducir la emisión de GEI. En particular, el Protocolo prevé tres mecanismos:

1. El *comercio de los derechos de emisión*: posibilita que un país que emite menos de lo que le está permitido venda la parte de su cuota de emisión no usada a un segundo país, de forma que éste pueda emitir la suma de su cuota original más la comprada al primero.
2. La *aplicación conjunta (joint implementation)*: permite a las Partes del Anexo I del Protocolo de Kioto (los países desarrollados, incluyendo los países con economías en transición) recibir créditos por reducciones de emisiones conseguidas cooperativamente (a través de proyectos) en otros países del Anexo I.

3. El *mecanismo para un desarrollo limpio (clean development mechanism)*: también permite a las Partes del Anexo I recibir créditos por reducciones de emisiones conseguidas cooperativamente, pero esta vez en países en desarrollo.

En la COP 21, celebrada en diciembre de 2015, se firmó el Acuerdo de París, que se aplicará tras el vencimiento de la prórroga del Protocolo de Kioto, es decir, a partir del día 1 de enero de 2021. El artículo 2.1 del Acuerdo establece como objetivos:

- a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;
- b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos;
- c) Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. (Naciones Unidas, 2015, p. 24).

Para conseguir el primer objetivo, los países signatarios están de acuerdo en la necesidad de que las emisiones globales dejen de aumentar cuanto antes y que a partir de ese momento se reduzcan lo más rápido que sea posible. No obstante, se reconoce que esto llevará más tiempo a los países en vías de desarrollo. Todos los países deberán enviar sus "contribuciones determinadas a nivel nacional" (CDNN), que deben ser ambiciosas y progresar en el tiempo. Las CDNN deben reportarse cada cinco años. La UE ya ha reportado su primera CDNN; en marzo de 2015, antes de la firma del Acuerdo, la UE se comprometió a reducir sus emisiones en al menos un 40% en 2030. El problema de las CDNN y, por ende, del Acuerdo de París, es que no son vinculantes en términos de derecho internacional y no existe ningún mecanismo para hacerlas cumplir.

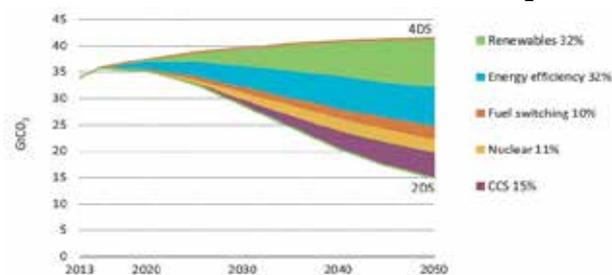
Otro aspecto importante de la CMCC es la adopción del Fondo Verde para el Clima como mecanismo financiero de la Convención para contribuir a alcanzar los objetivos de adaptación y mitigación del cambio climático, decisión tomada en la COP 16 en 2011. Aunque no se trate de un compromiso del Acuerdo de París, los países desarrollados tienen la intención de movilizar 100.000 mill. de dólares por año en 2020 y ampliar esta cantidad hasta 2025 para reducir las emisiones en los países en desarrollo y contribuir a su resiliencia a los impactos del cambio climático.

4.3 Análisis económico y políticas públicas

El análisis económico del problema sugiere la conveniencia de una actuación más decisiva que la que se deriva de la respuesta internacional que hoy observamos. La principal conclusión del Informe Stern (Stern, 2006) es que los beneficios de actuar temprana y contundentemente contra el cambio climático superan considerablemente los costes de dicha actuación. El Informe concluía originalmente que se requerían inversiones anuales del 1% del PIB mundial para evitar los peores efectos del cambio climático, y que no llevarlas a cabo podía suponer que el PIB mundial fuera hasta un 20% inferior que si se acometieran dichas inversiones. Dos años después del informe original, Stern (2008) aumentó su estimación de las inversiones necesarias al 2% del PIB, dado que las nuevas predicciones anticipaban un cambio climático más rápido.

Por tanto, necesitamos un cambio radical en la forma en la que producimos y usamos energía, que resulte en un modelo energético sostenible. Los escenarios contemplados tanto por el Grupo de Expertos Intergubernamental sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, 2014) como por la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2016) encuentran cinco opciones principales de mitigación del cambio climático: la eficiencia energética, que es la más importante a corto plazo, pues existen múltiples oportunidades de aumentarla con coste negativo; las energías renovables, que en la mayoría de escenarios constituyen la principal fuente de reducción de emisiones a largo plazo; las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, que permitirían seguir utilizando combustibles fósiles sin emitir CO₂, pero sobre las que todavía existen múltiples incertidumbres sobre su viabilidad y costes; la energía nuclear, con sus propios y evidentes problemas, que ponen en duda el aumento futuro de su papel; y la sustitución de combustibles más contaminantes por otros menos contaminantes, como el carbón por el gas natural. El Gráfico 3 muestra la importancia relativa de estas cinco opciones para reducir las emisiones de CO₂ hasta 2050, de acuerdo con las estimaciones de la AIE.

Gráfico 3: Contribución de cada opción tecnológica a la reducción global acumulativa de emisiones de CO₂



Fuente: AIE, 2016.

La transición a un modelo energético sostenible requiere que las políticas públicas creen una notable certeza a largo plazo sobre la demanda futura de tecnologías bajas en carbono, lo que permitiría su desarrollo a tiempo para lograr escenarios compatibles con un aumento de temperaturas no superior a 2 °C, que es el objetivo asumido internacionalmente para evitar los peores efectos del cambio climático. Para que dichas políticas sean eficientes, es decir, para que la reducción de las emisiones de GEI se produzca al mínimo coste, el análisis económico demuestra que deben basarse prioritariamente en instrumentos económicos (fundamentalmente, impuestos sobre emisiones y permisos de emisión negociables). La ventaja esencial de los instrumentos económicos es que permiten minimizar los costes totales de disminuir las emisiones, al hacer que se igualen los costes marginales de reducir dichas emisiones entre las distintas fuentes de emisión. Además de esta virtud de eficiencia estática, los instrumentos económicos son también eficientes de manera dinámica; los impuestos sobre las emisiones y los permisos de emisión negociables proporcionan los mayores incentivos para el desarrollo de tecnologías que permitan reducir las emisiones de GEI a un menor coste.

La necesidad de minimizar los costes de disminuir las emisiones de GEIs se manifiesta en el propio Protocolo de Kioto, que prevé el uso de los *mecanismos de flexibilidad*. También para satisfacer esa necesidad, la UE estableció el Régimen Europeo de Comercio de Derechos de Emisión, al que desde 2005 están sometidos los grandes emisores de CO₂. Los precios de este mercado deberían proporcionar la señal inequívoca a los agentes económicos que conduzca a la necesaria inversión en tecnologías reductoras de las emisiones, pero su nivel actual es demasiado bajo para garantizar un despliegue masivo de las tecnologías mencionadas anteriormente.

Aunque la UE ha optado por los permisos de emisión como principal instrumento económico en materia de cambio climático, sus propuestas impositivas para reducir las emisiones de GEI tienen décadas y muchos países europeos han introducido impuestos medioambientales con este fin. Una ventaja del uso de instrumentos fiscales es que pueden ser la base para una *reforma fiscal ecológica*, capaz de proporcionar un “doble dividendo” (Goulder, 1995): el beneficio ambiental como primer dividendo y una reducción de las distorsiones introducidas en la economía por el sistema fiscal como segundo dividendo. Se trata de usar los ingresos proporcionados por los tributos medioambientales para reducir otros tributos ya existentes que generen grandes distorsiones en la economía y, por ello, pérdidas de bienestar, como los que gravan el trabajo, los beneficios o el ahorro, así como las contribuciones a la seguridad social. El uso de los permisos de emisión para los sectores con unidades emisoras grandes y localizadas y los impuestos para los sectores “difusos” (residencial, agrícola, transporte), cuyas emisiones son más difíciles de controlar, resulta una

combinación adecuada de instrumentos económicos que permitiría reducir los costes de la radical reducción de emisiones de GEI que debemos acometer a lo largo de este siglo.

España no se encuentra entre los países que han emprendido reformas fiscales ecológicas. Como consecuencia, la fiscalidad no juega un papel muy relevante en la política española contra el cambio climático. La excepción la constituye la reforma del Impuesto Especial sobre Determinados Medios de Transporte (IEDMT, habitualmente denominado impuesto de matriculación) que entró en vigor en enero de 2008, que hizo que el gravamen dependiera de las emisiones potenciales de CO₂ de cada vehículo. El resultado ha sido un progresivo cambio en el parque automovilístico español hacia vehículos que emiten menos CO₂; un claro ejemplo de la efectividad del uso de instrumentos fiscales en la política medioambiental.

Sin embargo, existe todavía un gran potencial de utilización de las herramientas fiscales en el sector del transporte que no se está utilizando en España. En particular, Buñuel (2009) propone el uso del Impuesto Especial sobre Hidrocarburos (IEH) como instrumento fiscal al servicio de la política de medio ambiente, así como la eliminación gradual del IEDMT y la progresiva sustitución de su recaudación por la de un nuevo Impuesto sobre las Emisiones de los Vehículos de Motor (IEVM), que reemplazaría al Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica (IVTM, habitualmente denominado impuesto de circulación). Su propuesta es que la desaparición del IEDMT se produzca de forma paulatina a lo largo de un periodo transitorio de 10 años, para evitar las distorsiones en el mercado de vehículos que generaría una desaparición súbita o rápida, así como la falta de equidad que esto supondría para quienes adquirieran un vehículo antes de la desaparición del IEDMT y se vieran luego obligados a pagar un IEVM mucho más elevado que el IVTM para compensar la pérdida de recaudación cuando desapareciera el IEDMT. La recaudación perdida por este impuesto se compensaría al 50 por ciento con un aumento del IVTM, que se transformaría en el IEVM, y en el otro 50 por ciento por un aumento del IEH.

Pese a la relevancia que podrían tener los tributos que acabamos de mencionar, el más adecuado frente al cambio climático es otro: un impuesto sobre el carbono, pues proporciona los incentivos precisos para promover el ahorro energético, la sustitución de los combustibles fósiles de mayor contenido en carbono por los de menor contenido, y la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes alternativas de energía (principalmente, energías renovables). Un impuesto sobre el carbono es equivalente a un impuesto sobre los combustibles fósiles cuyos tipos impositivos dependan del contenido en carbono de cada combustible. Considerando que la relación entre las emisiones de CO₂ y el contenido de carbono de cada combustible fósil es prácticamente proporcional, un impuesto sobre el carbono equivale a un impuesto sobre las emisiones

de CO₂. Buñuel (2011) ha propuesto su introducción en España con las siguientes características:

1. El consumo por los sectores más intensivos en el uso de la energía y expuestos a la competencia internacional quedaría exento, de forma que estos sectores quedaran sometidos exclusivamente al sistema europeo del comercio de derechos de emisión.
2. La base imponible sería el peso del carbono contenido en el combustible.
3. El tipo impositivo ascendería inicialmente a sólo 5 euros por tonelada de CO₂ y se iría incrementando en 2 euros cada año, hasta alcanzar 25 euros por tonelada al cabo de 10 años. Esta propuesta de mínimos conseguiría generar señales adecuadas de precio a la vez que reducir los posibles costes económicos mediante la introducción progresiva del impuesto.

Buñuel (2011) simula el efecto sobre los precios sectoriales del impuesto sobre el carbono propuesto, concluyendo que, más allá del efecto directo sobre el precio de los combustibles, no se producirían grandes efectos inflacionistas, salvo para el sector de producción y distribución de energía eléctrica. Sin embargo, este efecto se vería contrarrestado si las primas a las energías renovables dejaran de ser un coste del sistema eléctrico, como también propone. Teniendo en cuenta que estas primas suponen hoy en día un porcentaje del total de los costes eléctricos mayor que el máximo aumento de precios que estimado por Buñuel, el resultado conjunto del impuesto y de trasladar las primas a los Presupuestos Generales del Estado reduciría los precios de la electricidad.

El uso de instrumentos económicos frente al cambio climático no se agota con los impuestos sobre el consumo de energía o las emisiones, y con los sistemas de permisos de emisión negociables. También deben considerarse las subvenciones, tanto su introducción para fomentar la eficiencia energética y las energías renovables como la eliminación de las subvenciones nocivas para el medio ambiente. En el caso de España, las subvenciones en forma de primas a las energías renovables (*feed-in tariffs*) han jugado un papel muy importante en su desarrollo. Sin embargo, su diseño no fue bien concebido, y dio lugar a una verdadera "burbuja" en el sector renovable, especialmente en el fotovoltaico, que trató de corregirse con posteriores y sucesivos recortes de las primas. Con respecto a las subvenciones nocivas para el medio ambiente, resulta urgente en España que se acabe con las subvenciones al carbón, que han supuesto y todavía suponen un desperdicio de ingentes recursos económicos, que favorecen las emisiones de CO₂, al apoyar la quema de carbón en centrales térmicas de producción eléctrica.

Las subvenciones públicas son especialmente adecuadas y necesarias para promover proyectos pioneros de I+D+i, que a su vez tienen una gran capacidad de generar efectos colaterales positivos para nuevos proyectos e inversiones (Dechezleprêtre et al. 2016). De acuerdo con Acemoglu et al. (2016), las subvenciones pueden ser mucho más importantes que los impuestos sobre el carbono, aunque creemos que se trata de instrumentos complementarios. Los impuestos sobre el carbono (y los permisos de emisión negociables) deben hacer que el coste social del carbono, descrito en la sección 3, sea interiorizado en los precios, lo que haría innecesarias muchas subvenciones. Pero las subvenciones seguirán siendo esenciales para apoyar los proyectos de I+D+i antes citados y para que las tecnologías inmaduras puedan reducir sus costes a través de la curva de aprendizaje. El volumen relativo de la subvención ha de estar directamente vinculado al potencial impacto del proyecto en materia de reducción de emisiones y a la capacidad de generar conocimiento público que pueda ser utilizado en otros proyectos. Si no dispusiesen de subvenciones públicas, el mercado no generaría inversiones de este tipo suficientes para las necesidades de la sociedad, ya que al ser proyectos con muy alto riesgo, el coste de capital al que se descuentan los flujos esperados es muy alto.

5. CONCLUSIONES

El trabajo se ha centrado en realizar una revisión general del problema del cambio climático y las políticas para enfrentarse a él. Aunque todavía quedan algunos negacionistas, actualmente hay un acuerdo generalizado acerca de que la actividad económica de la humanidad ha generado una dinámica de incremento de las temperaturas, tanto en la atmósfera como en los océanos, como consecuencia de la acumulación de GEI en la atmósfera. El aumento de la temperatura provoca un aumento del nivel del mar, una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos y un aumento de los procesos de desertificación. Todo ello conlleva, a su vez, un daño al entorno económico, social y cultural de la propia humanidad.

La valoración de los daños y el impacto de las políticas para minorar dichos daños es un asunto muy difícil de modelar con precisión. El muy elevado grado de incertidumbre y la falta de experiencia empírica dificultan la cuantificación de las relaciones entre variables. Por otro lado la valoración al momento actual de unos daños, algunos de los cuales se producirán en un horizonte de cientos de años, requiere la utilización de una tasa de descuento en la que se valoren convenientemente los daños de generaciones futuras. Para ello, dicha tasa ha de ser muy reducida si deseamos mantener un principio de solidaridad o de justicia intergeneracional.

La esencia de la lucha se centra en contener y limitar la concentración en la atmósfera de GEI, para lo cual es esencial reducir las emisiones antropogénicas, en especial el CO₂. Hay tres tipos de políticas para abordar el problema del cambio climático: una política de adopción de contramedidas para contrarrestar el aumento de las temperaturas, una política de adaptación y una política de prevención o mitigación de las causas que generan el problema. Otro gran consenso generalizado es que, hoy en día, las únicas políticas razonables son la adaptación y la mitigación. Las técnicas de geoingeniería basadas en la manipulación del clima presentan serias críticas desde el punto de vista ético.

Estamos en total sintonía con la principal conclusión del Informe Stern de 2006, cuando indica que los beneficios de actuar temprana y contundentemente contra el cambio climático superan considerablemente los costes de dicha actuación. En este sentido, resulta fundamental proceder a un cambio radical en la forma en la que producimos y usamos energía, de tal manera que se adopte por todos los países un modelo energético sostenible. La transición a un modelo de este tipo requiere que las políticas públicas creen una notable certeza a largo plazo sobre la demanda futura de tecnologías bajas en carbono. Para que dichas políticas sean eficientes, es decir, para que la reducción de las emisiones de GEI se produzca al mínimo coste, el análisis económico demuestra que deben basarse prioritariamente en instrumentos económicos, tales como impuestos sobre emisiones y permisos de emisión negociables. También hay que tener presente la conveniencia de subvenciones públicas a proyectos de I+D pioneros y con efectos colaterales positivos sobre nueva investigaciones y proyectos de mejora.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. y Kerr, W. (2016): "Transition to Clean Technology", *Journal of Political Economy*, 2016, vol. 124, no. 1.
- AIE (2016): *Energy Technology Perspectives 2016 - Towards Sustainable Urban Energy Systems*, París: International Energy Agency.
- BAMS (Bulletin of the American Meteorological Society) (2016): *State of the Climate in 2015*. 97 (8). (<https://www.ncdc.noaa.gov/bams>).
- BP (2016): BP Statistical Review of World Energy 2016.
- Buñuel, Miguel (1999): *El uso de instrumentos económicos en la política del medio ambiente*, Colección Estudios 75, Madrid: Consejo Económico y Social.
- Buñuel, Miguel (2009): "Capítulo II: Análisis del uso de instrumentos fiscales en la lucha contra el cambio climático: el caso de la fiscalidad de los vehículos de motor en España", en Iñaki Bilbao Estrada, Francisco A. García Prats and

- Alberto Cornejo Pérez (coordinadores), *La fiscalidad de los derechos de emisión: estado de situación y perspectivas de futuro*, Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, pp. 37-93.
- Buñuel, Miguel (2011): "El precio de la electricidad y la política de cambio climático: ¿Qué papel puede jugar un impuesto sobre el carbono en España?", *Estudios de Economía Aplicada* 29(2).
- Callendar, G.S. (1939): "The composition of the atmosphere through the ages". *Meteorological Magazine* Vol. 74. No 878.
- Church, J. A. y White, N.J. (2006): "A 20th century acceleration in global sea level rise", *Geophysical Research Letters*, 33.
- Climate Emergency Institute (2016): *Global warming has not stopped WMO 2013 on Temperature*, Disponible en (<http://www.climateemergencyinstitute.com/wmoontemperature.html>)
- Comisión Europea (2016): *Causes of climate change*. Disponible en: http://ec.europa.eu/clima/change/causes/index_en.htm
- Consejo de las Comunidades Europeas (2002): *Decisión del Consejo, de 25 de abril de 2002, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo, 2002/358/EC*.
- Corner, A. y Pidgeon, N. (2010): "Geoengineering the Climate: The Social and Ethical Implications", *Environment Magazine*, enero-febrero, volume 52-1.
- CSIRO (2016): *Sea-level rise observations, projections and causes*, Disponible en: <http://www.csiro.au/en/Research/Environment/Oceans-and-coasts/Sea-level-rise>
- Dechezleprêtre, A., Martin, R. y Bassi, S. (2016): *Climate change policy, innovation and growth*, Gratham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics, Policy Brief, January.
- Derksen, C. y Brown, R. (2012): "Spring snow cover extent reductions in the 2008-2012 period exceeding climate model projections", *Geophysical Research Letters*, 39:L19504
- Fischer, E. M. y Knutti, R. (2015): "Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes". *Nature Climate Change*, 5(6), 560–564.
- Dilling, L. y Hauser, R. (2013): "Governing geoengineering research: why, when and how?", *Climate Change*, vol.121, diciembre-3.
- El País (2016): *La formación de lagos azules en la Antártida alarma a los científicos*. http://elpais.com/elpais/2016/08/22/ciencia/1471879655_591528.html.

- Fischer, E. M. y Knutti, R. (2015): "Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes". *Nature Climate Change*, 5(6), 560–564.
- FitzRoy, F. R., y Papyrakis, E. (2016): *An introduction to climate change economics and policy*. Routledge.
- Forrester, J.W. (1961): *Industrial dynamics*. The MIT Press. Cambridge.
- GISTEMP Team. (2016): *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)*, NASA Goddard Institute for Space Studies. (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>).
- Gore, A. (2007): *Una verdad incómoda: la crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*. Gedisa.
- Goulder, Larry H. (1995): "Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide," *International Tax and Public Finance* 2, pp. 157-184.
- Hansen, J. (2007): "Special Report Earth", *New Scientist*, 25 July.
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. y Lo, K. (2010): "Global surface temperature change", *Rev. Geophys.*, 48.
- Hernández, P.J. (2016). "Permíteme que insista: 77 años de advertencias sobre el cambio climático". Naukas. <http://naukas.com/2016/06/23/permiteme-insista-77-anos-advertencias-cambio-climatico/>
- Heal, G. (2009): "Climate Economics: A Meta-Review and Some Suggestions for Future Research", *Review of Environmental Economics and Policy*, volume 3, issue 1, winter.
- High Meadows Institute, (2015): *Charting the Future for Capital Markets. A survey of current non-regulatory industry and multi-stakeholder initiatives*.
- Hope, C. (2006): "The Marginal Impact of CO2 from PAGE 2002", *Integrated Assessment Journal* 6 (1): 9-56.
- Howard, P. y Sylvan, D. (2015): *Expert Consensus on the Economics of Climate Change*, Institute for Policy Integrity, New York University School of Law.
- Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government (2010): *Technical Support Document: - Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis – Under Executive Order 12866*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007): *Climate Change 2007: Synthesis report Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Summary for Policymakers. A Report of Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC Third Assessment Report. Available at <http://www.ipcc.ch>.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of

- Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Langley, E. S, Leeson, A.A. Stokes, C.R. y Jamieson, S.S.R. (2016): "Seasonal evolution of supraglacial lakes on an East Antarctic outlet glacier", *Geophys. Res. Lett.*, 43.
- Levitus, et al. (2009): "Global ocean heat content 1955–2008 in light of recently revealed instrumentation problems", *Geophys. Res. Lett.*, 36.
- Manabe, S. y Wetherald, R. T. (1967): "Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity". *J. Atmos. Sci.* 24:241-59.
- Mathiesen, K. (2015): *England faces major rise in record hot years due to climate change – scientists*, The Guardian, 1 de mayo.
- Naciones Unidas (1998): *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, FCCC/INFORMAL/83*.
- Naciones Unidas, Convención Marco sobre el Cambio Climático (2015): *Aprobación del Acuerdo de París*, FCCC/CP/2015/L.9, París: 12 de diciembre.
- NASA (2016): *Climate change: How do we know?* **Disponible en:** <http://climate.nasa.gov/evidence>
- Nordhaus W.D. (1993): "Rolling the "DICE": an optimal transition path for controlling greenhouse gases", *Resource and Energy Economics*, 15.
- Nordhaus, W.D. (2008): *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven and London: Yale University Press.
- NSDIC (National Snow and Ice Data Center) (2016): *State of the Cryosphere*. Disponible en http://nsidc.org/cryosphere/sotc/glacier_balance.html
- Osborn, T.J. y Jones, P.D. (2014): "The CRUTEM4 land-surface air temperature data set: construction, previous versions and dissemination via Google Earth", *Earth System Science Data* 6, 61-69 (<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>)
- Petit, J.R., I. Basile, A. Leruyet, D. Raynaud, C. Lorius, J. Jouzel, M. Stievenard, V.Y. Lipenkov, N.I. Barkov, B.B. Kudryashov, M. Davis, E. Saltzman, and V. Kotlyakov. (1997): "Four climate cycles in Vostok ice core", *Nature* 387: 359-360.
- Pindyck, R. S. (2013): "Climate change policy: What do the models tell us?", *Journal of Economic Literature*, 51(3), 860–872.
- Polyak, L. et al. (2009): "History of Sea Ice in the Arctic". En *Past Climate Variability and Change in the Arctic and at High Latitudes*. U.S. Geological Survey, Climate Change Science Program Synthesis and Assessment Product 1.2, chapter 7.

- Sabine, C.L. et al. (2004): "The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂" *Science* 305: 367-371.
- Schneider, S. H. (1989): "The Greenhouse Effect: Science and Policy," *Science* 243.
- Stern, N. (2006): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. London: H. M. Treasury.
- Stern, Nicholas. 2008. "The Economics of Climate Change." *American Economic Review* 98 (2): 1–37.
- The New York Times (2015): *The Risks of Climate Engineering*, 12 de febrero.
- The Royal Society (2009): *Geoengineering the climate Science, governance and uncertainty*.
- US Environmental Protection Agency (US-EPA) (2015): *Social Cost of Carbon*, EPA Fact Sheet. Disponible en <https://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/EPAactivities/social-cost-carbon.pdf>
- Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) (2016): *Phase I Report of The Task Force on Climate-Related Financial Disclosures*, Financial Stability Board, marzo.
- Tol, R. S. J. (2002_a): "Estimates of the Damage Costs of Climate Change, Part I: Benchmark Estimates", *Environmental and Resource Economics*, 21-1, January.
- Tol, R. S. J. (2002_b): "Estimates of the Damage Costs of Climate Change, Part II: Dynamic Estimates", *Environmental and Resource Economics*, 21-2, February.
- Weitzman, M. (1998): "Why the far distant future should be discounted at the lowest rate", *Journal of Environmental Economics and Management* 36:201–8.
- World Economic Forum (2016): *The Global Risk Report 2016*, 11ª edición, Ginebra.
- World Bank (2006): *World Bank Open Data*, Disponible en <http://data.worldbank.org/>

La Huella Hídrica como respuesta del sector empresarial al cambio climático

Amelia Pérez Zabaleta

catedraeconomiadelagua@cee.uned.es

Directora de la Cátedra de Economía del Agua, Fundación Aquae-UNED. Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED y profesora titular de la UNED. Directora del Centro asociado de la UNED y Directora de la Cátedra de Economía del Agua Fundación Aquae. Es autora de más de 30 publicaciones entre libros y artículos en temas relacionados con la especialidad de Economía Aplicada y Economía de los recursos naturales.

Bárbara Soriano Martínez

catedraeconomiadelagua@cee.uned.es

Investigadora de la Cátedra de Economía del Agua, Fundación Aquae-UNED. Doctora en Economía Agraria por la Universidad Politécnica de Madrid. 15 años de experiencia en el ámbito de la cooperación internacional, proyectos de investigación, formación y consultoría financiera. Desde el año 2011, participación en proyectos de investigación en las áreas de flujos de seguridad hídrica y alimentaria y autora de diversas publicaciones en dicha materias citadas.

Mónica Borrat

mborrats@repsol.com

Colaboradora de la Cátedra de Economía del Agua, Fundación Aquae-UNED. Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona, cuenta con una experiencia de más de 15 años en el sector privado. Los últimos 8 años se ha especializado en el seguimiento de consumos energéticos y cumplimiento del Protocolo de Kioto.

RESUMEN

El compromiso internacional por una acción global ante el cambio climático quedó recogido en la última Cumbre del Clima de París (COP21). Uno de los grandes avances de este pacto reside en el reconocimiento de los impactos del cambio climático en el ciclo del agua y la necesidad de una acción conjunta. El sector empresarial muestra su preocupación por el impacto de su actividad en los recursos hídricos y comienza a incorporar el cálculo de la Huella Hídrica en su política de Responsabilidad Social Empresarial.

El artículo presenta la Huella Hídrica y la norma ISO 14046, y hace un recorrido por alguna de las empresas que han llevado a cabo la iniciativa de su cálculo aplicado a su proceso de producción. La Huella Hídrica gana presencia como indicador de la sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos, pero aún queda un largo camino por recorrer para conseguir su consideración en las memorias de RSE, y su puesta en valor por los inversores y consumidores en el proceso de toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE

Agua, Cambio Climático Huella Hídrica, ISO 14046, Responsabilidad Social Corporativa.

ABSTRACT

The international commitment for global action on climate change was recorded in the last Paris Climate Change Conference, COP21. One of the major advances of this covenant is the recognition of the impacts of climate change on the water cycle and the need for joint action. The business sector is concerned about the impact of its activities on water resources. It begins to calculate the water footprint indicator as part of the corporate social responsibility approaches.

The article presents the Water Footprint Indicator and the ISO 14046 and analyses some of the companies that have undertaken these initiatives. The Water Footprint is increasingly prevalent as an indicator of the sustainable use of water resources, but there is still a long way to go to consider the water footprint in the memories of CSR. It is also relevant that both, investors and customers appreciate the water footprint indicator in the decision-making process.

KEY WORDS

Climate Change, Corporate Social Responsibility, ISO 14046, Water, Water Footprint.

JEL

M14, Q53, Q54

1. INTRODUCCIÓN

La existencia de un cambio climático global (CC) queda constatada en el informe científico del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC-2007). Los tres indicadores del CC son datos empíricos basados en mediciones: el aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra (0,8°C), el deshielo de los polos (pérdida de 344.000 millones de toneladas de hielo al año) y el aumento del nivel del mar (1,8 mm/año). El incremento de los episodios meteorológicos extremos (olas de calor, huracanes, inundaciones, entre otros), aunque en rigor no puede ser aplicado al CC en una relación de causa-efecto, es, sin embargo, previsible en los análisis sobre los efectos del CC. El resto de datos, entre ellos el de particular gravedad sobre el posible aumento de la temperatura media entre 2 y 6°C, son proyecciones basadas en modelos según diversos escenarios futuros (IPCC-2007).

Entre las causas del CC, junto a las de orden natural, se encuentra la actividad humana. En los últimos dos siglos, desde el inicio de la época industrial, las causas del CC son predominantemente de orden social. Así queda reflejado en el informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007, 2013) con un 95% de certidumbre. En la época contemporánea, entre las causas sociales del CC destacan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) debida a la combustión de fósiles, las actividades agrarias y otras actividades humanas (IPCC, 2013). De ahí que el impacto del CC a medio y largo plazo está sujeto no solo a la evolución del CC, sino también a la situación social, económica y tecnológica del planeta.

En relación a los impactos del CC, si bien la mayor parte de los estudios se realizan a una escala local (Warren, 2006; Hitz y Smith, 2004), existen estudios que aportan modelos de impacto global, como los estudios "Fast Track" (Arnell, 2004; Nicholls, 2004; Arnell *et al*, 2002; Parry *et al*, 2004; Van Lieshout *et al*, 2004), con resultados, principalmente, sobre las economías en desarrollo, la disponibilidad de recursos acuíferos y, en particular, del agua potable, la seguridad alimentaria, los cambios en los ecosistemas o la exposición a la malaria (Schroeter *et al*, 2005). Así, entre los impactos del CC no solo se encuentran aquellos relativos al medio natural sino también los impactos sociales, aquellos que afectan a las sociedades e individuos que las componen bien directamente -olas de calor o inundaciones-, o bien indirectamente a través de los impactos negativos sobre el medio biofísico -disminución de la productividad de los suelos- (IPCC, 2007).

En lo que respecta al binomio cambio climático-agua, se espera que el agua dulce sea un bien cada vez más escaso, previsión que queda parcialmente explicada por el cambio climático. Hay que tener en consideración la distribución del agua en la tierra. Únicamente un 2% es agua dulce, y de este 2% el 70%

está en forma de nieve y hielo y menos de un 0,5% es agua dulce superficial (lagos, ríos, etc). El calentamiento global provoca el deshielo de los glaciares en el mar convirtiendo agua dulce en agua salada. A su vez, el calentamiento global genera fuertes lluvias que aceleran el paso del agua dulce superficial a los océanos, reduciendo así nuestra capacidad de almacenarla y usarla. A los impactos directos mencionados hay que añadirle una creciente demanda de agua. Por una parte, una creciente población que exige aumentar en un 20% la producción agraria, la cual es responsable en términos medios del 70% del total de agua consumida, unido a su contribución a la contaminación del recurso. El desarrollo económico, a su vez, lleva aparejados estilos de vida "intensivos en agua" como son las dietas con importante presencia de proteína animal (Alavian *et al.* 2009; Vörosmary, 2000).

El IPCC (2014) estima que el cambio climático a lo largo del siglo XXI reducirá el agua dulce superficial y subterránea de una manera significativa en las regiones subtropicales, intensificando la competencia por el acceso al agua entre los distintos sectores productivos. Azqueta (2007) concluye que la sobreexplotación de los recursos hídricos afecta a: 1) la alteración del ciclo del nitrógeno; 2) la pérdida de diversidad biológica, ya sea genética, de especies o de ecosistemas y también la diversidad funcional; 3) la contaminación hídrica y el acceso al agua potable debido al uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura y la lluvia ácida, las cargas contaminantes procedentes de la industria (metales pesados, compuestos orgánicos persistentes), las originadas en los grandes núcleos urbanos (aguas residuales sin tratamiento) y la intrusión marina en acuíferos sobreexplotados; y 4) la contaminación de los mares y la sobreexplotación de los recursos pesqueros.

En relación a la presencia de las empresas ante el reto del CC, uno de los grandes éxitos de la Cumbre COP21 ha sido la movilización de las empresas en la lucha contra el cambio climático y el diseño de las soluciones para mantener el aumento de la temperatura por debajo de 2°C. Muchas empresas de todos los sectores están participando activamente en una gran variedad de iniciativas internacionales como Global Compact's Caring for climate, WWF Climate Savers programme, Climate Group's RE100 o World Economic Forum (WEF). Además, muchas de estas empresas contribuyen esponsorizando la organización del COP21.

El objetivo del artículo es presentar la iniciativa del cálculo de la Huella Hídrica como indicador de gestión sostenible del agua por parte de las empresas ante los escenarios de reducción de disponibilidad de recursos hídricos asociados al cambio climático. Para ello, el artículo se estructura del siguiente modo: en la sección 2 se realiza una revisión de los indicadores de sostenibilidad ambiental para dar paso a la presentación de indicadores de sostenibilidad

del agua, la Huella Hídrica y la Huella del agua (ISO 14046) en las secciones 3 y 4 respectivamente. En la sección 5 se detallan algunos estudios de caso de empresas que han incorporado la Huella Hídrica a su estrategia de responsabilidad social y, por último, en la sección 6 se presentan las principales conclusiones.

2. LA RSE Y LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

El sector empresarial no se encuentra ajeno al proceso del CC, ni a sus causas, ni a sus consecuencias ni a su solución.

En la transición hacia las sociedades sostenibles la tecnología, el conocimiento científico y la innovación son imprescindibles, pero necesitan como sustento la concienciación colectiva y la legitimación social, con una involucración de los actores sociales en todos los niveles de los procesos productivos y de consumo. En este sentido, el sector empresarial ha asumido que ha de participar activamente en acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Las propias empresas han mostrado una evolución en su perspectiva sobre el CC, desde los primeros enfoques de tipo reactivo, intentando influir en el debate político, a las estrategias corporativas que cada vez más incluyen respuestas económicas a la cuestión del CC, como pueden ser cambios tecnológicos, mayor eficiencia en los procesos de producción y mecanismos de compensación económica, entre otros. Las empresas se enfrentan a la necesidad que les plantea el CC de evolucionar desde el *business as usual* o el *path dependency*, a una nueva cultura empresarial que aproveche las oportunidades que ofrece el CC (cambios económicos, tecnológicos y sociales) en un mundo globalizado y líquido (Bauman, 1999).

La RSE debe motivar a las empresas a reconocer y manejar su rol en los problemas ambientales globales y a descubrir de qué manera sus negocios generan efectos sobre la cadena de valor, desde el proveedor de materia prima hasta el consumidor final. En los últimos años ha surgido una conciencia de la problemática de la Responsabilidad Ambiental y Social Corporativa. Se ha destacado la necesidad de incorporar medidas preventivas y correctivas sobre los impactos ambientales de las prácticas productivas y de consumo, lo que conlleva a establecer políticas y estrategias de solución que contribuyan al desarrollo sostenible. Actualmente se detecta una tendencia hacia un modelo de empresa que, de acuerdo con el "Código de buen gobierno de la empresa sostenible", se caracteriza porque "crea valor económico, medioambiental y social a corto y largo plazo, contribuyendo de esta forma al aumento del bienestar de

las generaciones presentes y futuras, tanto en su entorno inmediato como en el planeta en general” (Universidad Pontificia de Comillas, 2016).

Se observa una creciente integración de las variables ambientales consideradas en los procesos de elaboración de las estrategias empresariales. Hasta ahora las variables más afectadas han sido la energía, el uso de determinados materiales y la gestión de los residuos (Aulí, 2002).

Existen indicadores bursátiles donde se agrupan compañías que cumplen con determinados criterios medioambientales, éticos o de responsabilidad social corporativa. Su objetivo es servir de filtro de las empresas cotizadas según su comportamiento social y/o medioambiental, constituir ranking y benchmarking de empresas en función de su RSE, servir como indicadores de la evolución del comportamiento de las empresas, y constituir un activo subyacente para inversores institucionales y/o particulares. Los índices de sostenibilidad con mayor reconocimiento son el Dow Jones Sustainability Index (JDSI) y el FTSE4 Good Index. Ambos índices están orientados a la calificación de grandes compañías a nivel internacional de acuerdo con el cumplimiento de un conjunto de requisitos económicos, sociales y medioambientales entre los que se encuentran acciones de reducción de cambio climático e inversiones sostenibles (Quiroga, 2001; Fernández-Olit, 2014; Romero, 2015). Junto a estos dos índices, existen otros especializados en el área medioambiental como el FTSE Environmental Opportunities.

Una iniciativa adicional es la de EIRIS, entidad proveedora de información medioambiental, social y de gobernanza de más de 3.000 empresas a nivel mundial con el objetivo de facilitar la toma de decisiones a inversiones responsables. Entre los indicadores medioambientales, EIRIS recaba información acerca de cómo la empresa gestiona los riesgos relacionados con el agua, utilizando para ello los 29 indicadores que se detallan en la Tabla 1, según su catalogación en los siguientes grupos: Política y Gobernanza, Gestión y estrategia, divulgación y desempeño e innovación.

La disponibilidad de este tipo de información facilita la reducción del riesgo de los inversiones que decidan destinar su inversión a estas empresas, riesgos que se pueden clasificar en: 1) riesgos físicos asociados a la competencia por el acceso al agua de calidad, sobre todo en regiones con estrés hídrico; 2) riesgo reputacional, sobre todo cuando el uso del agua puede estar compitiendo con el acceso doméstico del agua de la población local; 3) riesgo económico relacionado con el aumento del precio del agua; 4) riesgos de regulación asociados a los cambios regulatorios que puedan sucederse ante la creciente competencia pro el acceso al agua; y 5) riesgo geográfico y político relativo al acceso al agua de cuencas transfronterizas o de acceso conflictivo o restringido (Eiris, 2016).

Tabla 1 Indicadores de gestión de riesgos relativos al agua, EIRIS.

Agrupación	Indicador
Política y gobernanza	Responsable de temas relacionados con la gestión del agua
	Compromiso con la gestión del agua
	Compromiso con la gestión del agua en la cadena de valor (en su caso)
	Compromiso con la gestión del agua relacionada con el producto (en su caso)
	La política refleja la agenda nacional / internacional sobre el agua
	Remuneración ligada a la adecuada gestión del agua
	Participación pública
Gestión y estrategias	Acciones preventivas y correctivas ante riesgos identificados
	Contabilidad financiera
	Estrategia a largo plazo asociada a la reducción del uso de agua
	Objetivos a corto plazo relativos a la reducción del uso de agua
	Objetivos asociados a la oferta (en su caso)
	Objetivos asociados al producto (en su caso)
	Objetivos asociados a la calidad del agua
Divulgación	Divulgación del consumo de agua
	Divulgación normalizada del consumo del agua
	Tendencia de las estadísticas
	Porcentaje de operaciones en regiones con estrés hídrico
	Porcentaje de suministradores en regiones con estrés hídrico
	Consumo de agua en la cadena de valor
	Consumo de agua fabricación del producto
	Generación de informes
	Verificación
	Divulgación de riesgos
Desempeño e innovación	Reducción del uso de agua operacional
	Tecnología e innovación
	Reducción del consumo de agua en la cadena de suministro
	Tecnología en la cadena de suministro e innovación
	Tecnología de producto e innovación

Fuente: Eiris (2016).

El cambio climático, si bien es un problema global, empuja al sector empresarial a tomar medidas a nivel local. Las empresas han de trabajar por la disposición de indicadores que permitan conocer cuál es su impacto y dependencia de los recursos hídricos en su cadena de valor y plantear posibles acciones de mejora. Tal como se recoge en la Tabla 1, entre los indicadores se encuentra el esfuerzo empresarial por medir el consumo y la contaminación del agua a lo largo de su cadena de valor de la compañía. Para facilitar este objetivo, se ha desarrollado el concepto de Huella Hídrica y con posterioridad la Norma ISO14046, iniciativas que se explican en detalle a continuación.

3. LA HUELLA HÍDRICA

La huella hídrica (HH) es un indicador global que contribuye a la evaluación y mejora de la sostenibilidad de la gestión de los recursos hídricos. La HH de un producto se define como el volumen de agua consumido tanto de forma directa como de forma indirecta para su producción. En su cómputo tiene en consideración tanto el volumen de agua consumido (evaporados o incorporados a un producto) como contaminados por unidad de tiempo. Se caracteriza por tener una dimensión temporal y espacial: se nutre de datos recogidos en un período de tiempo concreto (habitualmente los datos utilizados son anuales) y en un lugar geográfico delimitado (como pueden ser una planta industrial, una cuenca de un río, o un país/ región). La HH nació en el año 2002 de la mano del profesor Hoekstra, de la Universidad de Twente (Holanda).

El análisis de la HH facilita una asignación eficiente del agua y de las inversiones, proporcionando un marco transparente para la información y optimización de las decisiones de política del agua (FNCA, 2016), y contribuyendo al mismo tiempo y en el caso europeo, a la aplicación de la Directiva Marco del Agua (WFD, 2016)¹.

A nivel empresarial, la huella hídrica es un indicador que contribuye a la evaluación y mejora de la sostenibilidad de las actividades de las empresas. La evaluación de todas las actividades relacionadas con el uso de agua, facilita por un lado conocer el impacto sobre el recurso hídrico y la necesidad de minimizarlo y por otro la vulnerabilidad de la empresa ante el riesgo de no acceder al recurso.

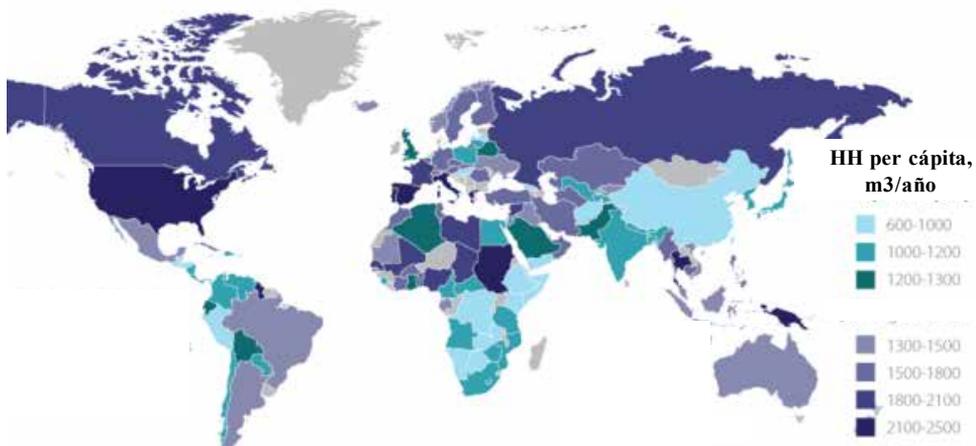
La HH se calcula desde distintas ópticas: 1) desde la perspectiva de la producción: HH de un producto/sector productivo; 2) desde la perspectiva del consumo. Así, la HH de un país es calculada tomando como criterio el cómputo

¹ Su metodología de cálculo se puede encontrar en la web de Water Footprint Network (WFN, 2016).

del consumo de sus habitantes. Relacionado con este enfoque se encuentra el cálculo de la HH de estilo de vida o patrón de consumo. El acento se pone en calcular el nivel de apropiación (o necesidades) de agua que exige la producción de todos los bienes y servicios necesarios para mantener el estilo de vida de una persona durante un día o un año; y 3) a distintas escalas regionales desde cuenca hidrográfica, local, nacional, regional y global.

En la Figura 1 se puede observar la HH del consumo por países. El consumo medio por habitante es 1.240 m³ al año. La tonalidad de azules muestra como en la mayoría de los países desarrollados del hemisferio norte la huella hídrica por habitante es mayor que en los países del sur.

Figura 1. Huella hídrica per cápita del consumo por países (m³/año)



Fuente: WFN (2016).

Un dato relevante en el estudio de la HH es el relativo al conocimiento de su origen. Así, tomando de ejemplo un grupo de países europeos, se observa cómo en la mayoría de los casos más de la mitad de su HH es externa, es decir, que el consumo recae sobre productos/alimentos que han sido producidos en el exterior y posteriormente importados (Tabla 2). Ello implica que el impacto medioambiental de la producción de los bienes ha tenido lugar sobre recursos hídricos más allá de sus fronteras.

Tabla 2. HH total y origen en países europeos

País	HH total (millones m ³)	HH Externa (%)
España	100.000	43%
Francia	110.000	47%

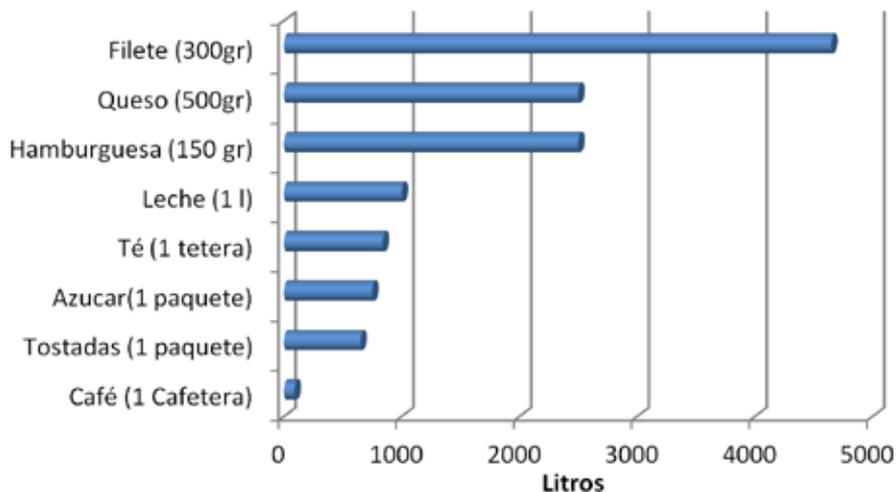
País	HH total (millones m ³)	HH Externa (%)
Alemania	120.000	69%
Italia	130.000	61%
Reino Unido	75.000	75%

Fuente: WFN (2016).

Tal como se puede observar, España muestra una menor HH externa que el resto de los países seleccionados (Esteban, 2010). El 43% de los productos consumidos por la población española han sido producidos fuera de sus fronteras. El país que presenta un mayor consumo de productos importados entre los países seleccionados es Alemania (69%).

El estudio de la HH del consumo nos facilita conocer el impacto en el medio del consumo humano y actuar para reducirlo. Un estudio de la WFN (2016) estima que la HH diaria de consumo de un habitante de un país desarrollado se sitúa en torno a 16.000 litros/día, de los cuales el 90% corresponde a la HH de su alimentación. De este modo, conociendo la HH de la producción de los bienes, facilita nuevas posibilidades para contribuir a la reducción de la HH del consumo. En este mismo estudio, se muestra cómo principalmente reduciendo el consumo de alimentos de proteína animal se puede reducir en más de la mitad la Huella Hídrica del consumo (8.400 litros /día). La Figura 2 muestra la HH de alguno de los productos de consumo diario.

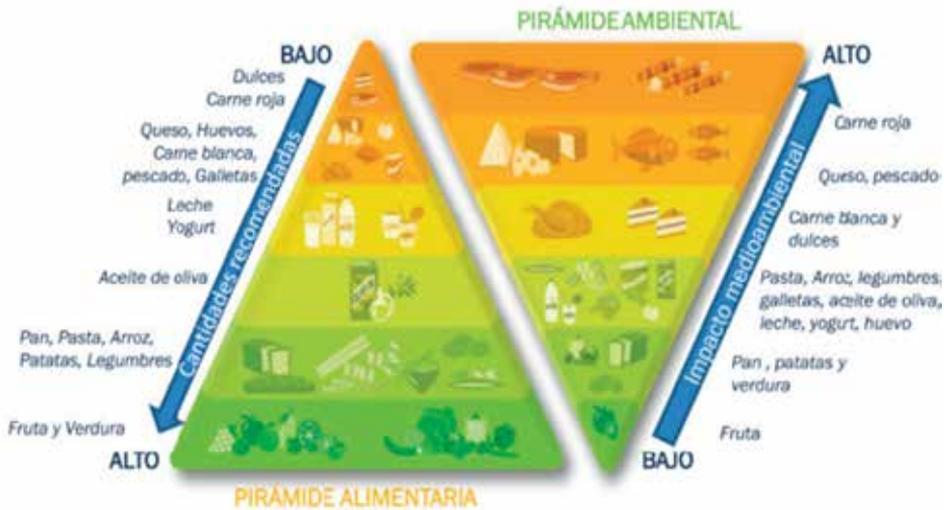
Figura 2. Huella Hídrica por producto (litros)



Fuente: Elaboración propia con datos de WFN (2016).

A este respecto, Barilla Center for Food Nutrition (2010) elaboró la denominada “Doble pirámide de alimentación y medio ambiente” (Figura 3). Dicha pirámide muestra cómo los alimentos recomendados para una alimentación adecuada basada en el consumo de frutas y vegetales y bajo consumo de carne y pescado, son a su vez aquellos cuya producción genera un menor impacto ambiental. De este modo a medida que aumenta en consumo de alimentos de proteína animal mayor es el impacto medioambiental que genera su producción.

Figura 3. Doble pirámide de alimentación y medio ambiente



Fuente: Barilla Center For Food Nutritio, 2010

En el cómputo de la HH se tiene en consideración el consumo directo e indirecto del agua. El consumo directo para la fabricación de un producto incluye el agua utilizada y/o contaminada durante el proceso de fabricación y el agua incorporada en el propio producto como ingrediente. Por su parte, el consumo indirecto corresponde a toda el agua necesaria para producir las diferentes materias primas utilizadas en el proceso (productos de la cadena de suministro). En este sentido, la huella hídrica se puede expresar en función del tipo de agua que se considere, desglosándola según sus colores:

- Huella Hídrica verde (precipitaciones retenidas en el suelo): relacionada con el agua de lluvia incorporada en el producto. Cobra sentido para productos agrícolas.
- Huella Hídrica azul (de ríos, lagos y acuíferos): relacionada con el uso consuntivo de agua dulce (superficial o subterránea) evaporada, incorporada en el producto, devuelta a otra cuenca o devuelta en un periodo

distinto del de extracción. Para productos agrícolas se asocia con la necesidad de regadío de los cultivos.

- Huella Hídrica gris (necesaria para que el medio receptor asimile los contaminantes vertidos): relacionada con la calidad del agua y su posible contaminación debido a los vertidos en un determinado proceso. Es una medida de la disminución en la capacidad de los ríos o lagos de asimilar capacidad de asimilar contaminantes.

Para acercarnos al concepto de la HH actividad empresarial, la WFN facilita información sobre la HH de la industria y la agricultura (Tabla 3). La comparativa de la HH facilita conocer las distintas dimensiones y componentes de las HH según sector.

Tabla 3. Huella Hídrica de la producción agraria e industrial (Mm³/año)

Country	Huella Hídrica de productos agrarios				HH producción industrial		
	Green	Blue	Grey	Total	Blue	Grey	Total
Alemania	34.420	253	10.737	45.410	1.597	1.820	3.417
Austria	4.243	55	669	4.967	68	103	170
Bélgica	1.127	6	335	1.469	306	2.323	2.629
Chipre	340	268	34	642	0	2	3
Croacia	4.656	7	765	5.428	3	42	45
Dinamarca	7.138	66	1.332	8.536	16	37	53
Eslovaquia	5.008	146	632	5.786	31	251	282
Eslovenia	740	3	504	1.247	37	343	380
España	51.561	14.136	8.292	73.990	330	0	330
Estonia	2.634	1	257	2.892	3	14	17
Finlandia	5.065	12	155	5.231	104	374	477
Francia	62.700	2.849	8.018	73.568	1.488	5.654	7.142
Grecia	10.544	3.898	1.089	15.531	13	36	48
Holanda	2.403	116	700	3.218	238	45	283
Hungría	17.629	180	3.623	21.432	224	1.617	1.841
Irlanda	1.876	1	334	2.210	44	132	176
Italia	41.793	4.707	6.532	53.033	815	4.797	5.612
Luxemburgo	161	0	50	211	1	1	3
Portugal	8.905	2.074	746	11.726	69	416	485
República Checa	9.538	24	2.347	11.909	74	307	381

Fuente: Mekonnen y Hoekstra (2011).

Como se puede observar, la HH de la agricultura es superior a la HH Industrial. En la agricultura, la principal componente de la HH es el agua verde, mientras que ésta no es computada en el cálculo de la HH Industrial. Por el contrario, el agua azul tiene una mayor presencia en la HH de la Industria. Supone un 8% de la huella hídrica industrial, aunque en determinados países este porcentaje aumenta a valores cercanos al 50% como es el caso de Alemania, Francia e Italia. De la HH industrial hay que destacar la importante presencia de la contaminación. El agua gris, en términos medios, supone el 72% de la HH industrial.

Entre los países de mayor HH destacan Alemania, Francia, Italia y España. En todos ellos, la HH de la agricultura es superior a la HH industrial. La explicación de la diferencia entre la HH agraria e industrial reside en que en el cómputo de la HH industrial se está considerando únicamente el agua consumida en el proceso industrial y no el agua que a su vez ha sido consumida en la producción de las materias primas utilizadas en el proceso industrial. Esta casuística queda reflejada claramente en los estudios de caso presentados a continuación.

El cálculo de la HH a nivel empresarial se ha encontrado con distintas limitaciones. Por ejemplo, dada la escasa disponibilidad de datos hidrográficos armonizados (reservas acuíferas o aguas subterráneas), las empresas que han procedido al cálculo de la huella hídrica han tenido dificultades a la hora de cuantificar el citado índice de una forma precisa. Por otro lado, el conocimiento de este método requiere una mayor divulgación para su comprensión y contextualización. En la actualidad, publicitar los resultados obtenidos no siempre es recibido por el entorno de forma positiva. Sin embargo, estas empresas también han percibido impactos positivos. Por un lado, al disponer de valores de consumo de agua a lo largo de toda su cadena de producción, pueden comparar y fijar objetivos con el fin de planificar acciones concretas para la mejora de sus costes específicos de consumo de agua, y mejorar la gestión de recursos a nivel de materias primas y aguas residuales. Además, han obtenido un nuevo índice de sustentabilidad medioambiental ligada directamente con el agua, el cual conforman como parte de sus acciones a nivel de RSC, poniendo de manifiesto su preocupación por un recurso natural que cada vez se va a mostrar más crítico a nivel mundial.

4. NORMA ISO14046-HUELLA DEL AGUA

Dada la relevancia que ha alcanzado el cálculo de la HH con el fin de homogeneizar la metodología de cálculo por parte de los agentes sociales, la Organización Internacional para la Estandarización ha diseñado una norma técnica de aplicación universal: la ISO 14046–Huella del agua. Recoge los principios, requisitos y directrices aprobadas a inicios de junio de 2014, que establecen

las bases de la evaluación de la huella del agua. De esta forma, se facilita la generación de información sobre la cantidad de agua utilizada por los distintos sectores productivos y su impacto sobre el medio natural.

La norma ISO14046 supone un paso más en el avance por la transparencia en el cálculo de la huella del agua y del impacto que las actividades industriales o humanas tienen sobre el agua, tanto en su cantidad como en su calidad. Así, esta iniciativa facilita el trabajar por la concienciación sobre el adecuado uso del agua y permite el establecimiento en el futuro de una serie de cambios que permitan mejorar el uso de este recurso y hacer que su gestión sea más eficaz (Ferrer, 2014).

El marco de referencia en el que se desarrolla esta norma tiene los siguientes puntos básicos: 1) se aplica a productos, servicios, procesos y organizaciones, lo que se corresponde con la mayor parte de métodos de análisis desarrollados hasta ahora; 2) está basada en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), específicamente en la norma ISO 14044; 3) es modular de acuerdo a las etapas del ciclo de vida. Esto significa que los valores de huella hídrica que se estimen en una etapa del ciclo de vida se pueden sumar a los correspondientes a otra etapa; 4) identifica los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua, por lo que se excluye cualquier referencia a impactos sociales o económicos; 5) incluye las dimensiones temporal y geográfica, es decir, se tiene que especificar claramente en el estudio cuál es el marco temporal para el que se realiza el análisis y la situación geográfica donde se localiza el área de estudio, ya que repercutirá en las disponibilidades de agua; 6) identifica cantidades de uso de agua y cambios en su calidad, por lo que se tienen en cuenta tanto las disponibilidades de agua como su degradación.

Este marco no estaría completo si no se especificasen las limitaciones que tiene la norma. Analizada desde el punto de vista del ACV, es importante tener en cuenta que la ISO 14046: 1) no es suficiente para describir los potenciales impactos ambientales globales (es decir, más allá del agua) de productos, procesos u organizaciones, sino que debe incorporarse a la aplicación de la ISO 14044 para un análisis integral; 2) no sirve para la comunicación a través de las declaraciones ni para los productos de etiquetado; y 3) no permite de forma fácil la comparación de huellas del agua, como se expone en apartados posteriores.

La ISO 14046 facilita 50 definiciones, lo que muestra la complejidad del proceso y la necesidad de llegar a un acuerdo entre todos los países participantes. De todas ellas, dos son fundamentales:

- La huella hídrica es definida como “métricas que cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua”. Al definirlo como métrica, en la norma la huella hídrica puede corresponderse con el método de cuantificar de Mekonnen y Hoekstra (2011), pero también

con el de otros autores como los que recogen Kounina *et al* (2013). La definición se ha dejado abierta para permitir la elección del método de cuantificación. Es importante también resaltar que sólo se analizan impactos ambientales potenciales relativos al agua, excluyendo cualquier referencia a impactos sociales o económicos. También deja claro que no se está evaluando el consumo de agua como un fin en sí mismo, sino su impacto.

- La evaluación de huella hídrica se define como la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua utilizada o afectada por un producto, proceso u organización. Esto implica la realización de un inventario de las entradas y salidas del agua en el sistema/producto/organización, la interpretación de sus resultados y la evaluación de los impactos provocados el uso del agua.

De los trece principios que tiene la norma, la “perspectiva del ciclo de vida” es probablemente el más importante. Tanto, que la única referencia normativa que se encuentra a lo largo de toda la norma ISO 14046 es la norma ISO 14044:2006 Gestión ambiental -evaluación del ciclo de vida- requisitos y directrices. Este principio establece que “una evaluación de la huella hídrica de un producto considera todas las etapas del ciclo de vida de este producto, en su caso, desde la adquisición de la materia prima hasta su eliminación final. Una evaluación de la huella hídrica de una organización adopta una perspectiva de ciclo de vida sobre la base de todas sus actividades. Si apropiado y justificado, la evaluación de la huella de agua puede limitarse a una o varias etapas del ciclo de vida”.

En este sentido también ha surgido el concepto de **Etiqueta de Huella Hídrica** como elemento de Certificación de la Huella Hídrica. Las organizaciones que estén certificadas podrán usar la etiqueta de Huella Hídrica del **Carbon Trust**, una asociación entre TradeShift, que ofrece herramientas para la facturación y gestión de la cadena de suministro, y EcoVadis, que proporciona la clasificación de responsabilidad social para empresas proveedoras de grandes compañías internacionales como Coca Cola y Nestlé.

5. EXPERIENCIA DE EMPRESAS QUE CALCULAN LA HUELLA HÍDRICA

En este apartado se presenta alguna de las iniciativas llevadas a cabo por empresas para calcular su HH. La mayor parte de las empresas sobre las que se han encontrado información pertenecen al sector de alimentación y bebidas, intensivos en el uso de agua para elaborar sus productos. Empresas como

Coca-Cola, Nestlé, Heineken, Mahou-San Miguel son algunos ejemplos que se detallan a continuación.

Según los datos publicados por Coca-Cola Iberia se conoce que esta compañía inició el cálculo de su HH en el año 2003. En dicho año la HH era de 2,55 litros de agua por cada litro de Coca-Cola. Desde entonces la tendencia de la HH ha sido a la baja, publicando en el año 2012 un HH de 1,99 litros de agua por bebida fabricada. Sólo el año pasado, cada español consumió 283 botellas elaboradas por la compañía de bebidas refrescantes. El grupo, que cuenta con siete embotelladores y 17 fábricas en la Península Ibérica, se fijó el reto de rebajar un 20% el ratio de utilización de agua entre 2004 y 2012. El nuevo objetivo para 2020 de Coca-Cola a nivel mundo es devolver de forma segura a las comunidades el agua equivalente a la que emplea en sus bebidas. Para ello, ha desarrollado, en sus más de 900 plantas embotelladoras, una estrategia de gestión, que incluye programas de protección de las cuencas y humedales en numerosos países, entre ellos, España (Diario Expansión, 2013).

El uso eficiente del agua también se encuentra entre uno de los ejes prioritarios de Nestlé. La planta de la Penilla, en Cantabria, que produce harinas infantiles, leche en polvo y chocolates, es una referencia para el resto de fábricas de la multinacional. Actualmente, es la más eficiente de España. Redujo entre los años 2012-2013 más de un 60% el consumo de agua por tonelada de producto, pasando de 72 a 28,5 m³. Cambios técnicos como la mejor regulación de los equipos o la instalación de nuevas torres de refrigeración, realizados tras un análisis por parte de ingenieros, empleados y expertos en sostenibilidad explican este descenso (Diario Expansión, 2013).

Otro sector que trabaja en el uso eficiente es el cervecero. Proteger las fuentes de agua es uno de los objetivos del Plan Estratégico de Mahou-San Miguel. Éste incluye lograr, a medio plazo, un ratio agua/producto que sitúe al grupo dentro del top 10 del sector a nivel mundial. Así, redujo un 1,74% el consumo unitario de agua por hectolitro producido en 2012, en el que fabricó 12,27 millones de hectolitros de cerveza. El grupo, que ha introducido mejoras (por ejemplo, recicla y reutiliza el 100% del agua del proceso de enfriamiento del mosto), ha puesto en marcha un plan para controlar y gestionar los riesgos del acceso al agua potable en el futuro, que incluye medidas para compensar su uso en España (Diario Expansión, 2013).

Junto a estas empresas de alimentación, también se encuentra el caso del plan de sostenibilidad de L'Oréal, según el cual contempla reducir un 60% el consumo de agua por unidad de producto fabricado. En el año 2012, se encontraba en 0,55 litros por producto. Para lograrlo, toma medidas como un plan de ahorro de agua en las fábricas y procede a la reformulación de sus champús,

para que sólo se necesite un litro de agua por aclarado frente a los siete litros de media (Diario Expansión, 2013).

A raíz de la preocupación de las empresas españolas por el conocimiento de su HH, el pasado mes de febrero tuvo lugar el lanzamiento de la nueva Plataforma de Huella hídrica empresarial, "EsAgua" (<http://www.esagua.es/>). Se trata de una plataforma web de comunicación cuyo objetivo es posicionar a las empresas españolas como referentes en HH y en el ámbito de la sostenibilidad. Es un proyecto innovador en España gestionado por el centro tecnológico del grupo Suez Water Spain "Cetaqua" y promovido por la Water Footprint Network y AENOR. Cuenta con la participación de empresas españolas pioneras en el interés por la HH como son OHL, Azucarera, Grupo Matarromera, Estrella de Levante y Grupo Sada.

Souza (2014) ha realizado un estudio detallado del cálculo de la HH de empresas brasileñas. En concreto ha focalizado su estudio en Natura y Fibria, siendo la primera una marca líder brasileña en el sector de higiene, perfumería y cosmética y Fibria, líder mundial en la producción de celulosa de eucalipto.

En el caso de Natura, el cálculo de la huella hídrica surge como una iniciativa de la empresa por el comité de sustentabilidad que forma parte de la alta dirección de la empresa. Basándose en la huella de carbono, Natura decide realizar el mismo proceso con el agua. Se necesitaba un método de cuantificación que le permitiera obtener una visión más amplia y completa del uso del agua a lo largo de toda su cadena de producción. Inicialmente su objetivo era realizar un estudio con un enfoque basado en el producto. Se seleccionó para ello dos productos icono de la empresa; el perfume Kaiak y el aceite trifásico de maracuyá, contabilizando la HH azul, verde y gris para ambos a lo largo de la totalidad de su cadena de producción, desde las materias primas hasta su llegada al consumidor final. Las fases donde se obtuvieron valores más altos de consumos de agua fueron la HH verde en consumo agrícola y una HH gris en consumo de aceite trifásico, en especial por la generación de aguas residuales domésticas.

Un segundo estudio mucho más completo incluyó todas las operaciones y centros internacionales, con objeto de obtener valores más precisos y veraces. Se puso de manifiesto cómo, a pesar de la importancia numérica de la HH verde de los vegetales usados en la cadena productiva, su cultivo representaba un impacto negativo en el consumo de agua de la zona dado que se trataba de una zona con alto estrés hídrico sobre la que estaban regando. Natura entendió a partir de este resultado que necesitaba prestar especial atención a este punto, monitorizando su HH verde e identificándola como una de las herramientas estratégicas de la empresa.

Un tercer estudio procedió a evaluar el impacto de las distintas HH en el ciclo de producción de la empresa, evaluando el peso de cada uno de los componentes en el proceso total. Finalmente se elaboró un método que permitiera cuantificar con detalle el impacto del agua en sus productos y publicar oficialmente sus compromisos de gestión de agua al respecto.

A nivel de comunicación de resultados, Natura considera que la HH puede dar respuesta a los consumidores y ampliar la conciencia en relación con los temas asociados a los recursos hídricos, pero a su vez, manifiesta que una comunicación de resultados a los *stakeholders* y los consumidores puede ser una acción precipitada, si ellos no disponen de capacidad para interpretar los resultados de esos valores de una forma adecuada. Opta entonces por calcular un indicador que tenga relación con la HH y también con el resto de indicadores internos que habitualmente publica, como la huella de carbono, con el fin de llevar a cabo una cuantificación y un seguimiento.

En el caso de Fibria, la sustentabilidad se entiende como un tema estratégico. Al ser una empresa global, el posicionarse desde una perspectiva social y medioambientalmente sustentable es un diferencial competitivo. Esta política queda reflejada en su inclusión en el DJSI en 2013. Fibria identificó la situación hídrica de sus fábricas de producción de celulosa y evaluó si existía algún tipo de riesgo hídrico en sus localizaciones y si el funcionamiento de las mismas tenía un impacto significativo en el medio, tanto cualitativa como cuantitativamente. El proceso se inició a petición de la gerencia de la empresa, quienes consideraron que este indicador sería el más válido para cuantificar de una forma estructurada el consumo de agua en su cadena de producción. Un primer estudio se centró en el entendimiento del método de cálculo, contabilizando las HH verde, azul y gris de la cadena de producción de celulosa en tres plantas de producción, tomando como año base el 2010. Se identificaron las etapas de producción que consumían más cantidad de agua, destacando la HH verde de silvicultura de eucalipto y la HH gris asociada a la contaminación que se generaba durante el proceso de producción. Más allá, se consideró que un siguiente estudio determinara la demanda de agua verde para la biomasa de las plantas de eucalipto, permitiendo que la empresa empezase a reflejar las posibilidades de aprovisionamiento de los servicios de los ecosistemas de eucalipto asociados a producción de eucalipto procesado por la empresa. Como dificultad en la determinación de estudios se encuentra la falta de datos hidrográficos de la zona.

Al contrario que Natura, Fibria no divulga el valor calculado de HH de la celulosa a nivel científico, únicamente se presentan valores porcentuales de HH verde, azul y gris y únicamente constan en su informe de sustentabilidad ambiental que puede visualizarse en Internet. Para Fibria, la HH es una herramienta interna de gestión del agua.

6. CONCLUSIONES

El cambio climático es una prioridad en la agenda internacional. Uno de los grandes éxitos de la Cumbre COP21 ha sido la movilización simultánea de todos los grupos de interés de la sociedad. Las empresas contribuyen directa o indirectamente en el calentamiento global y por tanto se convierten en grupos de interés cruciales en el diseño de las soluciones para mantener el aumento de la temperatura por debajo de 2°C. El calentamiento global ha trascendido del ámbito científico al político, económico, social y empresarial y ya son muchas las empresas que están involucradas directamente en la lucha contra el cambio climático.

Ante los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos y la creciente presión sobre una mejora en la asignación eficiente de los mismos, el sector empresarial considera los factores ambientales como un elemento clave en su toma de decisiones y su estrategia de Responsabilidad Social. En este sentido las empresas han desarrollado una serie de índices de sostenibilidad con el fin de dar a conocer su implicación en estos puntos, tanto a nivel bursátil, como a nivel interno en sus memorias de RSE.

En los últimos años, el cálculo de la Huella Hídrica ha ido ganando un creciente protagonismo entre las empresas como un indicador de gestión eficiente del agua a lo largo de su cadena de valor. El uso del indicador facilita la toma de decisiones para reducir el impacto de la actividad empresarial en los recursos hídricos, a la vez que reduce su dependencia y vulnerabilidad ante situaciones de escasez del recurso.

La aprobación de la norma ISO 14046 ha facilitado la armonización consensuada a nivel mundial de conceptos, principios y metodologías de cálculo de la Huella del Agua que aporta un adecuado marco de trabajo y nivel de transparencia. La ISO 14046 es una herramienta útil para las organizaciones interesadas en la comprensión de los impactos ambientales relacionados con el agua, especialmente para propósitos internos. Ofrece la posibilidad de mejorar en la gestión de los riesgos del agua frente a su escasez como recurso, así como mejorar la reputación social y ambiental de la empresa. Es de esperar que su aplicación siga un camino similar al de la primera norma ISO de gestión medioambiental, la ISO 14001 (sistemas de gestión ambiental), actualmente utilizado por más de 300.000 organizaciones alrededor del mundo. La actual integración de la huella hídrica en la gestión de los productos de empresas como Coca-Cola, Heineken, Levis, L'Oreal o Unilever (entre otras) es una muestra de ello.

La Huella Hídrica se ha configurado como indicador de referencia de la gestión eficiente del agua entre las empresas durante los últimos años. Si bien la

definición de la ISO 14046 ha supuesto un importante impulso para su cálculo, aún queda un largo camino por recorrer para conseguir su consideración generalizada y homogenizada en las memorias de RSE. Entre las empresas aún quedan dudas sobre los impactos positivos o negativos que puede llevar asociada la publicación de este tipo de información. A su vez, la consolidación de la Huella Hídrica de las empresas requiere de su puesta en valor por los inversores y consumidores en su proceso de toma de decisiones.

7. REFERENCIAS

- ALAVIAN *et al.* (2009). "Water and climate change: Understanding the risks and making climate-smart investment decisions". Washington, DC: World Bank.
- ARNELL, N.W. (2004). "Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios". *Global Environmental Change*, 14: 31–52.
- ARNELL, N.W.; M.G.R. Cannell; M. Hulme; R.S. Kovats; J.F.B. Mitchell; R.J. Nicholls; M.L. Parry; M.T.J. Livermore (2002). "The consequences of CO2 stabilization for the impacts of climate change". *Climatic Change*, 53: 413–446.
- AULÍ Mellado, Enric (2002). Integración de los factores ambientales en las estrategias empresariales.
- AZQUETA Oyarzun, Diego (2007): *Introducción a la economía Ambiental*. McGraw-Hill.
- Barilla Center For Food Nutrition (2010) "Double pyramid: Healthy food for people, sustainable food for the planet". Barilla Center For Food Nutrition.
- BAUMAN, Z. (1999). *Modernidad líquida*. Fondo de cultura económica de España. Buenos Aires.
- Diario Expansión (2013). "Medir la huella hídrica, el nuevo objetivo de las empresas". Empresas y Finanzas.
- DURÁN Romero, Gemma (2015). "Medir la sostenibilidad: indicadores económicos, ecológicos y sociales". Universidad Autónoma de Madrid.
- Eiris (2016). <http://www.eiris.org/academics/>. Último acceso: 5 de julio de 2016.
- ESTEBAN Moratilla, Fernando (2010). "La Huella Hídrica en España". *Revista de Obras Públicas* nº 3.514.
- FERNÁNDEZ-OLIT, Beatriz (2014). "De lo global a lo local: Índices de sostenibilidad: FTSE4Good Ibex y Dow Jones Sustainability", II Congreso de RSC de las Empresas turísticas.
- FNCA (2016): *La huella hídrica: aplicaciones y utilidad de este nuevo indicador ambiental*. Guía Nueva Cultura del Agua.

- HITZ, S. y Smith, J. (2004). "Estimating global impacts from climate change". *Global Environmental Change*, 14: 201–218.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007. Synthesis Report*. Core Writing Team, Pachuri, R.K. and Reisinger, A. (Eds). IPCC, Geneva, Switzerland. Pp. 104.
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC (2013) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- KOUNINA, A., Margni, M., Bayart, JB, Boulay, AM, Berger, M.; Bulle, C., Frischknecht, r., Koehler, A., Mila i canals, Il. Y Motoshita, M. (2012). "Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment". *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3): 707-721.
- MEKONNEN, M.M. y Hoekstra, A.Y. (2011) *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*.
- MONTSERRAT, Ferrer (2014). *La Huella Hídrica: La nueva norma internacional ISO14046:2014 y su implementación*. Universidad de León. CONAMA 2014.
- NICHOLLS, R.J. (2004). "Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios". *Global Environmental Change*, 14: 69–86.
- PARRY, M.L.; C. Rosenzweig; A. Iglesias, M. Livermore y G. Fischer (2004). "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios". *Global Environmental Change*, 14: 53–67.
- QUIROGA Martínez, Rayén (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos.
- SCHROETER, D.; W. Cramer; R. Leemans; I.C. Prentice; M.B. Araujo; N.W. Arnell; A. Bondeau; H. Bugmann (2005). "Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe". *Science*, 310: 1333–1337.

- SOUZA, Renata de (2014). Tesis doctoral: Empresas e gestao da agua: uma abordagem a partir do uso do indicador pegada hídrica. Sao Paulo.
- Universidad Pontificia de Comillas (2016). Estudio sobre la percepción de la Ética y la RSE en pymes.
- VAN LIESHOUT, M.; R.S. Kovats; M.T.J. Livermore y P. Martens (2004). "Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socioeconomic scenarios". *Global Environmental Change*, 14: 87–99.
- VÖRÖSMARTY *et al* (2000). "Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population". *Growth Science* 289, 284.
- WARREN, R. (2006). *Spotlighting impacts functions in integrated assessment models*. Working Paper 91. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research.
- WFN (2016) *Water Footprint Network*. www.waterfootprintnetwork.org. Último acceso: 5 de julio de 2016.

Una nueva perspectiva de la I+D: su influencia en la evolución de las emisiones de CO₂

Yolanda Fernández Fernández

Profesora de Teoría Económica en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) desde 1988. Profesor contratado doctor en esta universidad desde 2004.

Sus trabajos de investigación se han centrado principalmente en la economía de la cultura, del transporte y medio ambiente. Ha publicado libros, documentos profesionales y artículos en los campos citados. Ha participado en distintos proyectos de investigación y ha impartido cursos, seminarios de formación y conferencias en instituciones públicas y privadas.

M^a Ángeles Fernández López

Ha desarrollado su trabajo en las universidades Autónoma y CEU San Pablo de Madrid, Católica de Ávila y South Bank de Londres. En la actualidad trabaja como profesora adjunta en la Universidad Camilo José Cela. Dentro del ámbito de la teoría económica, sus trabajos de investigación se han centrado principalmente en economía de la energía y medio ambiente, con numerosas publicaciones y proyectos de investigación.

Blanca Olmedillas Blanco

Profesora de Teoría Económica en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) desde 1989. Profesor contratado doctor en esta universidad desde 2004.

Ha impartido diversos cursos y seminarios de formación y ha dictado conferencias en instituciones universitarias, públicas y privadas. Sus investigaciones y publicaciones se centran en el estudio de las externalidades, fundamentalmente en el ámbito del medio ambiente.

RESUMEN

La economía ha mostrado un creciente interés, a lo largo del siglo XX, por el estudio de la relación entre crecimiento económico y emisiones contaminantes. Tratando de profundizar en la relación entre indicadores ambientales y PIB, nuestro trabajo pretende estudiar la relevancia del gasto en I+D como factor explicativo de la evolución de las emisiones de CO₂. La idea subyacente es que la innovación tecnológica, en muchos casos asociada a ahorros energéticos en la producción y el consumo, podría compensar el efecto del crecimiento económico. En este contexto, la novedad de este trabajo es que pretende estudiar la influencia de la innovación (a través del gasto en I+D) como factor explicativo de la evolución de las emisiones de CO₂ y hasta qué punto está compensando y puede compensar en un futuro el aumento del PIB. De forma adicional, puede poner de manifiesto la relevancia o no de las políticas de innovación desde una óptica poco valorada hasta ahora como son sus consecuencias sobre el medioambiente.

Para ello, y utilizando como metodología la descomposición factorial de las emisiones de CO₂, se analizan los casos de la Unión Europea, Estados Unidos y China entre 1996 y 2012. Esto permitirá observar y comparar los indicadores de zonas con actitudes dispares en lo que a la preservación del medioambiente se refiere.

Los resultados muestran que el gasto en I+D es fundamental como impulsor del desarrollo sostenible, donde el crecimiento se compagina con menores emisiones de CO₂.

PALABRAS CLAVE

I+D, Emisiones de CO₂, cambio tecnológico.

ABSTRACT

The economy has showed an increasing interest, throughout the 20th century, on the study of the relationship between economic growth and polluting emissions. Trying to deepen in the relation among environmental indicators and GDP, our work aims to study the importance of R&D expenditure as an explanatory factor of the CO₂ emissions. The underlying idea is that technological innovation, in many cases associated with energy savings in production and consumption, could offset the effect of economic growth on emissions. In this context, the novelty of this research is to try to study the influence of innovation (using R&D expenditure) as an explanatory factor of the

CO2 emissions, and to what extent it is compensating and it can compensate in a future the GDP growth. Additionally, this work can highlight the relevance or otherwise of innovation policies from an underrated perspective so far, their consequences on environment.

To that end and using a factorial decomposition analysis of the emissions of CO2, the cases of European Union, United States and China are analyzed from 1996 to 2012. This will allow to observe and compare the indicators of these areas, which have different attitudes in relation to environmental preservation.

The results show that R&D expenditure is fundamental as a driver of sustainable development, where economic growth is combined with less CO2 emissions.

KEYWORDS

R&D, CO₂ emissions, technological change.

JEL

Q55, Q56, F64.

1. INTRODUCCIÓN

El problema del cambio climático es un hecho incuestionable, pero a pesar de existir evidencias científicas¹ respecto a la influencia perversa de la actividad humana en el medio ambiente mundial, existe un conocimiento limitado sobre las fuerzas motrices concretas de tal impacto. Además, el cambio climático es un problema complejo ya que afecta a todo el mundo y está estrechamente relacionado con temas de gran importancia para las sociedades, como el crecimiento económico y demográfico.

Para enfrentarse a este problema y conseguir reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) antropogénicas y restringir sus efectos se firma en 1997 el Protocolo de Kioto, comprometiéndose a los países firmantes a limitar sus emisiones de GEI en las cantidades atribuidas a los mismos y consignadas en el anexo B del Protocolo. La actualidad viene enmarcada en la firma del Acuerdo de París². Este acuerdo plantea reducir las emisiones de carbono para poder mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales (UNFCCC, 2015), pero no explicita ningún límite a las emisiones por país ni condiciona la forma de conseguirlo.

El Quinto informe del IPCC ha puesto de manifiesto la relevancia de la tecnología y prácticas de mitigación en la evolución de las emisiones en el medio plazo. También indica expresamente que, a largo plazo, para lograr las metas de estabilización de las emisiones, son precisas inversiones en tecnologías de bajas emisiones de GEI y mejoras tecnológicas mediante investigación (IPCC, 2014b, p. 16-17).

1 Sobre las evidencias científicas, ver el Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) que se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. El quinto informe está compuesto a su vez por tres informes, elaborados por sendos grupos de trabajo: Grupo I: Bases físicas; Grupo II: Impacto, adaptación y vulnerabilidad; Grupo III: Mitigación del cambio climático, además de un informe de síntesis. (IPCC, 2013, 2014a, 2014b).

2 El Acuerdo de París es un conjunto de decisiones tomadas por la comunidad internacional para hacer frente al reto a largo plazo del cambio climático de manera colectiva y completa en el futuro. El acuerdo, alcanzado el 12 de diciembre de 2015 en París, Francia, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ha comenzado su firma el 22 de abril de 2016 y puede ser firmado por las partes a lo largo de un año. En la actualidad lo han firmado 175, entre los que se encuentran China, Estados Unidos y los países de la Unión Europea de los 15, regiones en las que se centra este trabajo. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/04/parisagreementsingatures/> (última consulta: 31-05-2016).

En este sentido, Levinson (2009) considera en su estudio empírico que la tecnología es la causante de que en USA desde 1987 a 2001 la producción industrial haya crecido un 24% mientras que las emisiones han disminuido un 25%. King (2004) encuentra cambios similares para Europa y Asia. Tarancón y del Río (2004) proponen una nueva metodología de estudio sobre la contribución de los distintos sectores productivos a las emisiones de CO₂. Otros estudios empíricos analizan el esfuerzo innovador de los agentes económicos sobre el medioambiente (Fisher-Vanden *et al*, 2004; Ruiz, 2010; Cantos y Balsalobre, 2013 y Balsalobre, Álvarez y Baños, 2016).

Aunque se ha generalizado la idea de que la innovación tecnológica ha de ser el instrumento clave para alcanzar un crecimiento económico sostenible que no deteriore el medio ambiente (o al menos que reduzca las emisiones contaminantes), también se ha planteado el uso de diferentes instrumentos económicos con el fin de fomentarla. Desde el siglo pasado se han venido diseñando y poniendo en marcha distintos instrumentos, entre los que cabe destacar el comercio de derechos de emisión. La idea es limitar las emisiones por medio de la asignación de derechos de emisión, provocando escasez, de modo que pueda desarrollarse un mercado operativo. Al poner precio a las emisiones, podría resultar menos costoso incluir tecnología menos emisora, por lo que, a su vez, fomentaría la innovación tecnológica y redundaría en una reducción real de las emisiones totales³.

Teniendo en cuenta lo anterior, muchos han sido los estudios, teóricos y empíricos, que, desde los años noventa, se han centrado en analizar las relaciones entre la actividad económica y las emisiones de GEI con el fin de disponer de información que permita diseñar políticas dirigidas a disminuir o al menos a limitar las emisiones⁴.

Con este interés, gran parte de la literatura se ha centrado en tratar de determinar cuáles son los factores explicativos de la evolución de las emisiones por unidad de producción. El debate se ha centrado en tratar de determinar si la intensidad energética juega un papel más o menos significativo que el índice de carbonización, para explicar la evolución de la intensidad emisora⁵.

3 Ver, entre otros, Fernández et al. (2014, 2015b) sobre el objetivo y los efectos del comercio de derechos de emisión europeo.

4 Existe un amplio debate sobre la relación entre crecimiento económico y medio ambiente basado en la teoría de la curva de Kuznets. Ver, entre otros, Ekins (1997), de Bruyn y Heintz (1999), Stern y Common (2001); Roca et al. (2001), Roca y Alcántara (2001), Roca y Padilla (2003), Díaz-Vázquez, (2009), Cantos y Balsalobre, 2013 y Balsalobre, Álvarez y Baños (2016).

5 Mielnik y Goldemberg (1999), consideran que el factor de carbonización es un indicador mucho más interesante que la intensidad energética para estudiar la contribución de los países al cambio climático. Por el contrario, Ang (1999), considera que es la intensidad

En este marco se encuadra este trabajo, cuyo objetivo es estudiar la influencia de la innovación en la evolución de la intensidad emisora. Para ello se utiliza una metodología de descomposición factorial, que es ampliamente utilizada en el ámbito de la economía medio ambiental.

Concretamente, en este trabajo se ha descompuesto la intensidad energética en dos factores: el factor de transformación y la intensidad innovadora. Para ello se ha considerado el gasto en I+D como indicador de la innovación en una economía, incluyendo tanto el gasto público como el privado⁶. Conviene señalar que se ha tenido en cuenta el gasto en I+D en sentido amplio por dos razones:

- Por una parte, para que sea consistente con el resto de las variables utilizadas, todas ellas agregados macroeconómicos (nivel de producción, consumo energético y emisiones de CO₂).
- Por otra, para estudiar si todo el gasto en I+D, aunque no tenga como objetivo prioritario reducir las emisiones, puede conducir a mejoras medioambientales. En este caso conviene señalar que los efectos finales de la innovación y el cambio tecnológico generados por el gasto en I+D no son fácilmente previsibles, pudiendo provocar el denominado "efecto rebote"⁷.

Los resultados obtenidos, por tanto, deben ser interpretados a nivel agregado, considerando todos los efectos del gasto en I+D sobre las emisiones.

Hay que señalar que este trabajo es un estudio de economía descriptiva, cuyo objetivo es exponer y estudiar los factores explicativos más relevantes de las emisiones por unidad de producción, enfatizando el papel del gasto en I+D.

La estructura del trabajo es la siguiente: tras esta introducción, en el segundo apartado se presenta el ámbito de estudio y los datos utilizados. En el apartado

energética la que explica la evolución de la intensidad emisora. Una conclusión similar es la obtenida por Sun (1999) quien considera que la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental no es más que una consecuencia de la evolución de la intensidad energética.

6 Otros trabajos interesados en la innovación y el medio ambiente utilizan variables más restrictivas, como el gasto público en I+D (ver, entre otros, Garrone y Grilli, 2010) o el gasto público en I+D+i energético (ver, entre otros, Cantos y Balsalobre, 2013; Balsalobre, Álvarez y Baños, 2016).

7 Según el efecto rebote, una mejora de la eficiencia puede conducir a incrementos en el consumo energético, compensando el ahorro que inicialmente se logra. Existe un efecto rebote *directo* comparable al efecto sustitución microeconómico, un efecto rebote *indirecto* (efecto renta) y un efecto rebote *macroeconómico*, que recoge la influencia de los cambios en el precio de la energía sobre el uso de esos factores. La cuestión clave reside en la correcta elección de medidas aplicadas para favorecer el ahorro energético así como en el precio de la energía. Para una revisión de este tipo de estudios ver Linares (2009).

tres se describe la propuesta metodológica. Los resultados obtenidos se presentan en el cuarto apartado y por último se recogen las conclusiones.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO Y DATOS

Teniendo en cuenta que fundamentalmente las emisiones contaminantes provienen del consumo de energía⁸, la innovación puede traducirse en tecnologías menos contaminantes, en términos absolutos (reduciendo emisiones) o relativos, incidiendo en la cantidad de energía consumida por unidad de producto y/o en el tipo de energía consumida.

Con el objeto de observar si la innovación está actuando como factor reductor de las emisiones por unidad de PIB, y lo está haciendo de forma diferente en regiones con diferente sensibilidad hacia el deterioro medioambiental global, este trabajo tiene como objeto el análisis de la Unión Europea, Estados Unidos y China entre 1996 y 2012. El trabajo se centra en estas tres regiones porque, por una parte, son las principales potencias a nivel mundial y, por otra, cada una de ellas afronta de forma diferente el problema de las emisiones de CO₂.

Las tres zonas consideradas suponen más del 50% de las emisiones de CO₂, del PIB real y del Consumo de energía final mundiales en media para el periodo considerado. Estados Unidos y la Unión Europea entrarían en la categoría de países desarrollados, mientras que China sería clasificada como potencia en desarrollo, con una tasa de crecimiento del PIB muy superior al de las otras zonas de análisis, pero con un PIB per cápita muy inferior.

Sin entrar en una descripción y análisis exhaustivo de sus políticas de cambio climático, pues no es el objeto de este trabajo, podemos señalar que su actitud respecto a la protección medioambiental ha sido muy diferente. Así se evidencia en una revisión sucinta sobre la postura frente a Kioto de cada región y su apuesta por medidas de mercado. En concreto, la Unión Europea no sólo ha firmado el protocolo de Kioto sino que ha sido la primera región en poner en marcha el Comercio de Derechos de Emisión para el CO₂ en 2005. Al poner un precio a la externalidad que supone emitir CO₂, las industrias más contaminantes tendrían un fuerte incentivo económico a mejorar la tecnología. Por otro lado, EE.UU, a pesar de haber mostrado interés por la reducción de las emisiones contaminantes, no firmó el protocolo de Kioto. Sin embargo, puso en marcha el primer mercado de derechos de emisión negociables para las emisiones de dióxido de carbono (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂) en 1990. En la actualidad, diversos estados del país poseen otros sistemas de comercio

8 Según el informe de la IEA (2015), el 68% de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico emitidos en 2010 fueron debidos al uso de energía fósil. De ellos, el 90% fueron CO₂.

de permisos negociables sobre emisiones de gases de efecto invernadero⁹. En el caso de China, que tampoco firmó el protocolo de Kioto, hay que considerar además que ha manifestado claramente su prioridad de crecimiento aún a costa de la utilización de fuentes energéticas fósiles, de oferta limitada y muy contaminantes. Esta actitud de la economía China ha cambiado notablemente en los últimos años, posiblemente por los graves problemas medioambientales a los que se está enfrentando el país, en particular en las grandes ciudades. De hecho, se está observando una actitud mucho más participativa y activa en las negociaciones climáticas por parte de China, así como un mayor compromiso medioambiental, como muestra su intención de desarrollar su propio mercado de derechos de emisión negociables para 2017¹⁰, cuyos resultados no serán visibles a corto plazo, lo que sugiere que no es relevante para el ámbito temporal de estudio de este trabajo.

Con la intención última de observar si el comercio de derechos de emisión de la Unión Europea ha contribuido al proceso de cambio, el periodo analizado se ha dividido en dos: antes y después de 2005, año en que entra en funcionamiento el mercado de derechos de emisión de dicha región.

La información estadística de los datos utilizados en este análisis se presenta en la tabla 1. Tanto las emisiones de CO₂ como el consumo de energía final vienen expresados en millones de toneladas, de CO₂ equivalente las primeras y de petróleo equivalente el segundo. Para las variables monetarias (PIB y Gasto en I+D) se utilizan medidas en paridad de poder adquisitivo (PPA) en base 2005.

La fuente utilizada para las tres primeras variables (CO₂, PIB y Consumo de Energía) es la Agencia Internacional de la Energía¹¹, en su informe de 2014 "CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights". Como indicador de la innovación se utiliza el gasto en I+D, cuyas cifras provienen de Eurostat, tanto para la Unión Europea de los 28 como para Estados Unidos y China¹².

9 A este respecto se puede consultar la web de *United States Environmental Protection Agency* (<https://www3.epa.gov/>). Dada su menor dimensión, su menor ámbito de aplicación y también que algunos de ellos no han empezado a funcionar hasta 2012 (caso de California's Cap and Trade Program), su efecto no es relevante para el ámbito temporal de este trabajo.

10 Ver Li, J.F.; Zhang, Y.X. & Songfeng, C. (2012).

11 IEA en sus siglas en inglés, International Energy Agency.

12 El periodo de estudio viene condicionado por los datos de gasto en I+D, cuya disponibilidad es entre 1996 y 2012 para el caso de la Unión Europea.

Tabla 1: Emisiones de CO₂, PIB, Consumo de energía, I+D (1996-2012)

Emisiones de CO₂ (millones de toneladas de CO ₂ equivalente)					
	Media	Mediana	Desviación	Máximo	Mínimo
U.E. – 28	3.847,1	3.899,2	168,1	4.008,6	3.504,9
Estados Unidos	5.528,0	5.585,2	213,3	5.773,5	5.074,1
China	5.058,1	4.837,3	1.853,6	8.205,9	3.040,0
PIB (Precios corrientes, expresado en millones de Paridad de Poder Adquisitivo, 2005)					
	Media	Mediana	Desviación	Máximo	Mínimo
U.E. – 28	12.858,3	13.014,4	1.246,0	14.342,8	10.624,2
Estados Unidos	12.372,3	12.670,8	1.399,5	14.231,6	9.704,5
China	6.763,9	5.815,2	3.255,4	12.968,6	2.957,0
Consumo de energía final (Millones de toneladas de petróleo equivalente)					
	Media	Mediana	Desviación	Máximo	Mínimo
U.E. – 28	1.719,9	1.720,7	48,4	1.793,7	1.643,6
Estados Unidos	2.228,3	2.230,7	70,1	2.337,0	2.113,3
China	1.725,3	1.639,9	625,3	2.894,3	1.072,6
Gasto total en I+D (expresado en millones de Paridad de Poder de Compra, 2005)					
	Media	Mediana	Desviación	Máximo	Mínimo
U.E. – 28	189.077,9	183.831,8	42.262,3	257.000,6	12.2059,3
Estados Unidos	261.523,8	257.078,0	53.579,4	347.383,6	16.7407,7
China	66.047,2	48.603,0	54.069,9	186.080,0	9.900,1

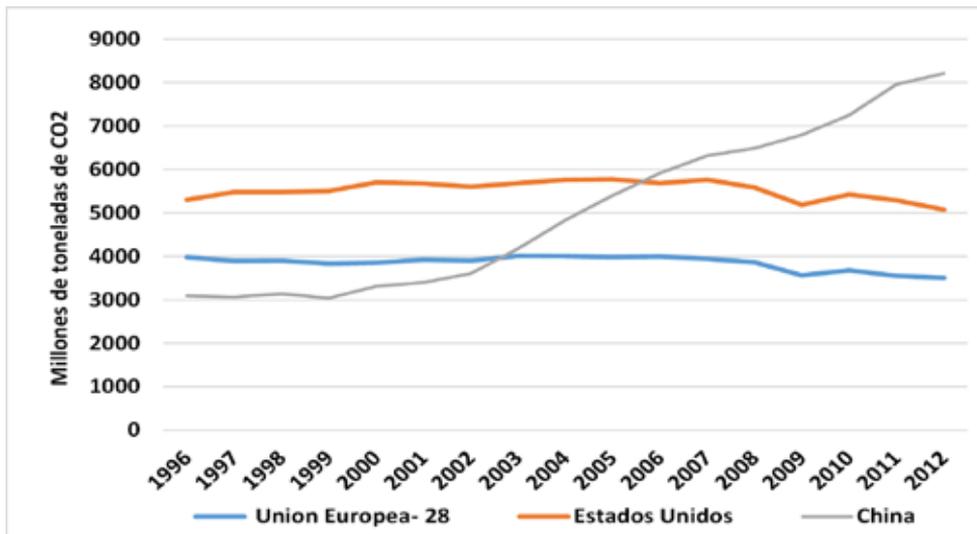
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IEA (2014) y Eurostat (2015).

En datos absolutos, como muestra la tabla 1, la Unión Europea de los 28 presenta, en media, valores inferiores a Estados Unidos en Emisiones de CO₂, Consumo de energía e I+D. En cualquiera de estas variables, la UE-28 representa aproximadamente un 70% de los valores que se alcanzan en Estados Unidos. Además, la dispersión de los valores es mayor en este país que en Europa. En lo que respecta a los niveles de riqueza, ambas regiones presentan cifras mucho más similares.

En el caso de China destacan las elevadas cifras de emisiones, frente a las reducidas de PIB y de gasto en I+D. Es necesario señalar también el grado de variabilidad de sus datos, con desviaciones de gran cuantía y grandes diferencias entre los valores máximos y mínimos de todas las variables consideradas.

En el gráfico 1, se representa la evolución de las emisiones de GEI para las tres regiones consideradas. En él queda patente la importancia de China como principal emisor a nivel agregado, mostrando un aumento significativo a partir de 2003 y superando en 2006 las emisiones de Estados Unidos. De hecho, en 2012 las emisiones en China alcanzan cifras similares a las de la Unión Europea y Estados Unidos juntas. Es destacable también el paralelismo en la evolución de las emisiones en la Unión Europea y Estados Unidos, si bien la Unión Europea presenta datos absolutos mucho menores.

Gráfico 1: Emisiones de GEI (millones de T. de CO₂ equivalente)



Fuente 1: Elaboración propia a partir de IEA (2014).

Una vez presentados los datos de las emisiones en las regiones consideradas en este estudio, a continuación se presenta la metodología utilizada.

3. METODOLOGÍA DE DESCOMPOSICIÓN

Se utiliza una metodología de descomposición factorial que permite relacionar variables económicas, tecnológicas y ambientales. En particular, el punto de

partida de este trabajo es una variación de la identidad de Kaya (1990)¹³, que puede expresarse de la forma siguiente:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{Ener} \cdot \frac{Ener}{PIB} \cdot PIB \quad (1)$$

Donde CO₂ son las emisiones totales de GEI; Ener es el consumo de energía total y PIB es la producción real.

La expresión (1) se puede reordenar de la siguiente forma:

$$\frac{CO_2}{PIB} = \frac{CO_2}{Ener} \cdot \frac{Ener}{PIB} \quad (2)$$

Esta identidad pone de manifiesto que la intensidad emisora o emisiones por unidad de PIB ($\frac{CO_2}{PIB}$), se puede explicar por el producto de un factor de carbonización de los consumos energéticos ($\frac{CO_2}{Ener}$) y la intensidad energética ($\frac{Ener}{PIB}$), que recoge el consumo de energía por unidad de producción¹⁴.

Dado que, como se señaló anteriormente, en las economías actuales la principal fuente de emisiones de GEI procede del sistema energético, debido al uso de combustibles fósiles, el control de las emisiones se ha centrado básicamente en: sustituir la producción y/o consumo de fuentes energéticas contaminantes por otras más respetuosas con el medioambiente, esto es, reducir las emisiones por unidad de energía consumida (modificando el mix energético con más energías limpias y simultáneamente capturando CO₂)¹⁵; o bien, conseguir mejorar la eficiencia energética, esto es, reducir la energía consumida por unidad de PIB. La idea que subyace en esta expresión es que, en los efectos que explican la intensidad emisora, puede influir de forma muy significativa la tecnología: mejoras tecnológicas que pueden redundar tanto en ahorros energéticos como en menores emisiones.

13 Aunque la versión inicial de la identidad de Kaya incluye la población ($CO_2 = \frac{CO_2}{Ener} \cdot \frac{Ener}{PIB} \cdot \frac{PIB}{Pob} \cdot Pob$), siguiendo a Alcántara y Padilla (2010) en este trabajo se agrupan los factores afluencia ($\frac{PIB}{Pob}$) y población (Pob) en el factor escala del PIB.

14 Esta metodología se utiliza en Fernández et al. (2015a) para estudiar el comportamiento energético y emisor de los mismos países considerados en este trabajo.

15 Alcántara (2009) descompone el factor de carbonización en emisiones por unidad de energía fósil consumida y un factor que expresa el mix-energético. Alcántara y Padilla (2010) para analizar la evolución de las emisiones en el caso de España, descomponen la intensidad energética en el uso de energía primaria en la generación de energía final y en el contenido de carbono de esa energía primaria.

En este trabajo, con la intención de hacer un primer diagnóstico del grado de responsabilidad de la innovación tecnológica en la evolución de las emisiones de CO₂, se trabaja con una versión modificada de la ecuación (2) expuesta anteriormente. La variable elegida como indicador del nivel agregado de innovación es el gasto en I+D que realiza cada una de las regiones consideradas, y que se considera un posible indicador de la innovación de una sociedad o área geográfica. En concreto se utiliza la siguiente expresión:

$$\frac{CO_2}{PIB} = \frac{CO_2}{Ener} \cdot \frac{Ener}{I+D} \cdot \frac{I+D}{PIB} \quad (3)$$

En esta nueva identidad, y considerando que la innovación destinada a mejorar la intensidad energética es fundamental en la reducción de emisiones de CO₂, la intensidad energética ($\frac{Ener}{PIB}$) se ha descompuesto en dos factores: ($\frac{Ener}{I+D}$), que denominaremos factor de transformación y que muestra la energía consumida por unidad de innovación. Y, por otro lado ($\frac{I+D}{PIB}$), la innovación por unidad de producción o intensidad innovadora. Sería deseable, en términos medioambientales, que la innovación conduzca a menores emisiones y a menor consumo de energía.

A partir de la expresión (3), la variación de las emisiones de CO₂ por unidad de producción se puede descomponer como la suma de las variaciones interanuales de sus componentes¹⁶. Es decir:

$$IE \cong FC + FT + II \quad (4)$$

Esta expresión nos indica que la evolución de la intensidad emisora (IE) puede explicarse por la evolución del *factor de carbonización* (FC), y de la intensidad energética, dividida en la suma del *factor de transformación* (FT) y de la *intensidad innovadora* (II). Hay que tener en cuenta que la intensidad innovadora de una economía suele tener valores positivos. Entonces, el “buen” comportamiento, en términos ambientales, del resto de los efectos debe compensar a este último y conducir a la reducción de emisiones de CO₂ por unidad de PIB.

Con la pretensión de conocer si la innovación de las últimas décadas se ha traducido en tecnologías menos contaminantes, a continuación se presentan los resultados obtenidos aplicando la metodología expuesta en este apartado.

16 Un factor de ponderación garantizaría una descomposición aditiva exacta. Sin embargo, en este caso, no se ha considerado necesario utilizarlo por haberse observado diferencias centesimales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para aplicar la descomposición presentada en la ecuación (4), se han utilizado tasas de variación interanuales medias. Pero, teniendo en cuenta la diferente actitud de las regiones consideradas ante el reto de la disminución de las emisiones contaminantes y que en 2005 comenzó a funcionar el mercado de derechos de emisión en la Unión Europea como instrumento para reducir las emisiones¹⁷, el análisis se ha realizado para dos subperiodos, (1996-2005) y (2005-2012), con la intención última de apreciar si aparecen diferencias entre las regiones consideradas a partir de ese momento. En la tabla 2 se recogen los resultados. Incluye las variaciones interanuales medias (TVIM) para los dos subperiodos de las variables utilizadas (emisiones de GEI, PIB, Energía final y gasto en I+D) y también de la intensidad emisora (IE), del factor de carbonización (FC), del factor transformación (FT) y de la intensidad innovadora (II).

Tabla 2: Factores explicativos de la intensidad emisora (TVIM 1996-2005 y 2005-2012)

1996-2005	CO ₂	PIB	E	I+D	IE (1+2+3)	FC (1)	Intensidad Energética	
							FT (2)	II (3)
U.E. – 28	0,02	2,54	0,55	5,19	-2,46	-0,53	-4,41	2,58
Estados Unidos	0,95	3,39	1,04	5,64	-2,36	-0,09	-4,36	2,18
China	6,40	9,09	5,75	22,02	-2,47	0,5	-13,5	11,0
2005-2012	CO ₂	PIB	E	I+D	IE (1+2+3)	FC (1)	Intensidad Energética	
							FT (2)	II (3)
U.E – 28	-1,83	0,88	-1,19	4,22	-2,68	-0,65	-5,19	3,31
Estados Unidos	-1,83	1,20	-1,14	3,44	-2,99	-0,70	-4,42	2,21
China	6,15	10,4	7,23	17,72	-3,88	-1,00	-8,91	6,60

Fuente: Elaboración propia a partir de IEA (2014) y Eurostat (2015).

¹⁷ En este caso concreto, para alcanzar la reducción en las emisiones firmada en el Protocolo de Kyoto.

Para los dos periodos analizados, las tres regiones presentan reducciones de la Intensidad Emisora (IE), que viene explicada por la evolución negativa del factor de carbonización (FC) y, especialmente, del factor transformación (FT). La excepción es China en el periodo 1996-2005, que presenta un factor de carbonización (FC) con una tasa de variación interanual media de 0,5, lo que evidencia un mix energético poco favorable con el medioambiente.

Teniendo en cuenta la metodología utilizada en este trabajo, de inclusión del gasto en I+D en la intensidad energética, los resultados muestran para los dos periodos una reducción significativa de este índice (Energía /PIB) debido básicamente al factor transformación (FT). Este factor compensa con creces la intensidad innovadora (II), que ha supuesto un aumento de la intensidad emisora (IE) para todas las zonas consideradas, lo que significa que la innovación es poco eficiente en términos productivos para el medio ambiente. Probablemente se deba a que el crecimiento del PIB que implica el gasto en inversión y desarrollo lleva asociado un aumento en emisiones.

Por tanto, la disminución en la intensidad emisora (IE) viene explicada fundamentalmente por la reducción en el factor transformación (FT), que recoge la influencia de la innovación en la intensidad energética, y, en menor medida, por el factor carbonización (FC), que recoge las mejoras en el mix energético.

Hay que señalar la similitud en la evolución de los indicadores para la Unión Europea y Estados Unidos. En China destaca la cuantiosa variación de los factores explicativos, en particular del factor transformación (FT) y de la intensidad innovadora (II), muy superiores al resto.

Considerando la evolución de las variables utilizadas en el análisis (emisiones de GEI, PIB, energía final y gasto en I+D), se pueden observar diferencias significativas entre los dos periodos. Al igual que Roca y Alcántara (2001), consideramos que existe una desvinculación en sentido fuerte entre emisiones y crecimiento económico si las emisiones se reducen a lo largo del tiempo¹⁸. Y existe una desvinculación en sentido débil cuando disminuye la intensidad emisora debido al aumento de la renta¹⁹. Lo mismo se argumentaría con el consumo de energía y el crecimiento.

Volviendo al análisis de los resultados, se observa que en el primer periodo (1996-2005), tanto las emisiones de CO₂ como el consumo de energía evidencian una evolución creciente, en particular en China, acompañados de aumentos en el PIB de mayor cuantía, evidenciando un desacoplamiento débil, en la intensidad emisora (IE) y en la intensidad energética. Es necesario señalar, res-

18 Matemáticamente, la desvinculación o desacoplamiento fuerte implica: $dCO_2/dt < 0$.

19 La desvinculación o desacoplamiento débil implica: $d(CO_2/PIB)/dPIB < 0$.

pecto a la intensidad energética, que existe desacoplamiento débil entre energía y gasto en I+D (disminuye el FT), pero no así en la intensidad innovadora.

Sin embargo, en el segundo periodo entre 2005 y 2012, existe un desacoplamiento fuerte de las emisiones y la energía con el crecimiento del PIB: mientras el PIB crece, las emisiones y el consumo de energía disminuyen para Estados Unidos y la Unión Europea, lo que no sucede en China, donde el desacoplamiento en ambos casos sigue siendo débil.

Por tanto, se puede concluir que la intensidad emisora (CO₂/PIB) disminuye para las tres regiones en los dos periodos. En todos los casos es debido a reducciones en el factor de carbonización (FC) y en la intensidad energética (FT+II). En concreto, es el factor transformador (FT) el que contrarresta los efectos de la intensidad innovadora (II) sobre la intensidad emisora (IE), experimentando ésta última tasas de variación negativas en ambos periodos.

Sin embargo, es a partir de 2005 cuando se observan disminuciones de las emisiones de CO₂ y en el consumo de energía para la UE y EE.UU., aunque el PIB muestra pequeños crecimientos. En China, sin embargo, tanto las emisiones de CO₂ como el consumo de energía siguen aumentando en el segundo período analizado. Son la evolución del factor de carbonización (FC) y del factor transformador (FT) las que conducen a una disminución de la intensidad emisora (IE), mostrando que su consumo energético es menos emisor.

Merece la pena una reflexión sobre la distinta actitud de Estados Unidos y Europa frente al protocolo de Kioto. A pesar de que Europa se ha erigido en firme defensora del medio ambiente, parece que sus resultados no son mucho mejores que los conseguidos en Estados Unidos. Aunque Estados Unidos no haya ratificado el protocolo, sí ha puesto en marcha numerosas medidas de protección al medio ambiente que, a la luz de los resultados presentados en este trabajo, parece que están siendo eficaces. En relación al CO₂, desde 2010 la "Agencia para la protección del medio ambiente estadounidense" (www.epa.gov) ofrece datos relativos a las emisiones realizadas por las principales industrias contaminantes con el objetivo de ayudar a la toma de decisiones de política²⁰, pero son numerosas las leyes ya en vigor en torno a temas medio ambientales²¹. En el caso de Europa podemos decir que el comercio de derechos de emisión sí ha sido relativamente eficaz para modificar el comporta-

20 "EPA's Greenhouse Gas Reporting Program will help us better understand where greenhouse gas emissions are coming from and will improve our ability to make informed policy, business, and regulatory decisions", tomado de <http://www.epa.gov/ghgreporting/index.html>

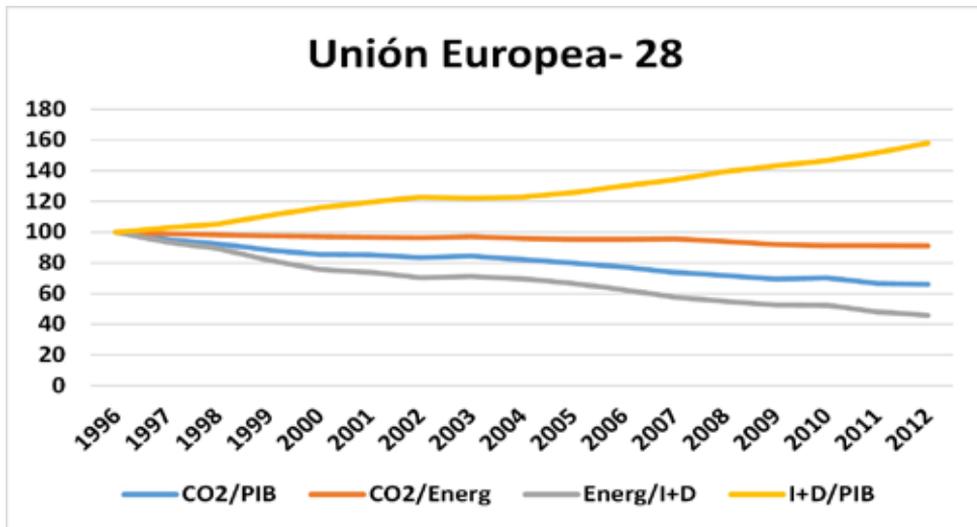
21 Para una revisión, visitar la página citada de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Estadounidense, en su sección de "leyes y regulación", <http://www2.epa.gov/laws-regulations>

miento emisor de los países a pesar de los bajos precios que el carbono ha alcanzado en el mercado (Fernández et al., 2014 y 2015b). Quizás sea debido a que la mera existencia de un mercado y una obligación de comprar derechos generó una expectativa de demanda que llevó a las empresas a iniciar procesos innovadores que redujeran el consumo energético y las emisiones.

En el caso de China, se observan menores aumentos en las emisiones para obtener incrementos mayores en el PIB. Pero esto no se ve acompañado de disminuciones en el consumo de energía, por lo que aún tiene mucho camino que recorrer para conseguir un cambio de tendencia en la protección medioambiental.

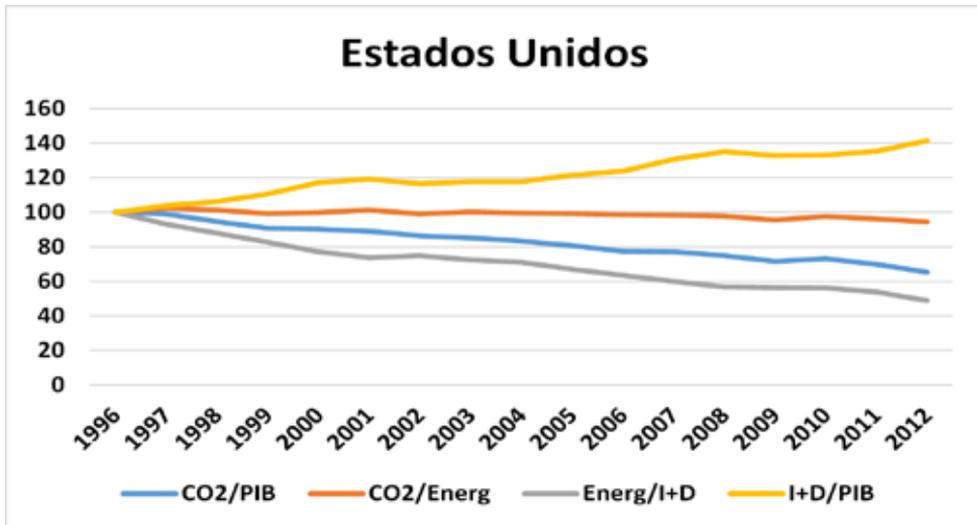
En los gráficos que aparecen a continuación se presentan los índices analizados para las tres regiones consideradas. En ellos se observa que la evolución de la intensidad emisora está claramente determinada por el factor transformador. Este resultado, en el caso de Europa, contrasta con el obtenido por otros autores (Mielnik y Goldemberg, 1999) cuyo resultado ponía de manifiesto que el factor explicativo que en mayor medida justificaba la evolución de la intensidad emisora era el índice de carbonización.

Gráfico 2: Intensidad emisora, factor de carbonización, factor transformador, intensidad innovadora para Europa de los 28 (1996=base 100)



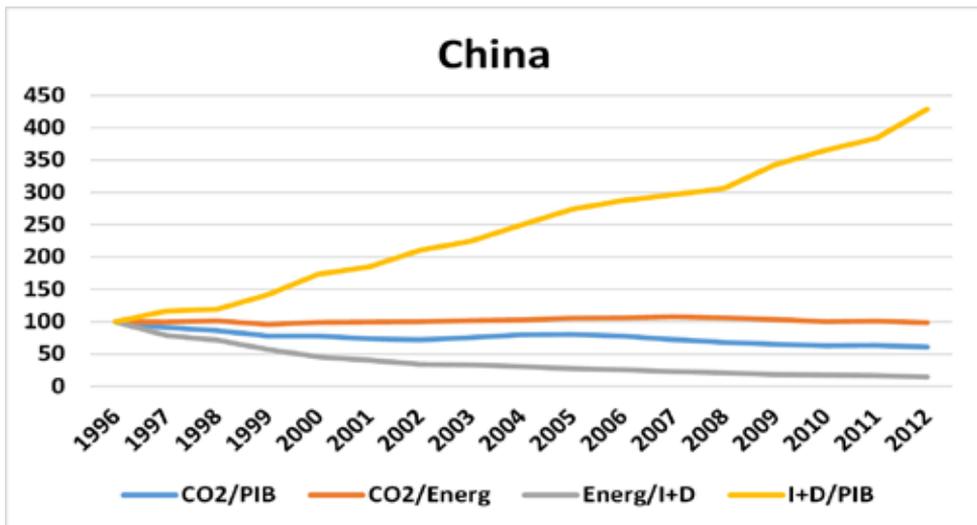
Fuente 2: Elaboración propia a partir de IEA (2014) y Eurostat (2015).

Gráfico 3: Intensidad emisora, factor de carbonización, factor transformador, intensidad innovadora para Estados Unidos (1996=base 100)



Fuente 3: Elaboración propia a partir de IEA (2014) y Eurostat (2015).

Gráfico 4: Intensidad emisora, factor de carbonización, factor transformador, intensidad innovadora para China (1996=base 100)



Fuente 4: Elaboración propia a partir de IEA (2014) y Eurostat (2015).

Como ya se ha avanzado, la evolución de la intensidad emisora, en las tres regiones consideradas, está condicionada por el factor transformación, que pone de manifiesto la relevancia de una innovación que redunde en un cambio profundo de la economía desde tres vertientes:

- Tecnologías más eficientes desde el punto de vista productivo, que necesiten menores consumos de energía para obtener una unidad de producto.
- Tecnologías más eficientes desde el punto de vista medioambiental, de forma que cada unidad de energía consumida emita menos CO₂ a la atmósfera.
- Un cambio en el mix energético, es decir, que utilicen fuentes menos contaminantes.

En este sentido, conviene recordar que uno de los inconvenientes que plantea la identidad de Kaya es que los principales factores pueden no ser independientes el uno del otro, de forma que, por ejemplo, países con mayor crecimiento económico podrían desarrollar tecnologías más eficientes gracias a la mayor rentabilidad del capital (Duró y Padilla, 2005). Sin embargo, este trabajo ha permitido observar la relevancia de la innovación y el cambio tecnológico que conlleva, poniendo de manifiesto la importancia de continuar investigado con herramientas metodológicas diferentes.

5. CONCLUSIONES

La consecución de un desarrollo sostenible se ha convertido en un objetivo prioritario para las economías actuales. En este contexto, tanto la sustitución de fuentes energéticas contaminantes por otras menos nocivas, como la reducción del consumo energético se han convertido en objetivos fundamentales, en los que la innovación adquiere un papel fundamental.

Este trabajo tiene el objetivo de profundizar en los factores explicativos de la evolución de las emisiones de CO₂, y buscar factores que tengan efectos reductores sobre las mismas con el ánimo de poder hacer recomendaciones en el ámbito de la política económica y medioambiental. El análisis se centra en la Unión Europea, Estados Unidos y China entre 1996 y 2012. Teniendo en cuenta que en 2005 se puso en marcha el Comercio de Derechos de Emisión en la UE, se han considerado dos subperíodos 1996-2005 y 2005-2012. La intención es evidenciar si este hecho se ha reflejado en una evolución de la intensidad emisora en la UE diferente de la seguida por EE.UU y China.

La novedad de este trabajo reside en que incluye una nueva variable explicativa en la descomposición factorial de las emisiones de CO₂, a saber, el gasto

en I+D de las economías analizadas. De hecho, esta variable se ha utilizado de forma agregada para cada una de las regiones consideradas para, por una parte, mantener la coherencia con el resto de variables, todas ellas agregadas, y por otra, tener en cuenta tanto los efectos directos como los efectos indirectos y el “efecto rebote” que pueda generar sobre las emisiones de CO₂.

Considerando que la innovación destinada a mejorar la intensidad energética es fundamental en la reducción de emisiones de CO₂, se ha descompuesto la intensidad energética en dos nuevos factores denominados factor transformación (energía consumida por unidad de gasto en I+D) e intensidad innovadora (gasto en I+D por unidad de producción). La descomposición utilizada no nos dice por qué las economías tienen diferentes niveles de PIB o de gasto en I+D, pero sí nos indica que éstas son cuestiones relevantes en la explicación de la evolución de las emisiones de CO₂.

En concreto, en este trabajo se ha constatado que, de forma general, la cuantía y signo de la intensidad emisora está condicionada significativamente por el factor transformación, por encima incluso del factor de carbonización. Esto revela la importancia que la innovación tiene, no sólo en el ahorro energético, sino también en las menores emisiones por unidad de PIB. Por tanto, se pone de manifiesto que la tecnología destinada a la consecución de mejoras en la eficiencia energética es fundamental en la reducción de las emisiones de CO₂.

Es a partir de 2005 cuando se observan diferencias en la evolución de las variables consideradas en la determinación de los factores explicativos. Mientras que China mantiene importantes crecimientos en las emisiones de CO₂, la Unión Europea y Estados Unidos las reducen. En estas dos regiones aumenta la cuantía de la variación en el factor transformación, entendido como el consumo de energía asociado a cada nivel de gasto en I+D, y la causa es la reducción en el consumo de energía. En contraposición, en China no sólo aumentan las emisiones, sino también el consumo de energía, con variaciones en el factor transformador de menor cuantía en el segundo periodo.

Este resultado pone de manifiesto que si la innovación conlleva ahorros energéticos, redundará en menos emisiones. Lo que no se ha conseguido aún es que la intensidad innovadora favorezca la reducción de la intensidad emisora. Poner en marcha políticas económicas que redunden en este objetivo es fundamental para el medioambiente.

También hay que destacar que el esfuerzo de la mayor parte de los países ha estado sesgado hacia la promoción de fuentes renovables, consiguiendo que el efecto carbonización contribuya positivamente a la reducción de las emisiones. Sin embargo, como los resultados evidencian, es el efecto transformación el que en mayor medida logra reducir las emisiones. Parece, por tanto, que los

recursos deberían destinarse a la promoción directa de la innovación para conseguir una producción energéticamente eficiente.

La similitud en la evolución de todos los indicadores en EE.UU. y la UE muestra que el comportamiento no lo modifican acuerdos voluntarios, sino la voluntad de modificar la realidad, en este caso, la preocupación por el medio ambiente y el cambio climático. A pesar de que EEUU no firmó el protocolo de Kioto, sí ha puesto en marcha medidas que, a la luz de los resultados del análisis, parecen haber logrado efectos similares sobre las variables analizadas a los conseguidos por la Unión Europea con, entre otras medidas, su comercio de derechos de emisión EU-ETS.

Como consecuencia, y en lo que a China se refiere, los esfuerzos deben ir encaminados a involucrarla en la preservación del medioambiente desde una perspectiva más abierta, de forma que sea ella la que elija las herramientas económicas y políticas para realizarlo. En este sentido, en los últimos años se está poniendo de manifiesto la preferencia de las economías por la flexibilidad de las medidas de mercado como impulsoras de la reducción de las emisiones a través de la innovación y el cambio tecnológico.

En definitiva, el análisis realizado muestra que, independientemente de la forma de enfrentarse a la reducción de emisiones contaminantes, ahora puede recomendarse el gasto en I+D, no sólo como motor del crecimiento económico de cualquier economía, sino como impulsor del desarrollo sostenible, donde el crecimiento pueda compaginarse con menos emisiones de CO₂ a lo largo del tiempo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, V. (2009): "Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España. Situación actual y factores explicativos", *Papeles de Economía Española*, 121, 88-98.

Alcántara, V. y Padilla, E. (2010): "Determinantes del crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2007)", *Revista Galega de Economía*, 19(1), 1-15.

Ang, B. W. (1999): "Is the energy intensity a less useful indicator than the carbon factor in the study of climate change?", *Energy Policy*, 27, 943-946.

Balsalobre, D.; Álvarez-Herránz, A.; Baños, J. (2016): "La innovación y la sustitución energética como medidas de corrección medioambiental en países de la OCDE", *Estudios de Economía Aplicada*, 34-1, 235-260.

Common, M. y Stagl, S. (2008): *Introducción a la Economía Ecológica*, Reverté, Barcelona.

- Cantos, J. M. y Balsalobre, D. (2013): "Incidencia del gasto público en I+D+i energético sobre la corrección medioambiental en España". *Estudios de Economía Aplicada*, 31-1, 93-126.
- De Bruyn, S. M. y Heintz, R. J. (1999): "The environmental Kuznets curve hipotesis", en Van Den Bergh, J. ed., *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Edward Edgar, Cheltenham, 656-677.
- Díaz-Vázquez, M. R. (2009): "The dissociation between emissions and economic growth: The role of shocks exogenous to the environmental Kuznets curve model", *Applied Econometrics and International Development*, 9 (2), 31-42.
- Duró, J. A. y Padilla, E. (2005): "Análisis de los factores determinantes de las desigualdades internacionales en las emisiones de CO₂ per cápita aplicando el enfoque distributivo: una metodología de descomposición por factores de Kaya", *Papeles de Trabajo del Instituto de Estudios Fiscales*, 25.
- Ekins, P. (1997): "The Kuznets curve for the environment and economic growth: examining the evidence", *Environment and Planning A*, 29 (5), 805-830.
- Eurostat (2015): Base de datos de Eurostat, (última consulta: 23-febrero-2015). <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- Fernández, Y., Fernández, M.A., González, D. y Olmedillas, B. (2014): "El factor regulación como determinante del consumo energético y de las emisiones de CO₂", *Cuadernos de Economía*, 37 (104), 102-111.
- Fernández, Y., Fernández, M.A. y Olmedillas, B. (2015a): Comportamiento energético y emisor: variables clave para un modelo económico sostenible, *Estudios Estratégicos de Energía y Sostenibilidad*, Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí y Universidad Juárez del Estado de Durango, 2015, pp. 47-66.
- Fernández, Y., Fernández, M.A., González, D. y Olmedillas, B. (2015b): "El efecto regulador de los Planes Nacionales de Asignación sobre las emisiones de CO₂", *Revista de Economía Mundial*, 40, pp. 45-63.
- Fisher-Vanden, K.; Jefferson, G.H.; Liu, H.; y Tao, Q. (2004): "What is driving China's decline in energy intensity? *Resource and Energy Economics*, 26, 77-97.
- Garrone, P. y L. Grilli (2010): "Is there a relationship between public expenditure in energy R&D and carbon emissions per GDP? An empirical investigation", *Energy Policy*, vol. 38 (10), pp. 5600-5613.
- International Energy Agency, IEA (2014): CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights, (última consulta: 23-febrero-2015) <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2014.html>
- International Energy Agency, IEA (2015): CO₂ Emissions From Fuel

- Combustion Highlights (última consulta: 05-septiembre-2016). <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015.pdf>
- IPCC (2013): Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- IPCC (2014a): Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).
- IPCC, (2014b): Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Kaya, Y. (1990): "Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios", *Paper presented to the IPCC Energy and Industry Subgroup*, Response Strategies Working Group, Paris.
- King, D. (2004): "Climate change science: adapt, mitigate, or ignore?" *Science*, 303 (5655): 176-177.
- Levinson, A. (2009): "Technology, international trade, and pollution from US manufacturing", *American Economic Review*, 99(5): 2177-2192.
- Li, J.F.; Zhang, Y.X. & Songfeng, C. (2012): "Establishing an Emissions trading System in China under the Twelfth five-Year Plan Policy Considerations", *Policy Briefs*, nº 2, Institute for Sustainable Development and International Relations (IDDRI), Paris.
- Linares Llamas, P. (2009): "Eficiencia energética y medio ambiente", *Información Comercial Española*, nº 847, 75-92.
- Mielnik, O. y Goldemberg, J. (1999): "The Evolution of the Carbonization Index in

- Developing Countries”, *Energy Policy*, 27, 307-308.
- Roca, J. y Alcántara, V. (2001): “Energy intensity, CO₂ emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case”, *Energy Policy*, 29, 553-556.
- Roca, J.; Padilla, E.; Farré, M.; Galletto, V. (2001): “Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spain: Discussing the Environmental Kuznets curve Hypothesis”, *Ecological Economics*, 39, 85-99.
- Roca, J. (2002): “The IPAT Formula and its Limitations”, *Ecological Economics*, 42(1), 1-2.
- Roca, J. y Padilla, E. (2003): “Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España. La curva de Kuznets ambiental y el protocolo de Kyoto”, *Economía Industrial*, 351, 73-86.
- Ruiz, M. (2010): “Análisis del impacto de la I+D pública sobre la intensidad energética en la UE-15”, *Clim. Economía*, 16, 381-399.
- Stern, D. I. y Common, M. S. (2001): “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?” *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, 162-168.
- Sun, J.W. (1999): “The Nature of CO₂ Emissions Kuznets Curve”, *Energy Policy*, 27, 691-694.
- Tarancón, M.A. y Del Río, P. (2004): “Cambio tecnológico y emisiones de CO₂: Análisis input-output y análisis de sensibilidad mediante programación lineal”, *Estudios Económicos de Desarrollo Internacional*, AEEADE, 4/1, 41-68.
- UNFCCC (2015): Convención Marco sobre el cambio climático, 1/CP.17. Aprobación del acuerdo de París. (última consulta: 30-abril-2016).
<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>
- US Environmental Protection Agency (2015): Greenhouse Gas Reporting Program (última consulta: 28-abril-2015) <http://www3.epa.gov/>

El Mercado de Derechos de Emisión: España y Unión Europea

Alfredo Cabezas Ares

Doctor en ciencias actuariales y financieras por la Universidad de León con Premio Extraordinario de Doctorado. Profesor Acreditado Contratado Doctor de la Universidad Rey Juan Carlos con más de 15 años de experiencia como docente. Ha desarrollado durante más de 10 años una impenitente carrera profesional en Gestión de Empresas y Administraciones Públicas fuera de la Universidad. Ha realizado investigación en equipos interdisciplinares tanto en la Relación Empresa-Medio Ambiente como en la relación Economía-Medio Ambiente

Carmen Fernández Cuesta

Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales y Diplomada Superior en Técnica Fiscal por la Universidad de Oviedo (España). Profesora Titular de la Universidad de León (España) y colaboradora docente e investigadora de diversas Universidades, organismos profesionales y empresas en España y el extranjero. Miembro de las Comisiones de Contabilidad de Gestión y de Responsabilidad Social Corporativa de AECA. Ha colaborado en la redacción de las normas sobre contabilidad ambiental elaboradas por el ICAC. Ha participado en numerosos Congresos Nacionales e Internacionales. Autora de numerosas publicaciones iberoamericanas sobre contabilidad de gestión y contabilidad ambiental.

María José García López

Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales y Doctora en Ingeniería de Montes. Profesora Titular de la Universidad Rey Juan Carlos. Ha dirigido y participado en numerosos proyectos de investigación tanto nacionales como internacionales. Es miembro de la Comisión de Gestión de AECA y autora de numerosas publicaciones, siendo sus principales áreas de investigación las finanzas internacionales, la responsabilidad social corporativa, la ética y el medio ambiente.

RESUMEN

La reducción de gases de efecto invernadero se ha vuelto a situar en la primera línea de la agenda política de un gran número de países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, y de un número creciente de organizaciones internacionales de gran relevancia en el panorama mundial. Ello ha vuelto ineludible el cumplimiento de los compromisos de reducción asumidos, ya que de poco o nada sirve que unos países reduzcan emisiones mientras otros no atienden sus compromisos. Este trabajo profundiza en el conocimiento de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por parte de la Unión Europea de los 28 y en las particularidades de la situación de España. Con los datos oficiales publicados, se trata de comprobar el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones, tanto para el caso de la contaminación difusa, como para la contaminación incluida en el Emissions Trading System. Además, se presta una especial atención a la evolución de los precios de las unidades de carbono específicas del mercado europeo.

PALABRAS CLAVE

Medio Ambiente, Gases Efecto Invernadero, Mercado de Derechos de Emisión, EU- ETS, Contaminación Difusa.

ABSTRACT

Reducing greenhouse gases has been put on the forefront of political agendas of countries all around the world, including both developed and developing countries alike. Additionally, there are a growing number of international organizations of great international importance who are also shifting their focus to this topic. Meeting the reduction commitments has become unavoidable because there is no avail if some countries reduce emissions while others do not meet their commitments. This work deeply examines the knowledge of the greenhouse gases emitted into the atmosphere by the 28 countries of the EU and the individual situation of Spain. With published official data, our aim is to check the compliances of emission reduction commitments for both the case of diffuse pollution and pollution included in the Emissions Trading System. Furthermore, it pays special attention to the evolution of prices of specific carbon units in the European market.

KEY WORDS

Environment, Greenhouse Gas, Emissions Market, EU-ETS, Diffuse Pollution.

JEL

Q38, Q51, Q52

ABREVIATURAS UTILIZADAS

CAP & Trade	Limitación y Comercio.
CDM	Clean Development Mechanism. Mecanismo de Desarrollo Limpio. Previsto en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, que permite a los países con limitación de emisiones de GHG cumplir parte de sus compromisos mediante inversiones que reduzcan las emisiones de dichos gases en otro país cuyas emisiones de GHG no están limitadas.
CERs	Certified Emission Reductions. Unidades de carbono generadas por una inversión CDM.
CO ₂ e	Carbon dioxide equivalent. CO ₂ ó una cantidad equivalente de cualquier otro gas de efecto invernadero, contemplado en el Protocolo de Kioto, con un potencial equivalente de calentamiento del planeta.
COP	Conferencia Internacional de los países que forman parte de la Convención sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas.
COP 21	XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático de París.
EU-ETS	Emissions Trading System. Mercado de unidades de carbono de la Unión Europea.
EUAs	European Union Allowances. Unidades, o derechos, Europeas de Emisión negociables en el EU-ETS.
EUAAAs	European Union Aviation Allowances. Unidades, o derechos, Europeas de Emisión negociables en el EU-ETS, específicas del sector aviación.
GHG	Greenhouse Gas. Gases de Efecto Invernadero identificados en el Protocolo de Kioto: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC y SF ₆ .
JI	Joint Implementation Mechanism. Mecanismo de Acción Conjunta o Aplicación Conjunta. Previsto en el artículo 6 del Protocolo de Kioto, que permite a los países con limitación de emisiones de GHG cumplir parte de sus compromisos mediante inversiones que reduzcan las emisiones de dichos gases en otro país cuyas emisiones de GHG también están limitadas.
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry. Actividades de uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura, contempladas en el Protocolo de Kioto.
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
UREs	Emissions Reduction Units. Unidades de carbono generadas por una inversión JI.

1. INTRODUCCIÓN

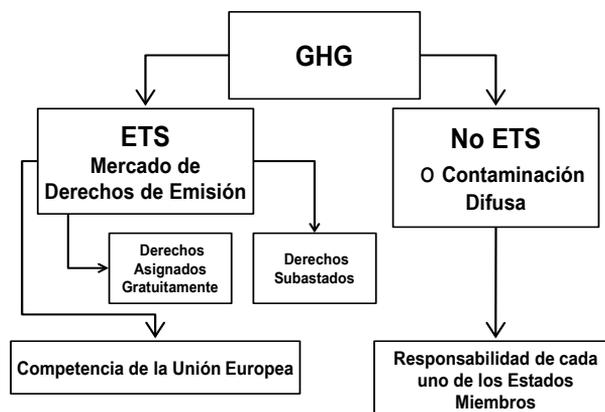
A finales del año 2015, se reunió en París la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21). En esta reunión, la Unión Europea actuó como uno de los grandes impulsores de los acuerdos encaminados a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La COP21 terminó con la adopción del Acuerdo de París, que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020. Se trata de un acuerdo histórico de lucha contra el cambio climático, que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático. Es un texto que refleja y tiene en cuenta las diferentes realidades de los países, y se trata de un acuerdo ambicioso, duradero, equilibrado y que será jurídicamente vinculante una vez que, al menos, el 55% de los países que representen por lo menos el 55% de las emisiones globales de GHG lo hayan ratificado, aceptado, aprobado o se hayan adherido al mismo.

Atendiendo al principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas se ha tratado de incluir en el acuerdo de París a todos los países parte de la Convención de Cambio Climático pero con intensidades diferentes, debido a las dispares circunstancias domésticas de cada uno de ellos, sobre todo desde la perspectiva de los distintos compromisos a asumir por parte de países desarrollados y en desarrollo.

Tanto en el COP 21 como en las anteriores COP, se acordaron compromisos de reducción de emisiones de GHG. En la actualidad, en el marco de la Unión Europea los compromisos de emisiones responden al siguiente esquema:

Figura 1. Marco establecido por la Unión Europea para la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero



Fuente: elaboración Propia.

En este marco, tiene un papel fundamental el Emissions Trading System (EU-ETS). Se trata de un mercado de derechos de emisión puesto en marcha en la Unión Europea a partir del año 2005, en el que se incluyen las emisiones realizadas por la mayor parte de los procesos industriales y de generación de energía, es decir, los procesos intensivos en consumo de energías no renovables. Quedan fuera de este mercado el resto de posibles emisiones (residencial, industria no ETS, agrícolas, residuos fluorados y transporte), que se constituyen en la denominada Contaminación Difusa o no ETS (Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014).

Con esta distribución entre derechos de emisión (ETS) y contaminación difusa (no ETS), se asumen compromisos de reducción de emisiones para ambas categorías. En este trabajo se lleva a cabo una revisión crítica del EU-ETS, comparando la evolución de la Unión Europea en su conjunto y la de España, en función del cumplimiento de los compromisos de reducción asumidos.

2. ANTECEDENTES DEL EMISSIONS TRADING SYSTEM (EU-ETS)

La Unión Europea ha ido configurando, desde 2003 (Directiva 2003/87/CE), un mercado de derechos de emisión conocido como Emissions Trading System (EU-ETS). Actualmente, el EU-ETS es el mayor mercado internacional de emisiones, habiéndose diseñado y construido mediante un conjunto de normativas cada vez más exigentes. Además de estar sometido al complejo proceso de toma de decisiones propio de la Unión Europea, el aprendizaje realizado a lo largo del proceso ha ido marcando las decisiones posteriores adoptadas en este mercado.

La Unión Europea apostó desde el principio por la instauración de un mercado de permisos de emisión por fases de implantación, abandonando las posibilidades que pudiera ofrecer un impuesto, dadas las limitadas capacidades regulatorias que posee. Aunque, a priori, la opción impositiva pueda parecer la mejor para lograr la reducción de emisiones de GHG de una forma más ágil y uniforme, dicha opción conlleva un problema competencial, pues son varios los Estados Miembros de la Unión Europea que no quieren hacer cesiones de competencias adicionales, además de otras preferencias económicas por el Cap & Trade.

Cada permiso de emisión se corresponde con una tonelada de CO₂ emitida. Con carácter general, estos permisos se denominan European Union Allowances (EUAs) cuando son negociables en el mercado europeo de emisiones (EU-ETS).

La Unión Europea ha apostado por un instrumento económico de cantidad, que permite la obtención de un nivel de calidad ambiental al mínimo. La Directiva 87/2003/EC se explica por un cúmulo de circunstancias que, en esencia, pueden resumirse como se exponen a continuación: (Del Río et al., 2008):

1. El interés de la Unión Europea por facilitar el cumplimiento de los objetivos del Protocolo de Kioto, ante unas emisiones que prácticamente surgen en todos los sectores y actividades de la economía.
2. El fracaso de iniciativas como la ecotasa comunitaria, que carecen de aceptación unánime entre los Estados Miembros de la Unión Europea, al igual que cualquier otro instrumento fiscal con incidencia en la soberanía nacional.

A la vista de las limitaciones legales y competenciales, se ha tratado de diseñar e instaurar un mercado de comercio de permisos de emisión, basado en limitar la oferta, poniendo una cantidad máxima de derechos en circulación y, a partir de ahí, permitir los intercambios entre los agentes interesados, con un sistema Cap & Trade, con varias fases temporales diferenciadas de diseño e implantación, tal y como se puede ver en la Figura 2 que viene a continuación.

Figura 2. Fases del EU-ETS



Fuente: Adaptado de EU ETS Handbook.

En la Fase 0 (2003-2004) se diseñaron y definieron las características fundamentales del nuevo mercado EU-ETS.

En la Fase 1 (2005-2007) o periodo de prueba, se puso en marcha el EU-ETS, se asentó la operativa y se aprendió de su funcionamiento para el futuro. Su principal logro fue la creación de un mercado, con oferta y demanda, en el que se fijaron precios para las emisiones de GHG.

En la Fase 2 (2008-2012) se restringió el número de permisos intercambiables. Se trató de realizar una asignación de permisos más eficiente entre sectores y, dentro de éstos, de instalaciones. Se constató que en la Fase 1 el sistema había sido poco eficaz debido a que la cantidad de EUAs asignados había sido muy elevada y superior a las emisiones reales. Es decir, había un exceso de

EUAs asignados sobre las emisiones efectivamente realizadas. Ello se debió a que, para la asignación de EUAs, se había acudido a las emisiones históricas de GHG, emisiones que se redujeron considerablemente al reducirse la actividad empresarial en la Unión Europea como consecuencia de la contracción económica por la crisis económico-financiera mundial.

En estas dos primeras fases, la mayor parte de las EUAs se repartieron de manera gratuita entre las empresas participantes. El montante de EUAs que recibió cada empresa se determinó en el ámbito nacional, donde cada país decidió y publicó el reparto entre sus empresas mediante su Plan Nacional de Asignación. En estas dos fases los Estados Miembros pudieron subastar hasta un 5% de los derechos en la primera fase y hasta el 10% en la segunda. A partir de 2012, se incluyeron en el EU-ETS las EUAs o permisos de emisión de GHG correspondientes a la aviación europea.

Las características del mercado europeo durante estas fases fueron modificándose según se acaba se indicar, si bien puede resumirse como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características del EU-ETS. 2005-2012.

<p>Obtención de EUAs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación gratuita de EUAs por el Estado. • Compra, en subasta, al Estado de EUAs. • Intercambio por unidades de carbono generadas por las inversiones internacionales de la entidad (CERs y UREs). • Compra directa a otras entidades de EUAs o de otras unidades de carbonogeneradas por inversiones internacionales (CERs y UREs). • Compra en el mercado interior europeo de EUAs asignados u obtenidos en subasta o mediante intercambio con unidades de carbono generadas por inversiones internacionales (CERs y UREs). • Compra en los mercados internacionales de unidades de carbono (CERS y UREs).
<p>Validez</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Año natural de asignación y años posteriores dentro del mismo periodo de cumplimiento. • Cada Estado asigna los derechos de emisión al principio de cada año natural, antes del 28 de febrero. • La entrega al Estado de EUAs se realiza antes del 30 de abril del año siguiente a las emisiones verificadas.

Comercialización	<ul style="list-style-type: none"> • Conservar si: Emisiones verificadas = EUAS asignados + EUAS comprados + EUAS obtenidos en inversiones internacionales + EUAS excedentes no vendidos de años anteriores del mismo periodo de cumplimiento. • Transferir o utilizar en otro año del mismo periodo de cumplimiento los EUAS sobrantes si: Emisiones verificadas < EUAS asignados + EUAS comprados + EUAS obtenidos en inversiones internacionales + EUAS excedentes no vendidos de años anteriores del mismo periodo de cumplimiento. • Obtener EUAS adicionales si: Emisiones verificadas > EUAS asignados + EUAS comprados + EUAS obtenidos en inversiones internacionales + EUAS excedentes no vendidos de años anteriores del mismo periodo de cumplimiento.
Entrega	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar las emisiones anuales y entregar, antes del 30 de abril del año siguiente, los EUAS necesarios para atender las obligaciones surgidas por dichas emisiones. • La entrega insuficiente ocasiona: a) pago al contado de una sanción y b) la obligación de entregar, en el año siguiente, los EUAS que faltan. • La entrega insuficiente puede ocasionar: a) reducción de EUAS asignados gratuitamente en los años siguientes; b) restricciones en las operaciones de la empresa y su capacidad de producción.

Fuente: AECA, 2010.

A partir de la Fase 3, la mayoría de las EUAs se asignan a través de subastas. A partir de enero de 2013, la asignación de derechos se trasladó desde el ámbito nacional al ámbito comunitario, para una mayor armonización de las reglas. En esta fase, cada estado envía un plan de reparto (recogido en su National Implementation Measures), pero es la Comisión de la Unión Europea quien aprueba o rechaza el reparto, pudiendo solicitar información adicional o enmendar la propuesta de cada uno de los Estados Miembros.

En la fase 3, el EU-ETS ofrece a los Estados Miembros la posibilidad de excluir las pequeñas instalaciones¹, es decir aquellas que emiten menos de 25.000 toneladas de CO₂ e al año o tienen una potencia térmica nominal inferior a 35MW cuando realizan actividades de combustión².

1 Han utilizado esta posibilidad Alemania, España, Francia, Croacia, Islandia, Italia, Eslovenia y el Reino Unido.

2 Las administraciones nacionales también excluyen pequeñas instalaciones, siempre

En el año 2013 se ha subastado alrededor del 50% de las EUAs, creciendo este porcentaje en los años siguientes, en la medida en que se reducen las asignaciones gratuitas, según se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. EUAs asignados gratuitamente en EU- ETS

Asignación gratuita, calculada en base al benchmark de cada sector	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción de electricidad	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sectores Industriales	80%	72,9%	65,7%	58,6%	51,4%	44,2%	37,1%	30%
Sectores industriales expuestos a la "Fuga de Carbono" ³	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: EU ETS Handbook.

Los Estados Miembros de la EU a través de sus respectivos Planes Nacionales, determinan las cantidades de EUAs asignadas gratuitamente por cada instalación y año, pero es la Comisión de la Unión Europea quien realiza la aprobación final. El reparto gratuito de EUAs, para el periodo 2013-2020, se realiza de acuerdo a los límites fijados en el Cuadro 2.

El transporte aéreo merece una mención aparte, pues recibe la mayor parte de su asignación de forma gratuita, basándose en su benchmark (expresada en tCO₂ por tonelada-kilómetro) determinado por la Comisión de la Unión Europea, y aproximadamente, se subastan un 15% de las EUAs.

3. FIJACIÓN DEL CAP O LÍMITE EN EU-ETS

La Comisión de la Unión Europea, para cada anualidad, establece el CAP o límite de emisión, con una clara tendencia a la disminución de emisiones de GHG, tal y como queda reflejada en la Figura 3.

y cuando:

1. Se apliquen medidas que conducen a una reducción de permisos de emisiones equivalente a la prevista por la participación en el EU- ETS.
2. Existan sistemas adecuados de control, verificación y notificación de emisiones.
3. Se entiende que son sectores expuestos a la Fuga de Carbono aquellos sectores empresariales que podrían deslocalizarse como consecuencia del impacto sobre los mismos de la normativa o las medidas de control de emisiones, de manera que éstas sean un incentivo significativo para trasladar su producción a otro lugar con menores exigencias legales y/o económicas.

Figura 3. CAP en EUAs. EU-ETS. 2005-2020

Fuente: EU ETS Handbook.

Como puede observarse, el año 2012 se ve incrementado por la inclusión en el EU-ETS del sector de la aviación. En total, el EU-ETS cubre alrededor del 45% del total de las emisiones de GHG considerando de manera conjunta los 28 Estados Miembros. La Comisión de la Unión Europea establece este CAP o límite en términos de porcentaje de reducción. A la Figura 3 se ha trasladado este porcentaje a tCO₂ e para cada fase de comercio y toda la Unión Europea .

En la Fase 3 el sistema fijado asegura que los sectores afectados contribuirán al cumplimiento del objetivo de GHG establecido para toda la Unión Europea en 2020, hasta llegar a una reducción del 14% en los GHG respecto al nivel del año 2005. El reparto es un 21% para sectores incluidos en el EU-ETS y un 10% para sectores de Contaminación Difusa o no EU- ETS.

La figura 3 tiene en cuenta 2 límites: uno para el sector de la aviación y otro para las instalaciones fijas. La agregación de ambos establece el límite de toda la Unión Europea y su evolución a lo largo de los años.

En la fase 3, la norma de fijación del límite cambia. A partir del año 2013, el límite decrece cada año hasta 2020 por un factor lineal del 1,74%, tomando como año base 2010. Esta reducción se conoce como factor lineal de reducción, y supone una disminución del límite en 38.246.246 permisos al año, tal y como se puede ver en Cuadro 3.

Cuadro 3. Reducción del CAP en EUAs. EU-ETS. 2010-2020

Total de emisiones de tCO ₂ e. 2010-2020			
Año	EUAs	Reducción Lineal	
2010	2.199.094.594	1,74%	38.264.246
2011	2.160.830.348	1,74%	38.264.246
2012	2.122.566.102	1,74%	38.264.246
2013	2.084.301.856	1,74%	38.264.246
2014	2.046.037.610	1,74%	38.264.246
2015	2.007.773.364	1,74%	38.264.246
2016	1.969.509.118	1,74%	38.264.246
2017	1.931.244.872	1,74%	38.264.246
2018	1.892.980.626	1,74%	38.264.246
2019	1.854.716.380	1,74%	38.264.246
2020	1.816.452.134	1,74%	38.264.246
TOTAL		21%	420.906.706

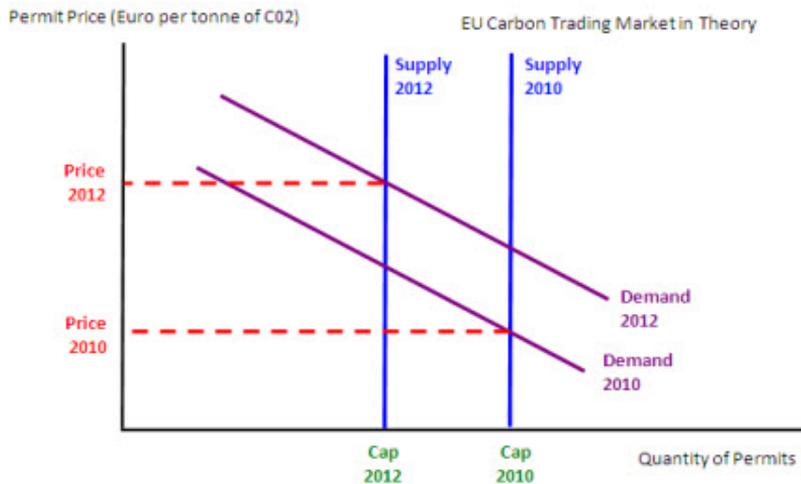
Fuente: elaboración propia a partir de los datos de European Commission, 2014.

Así, por ejemplo, el límite para el actual año 2016 quedó fijado, para la Unión Europea, en 1.969.509.118 EUAs, cada una de ellas equivalente a la emisión de GHG de una tonelada de CO₂e. Ello supone una reducción del 1,74% respecto al año anterior y del 10,44% respecto al año inicial, 2010.

Por otra parte, hay que tener presente que este límite incluye las EUAs asignadas gratuitamente, además de las EUAs subastadas. La Unión Europea se ha comprometido con un cumplimiento riguroso del límite, pues éste constituye la oferta de la emisión de EUAs y, como en cualquier otro mercado, el precio de las EUAs viene fijado por la oferta y la demanda en el mercado, según puede verse en la Figura 4.

En la Figura 4 y en un contexto teórico, se recoge la disminución de la oferta entre los años 2010 y 2012, por reducción del límite de emisiones de GHG, así como un aumento de la demanda para ese mismo periodo, lo que conllevaría a un aumento del precio. Pero resulta que en el mercado real se está produciendo lo contrario, es decir una caída continua del precio de los EU-ETS. Según la propia Comisión de la Unión Europea, esto se debe a un exceso de oferta de EU-ETS, que es lo que justifica la evolución del precio a lo largo de los años.

Figura 4. Enfoque teórico de la demanda, oferta y precios del mercado. EU-ETS



Fuente: <http://www.tutor2u.net/economics/revision-notes/negative-externalities-3.jpg>

4. RELACIÓN ENTRE EMISIONES DE GHG Y EU-ETS

Tal y como se ha comentado anteriormente, desde la introducción en 2005 del EU-ETS, las emisiones GHG en la Unión Europea pueden separarse en dos categorías: Emisiones ETS y Emisiones no ETS:

- Emisiones EU-ETS. Entre el 38% y el 42% de las emisiones GHG realizadas en la Unión Europea están incluidas en el EU-ETS. Estas emisiones tienen su origen principalmente en las instalaciones industriales (fuentes fijas) y, dentro de ellas, en la generación de energía. Otras actividades cubiertas por el EU-ETS son la producción de cemento, la producción de hierro y acero, y el refinado de petróleo. Además se incluye la producción de cal, vidrio, cerámica, ladrillos, pasta de papel, papel y cartón, aluminio, productos petroquímicos, amoníaco, ácido nítrico, ácido adípico, ácido de glicol y ácido glioxílico, la captura de CO₂, el transporte a través de gaseoductos y el almacenamiento geológico del CO₂. Desde 2012 también se incluyen las emisiones de la aviación. Como se indicó, actualmente la Comisión de la Unión Europea fija el CAP o límite de emisiones de GHG en términos de EUAs, para el conjunto de todos los Estados Miembros de la Unión Europea.
- Emisiones no EU-ETS o emisiones de GHG en sectores difusos. Corresponden a esta categoría el resto de emisiones de GHG, no incluidas en el EU-ETS, y provienen de los sectores ya indicados: residencial, transporte, residuos, fluo-

rados, agrícola e industria no incluida en el EU-ETS. La importancia de estas emisiones ha dado lugar a que cada Estado Miembro se haya comprometido con su reducción, diseñando para ello una hoja de ruta que abarca el periodo 2013-2020 (para España: Oficina Española de Cambio Climático. Magrama, 2014). Así pues, las acciones de mitigación de estas emisiones de GHG se llevan a cabo a nivel doméstico, a través de una combinación de políticas y medidas impulsadas por la Unión Europea y las iniciativas nacionales.

Al comparar la evolución de ambos sectores en la Unión Europea y España, se pueden observar los datos que muestra el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Evolución de emisiones EU- ETS y no EU-ETS.
Unión Europea y España. 2005-2013**

	Año	Emisiones GHG Gg CO ₂ e	EUAs Verificadas Gg CO ₂ e con origen en fuentes fijas	% EUAs Verificadas Gg CO ₂ Eq, con origen en fuentes fijas, respecto al total	% Emisiones no EU-ETS
España	2005	440.827	183.627	41,66	58,34
	2006	433.225	179.725	41,49	58,51
	2007	441.729	186.573	42,24	57,76
	2008	407.571	163.462	40,11	59,89
	2009	369.019	136.936	37,11	62,89
	2010	356.820	121.483	34,05	65,95
	2011	355.231	132.688	37,35	62,65
	2012	348.722	135.640	38,90	61,10
	2013	322.003	122.808	38,14	61,86
Unión Europea	2005	5.223.815	2.014.077	38,56	61,44
	2006	5.214.550	2.035.789	39,04	60,96
	2007	5.153.652	2.164.732	42,00	58,00
	2008	5.041.249	2.100.311	41,66	58,34
	2009	4.678.521	1.860.388	39,76	60,24
	2010	4.785.961	1.919.526	40,11	59,89
	2011	4.630.145	1.885.306	40,72	59,28
	2012	4.562.704	1.848.462	40,51	59,49
	2013	4.476.776	1.881.614	42,03	57,97

Fuente: elaboración propia a partir de datos de GHG de EEA y de ETS data viewer.

(1) Datos without LULUCF, without indirect CO₂

(2) Datos Para España de ETS data viewer, Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/ets/welcome.do?languageCode=en>.

Del cuadro 4 se deduce que, a medida que pasan los años, el porcentaje de emisiones de GHG incluidas en el EU-ETS aumenta del 38% al 42%, mientras que para el caso español la tendencia es inversa, disminuyendo del 41% al 38% las emisiones incluidas en el EU-ETS. Esto se debe al diferente ritmo de reducción de las GHG entre la Unión Europea y España, con un aumento significativo en nuestro país de las emisiones no EU-ETS, es decir de las emisiones de GHG procedentes de sectores difusos.

Así, en los últimos 5 años, mientras que en la Unión Europea el peso de las emisiones no EU-ETS disminuye sobre el total, en España se pone de manifiesto la tendencia contraria, si bien en los últimos 3 años parece haberse estabilizado esta tendencia. Dado que el control de la contaminación difusa es competencia exclusivamente de las autoridades nacionales, cabe poner en tela de juicio la actuación nacional respecto al cumplimiento de los compromisos de reducción de los GHG a lo largo de los últimos años, así como de los compromisos asumidos hacia el futuro 2020.

Además, como se muestra en el Cuadro 5, en el caso español, la combustión de fuel dentro del sector de instalaciones fijas, a pesar de ser el más importante en términos absolutos, va perdiendo peso sobre el total en la medida que avanzan los años, pasando del 64% al 56%.

Cuadro 5. Evolución del peso de la combustión de fuel. España. 2005-2013

Año	% de EUAs por instalaciones de combustión de fuel respecto el total de EUAs
2005	64,33
2006	62,59
2007	63,95
2008	62,44
2009	63,05
2010	57,93
2011	63,42
2012	65,62
2013	56,95

Fuente: elaboración propia a partir de datos EU-ETS data viewer.

En el Cuadro 6 se especifican los sectores de actividad incluidas en el EU-ETS en cada una de las fases. La fase 3 incluye algunos sectores que en las dos

fases anteriores no figuran. Además, también se puede ver el CAP fijado para la Unión Europea en cada uno de los periodos en el Cuadro3.

Cuadro 6. Características y diferencias sectoriales del EU-ETS. 2005-2020

Características	Fase 1(*) 2005-2007	Fase 2 2008-2012	Fase 3 2013-2020
Ámbito Geográfico	27 Estados Miembros de la Unión Europea	27 Estados Miembros de la Unión Europea Noruega Islandia Liechtenstein	28 Estados Miembros de la Unión Europea (Croacia se adhiere como miembro de pleno derecho en 2013) Noruega Islandia Liechtenstein
Sectores	<ul style="list-style-type: none"> • Centrales eléctricas y otras plantas de combustión $\geq 20\text{MW}$ • Refinerías de petróleo • Hornos de Coque • Plantas de hierro y acero • Cemento Clinker • Cristal • Cal • Ladrillos • Cerámica • Pasta de papel • Papel y cartón 	<ul style="list-style-type: none"> • Sectores de la Fase 1 • Aviación desde 1/1/2012 	<ul style="list-style-type: none"> • Sectores de la Fase 2 • Aluminio • Petroquímicas • Amoníaco • Nítrico, adípico y glicólico en la producción de ácido • Captura de CO₂, transporte en tuberías y almacenamiento geológico del CO₂
GHG	CO ₂	CO ₂ N ₂ O	CO ₂ , N ₂ O PFCs de la producción de aluminio
CAP	Límite fijo de 2.058 millones de tCO ₂ anuales	Límite fijo de 1.859 millones de tCO ₂ anuales	2.084 millones de tCO ₂ en 2013, con una disminución lineal de 38 millones de tCO ₂ por año, el 1.74% anual de reducción

Características	Fase 1(*) 2005-2007	Fase 2 2008-2012	Fase 3 2013-2020
Unidades de carbono elegibles para comerciar	EUAs	EUAs, EUAAs, CERs, ERUs No son elegibles: Créditos de origen forestal y grandes proyectos de energía hidroeléctrica	EUAs, EUAAs, CERs, ERUs No son elegibles: CERs, y ERUs de origen forestal, HFC, N ₂ O de grandes proyectos de energía hidroeléctrica. Nota: CERs de proyectos registrados después de 2012 debe ser originario de los países menos desarrollados
Forma de asignación de ETS	<ul style="list-style-type: none"> • Predomina la asignación gratuita basada en emisiones históricas • La asignación mediante subasta no puede superar el 5% de los EUAs 	<ul style="list-style-type: none"> • Predomina la asignación gratuita basada en emisiones históricas • La asignación mediante subasta no puede superar el 10% de los EUAs 	<ul style="list-style-type: none"> • Predomina la asignación mediante subasta, con más del 60% de los EUAsy en progresivo aumento • La asignación gratuita, basada en el benchmark sectorial. • Asignación gratuita para los casos de riesgo de fuga de carbono

Fuente: Adaptado de EU ETS Handbook y de Gobierno Vasco, Fase III del Esquema Europeo de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS).

La composición de los GHG españoles y su relación con EU-ETS en el año 2013 se muestra en la Figura 5, tomando como base las emisiones de GHG por instalaciones fijas:

Figura 5. Esquema de reparto de GHG para España en 2013



Fuente: elaboración propia a partir de datos de GHG de EEA y de ETS data viewer.

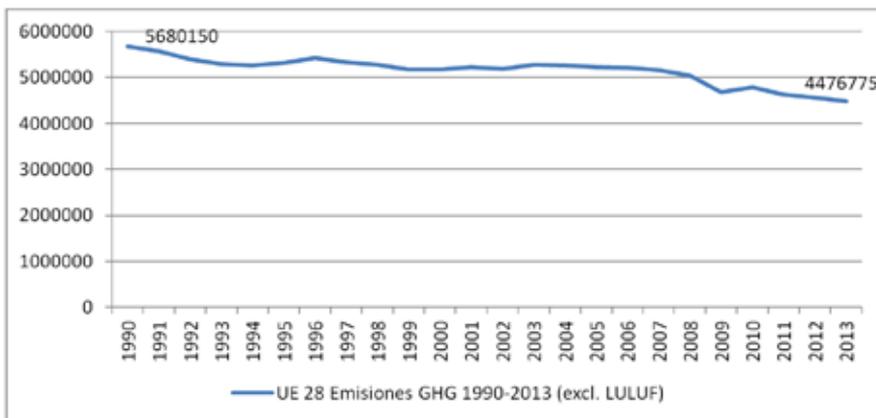
La particularidad es que, en el caso español, las empresas en vez de acudir a las subastas de EUAs han intercambiado las unidades de carbono CERs y ERUs que han obtenido en inversiones internacionales en CDM y JI por EUAs. Así, en 2013 canjearon 19.140 Gg CO₂e, mientras que el canje en 2014 fue de 61.779 Gg CO₂e. Esta estrategia cambia en 2015, dado que sólo les quedaba un resto de CERs y ERUs por intercambiar de 1.920 Gg CO₂e para el período 2015-2020, por lo que para años sucesivos las empresas españolas deberán acudir necesariamente a las subastas de EUAs o a su compra en el mercado secundario.

5. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GHG EN ESPAÑA. 1990-2013

Al analizar la evolución de los GHG, excluyendo las actividades LULUCF, entre los años 1990-2013 se observa una situación con marcadas diferencias entre el conjunto de Estados Miembros de la Unión Europea y España. De acuerdo con los objetivos fijados en el Protocolo de Kioto (UNFCCC, 1998), las sendas de reducción de GHG se establecen, con carácter general, tomado como referencia las emisiones realizadas en 1990.

La Unión Europea ha sido una gran promotora de los compromisos de reducción asumidos en las sucesivas COP. Así queda probado con los datos que muestra la Figura 6, en la que puede observarse que en el año 1990 se emitían 5.680.150 de GHG medidas en Gg CO₂e, mientras que en el año 2013 las emisiones pasaron a ser 4.476.775, lo que supone una reducción del 21,2% de las emisiones para el citado periodo en la Unión Europea.

Figura 6. Unión Europea. Emisiones GHG, excluidas actividades LULUCF. 1990-2013

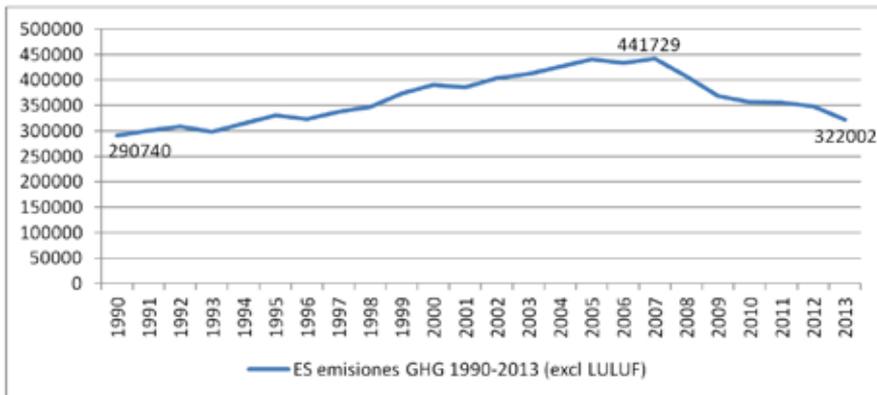


Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Agencia Europea del

Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

En España la senda marcada por las emisiones de GHG es diferente a la seguida por la Unión Europea, pudiendo observar un aumento sostenido en el tiempo desde 1990 hasta 2007, año de inicio de la crisis. Para el citado periodo 1990-2007, las emisiones de GHG en España aumentaron un 51,93% respecto a las realizadas en el año 1990, como se puede ver en el primer tramo de la figura 7.

Figura 7. España. Emisiones GHG, excluidas actividades LULUCF. 1990-2013



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Agencia Europea del Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

En este periodo 1990-2007, nuestro país no cumplió sus compromisos de reducción de emisiones de GHG por lo que, como se ha indicado, ha tenido que obtener unidades de carbono (CERs y UREs) en el mercado internacional y externo a la Unión Europea para cancelar sus compromisos y sólo a partir del 2007 comienza una senda de reducción anual, que conduce a que en el periodo 1990-2013 finalmente solo aumenten un 10,8% las emisiones de GHG para el conjunto del periodo. Es evidente que la crisis económica ha facilitado la reducción de emisiones GHG del periodo 2008-2013 en España. El problema puede ser que, al volver a crecer la economía española, de nuevo aumenten las emisiones de GHG nacionales.

Para poder analizar cuáles son los sectores que más han contribuido a la evolución española de las emisiones de GHG, en el Cuadro 7 se muestran los sectores que han aumentado o disminuido sus emisiones, en el periodo 1990-2013, al menos 5.000 Gg CO₂e, ordenando los datos de mayor a menor, por lo que el sector que más aporta es la combustión de fuel para la producción de

energía (sector 1). Además, se calcula la tasa de variación para observar lo que ocurre en cada uno de estos sectores.

Cuadro 7. Sectores cuyas emisiones de GHG han aumentado o disminuido en más de 5000 Gg de CO₂e. España. 1990-2013

Sector	Diferencia entre 1990 y 2013 en Gg CO ₂ e	Tasa Variación 1990-2013
1.AA - Actividades de combustión-planteamiento sectorial	27330	13,15%
1.A.3.b - Transporte por Carretera	23212	45,11%
1.D.1.b - Navegación Internacional	11467	98,60%
1.D.3 - CO ₂ emisiones de la biomasa	9056	51,57%
1.A.4.a - Comercial/Institucional	8417	219,26%
1.D.1.a - Aviación Internacional	7685	136,64%
5.A.1 - Gestión de vertederos de residuos	7304	146,00%
2.F.1 - Refrigeración y Aire acondicionado	7039	16847,63%
2.B - Industria Química	-5266	-57,66%
1.A.1.a - Producción de electricidad y calor	-6103	-9,46%
1.A.2.f - Minerales No metálicos	-7742	-48,17%
4.A - Superficie forestal	-10966	47,62%
Total (Sin LULUCF, sin efectos indirectos CO ₂)	31263	10,75%

Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles por la Agencia Europea del Medio Ambiente disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

El sector que aporta más unidades adicionales de Gg de CO₂ e es la combustión por fuel, seguido del transporte por carretera y la navegación internacional. Sin embargo, atendiendo a la variación de las cantidades emitidas por encima del 100%, además de la refrigeración y aire acondicionado, que tiene un aumento desproporcionado, están con un 216% el sector comercial e institucional, un 136% la aviación internacional y un 146% de aumento en la gestión de los vertederos de residuos.

En cuanto a las reducciones más significativas, la mayor tiene lugar en el uso de tierras forestales, seguido por la industria de minerales no metálicos y, posteriormente, la producción de electricidad y calor. Cabe destacar la reducción de emisiones de GHG alcanzado por la industria química que, en 2013 supone un 57,66 % de las emisiones de GHG de 1990.

Excepto el sector de combustión de fuel, el resto de los sectores donde se producen aumentos significativos en las emisiones forman parte de los sectores agrupados bajo la denominación contaminación difusa, es decir, sectores que están fuera del EU-ETS, cuya evolución y limitación de emisiones de GHG es competencia nacional.

El Cuadro 8 permite analizar las variaciones por sectores y Gg Toneladas de CO₂e emitidas. Mientras en el sector industrial parece apuntarse a una senda de reducción de 10,76% de las emisiones de GHG, aunque en los primeros años la tendencia es poco clara, se consolida una reducción para todo el periodo analizado. En sentido opuesto, tanto el sector de energía como el de la gestión de residuos, no sólo no disminuyen, sino que tienen aumentos muy significativos tanto en GHG adicionales emitidos como en porcentaje sobre el año base.

Cuadro 8. Variación emisiones de GHG. España. 1990-2013

Emisores y sumideros de GHG	Tasa de Variación	Aumento / Diminución
1 - Energía	12,95%	27.492
2 - Procesos Industriales y uso de Productos	-10,76%	-3.274
3 - Agricultura	0,08%	31
4 - LULUCF	-44,67%	-10.514
5 - Gestión de Residuos	78,01%	7.014
6 - Otros	0,00%	0
Total (sin LULUCF)	10,75%	31.263

Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles por la Agencia Europea del Medio Ambiente disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

El sector de la energía aporta 27.492 emisiones de GHG adicionales entre 1990-2013, lo que supone un aumento del 12,95%. Sin embargo, a partir del 2007, sus reducciones son notorias. Por otro lado, la gestión de residuos aumenta un 78,01%, con 7014 Gg Toneladas de CO₂e adicionales y, aunque amortiguada, sigue marcando una senda de ligeros aumentos hasta 2013. La agricultura se mantiene prácticamente en el mismo nivel de 1990. La industria realiza una disminución que, en porcentaje, es la mitad del esfuerzo realizado, acelerándose esta disminución a partir del año 2007.

Los datos para España muestran que, en el periodo 1990-2007, las emisiones de GHG aumentan casi un 52%, mientras que en la Unión Europea, en ese

mismo periodo, se reducen las emisiones un 9,2%, lo que sitúa a España en una posición complicada. En sentido contrario, desde 2007 a 2013, la intensidad de la reducción es mucho mayor en España, que consigue una disminución del 27% respecto a las emisiones del 2007, mientras que la Unión Europea sólo consigue una disminución del 13,13%, lo que permite a España reducir parte de la brecha anterior.

Cuadro 9. Emisiones de GHG en Gg toneladas de CO₂e, excluido LULUF. 1990-2013

	1990	2007	2012	2013	Variación 1990-2007	Variación 2007-2013	Variación 2012-2013
	Gg CO ₂ Eq.	%	%	%			
España	290.740	441.729	348.722	322.003	51,93	-27,10	-7,66
Unión Europea	5.680.150	5.153.652	4.562.704	4.476.776	-9,27	-13,13	-1,88

Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles por la Agencia Europea del Medio Ambiente disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

A pesar de haber aumentado las emisiones de 1990 a 2013, la evolución de los últimos años es positiva, pues la reducción entre 2012 y 2013 en España es del 7,66%, mientras que en la Unión Europea es de 1,88%.

El problema español es que estas reducciones se realizan en un contexto de disminución de la actividad económica, y podría ocurrir que un aumento de la actividad económica suponga un nuevo aumento de las emisiones de GHG, dado que no se conoce si, en estos sectores, se han producido mejoras productivas en este ámbito.

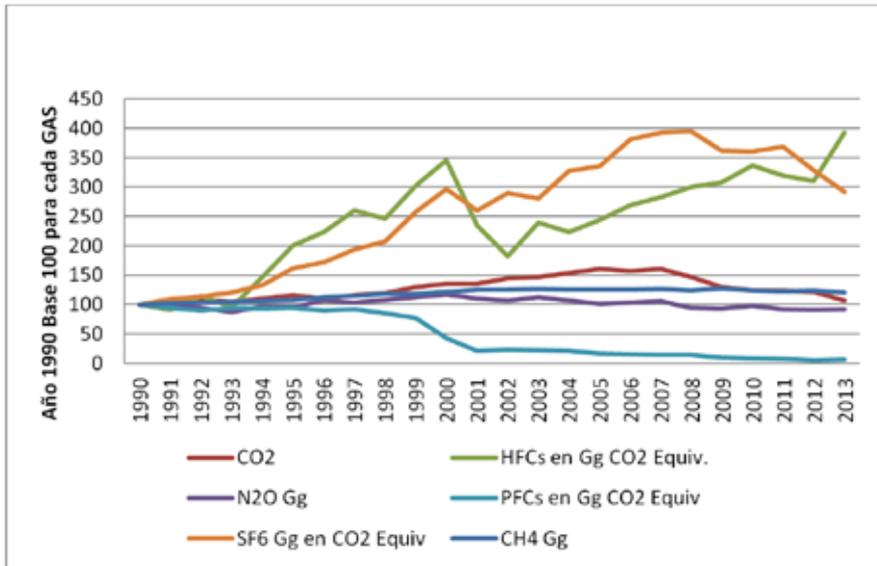
Tomando como base 100 las emisiones del año 1990, su evolución, en el periodo 1990-2013 muestra que más del 95% de las emisiones de GHG son CO₂. La evolución del CO₂ supone un aumento del 6,2% entre 1990-2013. El resto de gases componen conjuntamente el 5% de las emisiones, destacando el CH₄, con un aumento del 20,42% para el citado periodo 1990-2013.

La reducción más significativa corresponde a los PFCs con un 94%, debiendo resaltar la efectividad de las medidas empleadas. Además, el N₂O se reduce un 8% durante este periodo.

En el extremo opuesto están el SF₆ (hexafluoruro de azufre) y los HFCs (hidrofluocarburos), con aumentos del 191% y del 292% respectivamente, por lo que hay redoblar esfuerzos de reducción de emisiones de estos gases.

Sin embargo, el mayor de los problemas es que no se logre controlar, de manera efectiva, la evolución de las emisiones de CO₂ que, además, es el gas de mayor cuantía de emisiones con relación al total.

Figura 8. Evolución de las emisiones por tipo de GHG. España. 1990-2013



Fuente: elaboración propia a partir de los datos disponibles por la Agencia Europea del Medio Ambiente disponible en: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

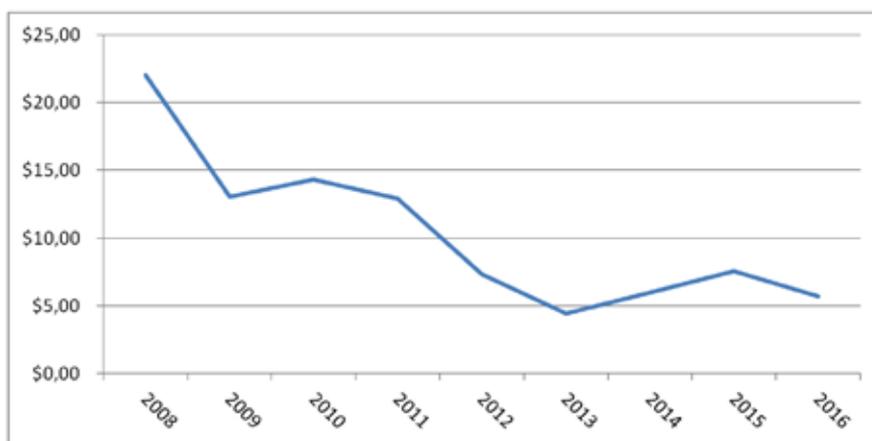
6. EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE LAS UNIDADES DE CARBONO EN EL MERCADO EUROPEO

En la Figura 9 se recoge la evolución del precio de la Fase 2 (es decir 2008-2012) y lo que lleva transcurrido de la Fase 3 (2013- mayo 2016). Su cotización comienza en unos 23€, al inicio de la Fase 2, y cae hasta los casi 6 € en mayo del 2016.

Lo primero a tener en cuenta es que el EU-ETS es el mayor mercado de permisos de emisión del mundo, el que más volumen de permisos maneja anualmente. Por ello, el EU-ETS es el mercado de referencia del precio mundial del CO₂. Esto permite conocer el menor coste para lograr la reducción de emisiones, ya que su precio es una señal que marca el camino de actuación a todos los participantes del mercado en su toma de decisiones.

La Figura 9 permite constatar la volatilidad del precio en este mercado, lo cual frena la inversión en tecnología de abatimiento de CO₂, ya que no mantiene a lo largo del tiempo los incentivos para llevar a cabo dicha inversión.

**Figura 9. Evolución del precio de las EUAs en el EU-ETS.
2008 - Mayo 2016**



Fuente: elaboración propia a Partir del Precio Medio Anual de los datos de SEN-DECO2.

Por otra parte, puede observarse que no se consigue elevar el precio, máxime cuando la Fase 2 comenzó con un precio de 23€ por derecho de emisión por tonelada de CO₂.

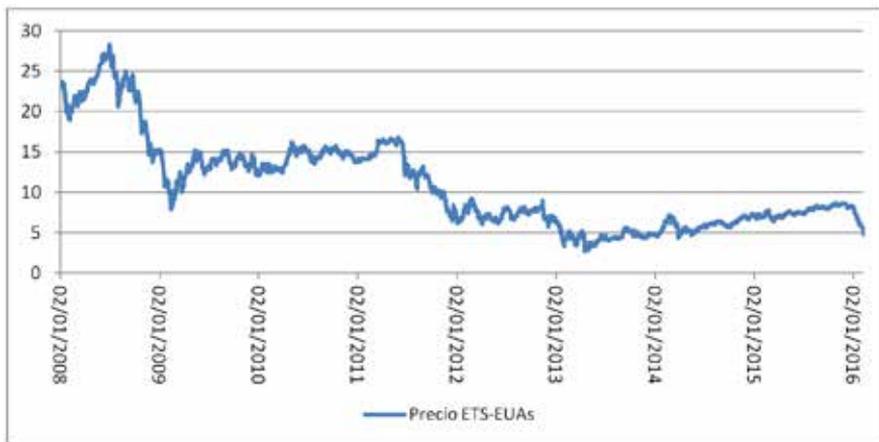
La evaluación del precio en la Fase 1 (2005-2007) pone de manifiesto que el mercado, durante el primer año, mantiene una cotización entre 20€ y 30€, desplomándose hasta los 5€ a lo largo del segundo año, y cayendo a 0€ en el tercer año. La razón de este comportamiento cabe basarla en que, a lo largo de esta fase, no se permitía hacer banking, es decir utilizar los EUAs sobrantes de la Fase 1 para cumplir las obligaciones contraídas en la Fase 2. Al detectar este error de configuración del EU-ETS, la Comisión de la Unión Europea lo subsana y permite trasladar EUAs no utilizados de forma prospectiva, es decir de la Fase 2 a la Fase 3.

Otro elemento a tener en cuenta es el coste de incumplimiento o penalización por no entregar las EUAs correspondientes a las emisiones GHG verificadas. La penalización establecida en la Fase 1 es de 40€ por tonelada, mientras que para la Fase 2 se establece una multa de 100€ por tonelada y, además, en ambas fases, el pago de la multa no exime al infractor de la entrega del número de EUAs equivalentes a las emisiones de GHG realizadas en exceso. La cuantía de la multa se incrementa a partir del 1 de enero de 2013, de acuerdo en con la evolución del IPC Europeo, partiendo de los 100€ por tonelada.

Además de las asignaciones de EUAs, el mercado europeo permite la utilización de otras unidades de carbono para cumplir con los límites de emisiones de GHG establecidos, reconociendo tanto CERs generadas por las inversiones CDM, como ERUs de las inversiones JI, de acuerdo con las limitaciones a la transferibilidad de estas unidades establecidas por la Directiva Linking (2004/101/CE).

La Figura 10 permite comparar la evolución de los precios en las Fases 2 y 3. Como se puede apreciar, los precios en la Fase 2 son muy superiores a los de la Fase 3, sobre todo en los primeros años, mientras que en la Fase 3 los precios del año 2015 remontan ligeramente para, en los meses transcurridos de 2016, situarse entre los precios alcanzados entre 2013 y 2015.

Figura 10. Evolución del precio de EUAs. Fase 2 y Fase 3. 2008-2016

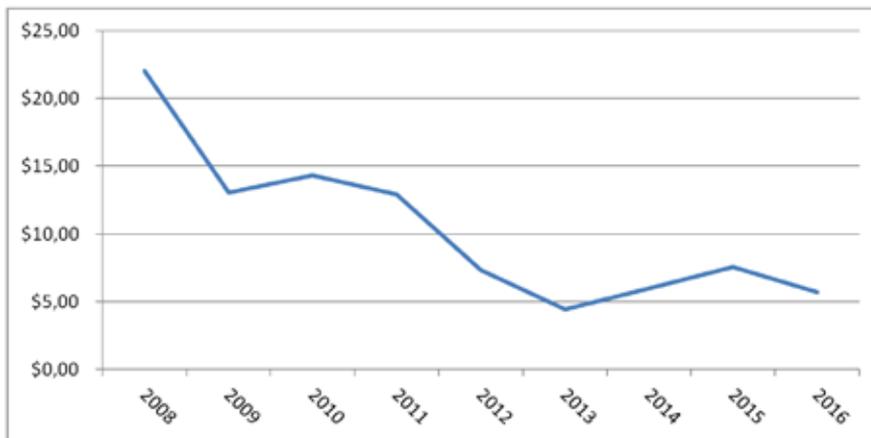


Fuente: elaboración propia a partir de los datos de SENDECO2. Precio diario al cierre.

La figura 11 facilita la comparación de los precios de dos tipos de unidades de carbono, las EUAs del EU-ETS y las CERs del mercado internacional puesto en marcha por UNFCCC en el marco del Protocolo de Kioto, pudiendo comprobar una evolución muy diferente.

Hasta 2012, a pesar de haber una diferencia significativa entre ambos, los precios tienen una evolución con una senda semejante que, a finales de 2011, se rompe. Cuando el spread (diferencia entre los precios de ambas unidades de carbono) es mayor a 3€, los precios marcan caminos diferentes, dado que el precio de CERs se desploma hasta los 0,03€ en enero del año 2015 y los 0,42€ en mayo del 2016, donde parece haberse estabilizado. Mientras, a partir de 2013, el precio de las EUAs del EU-ETS parece moverse en un margen entre los 4€ y los 7€.

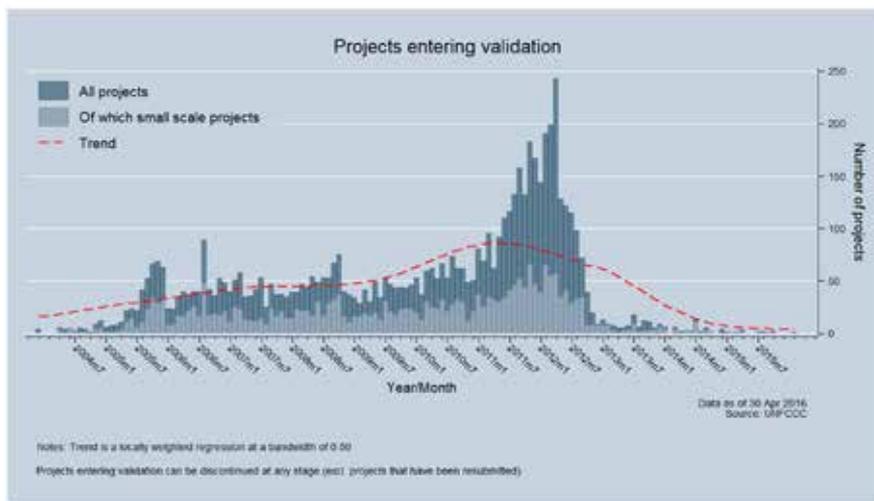
Figura. 11 Evolución del precio y del Spread. EUAs del EU-ETS y CERs del mercado internacional. 2008-2015



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de SENDECO2.

El desplome del precio de las CERs se puede deber a una caída exponencial en el número de proyectos de emisión nuevos y validados como CDM, que llega a un máximo en 2012 y, a partir del 2013, se desploma, según refleja la Figura 12. Todo ello puede ser la consecuencia de una caída en la demanda de este tipo de unidades de carbono.

Figura 12. Evolución del número de proyectos que han solicitado su validación como CDM. 2004-2015



Fuente: <https://cdm.unfccc.int/Statistics/Public/files/201604/valnum.png>

Mientras que en el año 2012 solicitaban su validación como proyectos CDM alrededor de unos 250 proyectos por mes (su máximo en la serie), en el 2015 las solicitudes mensuales son poco más de una decena, lo cual tiene su correspondiente traducción en el precio de las CERs o unidades de carbono que generan estos proyectos.

Un proyecto CDM, una vez registrado y puesto en marcha, genera un número de CERs anuales que se transfieren (excepto el 2% que reserva para sí mismo el Registro del CDM) a las cuentas de sus participantes, según lo especificado en dicho proyecto. La venta de estas unidades de carbono se estima como una fuente importante de ingresos para el proyecto CDM, dándole un mayor atractivo para el inversor que el que tendría un proyecto alternativo sin considerar la reducción de emisiones de GHG. Sin embargo, si el precio de las CERs es insignificante, y tanto la rentabilidad como la recuperación de la inversión pueden verse seriamente comprometidas, ya que no se obtendrán los ingresos estimados en el diseño del proyecto. (Para un análisis en profundidad, ver AECA, 2010).

7. SUBASTAS DE EUAS Y EUAAS

Como se indicaba al comienzo, en la Fase 3 (años 2013-2020), la subasta se va convirtiendo en la forma preferente de asignación de las EUAs. El 100% de las EUAs correspondientes al sector energético se subastan. Para el resto de los sectores industriales la subasta comienza en 2013, debiendo adquirir por esta vía un 20% de sus EUAs, incrementándose este porcentaje hasta el 70% en el año 2020. Como ya se ha mencionado, solo quedan fuera de la subasta los sectores industriales afectados por fuga de carbono.

Las dos plataformas elegidas para la subasta son The European Energy Exchange⁴ (EEX), inicialmente elegida por el gobierno alemán, sumándose posteriormente la propia Unión Europea y todos los Estados Miembros que participan del mercado europeo, a excepción del Reino Unido que elige Intercontinental Commodity Exchange (ICE).

La subasta tiene el formato de subasta cerrada de una sola ronda y precio uniforme, en la que los oferentes presentan sus pujas durante un periodo de tiempo, sin conocer las que realizan el resto de oferentes.

4 *EEX* ha sido escogido de forma colectiva por 25 Estados Miembros que colaboran con la Comisión de la Unión Europea como plataforma de subastas común. Por otro lado Polonia, Alemania y el Reino Unido han optado por elegir de manera individual sus propias plataformas. En el caso de Polonia y Alemania también han seleccionado EEX, mientras que el Reino Unido ha optado por ICE.

La periodicidad de las subastas es al menos semanal para las EUAs, mientras que para las EUAAs del sector aviación se realizan al menos una vez cada 2 meses.

Las plataformas de subastas actúan por separado y con autonomía. Las plataformas abren y cierran sesión el mismo día, manteniendo un periodo de licitación de al menos 2 horas. Los participantes pueden realizar tantas pujas como deseen en cada periodo de subasta.

Inmediatamente después del periodo de subasta, la plataforma publica el precio de cierre o Clearing Price, para la suma de las unidades (EUAs y EUAAs) ofertadas. El precio de cierre es el precio al que la demanda de unidades iguala al número de unidades puestas a la venta en la subasta de que se trate. Resultan adjudicatarios quienes hayan presentado oferta a un precio igual o superior al precio de cierre. Todos los adjudicatarios pagan el mismo precio por todas las unidades, con independencia del precio ofertado.

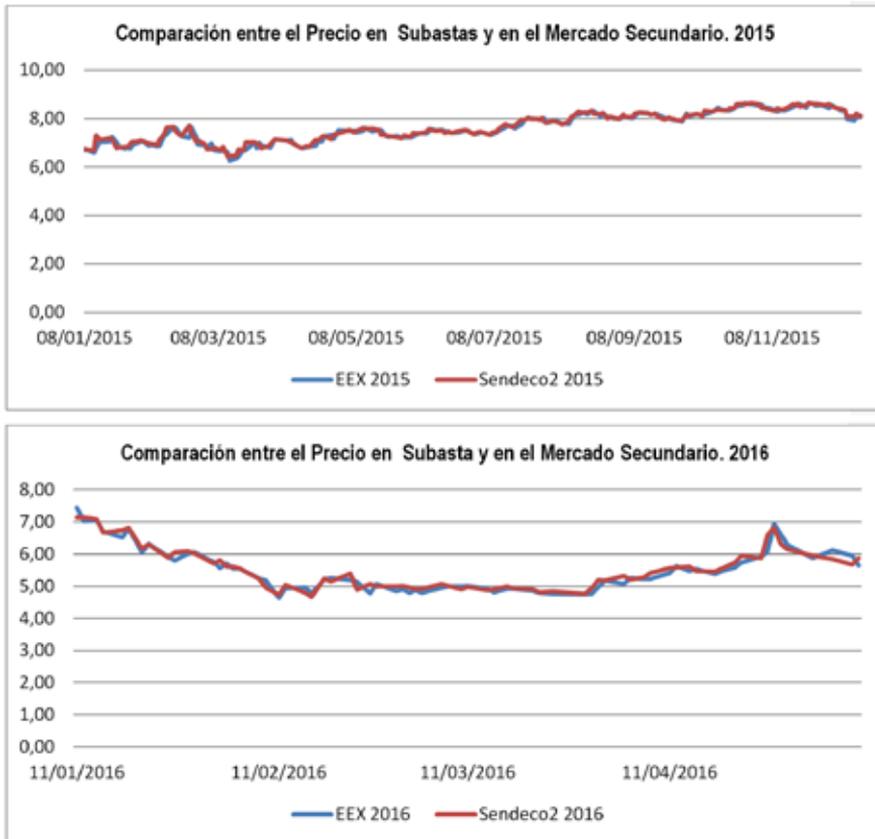
Las subastas se realizan sobre EUAs spot (es decir, al contado), entregándose en el plazo de 5 días hábiles. El subastador es cada Estado Miembro del EU-ETS, recibiendo los ingresos por subastas que le corresponden.

En España, la Secretaría de Estado de Cambio Climático se encarga de organizar las subastas e ingresa el dinero que generan las mismas. Para ello cuenta con la plataforma The European Energy Exchange (EEX), como se acaba de mencionar. La Ley 13/2010, establece que la recaudación correspondiente a estas subastas debe dedicarse a políticas de cambio climático incluyendo la Cooperación Internacional en este ámbito.

La Figura 13 muestra la evolución del precio de las subastas en el año 2015 y lo transcurrido de 2016 y su comparación con el precio del mercado secundario. Mientras que la Figura 14 refleja el spread entre mercados primario y secundario, en este mismo periodo.

A simple vista la evolución del mercado secundario debería estar acompañada con el mercado primario (subastas en EEX). Al analizar el spread entre los precios de ambos mercados se observan diferencias diarias que, para los años 2015 y lo que ha transcurrido de 2016, en ningún caso supera los 60 céntimos de €, pero podrían dar lugar a arbitraje entre ambos mercados.

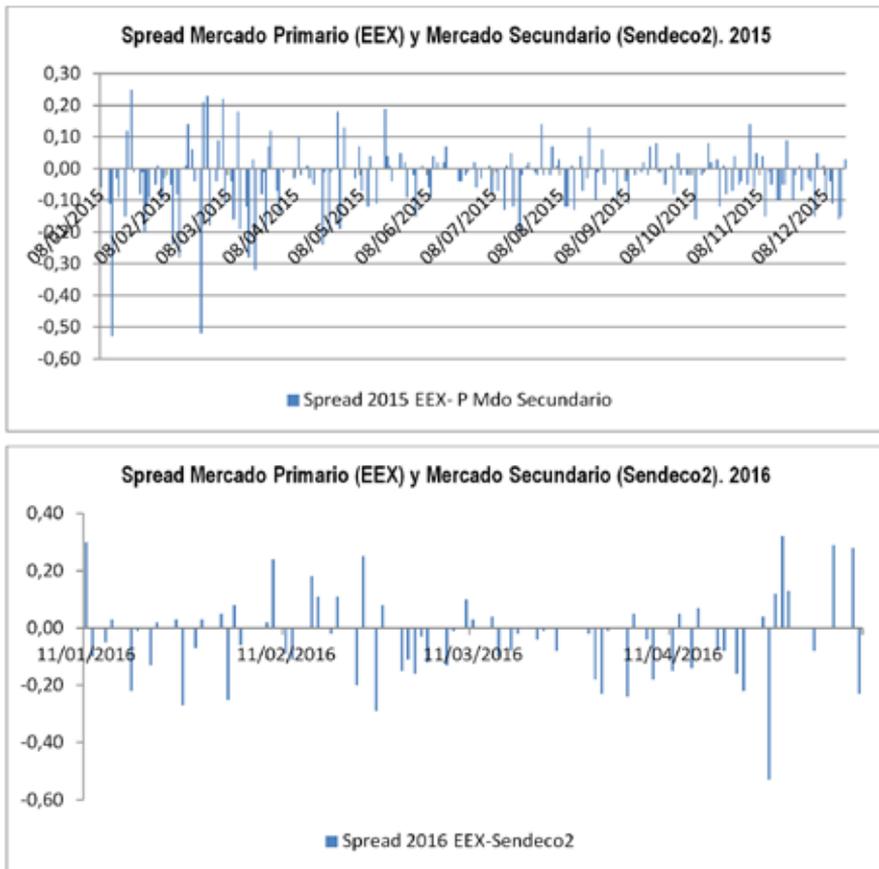
Figura 13. Mercado Primario, Subastas EEX vs Mercado Secundario, SENDECO2



Fuente: datos de la Plataforma EEX y de SENDECO2⁵.

- 5 Para realizar esta comparación se han realizado las siguientes consideraciones:
- Se utiliza el mercado de Subastas EEX, que es el de mayor volumen de EUAs subastados.
 - Se eliminan las subastas de EUAAs o derechos de emisión específicos de la Aviación.
 - Como no hay subastas de EUAs todos los días, los días que no hay subastas se elimina el mercado secundario.
 - Respeto a los precios, se utiliza el precio diario al cierre del mercado Secundario y el precio de adjudicación del día para las subastas, y se comparan ambos precios.

Figura 14. Spread. Mercado Primario, EEX y Mercado Secundario, SENDECO2. 2015 y 2016



Fuente: datos de la Plataforma EEX y de SENDECO2⁶.

La evolución del precio de las subastas EEX, reflejadas en la Figura 15, muestra que los precios suben del año 2013 al 2014 y al 2015, sin embargo en 2016 no se mantiene la tendencia de los años anteriores retrocediendo a niveles de 2013, para luego iniciar una senda alcista en el segundo trimestre del año.

6 El Spread está calculado como diferencia entre el precio de la subasta EEX menos el precio de Sendeco2 para el día estudiado.

Figura 15. Evolución del Precio de Subasta (EEX)

Fuente: datos de la Plataforma EEX.

Para la Comisión de la Unión Europea esta situación de desequilibrio se trata principalmente de un desajuste entre la oferta de permisos de emisión en subasta, que es fija como consecuencia del límite máximo de emisiones, y la demanda de permisos, que es flexible y responde a los ciclos económicos, al precio de los combustibles fósiles y a otros factores, como las políticas complementarias y a la evolución tecnológica. (European Commission, 2015).

8. CONCLUSIONES

En el marco de la Unión Europea se ha creado el mayor mercado de permisos de emisión basado en el método Cap & Trade. Este mercado se diseña y pone en marcha desde las instituciones comunitarias europeas, en contraposición a la posibilidad de establecer un impuesto. Independientemente de que hubiera sido un impuesto o un Cap & Trade, lo que se ha buscado es que los agentes económicos respondan a los incentivos económicos y que, a través de un mayor coste de emisión, se cumplan los compromisos de reducción de emisiones de GHG asumidos por cada Estado Miembro y el conjunto de la Unión Europea, en el marco del Protocolo de Kioto.

Al analizar el grado y la manera de cumplir con los compromisos de reducción de las emisiones de GHG, hay que considerar las emisiones incluidas en el mercado Europeo de Derechos de Emisión EU-ETS, así como aquellas procedentes de los sectores con emisiones difícilmente controlables por el estado,

que se agrupan bajo la denominación de contaminación difusa y quedan fuera del EU-ETS.

La Unión Europea inicia una senda de reducción de emisiones de GHG en 1990, manteniendo dicha reducción año tras año hasta 2013. En España, entre 1990 y 2007 las emisiones de GHG aumentan un 51,93% y es a partir del inicio de la crisis, en 2007, cuando comienzan las reducciones, logrando que, en el periodo 1990 a 2013, solo haya un aumento del 10,75% en las emisiones de GHG.

Los sectores incluidos en el EU-ETS se mantienen constantes en el periodo 2005-2011, introduciéndose desde 1 de enero de 2013 el sector aviación, lo que dificulta la comparación homogénea, previendo una ampliación hacia sectores como el petroquímico, la producción de aluminio, amoniaco, ácidos nítrico, adípico y glixílico, captura, transporte en tuberías y almacenamiento geológico de CO₂.

En la Unión Europea, entre 2007-2013, se intensifica la tendencia de reducción de las toneladas de GHG emitidos, marcando una tendencia clara y consistente, siendo 2013 el último año cuyos datos están disponibles. En el caso español, en los años 2005 y 2007 aumentan los GHG emitidos respecto al año anterior; en los años 2006 y 2008 se reducen respecto al año anterior; de 2008 a 2010 se reducen año a año; mientras que en 2011 y 2012 vuelven a aumentar respecto al año anterior, lo que marca una tendencia errática y poco clara.

Por otro lado en los sectores difusos, que no participan del EU-ETS, en el periodo 2005-2013 pierden peso respecto al total de GHG, pasando del 61,44% al 57,97% en la Unión Europea. En España, en este periodo, se da el fenómeno contrario, pasando las emisiones de los sectores difusos de 58,34% al 61,86%. Esto supone que la contaminación difusa asume un marcado protagonismo en el incumplimiento los compromisos de reducción de emisiones de GHI asumidos por nuestro país.

El EU-ETS es un mercado que se ha ido diseñando y construyendo por periodos o fases de ejecución, a base de normativas, que han tratado de corregir los errores detectados en cada fase y han buscado que su funcionamiento sea eficiente y lo más transparente posible. Al reducir los permisos de emisión de GHG de asignación gratuita, se promueven las transacciones en el mercado primario o de subastas y en el mercado secundario. En la Fase 3 ya predomina la asignación mediante subasta, con más del 60% de los permisos de emisión, incrementándose este porcentaje cada año hasta la actualidad, incremento que está previsto siga ocurriendo hasta 2020.

En cuanto a la emisión sectorial de GHG, en el periodo 1991-2013 se han reducido en 5.000 Gg. de CO₂ e las emisiones de los sectores incluidos en el EU-ETS, mientras que para este mismo periodo estas emisiones han aumentado más de 5.000 Gg. De CO₂e, en el conjunto de sectores no EU-ETS o contami-

nación difusa, donde parece encontrarse la mayor dificultad para que España atienda a sus compromisos.

Por tipo de GHG, el más significativo por su potencial de calentamiento del planeta y por cantidades emitidas, tanto en el conjunto mundial como europeo y español, es el CO₂. En España, para el periodo 1990-2013, analizado en base 100 para el primer año, llega a ser de 150 en el año 2007, iniciando un descenso que le lleva, en el año 2013, prácticamente al mismo valor del año 1990. Mientras, el CH₄ presenta un descenso muy significativo y se mantiene el N₂O. El resto de GHG aumentan de forma considerable en este periodo, sobre todo el SF₆ y los HFCs.

En cuanto a la evolución de los precios de las unidades de carbono, las EUAs del EU- ETS mantienen un precio superior a las CERs del mercado internacional de Naciones Unidas. Una vez introducidas las subastas en la Fase 3 del EU-ETS, se puede observar una diferencia de precio, en el mismo día, entre la subasta y el mercado secundario, diferencia que no supera los 60 céntimos de euro.

El precio de las unidades de carbono, tanto en el EU-ETS como en el mercado internacional, actualmente está muy por debajo de lo previsto inicialmente. Estos precios necesariamente han de recuperarse a fin de que la reducción de emisiones de GHG se consolide y aumente, tanto a través de las inversiones internacionales CDM y JI, y la transferencia tecnológica que comportan, como mediante unos procesos productivos más innovadores, no solo en reducción de costes sino también en la inversión en tecnologías de abatimiento de CO₂, que disminuyen las emisiones de GHG por unidad de output obtenida, buscando reducciones adicionales de emisiones de GHG en los sectores difusos y en los sectores intensivos en el uso fuentes combustibles fósiles.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AECA (2010): "Control económico de Proyectos para la Sostenibilidad Ambiental". AECA. Madrid.
- CAMPINS ERITJA, M. (2015): "De Kioto a París: ¿Evolución o Involución de las negociaciones Internacionales sobre el cambio Climático?" Instituto Español de estudios estratégicos, núm. 61/2015. Disponible en: www.ieee.es/Galerias/fichero/docs.../DIEEEO61-2015_Kioto_paris_MarCampins.pdf [Consultado Junio 2016]
- COMENDANT, C. & TASCHINI, L. (2014): "Submission to the inquiry by the House of Commons Select Committee on Energy and Climate Change on " linking Emissions Trading Systems "Centre for Climate Change and the Environment. Policy paper. Disponible en: <http://eprints.lse.ac.uk/64542/1/Comendant-and-Taschini-policy-paper-April-2014.pdf> [Consultado Junio 2016]

- DEL RÍO, P. Y LABANDEIRA, X. (2008): "El sistema Europeo de Comercio de Emisiones". Fedea Colección de Estudios Económicos 19-08. Serie economía de cambio Climático. Cátedra Fedea-Iberdrola. Disponible en: <http://www.fedea.net/documentos/pubs/ee/2008/19-2008.pdf> [Consultado Junio 2016]
- ESTADO ESPAÑOL (2010): Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo. BOE Núm. 163 Martes 6 de julio de 2010. P. 586- 627 . Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2010/07/06/pdfs/BOE-A-2010-10706.pdf> [Consultado Junio 2016]
- EUROPEAN COMMISSION (2014): EU ETS Handbook. Disponible en: http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/ets_handbook_en.pdf [Consultado Junio 2016]
- EUROPEAN COMMISSION (2015): Report on the functioning of the European carbon market. Brussels 18/11/201. Annex 1 COM (2015) 576 final. Disponible en: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress/docs/com_2015_576_annex_1_en.pdf [Consultado Junio 2016]
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2015 a): Trends and projections in Europa 2015. EEA Report N° 4/2015. Copenhagen. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2015> [Consultado Junio 2016]
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2015 b): Application of the EU Emissions Trading Directive. Analysis of national responses under Article 21 of the EU ETS Directive in 2015. EEA Report N° 6/ 2016. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/ets-directive-2015> [Consultado Junio 2016]
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2015 c): Approximated EU GHG inventory: Proxy GHG emission estimates for 2014. Technical Report N° 15/2015. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/approximated-eu-ghg-inventory-2014> [Consultado Junio 2016]
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2015 d): Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2013 and inventory report 2015.. EEA Technical Report N° 19/2015. Copenhagen <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2015> [Consultado Junio 2016]
- EWER ET AL (1992): "Accounting for tomorrow's pollution control". *Journal of Accountancy*. Julio. P. 69-74.
- GOBIERNO VASCO, DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, PLANIFICACIÓN

- TERRITORIAL AGRICULTURA Y PESCA (2012): Fase III del Esquema Europeo de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS). Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/manual/tercera_fase_sistema_euets/es_doc/adjuntos/tercera_fase_sistema_EUETS_v2%20borrador.pdf [Consultado Junio 2016]
- KOLLENBERG, S. & TASCHINI, L. (2015): "The European Union Emissions Trading System and the market stability reserve: optimal dynamic supply adjustment". Centre for Climate Change and the Environment. Working paper Nº 195. Disponible en: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2015/05/Working-Paper-195-Kollenberg-and-Taschini.pdf> [Consultado Junio 2016]
- LINARES, P. Y PINTOS, P. (2013): Los efectos económicos del Sistema Europeo de Comercio de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Disponible en: eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WP11-2013.pdf [Consultado Junio 2016]
- OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2014 a): Hoja de Ruta de los Sectores Difusos a 2.020 http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/Hoja_de_Ruta_2020_tcm7-351528.pdf [Consultado Junio 2016]
- OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2014 b): Aplicación de la ley 1/2005. Análisis Global y Sectorial. Año 2014. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/balancesectorial2014-vf_tcm7-389240.pdf [Consultado Junio 2016]
- OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013): Aplicación de la ley 1/2005. Análisis Global y Sectorial. Año 2013. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/balancesectorial2013-final_tcm7-353363.pdf [Consultado Junio 2016]
- OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2012): Aplicación de la ley 1/2005. Análisis Global y Sectorial. Año 2012. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/Balance_Global_2012_-_May13_tcm7-283753.pdf [Consultado Junio 2016]
- PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO EUROPEO (2003): DIRECTIVA 2003/87/CE de 13 de octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo. DO L 275 de 25.10.2003, p. 32-46 Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/>

ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:02003L0087-20140430&from=EN [Consultado Junio 2016]

PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO (2004): DIRECTIVA 2004/101/CE, de 27 de octubre de 2004, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad con respecto a los mecanismos de proyectos del Protocolo de Kioto. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0018:0023:ES:PDF> [Consultado Junio 2016]

PBL NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY (2015): Trends in Global CO₂ Emissions. 2015 Report. Disponible en: http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2015-trends-in-global-co2-emissions-2015-report-98184.pdf [Consultado Junio 2016]

UNFCCC (1998): Protocolo de Kioto. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> [Consultado Junio 2016]

UNFCCC (2015): Aprobación del Acuerdo de París. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf> [Consultado Junio 2016]

WORLD BANK (2014): State and Trends of Carbon Pricing. May. Washington DC.

WORLD BANK (2015): State and Trends of Carbon Pricing. September. Washington DC.

Gobernanza climática y empresa

Lara Lázaro Touza

Investigadora senior asociada del Real Instituto Elcano y profesora de Teoría Económica del Colegio Universitario Cardenal Cisneros.

Ángel Gómez de Ágreda¹

Coronel del Ejército del Aire.

1 Parte del contenido del presente artículo se basa parcialmente en versiones anteriores publicadas en varios artículos que aparecen en la web de la Fundación FocusAbengoa entre noviembre de 2014 y abril de 2015. Véase: <http://www.transicionenergeticaycc.org/web/es/foro/?c=tipos/articulos/>

RESUMEN

Una atmósfera estable es un bien público global, no rival y no excluible. El cambio climático representa un fallo de mercado global. Dado que todos los países -y que la práctica totalidad de las actividades económicas- emiten gases de efecto invernadero, la cooperación entre países, empresas e individuos es esencial para limitar una interferencia peligrosa con el sistema climático. El presente artículo analiza la gobernanza del cambio climático tras la COP21. Dicha gobernanza es entendida como el compendio de acciones y regulaciones que guían la política climática y que provienen de multitud de actores, niveles de gobierno e instrumentos (Jordan, Wurzel y Ziro, 2005; Schout y Jordan, 2005). Basándose en la anterior definición de gobernanza, el artículo describe el estado del arte en materia climática yendo de lo global a lo individual y reflexionando sobre los instrumentos regulatorios y económicos que guían las acciones climáticas.

PALABRAS CLAVE

Cambio Climático, gobernanza y regulación ambiental.

ABSTRACT

A stable atmosphere is a global public good, non rival and non-excludable. Climate change in turn represents a global market failure. Given that all countries —and practically all economic activities— emit greenhouse gases, the cooperation among countries, businesses and individuals is of essence in order to avoid dangerously interfering with the climate system. The present article analyses climate governance after COP21. Said governance is understood as encompassing actions and regulations to steer climate policy which emanate from multiple actors, levels of government and instruments (Jordan, Wurzel y Ziro, 2005; Schout y Jordan, 2005). Based on the aforementioned definition of governance the article describes the state of the art in the climate arena moving from the global to the individual level and reflecting on regulatory and economic instruments that steer climate action.

KEY WORDS

Climate change, governance, and environmental regulation.

JEL

Q54, F53

1. INTRODUCCIÓN

El medio ambiente, entendido como el entorno natural en el que desarrollamos nuestra actividad como seres humanos, se ha convertido en uno de los factores polemológicos de primer orden (factor polemológico en el sentido de causa de disputas entre pueblos). En concreto, las tensiones en el sistema provocadas por el cambio climático en los últimos años se deben, principalmente, al desigual reparto de las oportunidades y los recursos, la emisión asimétrica de gases de efecto invernadero por parte de distintos países y las consecuencias, también asimétricas.

El cambio climático, que se define como la variación natural o antropogénica del clima que altera la atmósfera global, supone la aparición de nuevos retos y de nuevas oportunidades. El diferente grado de preparación y proactividad de las distintas comunidades para afrontar los retos y para aprovechar las oportunidades, hace aflorar tensiones en todos los niveles y estratos de la sociedad.

Para controlar las tensiones y los riesgos, derivados principalmente de las actividades económicas, nos hemos dotado de la regulación ambiental: mecanismos de mandato y control, instrumentos económicos o de persuasión principalmente (Baldwin, Cave y Lodge, 2012). Además, la magnitud del reto climático hace necesaria la implicación de todos los actores en la resolución del problema: estatales, no estatales, supraestatales o subnacionales. En el ámbito del cambio climático, al igual que en otros, el uso de instrumentos de regulación más allá del mandato y el control, además de la inclusión de actores distintos a los Estados, nos hace hablar de gobernanza climática (Jordan, Wurzel y Zito, 2005; Schout y Jordan, 2005).

El cambio climático tiene además un componente ético ineludible en los debates actuales. La acción climática debe ser conjunta, dado que las emisiones históricas han sido responsabilidad en mayor medida de países desarrollados y de que las emisiones futuras vayan a provenir en mayor medida de países en desarrollo y emergentes, según Ward y Mahowald (2014).

El objetivo del presente artículo es describir el actual estado del arte en el ámbito de la lucha contra el cambio climático. Para ello se ha realizado una revisión de la literatura, además de diversas entrevistas de élite.

El artículo está organizado como sigue: el apartado dos del artículo analiza los elementos básicos facilitadores del Acuerdo de París alcanzado tras la COP21, los resultados de la cumbre de París y los retos pendientes tras la adopción del Acuerdo de París. El tercer apartado presenta las políticas climáticas más representativas de los principales emisores de gases de efecto invernadero (China, EE.UU. y la Unión Europea). El apartado cuarto analiza el papel de las ciudades como principales focos poblacionales, de crecimiento económico,

de consumo energético y de emisiones de gases de efecto invernadero. El quinto apartado analiza el papel de las empresas en la lucha contra el cambio climático. El sexto apartado describe el papel de los individuos, las barreras a la acción y posibles iniciativas que podrían facilitar tanto la toma de conciencia como las acciones de los individuos. El séptimo apartado repasa los principales instrumentos de regulación y económicos. El octavo apartado concluye.

2. EL CAMINO HACIA PARÍS, RESULTADOS Y RETOS PENDIENTES

Tras más de dos décadas de negociaciones climáticas, la comunidad internacional adoptó en diciembre de 2015 el Acuerdo de París (UNFCCC, 2015a) que reemplazará al Protocolo de Kioto en 2020. Los elementos que han posibilitado la adopción del Acuerdo de París son múltiples. Desde el frenazo diplomático en Copenhague (COP15), la ciencia del clima, las negociaciones climáticas, la información sobre los impactos económicos del cambio climático, los costes de las energías renovables, la actitud empresarial y ciudadana han evolucionado significativamente (Lázaro Touza, 2016a).

La publicación del quinto informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (más conocido como IPCC por sus siglas en inglés) afirma que el cambio climático es inequívoco, que sus consecuencias ya son discernibles a lo largo y ancho del planeta y que el componente antropogénico es claro (IPCC, 2014). A pesar de la incertidumbre inherente a los modelos climáticos y económicos relativos a los impactos del cambio climático y a cuándo ocurrirán dichos impactos, el debate científico (que no el político) sobre este fenómeno ha quedado cerrado.

Por otro lado, las negociaciones climáticas desde Copenhague han ido construyendo muchos de los elementos fundamentales del Acuerdo de París. Por ejemplo, en los Acuerdos de Cancún se incluyeron, entre otros, el límite de los 2°C, el establecimiento del Fondo Verde para el Clima (*Green Climate Fund*) con el objetivo de proporcionar financiación climática de países desarrollados a países en desarrollo (100.000 millones de dólares anuales a partir de 2020), se desarrolló el marco para la adaptación y los inicios del mecanismo de transparencia (más conocido como *monitoring, reporting and verification* o MRV), todo ello heredado del Acuerdo de Copenhague. Las reglas relativas a la deforestación y degradación de la tierra (REDD y REDD+) y el mecanismo de adaptación también se acordaron en Cancún.

En Durban se estableció la hoja de ruta a seguir para lograr un acuerdo en París y se trabajó en la extensión del Protocolo de Kioto hasta 2020. En Doha se avanzó en una plataforma para la transferencia de tecnología y se estableció

el segundo periodo de compromiso del Protocolo de Kioto. El mecanismo de pérdidas y daños se desarrolló en Varsovia, reunión en la que también se pidió a las Partes que avanzasen en la elaboración de sus contribuciones nacionales (*Intended Nationally Determined Contributions*). En Lima se alcanzaron acuerdos relativos a género y educación. En definitiva, los pilares de París se han ido construyendo, al menos, desde Copenhague (Cordonier Segger, Pers Comm. 2016; Morgan *et al.* 2010).

En el ámbito económico, recientes estudios por Dell *et al.* (2011) -para países en desarrollo- y por Bruke *et al.* (2015) confirman la relación entre el clima y la economía. Los últimos estiman que, para escenarios de altas emisiones o *business as usual* (BAU), correspondientes a los escenarios denominados RCP8.5 por el IPCC, el PIB *per cápita* mundial se podría ver reducido en un 23% a finales de siglo en comparación con escenarios sin cambio climático. Además, Wagner y Weitzman (2015) advierten de que existe un debate abierto sobre si el cambio climático supondrá una reducción puntual en el PIB o si por el contrario supondrá embarcarnos en una senda de crecimiento menor a perpetuidad.

Dado que las dos terceras partes de las emisiones de gases de efecto invernadero provienen de la producción y el uso de energía y que el 87% de la demanda de energía primaria proviene de los combustibles fósiles (IEA, 2015), los costes de las energías renovables, entre otros, son esenciales en la transición energética hacia un mundo descarbonizado. Dichos costes se han reducido significativamente (IRENA, 2014) y continuarán reduciéndose en el futuro (IRENA, 2016) como muestra la tabla 1. Esta reducción de costes ha ayudado a que, desde 2013, haya más energía eléctrica instalada proveniente de energías renovables y otras fuentes bajas en emisiones de gases de efecto invernadero que de fuentes fósiles, una tendencia que se espera continúe en el futuro (Randall, 2015).

Tabla 1. Costes de inversión, factor de capacidad y costes nivelados de la energía

	Global weighted average data								
	Investment costs (2015 USD/kW)		Percent change	Capacity factor		Percent change ²	LCOE (2015 USD/kWh)		Percent change
	2015	2025		2015	2025		2015	2025	
Solar PV	1 810	790	-57%	18%	19%	8%	0.13	0.06	-59%
CSP (PTC: parabolic trough collector)	5 550	3 700	-33%	41%	45%	8.4%	0.15 -0.19	0.09 -0.12	-37%
CSP (ST: solar tower)	5 700	3 600	-37%	46%	49%	7.6%	0.15 -0.19	0.08 -0.11	-43%
Onshore wind	1 560	1 370	-12%	27%	30%	11%	0.07	0.05	-26%
Offshore wind	4 650	3 950	-15%	43%	45%	4%	0.18	0.12	-35%

Fuente: IRENA (2016: 10).

El compromiso de todos los actores no estatales también ha sido significativo, especialmente tras la COP20 de Lima. En el marco de la Agenda de Acción Lima París (LPAA) podemos encontrar un amplio abanico de iniciativas mediante las cuales actores no estatales visibilizaban sus compromisos. En concreto, en París se presentaron 70 iniciativas de cooperación climática que involucraron a más de 10.000 actores. Asimismo, se presentaron más de 11.000 compromisos en la plataforma NAZCA, incluyendo acciones por parte de 2.250 ciudades, 150 regiones, 235 organizaciones no gubernamentales, 2.025 compañías y 424 inversores. El valor de mercado de las empresas involucradas en la acción climática es muy significativo y equivale a la suma del PIB de China, Alemania y Japón (UNFCCC, 2015b).

Unido a los factores anteriores, el trágico atentado de noviembre de 2015 en París también dio un impulso a las negociaciones climáticas. La comunidad internacional debía mostrar unidad y capacidad de enfrentarse a amenazas globales de manera decidida (Cordonier Segger, Pers. Comm, 2016). El fracaso político y diplomático no era una opción.

Tras dos semanas de intensas negociaciones la COP21 finalizó con la adopción del Acuerdo de París. Son numerosos los análisis que, desde finales de 2015, han valorado el resultado del acuerdo, véase por ejemplo Cleménçon (2016) u Obergasselet *al.* (2016). Dichos análisis muestran un amplio consenso relativo al éxito diplomático y político de la COP21. Sin embargo, los análisis disponibles también reconocen que los esfuerzos actuales, es decir, la suma de los compromisos (llamados compromisos determinados a nivel nacional y más conocidos como *Nationally Determined Contributions* o NDC) son claramente insuficientes para evitar una interferencia peligrosa con el sistema climático. En concreto, si implementásemos las actuales NDC, el aumento medio de las temperaturas sobrepasaría en aproximadamente un grado el límite de los 2°C acordado en París. Así pues, el futuro de la acción climática internacional debe pasar por implementar los compromisos adquiridos de manera voluntaria por las Partes y por aumentar el grado de ambición a futuro.

Entre los aspectos más relevantes del Acuerdo de París podemos encontrar el cambio de expectativas futuras. París ancla en el imaginario común la visión de una economía descarbonizada. La cuestión ya no es si una economía baja en carbono se materializará, la cuestión es cuánto tiempo tardará en llegar, dado el contexto antes descrito.

París es un acuerdo casi universal al haber sido adoptado por 195 países y firmado por 177 Partes a 20 de mayo de 2016². París, además, desdibuja la

2 La firma del Acuerdo de París indica el compromiso de los gobiernos de no ir en contra del objeto y del propósito del acuerdo, pero para la entrada en vigor del mismo es necesaria la ratificación por parte de 55 Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas

férrea división entre países desarrollados y países en desarrollo del Protocolo de Kioto, aunque ateniéndose al principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y teniendo en cuenta las circunstancias de cada país. Así, tanto países desarrollados como países en desarrollo se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a través de los NDCs. Esto supone un cambio sustantivo en la política climática internacional, que hasta Copenhague se basaba en un modelo de toma de decisiones de arriba hacia abajo, es decir, con decisiones a nivel internacional que se implementaban, una vez ratificado el acuerdo, en el plano nacional. Ahora las contribuciones son definidas a nivel nacional y se agregan para conformar un heterogéneo compendio de compromisos globales. El reconocimiento de la insuficiencia de los compromisos actuales, y el trabajo previo en materia de MRV, culminan en París con la adopción de un mecanismo de transparencia aplicable a todas las partes. Por otro lado, el Acuerdo de París es dinámico y duradero. A diferencia del Protocolo de Kioto, París no tiene fecha de caducidad explícita y establece la obligación de revisar los compromisos al alza cada cinco años.

En lo relativo a la financiación el acuerdo es menos específico, aunque reconoce que se deben cumplir los compromisos de financiación previos, cifrados en 100.000 millones de US\$ anuales a partir de 2020. Además, se establece una revisión de la financiación en 2025 con los 100.000 millones de US\$ anuales como suelo. Se fortalece el ámbito de la adaptación en la acción climática con el objetivo de aumentar la capacidad de adaptación. Otro de los elementos relevantes de París es la creación de un comité para el fortalecimiento de capacidades operativas. Por último, el Acuerdo de París subraya el rol fundamental de la tecnología como vector de transición hacia la descarbonización.

Las críticas al Acuerdo de París se han centrado en la falta de una señal inequívoca de precios, la exigua atención prestada a cuestiones de equidad y de responsabilidad histórica, la falta de una hoja de ruta con hitos cuantificables y la ausencia de iniciativas sectoriales. Aunque la presidencia francesa de la COP21 mantuvo hasta el final la esperanza de la inclusión de referencias a un precio del CO₂, el acuerdo no lo incluyó, una oportunidad perdida para mandar una señal clara a los inversores. Las cuestiones de equidad y responsabilidad histórica quedaron reducidas al mínimo y no se incluyó la posibilidad de reclamar compensaciones por las pérdidas y daños ocasionados por el cambio climático (Clemençon, 2016). A pesar de la inclusión del objetivo de alcanzar un equilibrio entre emisiones y capacidad de absorción de residuos en la segunda mitad de siglo, el acuerdo no establece una hoja de ruta con hitos relativos a la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Por último,

sobre Cambio Climático que emitan al menos el 55% de las emisiones mundiales (vea el párrafo 1 del artículo 21 del Acuerdo de París).

las referencias sectoriales, en concreto en lo referente al transporte (aviación y transporte marítimo) y al sector energético, esencial en el camino hacia la descarbonización, quedaron fuera del acuerdo.

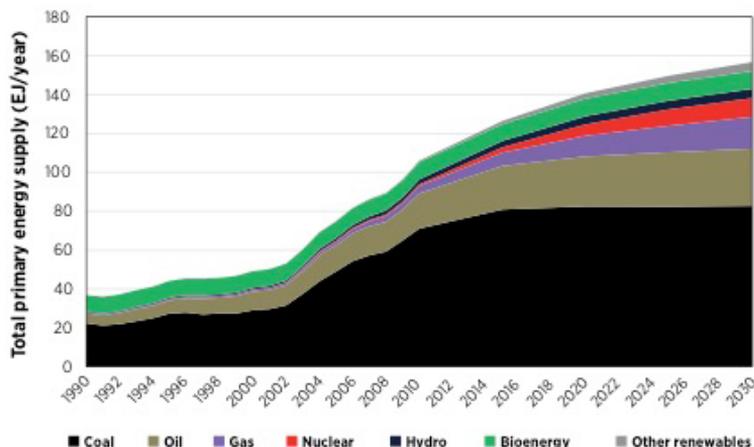
3. ACCIÓN NACIONAL/REGIONAL FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: CHINA, EE. UU. Y LA UE

El Estado es el sujeto primario del derecho internacional público y, por tanto, un actor clave en la lucha contra el cambio climático (Saura Estapá, 2003). La limitada extensión de este artículo impide ahondar en las políticas climáticas de todos los Estados, razón por la cual nos centramos en los tres mayores emisores de gases de efecto invernadero en términos absolutos.

3.1. China

Pasado el ecuador de la primera década del presente siglo, China se convertía en el mayor emisor de gases de efecto invernadero a nivel global. Las proyecciones de IRENA en 2014 apuntaban a una matriz energética china en 2030 que demandará un 60% más de energía final, que será altamente dependiente los combustibles fósiles y, por tanto, muy intensiva en emisiones de gases de efecto invernadero (véase el gráfico 1).

Gráfico1. Mix energética en China entre 1990 y 2030



Fuente: IRENA (2014: 31).

Esta alta dependencia de los combustibles fósiles no quiere decir, sin embargo, que China esté obviando las acciones en materia climática. De hecho, en la COP15 en Copenhague, China se comprometió, entre otros, a reducir sus

emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de PIB entre un 40% y un 45% en 2020 en relación a 2005³.

Por otro lado, el Plan Nacional de Cambio Climático 2014-2020 está dirigido principalmente a reducir la intensidad energética en el sector industrial. En este sentido uno de los objetivos más reseñables consiste en la estabilización de las emisiones de CO₂ de los sectores del acero y el cemento en los niveles de 2015; sectores que representan aproximadamente una quinta parte de las emisiones de CO₂ del país⁴.

El anuncio conjunto sobre un acuerdo en materia climática entre China y EE.UU. (The White House, 2014) de noviembre de 2014 ha sido otro de los elementos clave que han facilitado la adopción del Acuerdo de París. En dicho acuerdo China sienta las bases de su INDC, cuyos objetivos incluyen una reducción de la intensidad de carbono entre un 60% y un 65% en 2030. Otros compromisos incluidos en el INDC chino son alcanzar su pico de emisiones en el entorno de 2030⁵, aumentar el consumo de energías procedentes de fuentes no fósiles al entorno del 20% e incrementar el stock forestal en aproximadamente 4.500 millones de metros cúbicos en relación con el nivel de 2005⁶.

Por último, el 13º Plan Quinquenal chino, publicado en marzo de 2016, establece las líneas maestras del desarrollo económico y social del gigante asiático hasta 2020. Además de establecer un objetivo de crecimiento económico del 6,5% anual entre 2016 y 2020, el plan indica la intención de ahondar en la reforma estructural que supone la transición hacia una economía con mayor peso del sector terciario y con una producción industrial más eficiente. China anuncia además una reducción en la intensidad de carbono del 18% en relación con los niveles de 2015 (equivalente a reducir la intensidad de carbono un 48% en relación con los niveles de 2005). Además, China limitará su consumo energético a 5.000 millones de toneladas de carbón estándar. Todo lo anterior supone, *ceteris paribus*, menores emisiones de gases de efecto invernadero en concordancia con los compromisos climáticos chinos.

3 http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/chinacphaccord_app2.pdf

4 <http://climatechange.velaw.com/ChinasNationalPlanforClimateChange2014-2020.aspx>

5 Según análisis recientes la transformación de la estructura económica china hará posible que el pico de las emisiones se produzca con anterioridad a 2030 (Green y Stern, 2016).

6 <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf>

3.2. Estados Unidos

EE. UU. es el segundo mayor emisor de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Desde 2010 las emisiones de GEI de EE. UU. han ido reduciéndose, debiéndose este descenso principalmente a factores coyunturales como la crisis económica que ha supuesto una menor demanda energética entre los años 2007 a 2009 y 2011 a 2012⁷, además de a la revolución del *Shale gas*.

En materia de política climática el complejo entramado institucional, regulatorio y político estadounidense tiene como resultado que la reducción de emisiones de GEI no sea fruto de la existencia de una política climática a nivel federal. De hecho, la política climática estadounidense puede verse más como un entramado de regulaciones estatales y locales que como una estrategia nacional de acción contra el cambio climático (European Parliament, 2015).

No obstante lo anterior, es preciso señalar que EE. UU. ha adquirido compromisos significativos de reducción de emisiones de GEI. El Presidente Obama anunció en el verano de 2013 un plan para la acción climática (*Climate Action Plan*⁸) basado en tres pilares: mitigación, adaptación y liderazgo internacional en materia climática.

En lo relativo a la mitigación, los objetivos incluyen: duplicar la generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables en 2020, aumentar la eficiencia energética de electrodomésticos, aumentar la eficiencia energética de los edificios en un 20% en 2020, aumentar los estándares de eficiencia de los combustibles para el sector del transporte, reducir las emisiones de metano y gases fluorados y preservar la capacidad de los bosques como sumideros de carbono.

Las principales iniciativas relativas a la adaptación incluyen: la apuesta por inversiones resilientes al cambio climático, crear un grupo de líderes para aumentar la capacidad de respuesta y la resiliencia ante el cambio climático, la identificación de vulnerabilidades en sectores estratégicos, y el análisis y la preparación para dar respuesta a fenómenos meteorológicos extremos como el huracán Sandy.

A nivel internacional, EE. UU. tiene el objetivo de reducción de emisiones hasta mediados de siglo. En la COP15 de Copenhague, el Presidente Obama anunciaba su compromiso (en línea con la legislación nacional) de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 17% en 2020 en relación con sus niveles de 2005, equivalente a un 4% de reducción de emisiones en rela-

7 Véase:<http://ow.ly/MLou301rEov>

8 <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president27sclimateaction-plan.pdf>

ción con los niveles de emisión de 1990⁹. En noviembre de 2014 el anuncio conjunto China-EE. UU. Indicaba, además, un compromiso por parte de EE. UU. de reducir sus emisiones entre un 26% y un 28% en 2025 en relación con los niveles de emisiones de 2005, equivalente a una reducción de entre el 14% y el 16% en relación con los niveles de emisiones de 1990.

A principios de agosto de 2015 el Presidente Obama anunció el *Clean Power Plan*, cuyo objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector eléctrico y mejorar la salud de los ciudadanos. Dicho plan resultará en una reducción del 32% de las emisiones del sector eléctrico en 2030 en relación con los niveles de 2005. Además, el mencionado plan supondrá un aumento de la generación renovable del 30%¹⁰. A mediados de siglo, el objetivo de EE. UU. consiste en una reducción del 83% sus emisiones de gases de efecto invernadero en relación con los niveles de 2005, lo cual equivale a una reducción del 80% en relación con los niveles de emisiones de 1990.

3.3. La Unión Europea

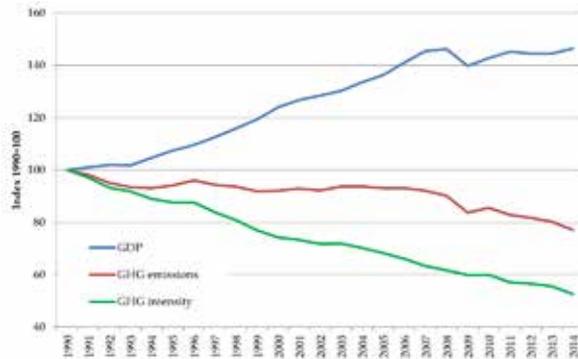
La UE es el tercer emisor de gases de efecto invernadero a nivel global con un 9% del total de las emisiones. Como poder blando, se puede argumentar que Europa ha sido un líder direccional (Lázaro Touza, 2011a) en la lucha contra el cambio climático desde los años 80 del siglo XX hasta la COP15 en Copenhague. La pérdida de peso económico de la UE frente a otras potencias y las reducciones europeas de emisiones de gases de efecto invernadero, han hecho perder peso a la UE en las negociaciones climáticas internacionales.

A pesar de su menor peso específico actual en las negociaciones climáticas internacionales, la UE destaca (entre otros factores) por haber comenzado el desacoplamiento de la actividad económica de sus emisiones de efecto invernadero desde los años 90. El gráfico 2, a continuación, muestra cómo el PIB de la UE ha aumentado un 46% entre 1990 y 2014, mientras que las emisiones europeas de gases de efecto invernadero se reducían en un 24.4% (23% si incluimos en el análisis las emisiones procedentes de la aviación internacional según EEA, (2016)). Europa ha demostrado que es posible crecer en términos económicos al tiempo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

9 <http://climateactiontracker.org/countries/usa.html>

10 <https://www.whitehouse.gov/climate-change>

Gráfico 2. Emisiones de GEI y crecimiento económico 1990-2013



Fuente: European Commission (2015:6).

Los compromisos de mitigación de emisiones de la UE a futuro se centran en tres horizontes temporales, como muestra la tabla 2 a continuación:

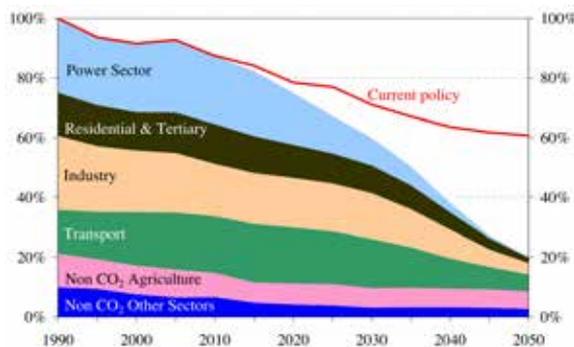
Tabla 2. Compromisos climáticos de la UE

	2020	2030	2050
Variación de emisiones en relación a 1990	-20%	-40%	-80%
Energía renovable	20%	Al menos 27%	55%
Aumento de la eficiencia energética	20%	Al menos 27%	32 - 41%

Fuentes: European Commission (2008, 2011a, b), European Council (2014).

Por sectores, el eléctrico es el que experimentaría la mayor transformación, como se observa en el gráfico 3 a continuación, si se cumplen los compromisos europeos para mediados de siglo.

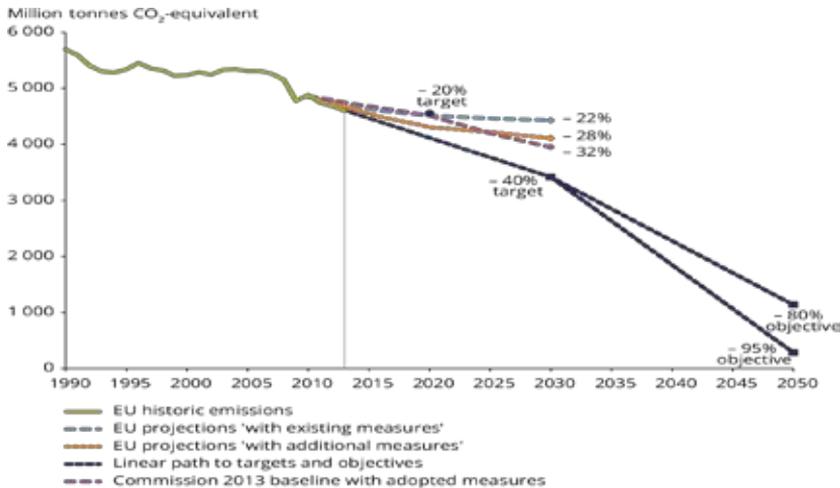
Gráfico 3. La hoja de ruta de la UE hacia una economía descarbonizada



Fuente: European Commission (2011: 5).

A pesar de los esfuerzos, y del notable progreso en materia de emisiones, la Agencia Europea del Medio Ambiente advertía a principios de marzo de 2015 que la UE debía redoblar sus esfuerzos si quiere cumplir con el compromiso de descarbonizar su economía a mediados de siglo. El gráfico 4, a continuación, presenta las emisiones pasadas de GEI europeas, la tendencia y los objetivos a 2030 y 2050.

Gráfico 4. Emisiones pasadas, tendencia y objetivos a 2030 y 2050



Fuente: EEA (2015: 94).

El cumplimiento de los compromisos de la UE supondría tener una de las economías más eficientes del mundo. Asimismo, las emisiones anuales *per cápita* de los ciudadanos europeos se situarían en el entorno de las 2 toneladas, cifra que sería compatible con limitar el aumento de la temperatura media global a 2°C, si el resto de países mantienen sus emisiones anuales *per cápita* en un nivel similar.

4. LA CIUDAD: EL CORAZÓN DEL CAMBIO

La identidad de Kaya indica los factores antropogénicos de los que dependen las emisiones de gases de efecto invernadero. Dichos factores son: la población, el crecimiento económico y el uso de energía. Si además nos preguntásemos dónde se produce la emisión de gases de efecto invernadero, deberíamos sin duda tener a las ciudades en cuenta. En la actualidad, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades (United Nations, 2014), cifra que aumentará hasta el 70% en 2050. El 80% del crecimiento económico mundial se produce en ciudades, que además consumen el 70% de la energía mundial y emi-

ten el 70% de los gases de efecto invernadero (The Global Commission on the Economy and Climate, 2015).

Las consecuencias del cambio climático para las ciudades deben ser analizadas caso por caso. No obstante, se puede afirmar que dichas consecuencias afectarán de manera significativa a los entornos urbanos localizados en países en desarrollo y en zonas costeras. En general, en las ciudades se pueden esperar: aumentos de las temperaturas debidos al efecto 'isla de calor', olas de calor, sequías, inundaciones, aumentos en el nivel del mar en ciudades costeras y disrupción de servicios e infraestructuras básicas incluyendo las infraestructuras de transportes, los servicios sanitarios o los servicios de recogida de residuos (Lázaro Touza y López Gunn, 2012).

De lo anterior se desprende que el corazón del cambio climático es eminentemente urbano. Las soluciones al cambio climático pasan asimismo por gobiernos locales que tienen la potestad para regular las acciones a nivel local. Algunas de las principales acciones de mitigación y adaptación al cambio climático incluyen:

- *Compromisos voluntarios* en pro de la acción climática. Nueva York, por ejemplo, se ha comprometido recientemente a reducir un 30% sus emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 y un 80% en 2050 con relación a los niveles de 2005.
- *Acción sectorial*. La planificación del territorio, el sector del transporte, las políticas energéticas e hídricas, además de la gestión de los residuos, son las principales áreas en las que pueden tomar acción los gobiernos locales. En lo relativo a la planificación del territorio, el objetivo sería diseñar ciudades multifuncionales, compactas y con edificios de bajas emisiones (orientación óptima para la minimización del consumo energético, aislamiento térmico, etc.), además de llevar a cabo planes de forestación que alineen los objetivos de mitigación y adaptación. Para las ciudades existentes, la rehabilitación de edificios (mejorando por ejemplo la envolvente térmica), la apuesta por el transporte público y la limitación del tráfico rodado en el centro de la ciudad son algunas de las acciones posibles para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En cuanto a la política energética hay que señalar que, dependiendo de la localización de las ciudades y de su acceso a fuentes renovables de energía, descarbonizar la matriz energética puede ser una opción. En materia hídrica, las políticas de ahorro de agua y la preparación para los efectos del cambio climático son dos de las medidas que más frecuentemente se llevan a cabo a nivel local. Por último, la gestión de residuos a través de programas de reducción de basura en los vertederos o captura de metano son algunas de las medidas implementadas (Lázaro Touza, 2011b).

- *Pertenencia a redes* de ciudades por el clima. Cada una de las redes tienen distintos enfoques y objetivos específicos, aunque todas coinciden en su misión de luchar contra el cambio climático.

La tabla 3 muestra las principales redes y el número de miembros que las integran en 2011.

Tabla 3. Redes de ciudades por el clima

Global Networks	
C40 Cities Climate Leadership Group	40 participating and 19 affiliate cities
ICLEI Local Governments for Sustainability	> 1,200 cities, towns, counties
United Cities Local Governments (UCLG/Metropolis)	> 1,000 cities and 112 local governments
World Mayors Council on Climate Change (WMCCC)	> 50 members
Cities Alliance	24 members—local authorities, governments, NGOs, and multilateral organizations
National and Regional Networks	
Climate Alliance (Europe)	> 1,600 cities, municipalities and districts and > 50 associate members
Covenant of Mayors (European Commission)	> 2,700 Mayors
U.S. Conference of Mayors (USCM)	1,049 Mayors in 50 states have signed the USCM Climate Protection Agreement
EUROCITIES	Local governments of more than 140 large cities
Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN)	11 cities in Asia
CITYNET	> 70 cities in Asia-Pacific region (full members)

Fuente: World Bank (2011: 27).

Más recientemente, la iniciativa liderada por Michael Bloomberg (*Compact of Mayors*) y la iniciativa europea denominada *Convenant of Mayors* se han fusionado para crear una nueva alianza de ciudades denominada *global Convenant of Mayors*, que incluye 7500 ciudades representando a 600 millones de habitantes. El objetivo de dicha iniciativa es luchar contra el cambio climático en entornos urbanos.

El ADN de las futuras negociaciones climáticas internacionales debe incluir tanto el nivel nacional como el nivel local, si queremos tener una probabilidad razonable de limitar una interferencia peligrosa con el sistema climático. Tradicionalmente, las ciudades han tenido un estatus de observador en las negociaciones internacionales, pero sin poder de decisión sobre los compromisos adquiridos (von Lehe, 2011). De hecho, fue en la COP16 celebrada en Cancún en 2010 cuando, por primera vez, se reconoció el papel fundamental de los gobiernos subnacionales en los esfuerzos de mitigación internacionales.

Más allá de 2015 es previsible que las ciudades continúen demandando un mayor papel en los procesos de toma de decisiones a nivel internacional. Quizá la principal barrera a que esto ocurra se deba, como se mencionaba con anterioridad, a que son los Estados los sujetos de derecho internacional. Además, si la interlocución con casi 200 Estados es compleja, dicha interlocución con

miles de ciudades sería, con toda probabilidad, inmanejable. Por último, si las ciudades tienen limitaciones a la hora de financiar las acciones de lucha contra el cambio climático, y son los Estados los que financian una parte significativa de dichas acciones, se pueden esperar reticencias a nivel nacional para aceptar la interlocución local en los foros climáticos internacionales. De la reflexión anterior se desprende que la arquitectura de las negociaciones climáticas internacionales puede tornarse más compleja, si cabe, en el futuro.

5. LAS EMPRESAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Como es sabido, el objetivo de maximización del beneficio como mantra empresarial supone maximizar la diferencia entre ingresos y costes. O, dicho de otra manera, igualar los ingresos marginales a los costes marginales. Si el objetivo de las empresas es la supervivencia a largo plazo, en un entorno socio-económico, físico y tecnológico cambiante e incierto, entonces la inclusión de variables con consecuencias sistémicas —como el cambio climático— en la toma de decisiones, cobra sentido empresarial.

De hecho, son cada vez más las instituciones públicas y privadas que advierten de los riesgos empresariales del cambio climático. Por ejemplo, Engel *et al.* (2015) o el Banco de Inglaterra (2015) advierten de riesgos climáticos para la empresa. Dichos riesgos provendrían de *la cadena de valor* que incluiría: riesgos físicos derivados de la mayor frecuencia y severidad; eventos climáticos extremos que afecten a las infraestructuras y suministros; riesgos en los precios debidos a una creciente volatilidad en el precio de las materias primas; riesgos de producto, ya que puede haber bienes o servicios cuya demanda se reduzca. Esta menor demanda puede deberse, por ejemplo, a cambios en las preferencias de los consumidores.

También advierten Engel *et al.* (2015) de riesgos derivados de los *stakeholders*. Así, las empresas podrían ver caídas de sus *ratings* debido a mayores costes de capital en el caso de enfrentarse a la imposición de impuestos ambientales, a otras regulaciones o a la materialización de los riesgos relativos a la cadena de valor citados con anterioridad. Añadido a los anteriores existe también el riesgo de la pérdida de reputación empresarial debido a acciones empresariales. Por ejemplo, Exxon está siendo investigada por el fiscal general de Nueva York por mentir al público y a sus accionistas sobre los riesgos del cambio climático y el impacto que tendrá sobre la industria del petróleo (Gillis y Krassus, 2015). La reputación empresarial también puede verse dañada por el sector mismo en el que operan las empresas. Puede pensarse, por ejemplo, en las declaraciones del secretario general de Euracoal (sector del carbón) tras la

COP21, afirmando que su industria sería odiada y vilipendiada como una vez lo fueran los traficantes de esclavos¹¹.

Por otro lado, el cambio climático puede también traer consigo oportunidades de negocio. Según Agrawala *et al.* (2011) dichas oportunidades incluyen el desarrollo de servicios de consultoría, los servicios de gestión de los recursos hídricos y tecnología para la gestión del agua. Por último, el sector de la construcción, clave para la economía española, también se podría beneficiar de una reorientación hacia la construcción de viviendas pasivas y de la rehabilitación del parque de viviendas existentes con el objetivo de minimizar el uso de recursos y la producción de residuos.

Es aventurado proporcionar una cifra exacta sobre el porcentaje de empresas a nivel internacional que incluye las consideraciones ambientales o climáticas de manera sistemática en sus procesos productivos y en sus tomas de decisiones. No obstante, desde los escritos de Porter y van del Linde (1995) hasta la actualidad, se puede decir que el discurso sobre la protección ambiental y el desarrollo económico están cambiando (véase por ejemplo The Global Commission on the Economy and Climate, 2015). Las empresas comienzan a ser más permeables a la idea de la necesidad de limitar los riesgos derivados de tener que pagar precios al alza y volátiles de las materias primas, para poder seguir maximizando sus beneficios¹². También comienzan a sopesar los costes derivados de alteraciones en los patrones de temperaturas, precipitaciones, subidas en el nivel del mar o fenómenos meteorológicos extremos, que serán más frecuentes y severos si las predicciones del IPCC se materializan.

Además, comienza a haber información disponible sobre la relación entre la integración de las variables climáticas en la gestión empresarial y la rentabilidad de las empresas. Así, según un estudio publicado en 2014 por Carbon Disclosure Project, hay una correlación (que no causalidad), entre las empresas del S&P500 que gestionan de manera decidida los riesgos climáticos y aquellas que obtienen mejores resultados económicos. Según CDP (2014), la creencia de que la lucha contra el cambio climático reduce el beneficio empresarial es falsa. Los resultados del estudio muestran lo contrario e indican que las empresas líderes del S&P500 que actúan de manera decidida para gestionar los riesgos del cambio climático son más rentables, tienen menor volatilidad en sus ingresos, reparten más dividendos entre sus accionistas y resultan más atractivas para sus inversores. Una de las posibles explicaciones de los resultados que aportan los autores del citado estudio es que las empresas que están a la

11 <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/15/coal-lobby-boss-says-industry-will-be-hated-like-slave-traders-after-cop21>

12 <http://www.rockefellerfoundation.org/blog/private-sectors-role-climate-change/>

vanguardia en la gestión de riesgos climáticos son, en general, empresas líderes que están mejor gestionadas que sus pares.

La acción climática empresarial depende de varios factores. Uno de los más significativos sin duda será la posibilidad de ahorrar costes y aumentar la competitividad. Otros factores que afectan a la acción climática empresarial incluyen: la existencia de marcos regulatorios predecibles y estables que demanden acción y favorezcan la inversión. La cercanía con clientes que demandan productos y servicios respetuosos con el entorno es un incentivo al desarrollo de los mismos. Estos clientes, entre los que encontramos generaciones como los *millennials*¹³, toman decisiones de compra teniendo en cuenta la reputación ambiental de las empresas. Los aumentos en la competitividad, derivados de una menor probabilidad de interrupciones en los procesos productivos, también fomentan la acción climática empresarial.

Las empresas más activas en la lucha contra el cambio climático afirman sin embargo que el rediseño de productos, el aumento de la inversión en pro de la transición energética y la integración de las consideraciones ambientales a lo largo de la cadena de suministro no serán suficientes para atajar el problema del cambio climático. Desde asociaciones empresariales como el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) se pide mayor regulación e incentivos, además de abogar por la colaboración público-privada en la lucha contra el cambio climático.

En el ámbito de las negociaciones internacionales Kerr (2016), afirma que ya desde la COP15 de Copenhague el sector empresarial mostraba su frustración por el lento progreso de la acción climática global, lo complejo de las negociaciones y el escaso acceso a las mismas. Seis años después, y tras la acción concertada de las presidencias de Perú y Francia, la acción de actores no estatales se ha institucionalizado a través del Plan de Acción Lima-París¹⁴ que pretendía, entre otros, animar a los actores no estatales a presentar compromisos climáticos y registrarlos en el Portal de Acción Climática Nazca¹⁵.

6. LOS INDIVIDUOS: INTENCIONES VS. ACCIONES

Según la teoría de la acción razonada, proveniente de la psicología social, hay múltiples determinantes de la acción de los individuos. El conocimiento sobre un tema, las creencias, las normas subjetivas y las intenciones influyen en el

13 <http://www.msnbc.com/morning-joe/millennials-environment-climate-change>

14 <http://www.ambafrance.org.do/Plan-de-Accion-Lima-Paris-Agenda-de-soluciones>

15 <http://newsroom.unfccc.int/es/lima/nace-nazca-portal-para-mostrar-la-accion-climatica-de-ciudades-y-sector-privado/>

comportamiento de los individuos (Fishbein y Ajzen, 1975). Además, la distancia entre intenciones y acciones puede ser significativa. En el caso del cambio climático se observa una diferencia entre la preocupación de los individuos y su acción climática. Por un lado, a nivel individual parece que la preocupación por el cambio climático es significativa y va en aumento¹⁶.

En una encuesta mundial llevada a cabo el 6 de junio de 2015 por la Convención Marco de Naciones Unidas entre otros (denominada *World Wide Views on Climate and Energy*), el 79% de los encuestados decía sentirse muy preocupado con el cambio climático. Además, el 63% de los ciudadanos encuestados (10.000 en 75 países) afirmaban que las acciones de lucha contra el cambio climático deberían centrarse tanto en la mitigación como en la adaptación. Más del 70% de los encuestados pensaban que el proceso de negociaciones internacionales no ha tenido éxito en la lucha contra el cambio climático. En lo relativo a los instrumentos de lucha contra el cambio climático, los encuestados pensaban que los gobiernos deberían fomentar el desarrollo de las energías renovables mediante subvenciones. Asimismo, los ciudadanos que respondieron a la encuesta esperaban que se fomentase la I+D en tecnologías de bajas emisiones.

En lo relativo a acciones que deberían llevarse a cabo para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, los programas de educación, la protección de los bosques y parar las exploraciones de reservas de combustibles fósiles, son mencionados por un número significativo de ciudadanos.

Por otro lado, y a pesar de la preocupación expresada en la encuesta antes citada, según los encuestados la responsabilidad de la lucha contra el cambio climático recae principalmente en la esfera de los acuerdos climáticos internacionales más que en las acciones individuales. Esta brecha entre la preocupación y la responsabilidad individual podría considerarse como una falta de apropiación del problema del cambio climático que bloquea la transición hacia una sociedad baja en carbono. Otras barreras que limitan la acción climática se incluyen en el recuadro 1 a continuación:

¹⁶ Ver <http://results.globalwarming.wwwviews.org/new2/index.php?cid=blank&gid=blank&ccid=blank&cgid=blank&question=blank&rec=0&lang=573&reclang=0> y compare los resultados con <http://climateandenergy.wwwviews.org/results/>

Recuadro 1. Barreras a la acción climática individual

- El coste, especialmente si estamos pensando en adquirir bienes duraderos (por ejemplo, un coche eléctrico caro frente a un coche convencional más barato).
- Los bienes y servicios de bajas emisiones de CO₂ no siempre están disponibles de manera generalizada. Facilitar la distribución de dichos bienes y servicios para que su consumo fuese fácil y competitivo aumentaría las probabilidades de éxito en el camino hacia una economía descarbonizada.
- La falta de información y de formación. En relación a la formación es destacable la lenta penetración de los mensajes de protección del clima en los currículos académicos, semilla de la acción de futuras generaciones.
- La dificultad de cambiar los hábitos de consumo existentes. El sistema de producción, distribución y consumo es muy intensivo en emisiones de gases de efecto invernadero. Estamos acostumbrados a utilizar el vehículo privado, nos cuesta ahorrar recursos, producimos una cantidad excesiva de residuos y los hábitos alimenticios son intensivos en CO₂, especialmente en las sociedades desarrolladas. Incluir en las rutinas diarias cambios que reduzcan las emisiones es una tarea pendiente.
- La ausencia de un marco regulatorio que facilite la transición hacia una economía baja en CO₂.
- La necesidad de desarrollar un plan de 'marketing climático', animando al comportamiento climáticamente responsable y que sea adecuado a distintos grupos socio-económicos, los cuales responden a los instrumentos de política ambiental de manera asimétrica.
- Relacionado con el punto anterior, en general no se aprovechan los eventos significativos en la vida de los individuos (emancipación, formación de una familia, etc.) para informar sobre opciones de consumo bajas en carbono. La formación y reformulación de actitudes y comportamientos ambientales en estas circunstancias presentan una buena oportunidad para el cambio.
- La falta de liderazgo de gobiernos e instituciones públicas y privadas que crean inercias en el comportamiento de los individuos reforzando la 'tragedia de los comunes' (usando la terminología de Hardin).
- Las normas sociales que relacionan consumo con estatus. El cambio en estas normas sociales favorecería las acciones respetuosas con el clima.

Fuente: Foro de la Transición Energética y el Cambio Climático (2015)¹⁷ basado en Kerr (2012).

¹⁷ <http://www.transicionenergeticaycc.org/web/es/foro/post/Propositos-para-el-2015-parte-II-factores-que-influyen-en-la-mitigacion-individual-del-cambio-climatico/>

Quizá un mayor conocimiento del fenómeno, un entorno social y familiar igualmente conocedor y concienciado, incentivos, normas estables y claras, y el aumento en los fenómenos meteorológicos extremos, hagan reducir la brecha entre las preocupaciones, las intenciones y las acciones.

7. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA CLIMÁTICA: UN MIX COMPLEJO

En apartados anteriores definíamos el proceso de gobernanza como aquel que se caracteriza por la dispersión de poder a niveles de gobierno distinto de los Estados. También hablábamos de gobernanza derivada de la inclusión de actores como las empresas o los individuos. Por último, hacíamos referencia al término gobernanza cuando usamos instrumentos de regulación climática más allá del mandato y el control. A esto último se dedica el último apartado del artículo.

Los instrumentos para la acción climática en lo relativo a la mitigación y la adaptación son múltiples y se suelen usar, con mayor o menor acierto, de forma conjunta. La necesidad de desarrollar instrumentos de política climática se deriva de fallos del mercado o del Estado que llevan a emitir gases de efecto invernadero en cantidades ineficientes, reduciendo el bienestar social.

Desde el mandato y el control, instrumento regulatorio por excelencia, hasta los mercados de derechos de emisión, bandera de la lucha climática europea, repasaremos los principales instrumentos de política climática¹⁸ para finalizar haciendo una reflexión sobre el futuro de los mismos. Se analizará la eficacia ambiental de los instrumentos, su eficiencia estática y dinámica, sus implicaciones sobre la equidad y su viabilidad política.

7.1. Mandato y control

Es el instrumento regulatorio más profusamente usado en el ámbito ambiental en la actualidad, a pesar de la emergencia de mecanismos económicos (Harrington y Mogestern, 2004) y de persuasión, y a pesar también de la mayor eficiencia de los mecanismos económicos. El mandato y el control implican establecer normas (por ejemplo, estándares tecnológicos, estándares de emisiones, permisos o prohibiciones) y verificar el cumplimiento de las mismas, imponiendo sanciones cuando se detecte incumplimiento.

El mandato y el control aseguran la eficacia ambiental, es decir, que se cumpla el objetivo ambiental fijado siempre que se cumplan las normas. En lo rela-

¹⁸ Por razones de espacio se analizarán sólo el mandato y control, los impuestos ambientales y los mercados de derechos de emisión del tipo *cap-and-trade*.

tivo a la eficiencia económica, la evidencia indica que el mandato y el control son, en general, menos eficientes que los instrumentos económicos. Al tratar a todas las empresas de igual manera no se tienen en cuenta los costes asimétricos de la mitigación, no se respeta el principio de equimarginalidad y el esfuerzo de reducción de emisiones no es óptimo. Además, los incentivos que aporta el mandato y el control a la innovación (eficiencia dinámica), al igual que los incentivos a aumentar la ambición ambiental, desaparecen una vez cumplida la legislación.

En términos de viabilidad política, sin obviar las presiones y negociaciones con diversos sectores, el mandato y el control suele ser uno de los instrumentos preferidos por las empresas. Dichas empresas evitan tener que pagar por cada unidad de emisiones (como ocurre con los impuestos). Los ciudadanos, por su parte, son más proclives a aceptar normas de obligado cumplimiento que reflejan el sentido moral del bien y del mal.

El uso de instrumentos de mandato y control está indicado, desde una óptica económica, cuando los daños de llevar a cabo una actividad son severos o cuando los costes de monitorización de los emisores son prohibitivos.

7.2. Impuestos ambientales

Desde que Pigou desarrollara su trabajo sobre cómo atajar las diferencias entre los costes individuales y los costes sociales de una actividad vía impuestos a principios del siglo XX, los impuestos ambientales se han convertido en el más común de los instrumentos económicos ambientales. El objetivo de los impuestos ambientales es guiar el comportamiento de los agentes mediante el uso de incentivos económicos. Ejemplos de impuestos ambientales incluyen los impuestos al consumo de carburantes o impuestos a las emisiones de CO₂ que se dan en multitud de países.

La eficacia ambiental de los impuestos no está asegurada. Como no sabemos cómo van a responder los agentes económicos y sociales ante un impuesto, es complejo prever el efecto ambiental del mismo. Es decir, el desconocimiento del regulador de las curvas de costes marginales de mitigación impide conocer *a priori* las decisiones de reducción de emisiones ante un impuesto. En términos de eficiencia estática y dinámica, los impuestos tienen mejor comportamiento que el mandato y el control. Al imponer, por ejemplo, un impuesto por tonelada de CO₂ emitida, los agentes económicos decidirán si es más barato mitigar y no pagar el impuesto que emitir el CO₂ y pagar. Cada contaminador ajustará su comportamiento según sus circunstancias por lo que, en teoría, se cumple el principio de equimarginalidad, llegándose a un nivel de emisiones eficiente. Por otro lado, los impuestos animan a la innovación, dándose por tanto la eficiencia dinámica, siempre que, fruto de dicha innovación, el coste

de la misma se vea compensado por los menores impuestos pagados. Además de lo anterior, los impuestos ambientales pueden reportar un doble dividendo. Según el Fondo Monetario Internacional, aprovechando la bajada en el precio del petróleo de la segunda mitad de 2014, se podría llevar a cabo una reforma fiscal verde consistente en aumentar los impuestos a los combustibles fósiles, y reducir las subvenciones a los mismos, al tiempo que se reducen los impuestos sobre el empleo, animando así al crecimiento económico (IMF, 2015).

La potencial regresividad de los impuestos ambientales hace que sea de especial importancia tener en cuenta la distribución de la carga impositiva en la sociedad. En términos de viabilidad política, los impuestos no suelen encontrar adeptos entre la comunidad empresarial, a pesar de las características de eficiencia anteriormente descritas, debido a que gravan todas las unidades producidas. La población puede además posicionarse en contra de los impuestos ambientales si estos se consideran una licencia para contaminar para todo aquel que pueda permitírselo, yendo en contra del precepto moral del bien y el mal comentado con anterioridad.

7.3. Los mercados de emisiones

La versión más conocida de los mercados de emisión, denominada *cap-and-trade*, establece un número determinado de permisos de emisión de gases de efecto invernadero. Dichos permisos son distribuidos entre empresas que tienen la obligación de limitar sus emisiones. Las empresas que participan en el mercado de emisiones intercambian los derechos de emisión asignados en función de sus costes de mitigación y del precio de los permisos comerciables. Aquellas empresas con costes marginales de mitigación bajos reducirán sus emisiones y venderán los derechos de emisión, mientras que aquellas empresas con altos costes de mitigación comprarán permisos de emisión y emitirán gases de efecto invernadero por la cuantía de las emisiones asignadas más las adquiridas.

Los mercados de derechos de emisión tipo *cap-and-trade* aseguran que se alcanzan las metas ambientales (eficacia ambiental), siempre que el número total de permisos se asigne en concordancia con las indicaciones científicas. Al permitir a las empresas comerciar con los derechos de emisión se cumplen, en teoría, los criterios de eficiencia estática y dinámica. En cuanto a la viabilidad política, la negociación de los sectores puede 'forzar' una asignación excesiva de permisos. Dicha negociación también puede suponer la asignación gratuita de los permisos (*grandfathering*) en lugar de la subasta de los mismos con el consiguiente ingreso para el Estado.

El primer mercado transnacional de derechos de emisión de gases de efecto invernadero¹⁹ se puso en funcionamiento en la Unión Europea en 2005. Dicho mercado, conocido por sus siglas inglesas (EU-ETS)²⁰ incluye aproximadamente 11.000 empresas del sector eléctrico, manufacturero y el sector de la aviación dentro y entre los países miembros de la UE más Islandia, Liechtenstein y Noruega²¹. En la actualidad, algo menos de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero europeas están cubiertas por el mercado europeo de emisiones, el cual supone tres cuartas partes del mercado global de carbono. Es por tanto un instrumento clave en la política europea de cambio climático. Sin embargo, ni el periodo de prueba del mercado europeo de emisiones (2005-2007) ni el primer periodo de funcionamiento del mismo (2008-2012)²² han alcanzado del nivel de precios necesarios para motivar una transición decidida hacia una economía baja en carbono, a pesar del cumplimiento europeo de sus compromisos a 2012.

En el futuro, el número de permisos de emisión disponibles para las empresas se irá reduciendo gradualmente, a razón de un 1,74% al año entre 2013 y 2020²³, de manera que se incentiva la mitigación de las emisiones a lo largo del tiempo. Así, en 2020 habrá un 21% menos de permisos de emisión que en 2005.

No obstante, el exceso de permisos de emisión²⁴, que ha caracterizado la fase piloto y la primera fase del mercado europeo de emisiones, ha resultado en que se plantee una reforma estructural del mercado. Dicha reforma estructural está encaminada a limitar el exceso de oferta en el mercado e implica posponer la subasta de 900 millones de permisos (*back-loading*). También se ha

19 Y el mayor en tamaño hasta que comience a operar el mercado nacional chino de derechos de emisión en 2017 (Tollefson, 2015).

20 EU-ETS es el acrónimo de European Emissions Trading Scheme.

21 Se debe tener en cuenta que la decisión del Reino Unido de salir de la UE puede afectar a la política climática internacional. Se espera, por ejemplo, un retraso en la ratificación del Acuerdo de París por parte de la UE ya que, entre otros, podría suceder que tanto la UE como el Reino Unido presenten una nueva contribución o NDC. La política climática europea también puede verse afectada, entre otros, por modificaciones de las condiciones del sistema europeo de comercio de emisiones (EU-ETS). No obstante, aún es muy pronto para determinar las consecuencias del Brexit. El modelo de 'divorcio' entre el Reino Unido y la UE determinará, entre otros, el devenir de la política climática europea. (Lázaro Touza, 2016b).

22 Que coincidió con el primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto.

23 A partir de 2021 la reducción de permisos de emisión será del 2,2% anual en lugar del 1,74% actual. http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

24 Cifrada en 2.100 millones de permisos de emisión a finales de 2013 y debida, según la UE, a la crisis económica así como al gran número de permisos de emisión procedentes de la importación de permisos internacionales.

8. CONCLUSIONES

Decía Aristóteles que la política es el arte de lo posible. Hacer posible el objetivo de descarbonizar la atmósfera de modo que la temperatura global permanezca dentro de los límites que se han considerado aceptables y reversibles es uno de los retos que tiene ahora mismo la política internacional.

Desde luego, las organizaciones internacionales y los estados nacionales tendrán que establecer, como vienen haciendo, normas y consensos que regulen la actividad humana, pero el verdadero objetivo es establecer un sistema de gobernanza de aplicación tan universal como los efectos del cambio climático. Gobernanza que incluye mucho más que el mandato y el control, y que debe involucrar a actores no estatales como las empresas con sus políticas e intereses económicos, a los individuos con sus intenciones y creencias y, en fin, a las ciudades, centros de producción e innovación, que suponen un porcentaje muy elevado de la producción industrial y las emisiones mundiales.

Desde la decepción que supuso la COP de Copenhague se han venido desarrollando instrumentos y, sobre todo, conciencia de la necesidad de llegar a un acuerdo omnicompreensivo tanto en lo que respecta a los aspectos a tratar como a los actores implicados. Las aproximaciones de arriba abajo (*top-down*), que habían dominado las negociaciones anteriores, se han sustituido por una agregación de iniciativas de abajo hacia arriba (*bottom-up*), surgidas a nivel nacional o regional. También ha ganado terreno la idea de que la apuesta por la sostenibilidad lleva asociada beneficios económicos al igual que políticos.

La economía es el motor de la sociedad, y la aplicación de instrumentos de carácter económico para la regulación de las emisiones es una cuestión de eficiencia estática y dinámica y, en ocasiones, de realismo político. Las políticas fiscales, los incentivos y los mercados de emisiones juegan un papel dinamizador que, finalmente, tiene por objetivo la inclusión de los factores medioambientales en las cuentas de resultado de las empresas.

Decíamos que la política es el arte de lo posible. La COP21 ha sido el último paso, hasta ahora, en un largo proceso negociador. París no es la solución a los problemas climáticos del planeta, pero sí ha anclado las expectativas de un futuro bajo en carbono, ha definido objetivos y plazos más concretos, e indica el camino para avanzar hacia una solución que, si bien es imperfecta, refleja lo que es posible. Esperemos que París, su implementación y la ambición que han de seguir, sean suficientes para evitar una interferencia peligrosa con el sistema climático.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agrawala, S. et al. (2011), "Private Sector Engagement in Adaptation to Climate Change: Approaches to Managing Climate Risks", OECD Environment Working Papers, No. 39, OECD Publishing.
- Baldwin, R., Cave, M. y Lodge, M. (2012), *Understanding Regulation: Theory, Strategy and Practice*, New York: Oxford University Press.
- Bank of England (2015), The impact of climate change on the UK insurance sector. A Climate Change Adaptation Report by the Prudential Regulation Authority. September 2015.
- Carbon Disclosure Project (2014), Climate action and profitability. CDP S&P 500 Climate Change Report 2014.
- Donald Brown: 'Do US GHG Emissions Commitments pass Ethical Scrutiny?', Widener University, USA, 2015.
- Burke, M., Hsiang, S.M. y Miguel, E. (2015), 'Global non-linear effect of temperature on economic production', *Nature*, nr 527, p. 235-239, DOI: 10.1038/nature15725.
- Clemençon, R. (2016), 'The Two Sides of the Paris Climate Agreement: Dismal Failure or Historic Breakthrough?', *Journal of Environment & Development*, vol. 25, nº 1, pp. 3-24.
- Cordonier Segger, M. C. (2016), *Understanding the Paris Agreement: Prospects for "Climate Justice" and Sustainable Development*. Cambridge University.
- Dell, M., Jones, B. F. y Olken, A. (2012), 'Temperature shocks and economic growth: evidence from the last half century', *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 4, nr 3, p. 66-95.
- Economist intelligence Unit (2014), Building climate change resilience in cities. The private sector's role. The Economist.
- Engel, H., Enkvist, P. y Henderson, K. (2015), How companies can adapt to climate change. McKinsey. July 2015.
- European Commission (2015), Climate Action Progress Report 2015.
- European Commission (2011a), COM (2011) 112 final. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050.
- European Commission (2001b), COM (2011) 855 final. Energy Roadmap 2050.
- European Commission (2008), COM (2008) 30 final. 20 20 by 2020 Europe's climate change opportunity.
- European Council (2014), EUCO 169/14. European Council Conclusions 23rd and 24th of October.

- European Environment Agency (EEA) (2016), EU greenhouse gas emissions at lowest level since 1990.
- European Environment Agency (EEA) (2015), The European Environment. State and Outlook 2015. Synthesis report.
- European Parliament (2015), *U.S. Climate Change Policy. In-depth Analysis for the ENVI Committee*. Directorate-General for Internal Policies, Policy department, Economic and Scientific Policy A.
- Fishbein, M. and Ajzen, I. (1975), *Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Gambhir, A. et al. 'India's CO₂ Emissions Pathways to 2050'. Grantham Institute for Climate Change. University College London Energy Institute. 2013.
- Gillis, J. Y Krasuss, G. (2015), Exxon Mobil Investigated for Possible Climate Change Lies by New York Attorney General. New York Times, 5 de noviembre de 2015.
- Green, F. y Stern, N. (2016), 'China's changing economy: implications for its carbon dioxide emissions'. *Climate policy*. DOI:10.1080/14693062.2016.1156515.
- Harrington, W. y Morgestern, R.D. (2004), 'Economic incentives vs. Command and Control. What's the best approach for solving environmental problems?', Resources for the Future, Winter 2004, pp: 13-17.
- <http://about.bnef.com/landing-pages/100gw-solar-2022-indias-target-aspiration/> (última visita el 20 de julio)
- <http://climateactiontracker.org/countries/usa.html> (última visita el 20 de julio)
- <http://climateandenergy.worldviews.org/results/> (última visita el 19 de mayo)
- http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm (última visita el 13 de junio)
- <http://newsroom.unfccc.int/clean-energy/international-solar-energy-alliance-launched-at-cop21/> (última visita el 4 de junio)
- <http://newsroom.unfccc.int/es/lima/nace-nazca-portal-para-mostrar-la-accion-climatica-de-ciudades-y-sector-privado/> (última visita el 7 de julio)
- <http://ow.ly/MLou301rEov> (última visita el 2 de mayo)
- <http://results.globalwarming.worldviews.org/new2/index.php?cid=blank&gid=blank&ccd=blank&cgid=blank&question=blank&rec=0&lang=573&reclanng=0> (última visita el 20 de mayo)
- http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/chinacphaccord_app2.pdf (última visita el 5 de julio)
- <http://www.ambafrance.org.do/Plan-de-Accion-Lima-Paris-Agenda-de-soluciones> (última visita el 2 de julio)

- <http://www.iclei.org/details/article/iclei-joins-city-of-paris-in-calling-for-cities-and-local-governments-day-during-cop21.html> (última visita el 23 de junio)
- <http://www.msnbc.com/morning-joe/millennials-environment-climate-change> (última visita el 20 de julio)
- <http://www.theguardian.com/sustainable-business/smart-cities-innovation-energy-sustainable> (última visita el 20 de julio)
- <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html> (última visita el 20 de julio)
- <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf> (última visita el 20 de mayo)
- <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/India/1/INDIA%20INDC%20TO%20UNFCCC.pdf> (última visita el 5 de junio)
- <https://www.whitehouse.gov/climate-change> (última visita el 10 de julio)
- International Monetary Fund (IMF) (2015), 'Fiscal Monitor-Now is the Time: Fiscal Policies for Sustainable Growth', April 2015. pp: 1-98.
- IPCC (2014), *Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers*.
- International Energy Agency (2015), *Energy Technology Perspectives: Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action*. Executive summary.
- IRENA (2016), *The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*.
- IRENA (2014), *Rethinking energy. Towards a new power system*.
- Ji, Y. (2014), *China's National Plan for Climate Change (2014-2020)*. Vinson and Elkins.
- Jordan, A. Wurzel, R. y Zito, A. (2005), 'The Rise of 'New' Policy Instruments in Comparative Perspective: Has Governance Eclipsed Government?' *Political Studies*, 2005, 53: 477-496.
- Kerr, T. (2016), *From Paris to Implementation: The Role of International Climate Initiatives*. *Sustainability*. Volume 9. Nº 1: 12-16.
- Kerr, G. W. (2012), *SPICe Briefing Climate Change: The Role of the Individual*. The Scottish Parliament.
- Kollenberg, S. y Taschini, L. (2015), 'The European Union Emissions Trading System and the market stability reserve: optimal dynamic supply adjustment' Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Working Paper No. 195.
- Lázaro Touza, L. (2016a), *COP21 and the Paris Agreement: a diplomacy masterclass*

- in search of greater climate ambition. Real Instituto Elcano. ARI 2/2016 - 11/1/2016.
- Lázaro Touza, L. (2016b), Brexit and climate change: recalibration ahead. Real Instituto Elcano. ARI 52/2016 - 4/7/2016.
- Lázaro Touza, L. E. y López-Gunn, E. (2012), *Climate change policies: mitigation and adaptation at the local level. The example of the city of Madrid (Spain)* in Tortora, M. (ed.), *Sustainable Systems and Energy Management at the Regional Level: Comparative Approaches*, pp: 261 – 287. Hershey: IGI-Global. ISBN 978-1-61350-344-7.
- Lázaro Touza, L. (2011a), 'El papel de la Unión Europea en la gobernanza global en materia climática' *Cuadernos Europeos de Deusto*. Núm. 45/2011, pp: 117-148.
- Lázaro Touza, L. (2011b), Ciudades y Cambio Climático: retos, oportunidades y experiencias. *Real Instituto Elcano*. ARI 56/2011 - 21/03/2011.
- Network of Regional Governments for Sustainable Development, 'The Cancun Agreements UNFCCC COP 16', April 2011.
- Morgan, J. Et al. (2010), reflections on the Cancun Agreements. WRI.
- Obergassel, W., Arens, C., Hermwille, L., Kreibich, N., Mersmann, F., Ott, H. E. y Wang-Helmreich, H. (2016), Phoenix from the Ashes — An Analysis of the Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- Porter, M. y van der Linde, C. (1995), 'Green and Competitive: Ending the Stalemate'. Harvard Business Review, September-October issue.
- Randall, T. (2015), Fossil Fuels Just Lost the Race Against Renewables. Bloomberg New Energy Finance, 14 de abril de 2015.
- Saura Estapá, J. (2003), *El cumplimiento del Protocolo de Kioto sobre cambio climático*. Barcelona: Publicacions Universitat.
- Schout, A. y Jordan, A. (2005), Coordinated European Governance; self-organ is ingorcentrally steered? CSERGE Working Paper EDM 03-14.
- Stern, N., Zenghelis, D. y Rhode, P. (2011), 'City Solutions to Global Problems' en Ricky Burdett y Deyan Sudjic (Eds.), *Living in the Endless City*, Phaidon, New York, 2011, págs. 342-349.
- The Global Commission on the Economy and Climate (2015), Seizing the global opportunity. Partnerships for better growth and a better climate.
- The White House (2014), U.S.-China Joint Announcement on Climate Change.
- The White House (2013), The President's Climate Action Plan. Executive Office of the President.

- Tollefson, J. (2015), China backs cap-and-trade. News in Focus. *Nature*. Vol. 526: 13-14.
- United Nations (2014), World Urbanization Prospects. 2014 revision.
- UNFCCC (2015a), Adoption of the Paris Agreement. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.
- UNFCCC (2015b), Lima-Paris Action Agenda Matures into Major Force Driving Climate Action.
- Von Lehe, A. (2011), 'Cities, Climate and COPs'. *Southeastern Environmental Law Journal*- Vol. 19. nº2: 217-228.
- Wagner, G. y Weitzman, M. (2015), *Climate Shock: the economic consequences of a hotter planet*. Princeton: Princeton University Press.
- Ward, D. S. y Mahowald, N. M. (2014), Contributions of developed and developing countries to global climate forcing and surface temperature change. *Environmental Research Letters*. 9: 10pp. doi:10.1088/1748-9326/9/7/074008
- World Bank (2014), 'State and Trends of Carbon Pricing'. Washington, DC: World Bank.
- World Bank (2011), Guide to Climate Change Adaptation in Cities. The World Bank Group.

Cambio climático y gestión de empresas: análisis retrospectivo y perspectivas de futuro

Javier Amores Salvadó

Profesor Ayudante Doctor. Departamento de Organización de Empresas. Universidad Complutense de Madrid. Línea de investigación prioritaria: Gestión de la innovación medioambiental en la empresa.

José Emilio Navas López

Catedrático de Universidad. Departamento de Organización de Empresas. Universidad Complutense de Madrid.

Gregorio Martín de Castro

Profesor Titular de Universidad. Departamento de Organización de Empresas. Universidad Complutense de Madrid.

RESUMEN

Casi cuarenta años han transcurrido desde que tuvo lugar la Primera Conferencia Mundial sobre Cambio Climático auspiciada por las Naciones Unidas en 1979. Durante este tiempo la preocupación sobre los efectos del cambio climático se ha ido acrecentando y sus consecuencias se han dejado ver en diferentes ámbitos, entre los que se encuentra todo lo que concierne a la gestión de las empresas. A través de una revisión sistemática, este trabajo muestra el alcance y el impacto del cambio climático en la Gestión de Empresas, analiza las diferentes perspectivas desde las que se estudia el fenómeno y propone algunas líneas de investigación futura en la materia.

PALABRAS CLAVE

Cambio climático, gestión de empresas, estrategia medioambiental, gestión sostenible.

ABSTRACT

Nearly forty years have passed since the United Nations Climate Change First Summit took place in 1979. During this time the concern about the effects of Climate Change has increased and its consequences have been felt in different areas and in particular in the management of the firms. Through a systematic review, this paper shows the scope and impact of the Climate Change in the Management of the Firms, analyzing the different approaches under which the concept is developed and proposing some future areas of inquiry.

KEYWORDS

Climate change, business management, environmental strategy, sustainable management.

JEL

M14, Q54

1. INTRODUCCIÓN Y PROPÓSITO DEL TRABAJO

Casi cuarenta años han transcurrido desde que tuvo lugar la Primera Conferencia Mundial sobre Cambio Climático auspiciada por las Naciones Unidas en 1979 (Agrawala, 1998). Durante este tiempo la preocupación sobre los efectos del cambio climático se ha ido acrecentando y sus consecuencias se han dejado ver en diferentes ámbitos, entre los que se encuentra todo lo que concierne a la gestión de las empresas.

Así, el concepto de cambio climático y el impacto de éste sobre las empresas han ido evolucionando en su significado y alcance, pasando de una clara negación del fenómeno a un gran escepticismo y posterior concienciación. En el tránsito de una concepción a otra han jugado un papel muy importante los esfuerzos de los investigadores por refinar el concepto, plantear modelos que expliquen el fenómeno y relacionarlo con diferentes perspectivas y enfoques dentro de la Gestión de Empresas.

En las siguientes líneas se estudiarán los análisis conceptuales y aplicaciones del término cambio climático en cada una de las materias relacionadas con la Gestión de Empresas en las que dicho término tiene presencia. Partiendo de un análisis de citas se procederá a determinar la importancia de la relación cambio climático-Gestión de Empresas con el objetivo de: a) determinar el papel que desempeña la Gestión de empresas dentro de la literatura sobre cambio climático; b) mostrar la importancia que tienen las distintas contribuciones analizadas individualmente y los diferentes enfoques desde los que se estudia el tópico y c) proponer líneas de desarrollo futuras para el avance de la disciplina.

Para alcanzar estos objetivos, el trabajo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar, y tras definir el propósito, se desarrolla la metodología a utilizar para identificar las contribuciones más relevantes en la materia. En segundo lugar, se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de las contribuciones seleccionadas, estableciendo una tipología de contribuciones según el impacto generado y según el enfoque que cada trabajo tiene de acuerdo a la estructura intelectual subyacente de la materia. Y finalmente, en tercer lugar se lleva a cabo la discusión y se desarrollan las principales conclusiones del trabajo.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el análisis que se plantea y obtener los trabajos más relevantes referidos al tópico de estudio (Cambio Climático) se ha seguido un procedimiento que se compone de tres fases diferenciadas.

En primer lugar, siguiendo a Ramos-Rodriguez y Ruíz-Navarro (2004), se ha accedido al catálogo de la *Web of Science* (con fecha 22/07/2016) seleccionando su colección principal y únicamente el *Social Science Citation Index*.¹ Una vez hecho esto se ha incluido en el campo Tema el término "*Climate Change*", teniendo en cuenta que desde este campo se verifica la aparición de los términos de búsqueda especificados en el título, en el *abstract* y en las palabras clave de los documentos. Con el objeto de tener una perspectiva lo más ajustada al área de Gestión de Empresas, los resultados se han filtrado por el área de *Management*. Así, de un total de 20.164 artículos relativos al tópico *Climate Change*, únicamente seleccionamos los 439 que se incluyen en la categoría *Management*.

En segundo lugar, una vez obtenidos los documentos que se ajustan a la búsqueda realizada, se ha realizado un análisis de citaciones (de mayor a menor frecuencia) que nos muestre la frecuencia de citaciones de las referencias bibliográficas seleccionadas. Para dicho análisis se ha utilizado la propia funcionalidad que la *web of science* pone a nuestra disposición a tal efecto.

En tercer y último lugar se han seleccionado los documentos más citados a partir de un determinado umbral (en este caso 50 o más citas recibidas). No se ha optado por un criterio más restrictivo en lo que respecta al número de citas recibidas para no reducir en exceso la muestra objeto de estudio y poder así tener una visión general de las áreas de interés del tópico y de su riqueza conceptual subyacente.

3. RESULTADOS

3.1. Producción Científica. Análisis cuantitativo

Una vez aplicados los criterios anteriores y como resultado de la primera fase anteriormente detallada, se obtuvieron un total de 439 referencias en las que la palabra "*Climate Change*" aparecía en el título, el *abstract* o dentro de las palabras clave.

Tras el análisis de los 439 documentos comentados, se observa que son muy pocos los trabajos citados en más de 50 ocasiones (un total de 26 documentos que finalmente queda en 23 al suprimir de la muestra aquellos que entendemos están mal catalogados, ya que su temática no responde al objeto de estudio de este trabajo) lo que da una idea del poco arraigo que aún tiene el tópico del cambio climático en el área de Gestión de Empresas. Esta percepción inicial

1 Social Science Citation Index (SCCI) es una base de datos que contiene no sólo el título, los autores, la fuente, las palabras clave y otros datos relativos a cada artículo junto con sus referencias bibliográficas. Se trata de un índice gestionado por el U.S. Institute for Scientific Information (ISI) desde 1972.

se ve refrendada cuando se analizan los trabajos que tratan sobre cambio climático en términos relativos y en relación al resto de áreas de conocimiento. Así, tal y como se puede apreciar en la tabla 1, que muestra el número de veces que el tópico ha sido tratado en función del área de conocimiento, se observa que entre las 25 áreas/disciplinas que más tratan el cambio climático, el área de *Management* o Gestión de Empresas sólo se encuentra en el lugar número 21, mientras que *Business* se encuentra en el lugar 24.

Tabla 1. Número de documentos en los que el tópico Cambio Climático ha sido tratado en función del área de conocimiento².

Área de Conocimiento	Número de documentos
ENVIRONMENTAL STUDIES	9298
ENVIRONMENTAL SCIENCES	7023
ECONOMICS	2776
GEOGRAPHY	2445
METEOROLOGY ATMOSPHERIC SCIENCES	2158
ENERGY FUELS	1791
ECOLOGY	1271
POLITICAL SCIENCE	1267
GREEN SUSTAINABLE SCIENCE TECHNOLOGY	1118
PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	1054
PLANNING DEVELOPMENT	1020
INTERNATIONAL RELATIONS	880
PUBLIC ADMINISTRATION	804
GEOSCIENCES MULTIDISCIPLINARY	743
LAW	681
MULTIDISCIPLINARY SCIENCES	670
WATER RESOURCES	642
ANTHROPOLOGY	546
URBAN STUDIES	532
SOCIOLOGY	529
MANAGEMENT	439

² Las áreas de conocimiento utilizadas se corresponden con las categorías de la Web of Science.

Área de Conocimiento	Número de documentos
ENGINEERING ENVIRONMENTAL	494
GEOGRAPHY PHYSICAL	494
BUSINESS	465
SOCIAL SCIENCES INTERDISCIPLINARY	377

Analizando más específicamente el área de *Management*, se puede clasificar la muestra final de 23 documentos en torno a dos grandes grupos de la siguiente forma:

- Trabajos de *impacto medio*: se incluyen en este grupo aquellos documentos que han sido citados entre 50 y 99 veces. Suman un total de 20 documentos.
- Trabajos de *gran impacto*: se incluyen en este grupo aquellos documentos que han sido citados entre 100 y 200 veces. Suman un total de 3 documentos.

No se registran trabajos de *impacto excepcional*, entendiendo por éstos aquellos que han sido citados 200 veces o más.

Tabla 2. Muestra de trabajo. Documentos con 50 o más de 50 citas ordenados de mayor a menor

Autor/es	Título	Año	Revista	Nº de citas
Levy, DL; Egan, D	A Neo-Gramscian Approach to Corporate Political Strategy: Conflict and Accommodation in the Climate Change Negotiations	2003	JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES	138
Melville, Nigel P.	Information Systems Innovation for Environmental Sustainability	2010	MIS QUARTERLY	124
Reid, Erin M.; Toffel, Michael W.	Responding to Public and Private Politics: Corporate Disclosure of Climate Change Strategies	2009	STRATEGIC MANAGEMENT JOURNAL	113
Kolk, A; Pinkse, J	Business Responses to Climate Change: Identifying Emergent Strategies	2005	CALIFORNIA MANAGEMENT REVIEW	98
Hoffman, AJ	Climate Change Strategy: The Business Logic behind Voluntary Greenhouse Gas Reductions	2005	CALIFORNIA MANAGEMENT REVIEW	92

Autor/es	Título	Año	Revista	Nº de citas
Rafols, Ismael; Leydesdorff, Loet; O'Hare, Alice; Nightingale, Paul; Stirling, Andy	How Journal Rankings can Suppress Interdisciplinary Research: A Comparison between Innovation Studies and Business & Management	2012	RESEARCH POLICY	83
Brandenburg, Marcus; Govindan, Kannan; Sarkis, Joseph; Seuring, Stefan	Quantitative Models for Sustainable Supply Chain Management: Developments and Directions	2014	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	80
Berritella, Maria; Bigano, Andrea; Roson, Roberto; Tol, Richard S. J.	A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism	2006	TOURISM MANAGEMENT	79
Sterman, JD; Sweeney, LB	Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming	2002	SYSTEM DYNAMICS REVIEW	72
Phillips, MR; Jones, AL	Erosion and Tourism Infrastructure in the Coastal Zone: Problems, Consequences and Management	2006	TOURISM MANAGEMENT	71
Scott, Daniel; Jones, Brenda; Konopek, Jasmina	Implications of Climate and Environmental Change for Nature-Based Tourism in the Canadian Rocky Mountains: A Case Study of Waterton Lakes National Park	2007	TOURISM MANAGEMENT	70
Porter, Michael E.; Reinhardt, Forest L.	A Strategic Approach to Climate	2007	HARVARD BUSINESS REVIEW	67
Lash, Jonathan; Wellington, Fred	Competitive Advantage on a Warming Planet	2007	HARVARD BUSINESS REVIEW	67
Hoffman, Andrew J.	Talking Past Each Other? Cultural Framing of Skeptical and Convinced Logics in the Climate Change Debate	2011	ORGANIZATION & ENVIRONMENT	62
Bergek, Anna; Jacobsson, S.; Sanden, Bjorn A.	Legitimation and Development of Positive Externalities: Two Key Processes in the Formation Phase of Technological Innovation Systems	2008	TECHNOLOGY ANALYSIS & STRATEGIC MANAGEMENT	62
Kanudia, A; Loulou, R	Robust Responses to Climate Change Via Stochastic MARKAL: The Case of Quebec	1998	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	62
Wijen, Frank; Ansari, Shahzad	Overcoming Inaction through Collective Institutional Entrepreneurship: Insights from Regime Theory	2007	ORGANIZATION STUDIES	61

Autor/es	Título	Año	Revista	Nº de citas
Elliot, Steve	Transdisciplinary Perspectives on Environmental Sustainability: A Resource Base and Framework for IT Enabled Transformation	2011	MIS QUARTERLY	60
Becken, S; Simmons, DG; Frampton, C.	Energy Use Associated with Different Travel Choices	2003	TOURISM MANAGEMENT	60
Stanny, E.; Kirsten, E.	Corporate Environmental Disclosures about the Effects of Climate Change	2008	CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	58
Norgaard, K.M.	We Don't Really Want to Know - Environmental Justice and Socially Organized Denial of Global Warming in Norway	2006	ORGANIZATION & ENVIRONMENT	56
Mowery, David C.; Nelson, Richard R.; Martin, Ben R.	Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models are Needed (or why putting new wine in old bottles won't work)	2010	RESEARCH POLICY	51
Boiral, O.	Global Warming: Should Companies Adopt a Proactive Strategy?	2006	LONG RANGE PLANNING	50

4. ESTRUCTURA INTELECTUAL SUBYACENTE

4.1. Análisis cualitativo

Más allá del análisis cuantitativo es interesante conocer cuál es la estructura intelectual subyacente que se encuentra tras las diferentes contribuciones objeto de estudio. Así, en el caso del cambio climático es posible diferenciar siete orientaciones en la literatura académica, teniendo cada una de ellas un diferente impacto. (Figura 1).

Siguiendo una lógica que va de lo más general a lo más específico, en primer lugar encontramos aquellos trabajos que analizan el fenómeno del cambio climático desde un punto de vista **conceptual** o que investigan formas de **modelizar** una realidad tan compleja como esta.

Posteriormente se encuentran aquellos trabajos específicos relativos a áreas concretas en los que el cambio climático ha sido tratado con mayor o menor intensidad.

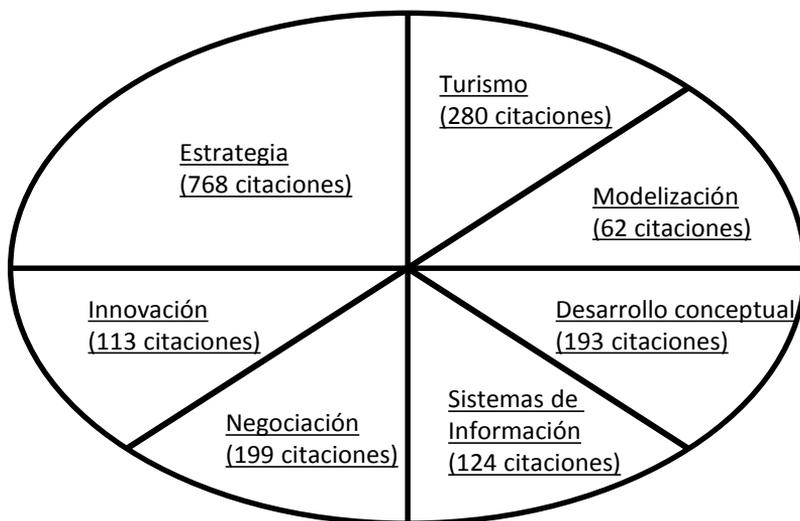
Dentro de estos, el grupo más relevante de trabajos (con un total de 768 citaciones) está compuesto por aquellos que analizan el fenómeno del **cambio climático desde la estrategia empresarial**. Dentro de este grupo se encuentran aportaciones que investigan acerca de las estrategias de desclasificación de información medioambiental, las ventajas competitivas que el desafío medioambiental puede suponer para las empresas e incluso el papel de la función de operaciones desde una perspectiva estratégica centrada en las relaciones entre la cadena de suministro y la sostenibilidad.

Un segundo grupo dentro de los trabajos específicos (con un total de 280 citaciones) lo conforman aquellas aportaciones académicas que relacionan el **cambio climático con el turismo**. Así, estudian cómo impacta el cambio climático en la demanda y la oferta turística, los destinos turísticos, las infraestructuras turísticas y el uso de la energía en los desplazamientos turísticos.

En un tercer grupo dentro de esta categoría (con un total de 199 citaciones) se encuentran aquellas aportaciones de la literatura que analizan el tópico del cambio climático atendiendo a las **estrategias negociadoras** de las empresas en relación a los compromisos de emisiones y las distintas formas de llegar a acuerdos en éste ámbito mediante la negociación.

En el último grupo de trabajos más específicos encontramos aquellas aportaciones que analizan el problema desde la perspectiva de la **innovación** (con un total de 113 citaciones) y los **sistemas de información** (con un total de 124 citaciones), donde el cambio tecnológico de las industrias y el aprovechamiento de la tecnología para la gestión juegan un papel primordial.

Figura 1. Citaciones por área en los trabajos sobre cambio climático



4.2. Trabajos de carácter general

4.2.1. Cambio climático: Análisis conceptual

Dentro de los análisis conceptuales, el de Sterman y Sweeney (2002) es el más citado (79 citas). Los autores hacen un importante esfuerzo didáctico y explican la dinámica que siguen el clima y las temperaturas. Argumentan que el cambio climático es un problema clásico de dinámica de sistemas y que muy poca gente entiende que las acciones en contra del calentamiento global tienen que ponerse en marcha décadas antes de que éste sea inabordable.

Así, ponen el énfasis en la concepción equivocada del cambio climático que tiene la sociedad. Mientras que las autoridades ponen en práctica unas políticas centradas en “esperar y ver” o lanzan iniciativas pretendidamente confusas (el programa “Clear Skies” de la administración Bush básicamente proponía continuar con el crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero), la población supuestamente bien informada (a la que va dirigida el estudio, pues se trata de estudiantes graduados y supuestamente bien educados) aún mantiene creencias equivocadas y simplistas respecto de los efectos del cambio climático y piensa, por ejemplo, que las temperaturas responden de forma inmediata a los cambios en las concentraciones de CO₂, de forma que una reducción significativa en emisiones viene acompañada de forma inmediata de una bajada de temperatura o que con el cumplimiento de los objetivos del Protocolo de Kioto (1997) el clima se estabilizaría.

En definitiva, con este trabajo los autores alertan sobre el desconocimiento general del problema del cambio climático y hacen una llamada orientada al logro de un mayor entendimiento apoyándose en la dinámica de sistemas como herramienta fundamental.

Hoffman (2011) —62 citas— analiza detalladamente y de forma rigurosa las dos principales posturas con respecto al cambio climático que se dan en la literatura. En base a la información recabada tanto por medio de entrevistas como con el análisis de editoriales de prensa sobre el tópico, el autor constata que el debate está completamente polarizado. Así, existe un cisma cada vez mayor entre los escépticos y los convencidos del cambio climático que se fundamenta en la diferente visión del mundo que ambos grupos tienen. Están alcanzando un nivel de polarización tal (muy parecido al que existe entre los convencidos del cambio climático y los que directamente lo niegan) que a su entender se antoja casi imposible la existencia de un diálogo constructivo entre ellos. Concluye que el debate sobre el cambio climático en la academia está dominado por los campos de la economía, la ingeniería y el derecho, y que es necesario dar un mayor peso a las ciencias sociales para lograr entender mejor tanto

los orígenes del problema como sus posibles consecuencias y enriquecer el debate.

Norgaard (2006) -56 citas- se adentra en el campo de la sociología para explicar la falta de interés por el problema del cambio climático en determinados contextos. Considera el problema del cambio climático como un problema de justicia medioambiental ya que: a) las ricas e industrializadas economías del hemisferio norte contribuyen de forma desproporcionada al cambio climático; b) las consecuencias del cambio climático serán peores para los países más pobres del hemisferio sur; c) las negociaciones sobre el cambio climático han favorecido a las naciones industrializadas en términos de resultados y procesos; d) justicia intergeneracional: los habitantes actuales de la tierra están reduciendo la capacidad de sostener la vida humana de las generaciones posteriores.

Así, constata a través de su estudio (que no solo tiene en cuenta las opiniones individuales sino también el contexto en el que estas se conforman) que la falta de interés por el cambio climático en determinados contextos como el de la sociedad noruega (donde realiza su trabajo de campo) no se explica por la falta de información sobre sus efectos, como en ocasiones se argumenta. Por el contrario, lo que plantea, basándose en la *Sociología de la negación*, es que lo que realmente ocurre es una negación socialmente organizada sobre los efectos del cambio climático, atribuyendo este hecho a que esta negación sirve para mantener los intereses económicos globales del país (teniendo en cuenta que la prosperidad económica del pueblo noruego y su estilo de vida están íntimamente relacionados a la producción de crudo). En suma, lo que el autor plantea no es que exista en ese país un problema de falta de información sobre los efectos del cambio climático, sino que realmente lo que en su opinión ocurre es que se produce una negación socialmente organizada sobre los efectos del mismo.

4.2.2. Cambio climático: Modelización

Dentro de los estudios de modelización del cambio climático destaca el trabajo de Kanudia y Loulou (1998) con 62 citas. Su principal característica es que, contrariamente a los modelos elaborados hasta la fecha, tiene en cuenta la incertidumbre asociada al problema del cambio climático (incertidumbre que proviene en este caso del desconocimiento de los niveles óptimos de eliminación de los gases de efecto invernadero). Así, en lugar de elaborar varios posibles escenarios de carácter determinista (con una sola estrategia asociada a cada escenario), plantea un escenario estocástico con una sola estrategia pero con diferentes acciones contingentes o posibilidades en relación a diferentes mag-

nitudes relevantes como el suministro de energía eléctrica, suministro de gas natural, energías renovables u oferta de crudo.

4.3. Trabajos de carácter específico

4.3.1. Cambio climático y estrategia empresarial

Sin duda, la corriente que relaciona de forma específica el cambio climático y la estrategia empresarial es la más importante hasta el momento (ver figura 1).

El máximo exponente en éste ámbito lo constituyen Reid y Toffel (2009) -113 citas-, quienes centran sus análisis en las prácticas de desclasificación de información medioambiental de las empresas. Así, estudian la influencia que tiene la presión de los grupos de interés (accionistas y gobiernos) en dichas prácticas de desclasificación de información, bien porque son señaladas directamente por dichos grupos o bien gracias al “efecto disuasorio” que sufren las empresas de la misma industria o aquellas sometidas a una misma regulación.

Sus resultados muestran que las empresas son más proclives a participar e involucrarse en las prácticas de desclasificación de información medioambiental si ellas mismas (o las empresas de su misma industria) son señaladas por los accionistas como destinatarios de sus resoluciones en esta materia. De igual forma, las empresas sometidas a la “amenaza” de una determinada regulación (y las empresas no directamente afectadas por ésta pero que comparten también su espacio institucional) también serán más proclives a participar e involucrarse en dichas prácticas.

El trabajo, a través del desarrollo teórico y empírico de las teorías de activismo social y cambio organizativo, contribuye a la literatura sobre el tópico en la medida en que muestra cómo las empresas interpretan y responden a las presiones de los grupos de interés.

Kolk y Pinkse (2005) -98 citas- analizan las diferentes estrategias puestas en marcha por las empresas para responder al cambio climático. Tomando como muestra a 136 empresas pertenecientes a la lista Global 500 del *Financial Times*, que contiene las 500 compañías más grandes a nivel mundial, los autores utilizan un análisis *cluster* para formar diferentes perfiles de empresa que difieren entre ellos según su estrategia con respecto al cambio climático. Como resultado del análisis se identifican 5 perfiles de estrategia medioambiental, destacando entre todas como la más utilizada (por un 67% de las empresas analizadas) aquella que considera la reducción de emisiones como un objetivo futuro, pero que no realiza cambios en la actualidad. Otras estrategias, aunque mucho menos utilizadas son: a) la reducción de emisiones dentro de la compañía y la apuesta por la eficiencia energética; b) la búsqueda de oportunidades (p. ej.

proyectos conjuntos de reducción de emisiones) dentro de la cadena de valor y en otros mercados; c) comercio de emisiones.

El Protocolo de Kioto y la reacción de las empresas ante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es el argumento principal del trabajo de Hoffman (2005) —92 citas—. Desde un punto de vista estratégico, el autor plantea que hay tantas posibles reacciones como empresas existen y que la pregunta que han de hacerse éstas no es si es rentable ser “verde”, sino más bien las siguientes: ¿para qué empresas es más rentable? ¿Cómo es más rentable ser “verde”? o ¿Cuándo es más rentable ser “verde”?

Se argumenta que aunque los Estados Unidos de América rechazaron firmar el Protocolo de Kioto, en realidad lo que está ocurriendo es una transición general hacia modelos y prácticas más sostenibles. De ahí que numerosas empresas de ese país hayan tomado la delantera a su gobierno y hayan comenzado a realizar prácticas tendentes a la reducción de emisiones basándose en consideraciones estratégicas. Así, las razones que llevan a las empresas a reducir sus emisiones son muy variadas y tienen que ver con las mejoras a nivel operativo, adelantarse a los cambios en la regulación, acceder a nuevas fuentes de capital, disminuir el riesgo, mejorar la reputación, identificar nuevas oportunidades de mercado o mejorar la gestión de recursos humanos.

De la valoración que cada empresa haga acerca de cada una de las anteriores razones dependerá su apuesta estratégica respecto del cambio climático.

Brandenburg, Govindan, Sarkis y Seuring (2014) -80 citas- analizan en qué medida los aspectos medioambientales y sociales son tenidos en cuenta en la literatura sobre la gestión de la cadena de suministro. A través de un análisis de contenido se identifican los trabajos más relevantes sobre la materia y se señalan aquellas áreas que representan una oportunidad y están pendientes de desarrollo futuro. Así, se constata que existen muchas posibilidades de mejora en las áreas que tienen que ver con la perspectiva inter-organizativa de la cadena de suministro. Esto es, en el análisis cuantitativo relativo a la coordinación vertical de las cadenas de suministro sostenible o en la relación entre las decisiones que en éste ámbito toman las empresas y los aspectos regulatorios.

Fruto del análisis anterior, los autores también destacan la falta de trabajos que estudien el riesgo medioambiental en la cadena de suministro o la sostenibilidad en el transporte y en el almacenaje.

Pero por encima de todo, la principal conclusión de la revisión de la literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles es que existe una alarmante falta de trabajos de carácter cuantitativo que analicen la sostenibilidad social, dando la impresión de que el concepto de Triple-Bottom-Line es únicamente una construcción teórica.

Lash y Wellington (2007) -67 citas- aportan argumentos para sostener la idea de que adaptarse al cambio climático puede ser una fuente de ventaja competitiva para las empresas. Los autores siguen la línea ya iniciada por Hart (1995) y su Natural Resource Based View y muestran, mediante un análisis de carácter práctico y empleando casos procedentes de la realidad empresarial, que la mejor opción para las empresas ante el desafío climático es adaptarse a éste antes y mejor que sus competidores.

Así, las empresas que no pongan en marcha medidas que garanticen la continuidad de las operaciones en un futuro con emisiones de carbono restringidas se encontrarán en desventaja competitiva debido a los riesgos que tendrán que asumir en términos regulatorios, tecnológicos, legales y reputacionales.

En este sentido, los autores plantean los cuatro pasos principales que han de seguir las empresas en sus estrategias relativas al clima, que son: a) cuantificar la huella de carbono; b) valorar los riesgos y oportunidades de una economía sin emisiones de carbono para la empresa; c) adaptar el negocio a minimizar los riesgos y maximizar las oportunidades antes comentadas; d) hacerlo mejor que tus competidores en todas estas tareas.

En un esfuerzo por ordenar la literatura sobre sostenibilidad medioambiental, Elliot (2011), -60 citas- realiza un valioso e interesante análisis caracterizado por su interdisciplinariedad. Así, desde una selección de las 19 revistas más relevantes que tratan el tópico, diferencia claramente entre categorías (contabilidad, ecología, economía, ingeniería etc...) y disciplinas (organización, medio ambiente, análisis industrial etc...) y además profundiza señalando las diferentes teorías que subyacen tras dichos trabajos, con el objetivo de aportar luz al concepto de sostenibilidad medioambiental, a los retos que afronta y al estado de la cuestión presente y futuro. Asimismo realiza una selección de aquellos trabajos más representativos hasta el momento.

Por su parte Stanny y Kirsten (2008) -58 citas- examinan las decisiones de desclasificación de la información hacia sus inversores institucionales que toman las compañías del índice bursátil S&P en relación a los efectos actuales y futuros del cambio climático. En base al *Carbon Disclosure Project*, en el que 315 inversores instituciones enviaron un cuestionario sobre cambio climático a las empresas más grandes de dicho índice, los autores analizan los factores que explican por qué unas empresas son más proclives a desclasificar información que otras. Los resultados indican que el tamaño, la experiencia previa en desclasificación de información y la existencia de ventas foráneas por parte de la empresa son factores que se relacionan positivamente con las decisiones de desclasificación.

Boiral (2006) -50 citas- toma como referencia el Protocolo de Kioto (1997) y la emisión de gases de efecto invernadero para mostrar los diferentes enfoques

bajo los que se estudia la influencia del cambio climático en la actividad de las empresas. Así, mientras que desde la teoría económica clásica las acciones medioambientales de la empresa se ven como una fuente de costes para las empresas, la denominada Porter Hypothesis ve en éstas una fuente de innovación empresarial y de potenciales ventajas competitivas. Para el autor, el problema del impacto del cambio climático en las decisiones empresariales dista mucho de ser sencillo y por ello huye de soluciones generales aplicables de la misma forma a todas las empresas. Considera que el tema ha de tratarse desde un enfoque interdisciplinar que integre información relevante de varias áreas de conocimiento. En este sentido, el trabajo destaca por su apuesta por la *Environmental Intelligence* como herramienta de gran utilidad que permite reunir grandes cantidades de información referente a regulación medioambiental, requerimientos medioambientales de los productos, oportunidades de mercado, impacto social, avances tecnológicos, etc. La explotación adecuada de esta información será el paso previo a la toma de decisiones y al establecimiento de políticas medioambientales en la empresa.

4.3.2. Cambio climático y turismo

Dentro del bloque específico de cambio climático y turismo destacan Berritella, Bigano, Roson y Tol (2006) con 79 citas, que analizan el impacto del cambio climático en la demanda y oferta turística y en las economías regionales desde la perspectiva de los destinos turísticos. Adoptando un planteamiento cuyo alcance va mucho más allá del sector turístico, los autores estiman la redistribución internacional de la demanda turística y de los ingresos que se producirá como consecuencia del cambio climático. Para ello, utilizan modelos económicos de equilibrio general que a partir de datos económicos estiman la reacción de una economía ante cambios en políticas, tecnología y otros factores externos. Como conclusiones más destacables de su análisis cabe mencionar el impacto del cambio climático en el producto interior bruto en el entorno del -0,3% al +0,5% para el año 2050. En términos de redistribución de la demanda turística, los autores también pronostican que los países que actualmente monopolizan la demanda turística mundial, en el futuro serán mucho menos atractivos y demasiado calurosos, desplazándose dicha demanda hacia el Este de Europa, Japón, Norteamérica y Asia, entre otros.

Phillips and Jones (2006) -71 citas- hacen referencia al impacto del cambio climático en la industria turística y en concreto en las playas, como consecuencia del aumento del nivel del mar. Este hecho es en sí mismo una seria amenaza a la industria turística y en consecuencia pone en serio peligro la economía de muchas localidades y regiones. Los autores se preguntan si es posible proteger

y gestionar los recursos costeros respondiendo al mismo tiempo a las crecientes presiones para el desarrollo turístico.

Mediante un caso de estudio centrado en la gestión sostenible de una infraestructura turística en una zona costera, el trabajo analiza las causas y los efectos de la erosión y sostiene que los responsables de la gestión de las zonas costeras deben adoptar técnicas que se acomoden a los procesos naturales en lugar de simplemente recurrir a las medidas tradicionales. Así, en base a distintas experiencias exitosas, proponen (en lugar de construir las más tradicionales estructuras sólidas como malecones, rompeolas o espigones) utilizar las prácticas de "*beach nourishment*" consistentes en utilizar arenas marinas para conformar una zona costera más ancha y más protegida de los impactos y tormentas.

En parecida línea a Phillips y Jones (2006), Scott, Jones y Konopek (2007) -70 citas- estudian el impacto del cambio climático en los destinos turísticos. En concreto, estos últimos analizan el caso de las Montañas Rocosas en Canadá y cómo dicho cambio medioambiental puede afectar también de forma indirecta al número de visitantes en el corto, medio y largo plazo.

Para llevar a cabo dicho análisis utilizan una encuesta a visitantes y tres posibles escenarios (en orden creciente de temperatura media) con diferentes impactos medioambientales a medida que aumenta la temperatura³, en tres momentos del tiempo diferente (2020, 2050 y 2080). Los resultados muestran que si bien en el corto plazo y en el medio plazo la afluencia de visitantes no se ve afectada por los impactos antes mencionados (incluso aumenta), en un hipotético escenario 3 (el más cálido), los efectos del cambio climático sí se hacen notar y disminuye el número de visitantes, dado que para éstos la pérdida de diversidad, tanto en especies animales como en vegetación y en riqueza paisajística, es el activo fundamental de los parques nacionales.

Por último, Becken, Simmons y Frampton (2003) -60 citas- destacan la contribución del turismo al cambio climático. En lugar de centrar su trabajo en el estudio de la emisión de gases de efecto invernadero, los autores analizan la conexión entre el turismo y el medio ambiente desde una perspectiva centrada en el consumo energético asociado a las distintas opciones turísticas. Desde su perspectiva, el consumo energético también es un aspecto de la máxima importancia a tener en cuenta en la política turística. Con un enfoque eminentemente práctico centrado en el caso del turismo neozelandés, se estudia el consumo energético en el transporte, en el alojamiento y en las diferentes acti-

3 Los impactos medioambientales que se indican son más intensos a medida que aumenta la temperatura y se refieren a: la disminución del número de especies, de la población de osos, alces y carneros, la disminución de glaciares y de la vegetación, aumento en la ocurrencia de fuegos forestales, disminución del ratio medio de capturas de pescado y aumento de la temperatura de los lagos.

vidades que se llevan a cabo durante la estancia turística. Como resultado del análisis se destaca la importancia del transporte en lo que respecta al uso de la energía, ya que consume aproximadamente el 70% de la energía utilizada, lo que a juicio de los autores justifica un tratamiento específico en las políticas turísticas.

4.3.3. *Cambio climático y estrategias negociadoras*

Un bloque con gran importancia dentro del análisis del cambio climático y la literatura de *Management* lo constituye el que se refiere a cómo las empresas se enfrentan al problema mediante sus estrategias negociadoras. En este sentido, el trabajo de Levy y Egan (2003) destaca por ser el más citado de toda la literatura analizada con 138 citas. Los autores estudian la estrategia corporativa de las empresas en el terreno de la negociación y tratan el caso concreto de determinadas industrias estadounidenses (aluminio, petróleo, químicas y energética) y su reacción ante las presiones para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Tomando como referencia los postulados de Antonio Gramsci sobre la persistencia de las estructuras sociales y económicas incluso cuando se ven amenazadas por la desigualdad creciente fruto del sistema capitalista, los autores analizan cómo reaccionan determinadas industrias hegemónicas ante la amenaza que representa el cambio climático para la supervivencia de sus lucrativos negocios.

Así, tras una serie de errores de cálculo estratégico por parte de estas compañías (que inicialmente cuestionaron el propio cambio climático y más aún la influencia de la actividad humana en él), finalmente se han visto forzadas a adoptar una estrategia de "revolución pasiva" ante el fenómeno. Esto ha sido así debido a que el resto de actores a favor de la reducción de emisiones han conseguido maniobrar de forma muy eficiente en el terreno de las negociaciones internacionales, constituyendo coaliciones bien articuladas que además se sustentan en un liderazgo moral e intelectual. De esta forma y hasta el momento, las compañías cuyo negocio se basa en los combustibles fósiles, a cambio de aceptar modestas restricciones en las emisiones, han conseguido mantener su posición hegemónica.

Es interesante destacar que, tal y como mencionan los autores, parece irónico que justo cuando la administración Bush se desvinculó del Protocolo de Kioto en 2001, la industria ya se estaba acomodando al cumplimiento de las restricciones a las emisiones propugnadas por los organismos internacionales, e incluso algunas empresas energéticas estaban haciendo presión para generalizar la adopción de los controles internacionales entre las empresas esta-

dounidenses y aprovechar así para posicionarse y competir en la industria del futuro.

También relevante, aunque con mucha menor repercusión, Wijen y Andari (2006) -61 citas- analizan el complejo proceso negociador que dio lugar a la firma del protocolo de Kioto. Partiendo de una situación inicial del proceso negociador en la que existían 200 países, se formaron tres bloques diferenciados formados por la Unión Europea, los llamados países en vías de desarrollo y una coalición formada por EEUU, Japón, Suiza, Canadá, Australia, Noruega y Nueva Zelanda. Los autores analizan de forma detallada los procesos negociadores intra-bloques e inter-bloques y su diferente grado de avance. Así, destacan que en dicho proceso no solo estuvieron sobre la mesa asuntos relativos al cambio climático y a la reducción de las emisiones, sino que también se tuvieron en consideración otras cuestiones de índole estrictamente política.

Desde el punto de vista académico, el trabajo destaca por fusionar dos áreas de investigación y teorías hasta el momento distantes, como son las teorías institucionales y las teorías que se encuentran bajo el paraguas de las llamadas "regime theories". Así, mientras las teorías institucionales son propias de los estudios de organización, las "regime theories" son desarrolladas fundamentalmente en el área de las relaciones internacionales. Los autores demuestran que ambas, de manera conjunta, pueden explicar los complicados procesos de formación de acuerdos que dan lugar a los cambios institucionales cuando existen multitud de actores con intereses diversos.

4.3.4. Cambio climático e innovación

Bergek, Jacobsson y Sandén (2008) -62 citas- analizan los sistemas de innovación tecnológica en el contexto del cambio climático a través de varios casos de estudio relativos a las tecnologías asociadas a las energías renovables. Parten de un concepto de sistemas de innovación tecnológica orientado al desarrollo, difusión y utilización de nuevas tecnologías e identifican cada una de las funciones que los conforman. En concreto, los autores analizan la función de legitimación y de desarrollo de externalidades positivas. Así, se destaca la importancia de la legitimación de una tecnología por parte de la industria, acomodándose a las instituciones existentes y consiguiendo la aprobación de los actores principales que forman parte de ella. Con respecto al desarrollo de externalidades positivas dentro de los sistemas de innovación tecnológica, se destaca la importancia de buscar los solapamientos entre ellos de modo que el crecimiento de un sistema de innovación tecnológico debe facilitar el camino para el crecimiento de otros (p. ej: un cambio legislativo que promueva energías renovables no solo beneficia a la energía eólica sino también a la energía solar). Es decir, lo que subyace al concepto de externalidades positivas en este

caso es la oportunidad de compartir elementos estructurales entre tecnologías que compiten entre sí pero que, a la vez, contribuyen a promover una visión de futuro y una expectativa de cambio y neutralidad respecto del carbón.

Mowery, Nelson and Martin (2010) —51 citas— analizan las diferentes opciones de política tecnológica que existen para afrontar el cambio climático. Los autores defienden que el desafío es tal que no son válidas ni eficientes las recetas o los programas globales del estilo “Manhattan Project” o “Apollo Program” por diferentes y muy variadas razones. Entre ellas, señalan que en el caso del cambio climático el “cliente” no es sólo el gobierno, sino que el éxito depende de la adopción generalizada por parte de los consumidores y las empresas de un conjunto diverso de tecnologías.

Abogan, sin embargo, por programas de I+D que apoyen el desarrollo y el despliegue de diferentes tecnologías en diversos sectores específicos (cada sector tiene un grado de desarrollo tecnológico y opera bajo un determinado paradigma) y por el impulso necesario de los programas de I+D públicos y privados y de las políticas públicas que no sólo estén centradas en la industria (oferta) sino también en la demanda. Desde su punto de vista, los precios actuales de los combustibles fósiles no reflejan el coste social que provocan, por lo que en términos de política energética este “fallo” en los precios debería ser corregido y, de este modo, incentivar el uso de tecnologías mucho más medioambientalmente sostenibles. Además, incluso si se corrigiera este fallo en los precios, los primeros adoptantes de las tecnologías más medioambientalmente sostenibles estarían en desventaja con respecto a las tecnologías ya consolidadas, con lo que también deberían recibir apoyo público.

Para demostrar la validez de sus argumentaciones, los autores analizan el funcionamiento de programas específicos en EEUU y en Gran Bretaña en las industrias agrícola, biomédica y de tecnologías de la información, que además de apoyar la innovación, también han ayudado a la adopción de nuevas tecnologías.

4.3.5. Cambio climático y sistemas de información

Dentro de este bloque que relaciona el cambio climático con los sistemas de información y comunicación, el trabajo con mayor repercusión es el realizado por Melville (2010). Este trabajo se caracteriza por incorporar al debate sobre la sostenibilidad y el cambio climático una perspectiva comparativamente poco estudiada que tiene como argumento principal analizar el papel que juegan los sistemas de información en la lucha contra el cambio climático y en pro de la sostenibilidad medioambiental.

El autor pone de relieve el carácter único de la investigación en los sistemas de información, ya que incorpora elementos de vital importancia para el estu-

dio de la sostenibilidad medioambiental. En concreto, es primordial el análisis de datos en relación a la cuantificación de los impactos medioambientales, sus causas y efectos así como el conocimiento compartido en una disciplina tan transversal que afecta a distintos campos de conocimiento. Por otra parte, también destaca la importancia de los sistemas de información en el control, gestión y optimización de la energía, aspecto también de vital importancia para la lucha contra el cambio climático.

Adaptando el marco teórico *Belief-Action-Outcome* de Coleman (1986), el autor propone 10 preguntas de investigación en las que los sistemas de información y la sostenibilidad medioambiental en las organizaciones se relacionan, proporcionando así una base conceptual y una hoja de ruta para el desarrollo futuro de los estudios de los sistemas de información orientados a la sostenibilidad.

En definitiva, el trabajo pretende establecer una agenda de investigación de sostenibilidad medioambiental dentro de un tópico que, a su entender, constituye una herramienta de primer orden en la lucha de las organizaciones contra el cambio climático.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Fruto del análisis anterior se aprecia la escasa presencia del área de conocimiento de Gestión de Empresas o *Management* en la literatura relativa al cambio climático. Así, ésta se encuentra en el puesto número 21 si atendemos al número de contribuciones, lo que la sitúa muy por detrás de otras materias como estudios ambientales, ciencias ambientales, economía, ciencia política o derecho, entre otras.

Esta situación de poca relevancia e influencia del área de Gestión de Empresas en el campo del cambio climático puede explicarse, tal y como mencionan Rafols, Leydesdorff, O'Hare, Nightingale y Stirling (2012) en la creciente especialización de las revistas de *Management*, que difícilmente incluyen en sus números trabajos de carácter interdisciplinar. Un claro ejemplo de esta realidad lo constituye el trabajo de Goodall (2008), que constata empíricamente que en 2008 sólo 9 artículos sobre cambio climático habían aparecido entre las 30 revistas más importantes en Business & Management (sobre un total de 31000 trabajos).

Por tanto, a la vista de los resultados que presenta este trabajo, la situación no parece que haya cambiado demasiado y representa un desafío muy importante. En este sentido, parece claro que la interdisciplinariedad es precisamente el enfoque desde el que ha de abordarse un problema tan complejo como el del cambio climático, por lo que aún queda mucho trabajo por hacer.

Asimismo es destacable que, dentro de los trabajos de *Management* analizados, aquellos que pueden catalogarse como de gran impacto (entre 100 y 200 citas) son los que se refieren a negociación de derechos de emisión, sistemas de información o desclasificación de información medioambiental, tópicos que, aunque relevantes, no se pueden considerar como ejemplos de medidas de alto impacto o de sostenibilidad “fuerte”, relegando a un segundo plano aquellos otros trabajos con mayor peso tecnológico y que implican cambios de gran calado en la estructura productiva de las empresas. A la vista de esta evidencia, se puede concluir que la relación entre cambio climático y Gestión de Empresas se encuentra aún en una etapa incipiente en la que, por un lado, no existen trabajos de impacto excepcional (con más de 200 citas) y, por otro, los tópicos analizados sólo profundizan en aspectos un tanto accesorios que no implican cambios fundamentales en las estructuras productivas, en la tecnología empleada o en la estrategia medioambiental de las empresas.

De cara al futuro existe un amplio campo lleno de posibilidades para profundizar en la materia. Así, además de estudiar con una mayor amplitud el papel de la tecnología en la apuesta de las empresas por un futuro más ecológicamente sostenible, se enriquecería mucho el análisis del tópico si se utilizaran perspectivas interdisciplinares donde, además de los aspectos propios de la Gestión de Empresas, confluyeran otros muchos factores que mejoraran los modelos planteados. En este sentido, sería necesario fusionar la literatura sobre cambio climático con la literatura sobre la gestión medioambiental de la empresa, mucho más desarrollada, y que sin duda aportaría un gran valor tanto conceptual como empírico a los estudios de cambio climático.

Finalmente, hay que destacar que el presente trabajo no está exento de limitaciones. En primer lugar, la metodología que se ha seguido para buscar los trabajos más relevantes podría mejorarse no sólo en lo relativo a los análisis efectuados (podrían incluirse otros análisis más refinados como el estudio de las cocitaciones), sino también en lo que respecta a las bases de datos objeto de consulta (en éste trabajo sólo se ha consultado la *Web of Science*). En segundo lugar, es necesario realizar un análisis más en profundidad de las conexiones entre los trabajos sobre cambio climático y gestión medioambiental de la empresa, análisis que podría ser un interesante ejercicio teórico y podría ayudar a fusionar ambas perspectivas tal y como hemos propuesto anteriormente.

6. REFERENCIAS

- Agrawala, S. (1998). “Context and Early Origins of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. *Climate Change*, 39, pp. 605-620.
- Becken, S.; Simmons, D.; Frampton, C. (2003). “Energy Use Associated with

- Different Travel Choices". *Tourism Management*, 24, pp. 267-277.
- Bergek, A.; Jacobsson, S.; Sandén, B.A. (2008). "Legitimation and Development of Positive Externalities: Two Key Processes in the Formation Phase of Technological Innovation Systems". *Technologic Analysis & Strategic Management*, 20, 575-592.
- Berrittella, M.; Bigano, A.; Roson, R.; Tol, R. (2006). "A General Equilibrium Analysis of Climate Change Impacts on Tourism". *Tourism Management*, 27, pp. 913-924.
- Boiral, O. (2006) "Global Warming: Should Companies Adopt a Proactive Strategy?" *Long Range Planning*, 39, 315-330.
- Brandenburg, M.; Govindan, K.; Sarkis, J.; Seuring, S. (2014). "Quantitative Models for Sustainable Chain Management: Development and Directions". *European Journal of Operational Research*, 233, pp. 299-312.
- Coleman, J.S. (1986). "Social Theory, Social Research, and a Theory of Action". *American Journal of Sociology*, 91, pp. 1309-1335.
- Elliot, S. (2011). "Transdisciplinary Perspectives on Environmental Sustainability: A Resource Base and Framework for IT-Enabled Business Transformatin". *MIS Quarterly*, 35, pp. 197.
- Goodall, A.H. (2008). Why Have the Leading Journals in Management (and other social sciences) Fail to Respond to Climate Change? *Journal of Management Inquiry*, 17, pp. 408-420.
- Hart, S. L. (1995). "A Natural Resource-Based View of the Firm". *The Academy of Management Review*, 20, pp. 986-1014.
- Hoffman, A.J. (2005). "Climate Change Strategy: The Business Logic behind Voluntary Greenhouse Gas Reductions". *California Management Review*, 47, pp. 21-46.
- Hoffman, A.J. (2011). "Talking Past Each Other? Cultural Framing of Skeptical and Convinced Logics on the Climate Change Debate". *Organization & Environment*, 24, pp. 3-33.
- Kanudia, A.; Loulou, R. (1998). "Robust Responses to Climate Change via Stochastic MARKAL: The Case of Quebec". *European Journal of Operational Research*, 106, pp. 15-30.
- Kolk, A.; Pinkse, J. (2005). "Business Responses to Climate Change". *California Management Review*, 47, pp. 3-20.
- Lash, J.; Wellington, F. (2007). "Competitive Advantage on a Warming Planet". *Harvard Business Review*, 85, pp. 1-11.
- Levy, D.L.; Egan, D. (2003). "A Neo-Gramscian Approach to Corporate Political Strategy: Conflict and Accommodation in the Climate Change Negotiations".

Journal of Management Studies, 40, pp. 803-829.

- Melville, N.P. (2010). "Information Systems Innovation for Environmental Sustainability". *MIS Quarterly*, 34, pp. 1-21.
- Mowery, D. C.; Nelson, R.; Martin, B. R. (2010). "Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work)". *Research Policy*, 39, pp. 1011-1023.
- Norgaard, K.M. (2006). "We Don't Really Want to Know. Environmental Justice and Socially Organized Denial of Global Warming in Norway". *Organization & Environment*, 19, pp. 347-370.
- Phillips, M. R.; Jones, A.L. (2006). "Erosion and Tourism Infrastructure in the Coastal Zone: Problems, Consequences and Management". *Tourism Management*, 27, pp. 517-524.
- Ramos-Rodriguez, A.; Ruiz-Navarro, J. (2004). "Changes in the Intellectual Structure of Strategic Management Research: A Bibliometric Study of the "Strategic Management Journal", 1980-2000. *Strategic Management Journal*, 25, 981-1004.
- Reid, E.M.; Toffel, M. (2009). "Responding to Public and Private Politics: Corporate Disclosure of Climate Change Strategies". *Strategic Management Journal*, 30, pp. 1157-1178.
- Scott, D.; Jones, B.; Konopek, J. (2007). "Implications of Climate and Environmental Change for Nature-Based Tourism in the Canadian Rocky Mountains: A Case Study of Waterton Lakes National Park". *Tourism Management*, 28, pp. 570-579.
- Stanny, E.; Ely, K. (2008). "Corporate Environmental Disclosures about the Effects of Climate Change". *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 15, pp. 338-348.
- Sterman, J.D.; Sweeney, L.B. (2002). "Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming". *System Dynamics Review*, 18, pp. 207-240.

Responsables, sostenibles y universitarios como vía de lucha contra el cambio climático: el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural (UPM)

Carmen Avilés-Palacios

Prof. Dr. Organización de Empresas.
Dpto. Economía y Gestión Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

RESUMEN

La universidad responsable juega un rol importante en el cambio climático. Le compete promover la responsabilidad empresarial, la responsabilidad social científica y la responsabilidad social ciudadana, y lo hace a través de tres enfoques distintos: Gerencial, basado en la rendición de cuentas a sus grupos de interés; Transformacional, muy comprometida socialmente, a través de actividades de voluntariado o cooperación al desarrollo; o Normativo, con el propósito de fortalecer el papel de la educación superior desde el servicio público, la relevancia y la Responsabilidad Social Universitaria. En este sentido, la Escuela Técnica de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid, primera entidad pública española con la validación de la ISO 26000, se erige como entidad de transformación, como modelo de actuación y, especialmente, de lucha contra el cambio climático, dada la naturaleza de sus enseñanzas y el enfoque de su estrategia RSU: Responsables, Sostenibles y Universitarios.

PALABRAS CLAVE

Responsabilidad Social Universitaria, Cambio Climático, Sostenibilidad, ISO 26000, Huella de Carbono.

ABSTRACT

Responsible universities play an important role in climate change. Corporate responsibility, social responsibility scientific and public social responsibility must be of their competence. They could do so through three different approaches: Managerial approach, based on accountability to its stakeholders; Transformational approach, very committed socially, through volunteer activities or cooperation; and Normative perspective in order to strengthen the role of higher education from public service, the relevance and University Social Responsibility. In this sense, the School of Forestry Engineers (Universidad Politécnica de Madrid in Spain), the first entity who has validate the implementation of ISO 26000, comes to be an transforming organization which is focused on combating climate change, due to the fact of the nature of his degrees and research lines, and the standpoint of its Social Responsibility strategy: Responsible, Sustainable and University.

KEY WORDS

University Social Responsibility, Sustainability, ISO 26000, Carbon Footprint, Climate Change.

JEL

M14.

1. INTRODUCCIÓN

La Responsabilidad Social (RS) tiene sus inicios como iniciativa empresarial en la década de los 60 del siglo XX. No obstante, en la actualidad, este ámbito se ha ampliado y se incluyen no sólo a aquellas entidades cuyo fin último es la maximización del beneficio, sino que también se incorporan aquellas otras que, lejos de perseguir aquél, tienen otros objetivos fundamentales —sociales y medioambientales—. Tal es el caso de la universidad. Para Gaete (2011), es aquella institución de educación superior que ha de establecer relaciones con la sociedad que les permita consolidar su quehacer docente e investigador, el que a la vez ve aumentar el interés que genera en diferentes personas, grupos, el Estado, el Mercado y la Sociedad Civil. La Universidad ha visto cómo su papel originario como institución transformadora de la sociedad a través de la investigación, la generación y difusión del conocimiento y el desarrollo, se ha diluido pasando a convertirse, en la actualidad, en una herramienta de preparación para encontrar un buen puesto laboral (Vallaey, 2006; Gasca-Pliego y Olvera-García, 2011). Esta situación hace que esta institución milenaria deba afrontar un reto para encontrar la identidad y el papel en la sociedad perdidos.

De esta manera nace la Responsabilidad Social Universitaria (RSU), definida como aquellas obligaciones de los gestores universitarios para tomar decisiones o para seguir líneas de acción deseables en términos de los objetivos y valores de la sociedad (Gaete, 2011). Cuesta (2011) amplía esta definición al considerarla como la forma de ofertar servicios educativos y transferencia de conocimientos siguiendo principios de ética, buen gobierno, respeto al medioambiente, el compromiso social y la promoción de valores ciudadanos, responsabilizándose así de las consecuencias y los impactos que se derivan de sus acciones. Sin embargo, consideramos que Vallaey (2006) realiza una conceptualización de la RSU más alineada con nuestro pensamiento al considerarla una estrategia de gerencia ética e inteligente de los impactos que genera la organización en su entorno humano, social y natural. Estos impactos en la Universidad se concretan en Impacto Organizacional (laboral y ambiental), Impacto Educativo, Impacto Cognitivo e Impacto Social. Así, identifica el rol que la Universidad ha de desempeñar, pues compete a la universidad promover la Responsabilidad empresarial, la responsabilidad social científica y la responsabilidad social ciudadana, y hacerlo desde tres niveles (Gasca-Pliego y Olvera-García, 2011): a) RSU interna, que incluye a estudiantes, Personal Docente e Investigador y Personal de Administración y Servicios; b) RSU externa, centrada en empleadores, egresados, proveedores y socios estratégicos directos; y c) RSU extra, hacia el Estado, la sociedad, el desarrollo y el medio ambiente global.

La literatura respecto de RSU es profusa, si bien su aplicación real en instituciones universitarias no está tan extendida como en otro tipo de organizacio-

nes empresariales (Alonso-Almeida *et al*, 2015; Lukman *et al*, 2009), aún cuando su implementación puede hacer de estos centros universitarios, organizaciones innovadoras (Barreto y Kemp, 2008). Sin embargo, la tendencia es creciente dado el empuje de ciertos grupos de interés sobre la RSU en general y, en particular, sobre el impacto medioambiental y el desarrollo sostenible (DS).

Brudntland (WCED, 1987) define el DS como aquel desarrollo que permite satisfacer las necesidades presentes sin comprometer el futuro de las siguientes generaciones. Esto preocupa sobremanera tanto a la sociedad como a la universidad (Lozano, 2011; Lozano *et al*, 2013). En este contexto, es fundamental el rol que pueden jugar las instituciones universitarias en su desarrollo, bien a través de la sensibilización de futuros egresados que, entonces, actuarían de manera responsable desde sus puestos de trabajo y responsabilidades, bien reduciendo ellas mismas los impactos que su actividad genera en el medio ambiente (Disterheft *et al*, 2012).

Así pues, es normal que la Universidad haya decidido apostar por comunicar sus esfuerzos a través de reportes de sostenibilidad (Barnes y Jerman, 2002; Clark y Dickson, 2003a y 2003b; Clark, 2007; Clarke y Kouri, 2009; Crespy y Miller, 2011; Bero *et al*, 2012; Madorrán-García, 2012; Alonso-Almeida *et al*, 2015; Ceulemans, Molderez y Van Liedekerke, 2015), basando su compromiso a través de la transparencia y comunicación de Memorias GRI o similares (Adams y Petrella, 2010). Recordemos que GRI (Global Reporting Initiative) es una organización no gubernamental basada en una red, que tiene como objetivo impulsar los Reportes de Sostenibilidad y de ESG -Medio ambiente, Social y Gobierno Corporativo- (GRI, 2011).

Este modelo de reporte de sostenibilidad es el más ampliamente utilizado en el mundo, lo que permite impulsar una mayor transparencia respecto del desempeño económico, ambiental y social de las organizaciones (GRI, 2011). Nos lleva a pensar que las universidades se han planteado realizar una RSU basada en los principios de comunicación y reporte que promueven las memorias GRI (Lozano, 2006a y 2006b). Sin embargo, GUNI (2014, 2012, 2008) considera que el papel de la Universidad no puede ser de mero elaborador de documentos, sino que ha de realizar acciones concretas, que pueden tener como guía la ISO 26000:2010, una guía de implementación de la RS para organizaciones públicas y privadas. Esta guía no es certificable, pues si lo fuera eliminaría la voluntariedad que subyace en el propio concepto de RS, si bien se puede auditar su implementación en una organización a través de, por ejemplo, el Código de Aplicación NEN-NPR 2011:96. (NEN, 2012).

Desde el año 2010, sólo una institución de educación superior ha implementado esta guía como modo de alcanzar los beneficios de operar de manera socialmente responsable: La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Mon-

tes, Forestal y del Medio Natural (ETSIMFMN) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), escuela de ingeniería que centra sus actuaciones en el pilar medioambiental de la RS. Este hecho es pionero desde un punto de vista universitario, no sólo en España sino en un ámbito supranacional. Por otro lado, audita la implementación de la guía ISO 26000:2010 a través del código de aplicación NEN-NPR 2011:96, en el año 2015, lo que la convierte en la primera institución universitaria mundial, hasta donde hemos podido comprobar, en hacerlo. Su ejemplo puede ser utilizado por otras universidades o centros de educación superior. Este trabajo ofrece una visión de lo que es la RSU y el papel que debería jugar la universidad como agente transformador y de cambio en general y, de manera más concreta, en el ámbito de la sostenibilidad y el cambio climático. Por otro lado, se expone el camino emprendido por una Escuela de Ingeniería con un doble objetivo: 1) dar a conocer este caso, pionero en la Universidad española; y 2) servir de modelo para universidades o centros de educación superior que pretendan realizar su contribución en la protección del medio ambiente y del desarrollo sostenible para las futuras generaciones.

2. CAMBIO CLIMÁTICO, DESARROLLO SOSTENIBLE Y UNIVERSIDAD

Cambio climático, pérdida de biodiversidad, deforestación, degradación de la calidad del agua o la contaminación son algunos de los aspectos afectados por el cambio climático, cambio que se ha visto acelerado por causas antrópicas (Steffen *et al*, 2007) y muy vinculado con el cambio tecnológico de los últimos 300 años, asociado a la industrialización, la movilidad de las personas a la sobreproducción agrícola con fines alimenticios, entre otros (Stephens *et al*, 2008). Como respuesta a esta situación, se demanda una transición hacia la sostenibilidad, a través de un mayor y mejor conocimiento de los cambios sociales, tecnológicos y medioambientales y de su integración (Liu *et al*, 2007).

Si bien las profusas definiciones de sostenibilidad admiten cierta flexibilidad (Laws *et al*, 2004; Marshall y Toffel, 2005; Martens, 2006), todas ellas tienen un aspecto común referido al tiempo, en tanto que se considera un objetivo que debe ser sostenido y duradero (Stephen *et al*, 2008). Esto requiere la transición de los modelos actuales de vida a otros que persigan unas prácticas en esta línea, lo cual es complejo (Ravetz, 2006; Maas y Reniers, 2014) y ha de contar con una variación de las perspectivas y prioridades de la sociedad en general (Kates, 1995; Jonker, 2000; Kates *et al*, 2001; Thaman, 2002). Ha de conseguir una adecuada gestión del cambio a largo plazo (Kemp *et al*, 1998; Rotmans *et al*, 2001; Kemp y Loorbach, 2003; Loorbach y Kemp, 2005; Van Kerkhoff y Lebel, 2006; Kemp *et al*, 2007). El marco de la gestión de este cambio se puede hacer

a tres diferentes niveles -estratégico, táctico y operacional-, en los que intervienen distintas políticas y actores (Loorbach y Kemp, 2005), niveles que han de interactuar, reafirmarse y conseguir la innovación en los procesos.

Así como se ha visto anteriormente, al poner el foco en el DS, es de gran importancia el papel que juega la universidad como catalizador de la más que necesaria transición de la sociedad hacia la sostenibilidad (Scholz *et al*, 2000; Ferrer *et al*, 2009). Siguiendo a Loorbach y Kemp (2005), esta Institución puede actuar a nivel estratégico a través de la definición y desarrollo de una visión social hacia la transformación sostenible. El nivel táctico se puede alcanzar al facilitar la cooperación y colaboración entre grupos de interés (Scholz *et al*, 2006). Por último, el nivel operacional se consigue al implementar el cambio a través de los planes de estudio, la investigación, las operaciones de los propios campus y el aprendizaje (Filho, 2000; Scholz *et al*, 2000; Wals y Jickling, 2002). No obstante todo lo anterior, existen dos visiones que pueden ser complementarias respecto del papel de estas organizaciones. La primera de ellas, defendida por Ferrer-Balas *et al* (2008) y Svanström *et al* (2008) que propugna por universidades que deben ser cambiadas. La segunda considera que las universidades deben ser agentes de cambio potencial de manera que sean modelos de prácticas sostenibles para la sociedad (Creighton, 1998; Wright, 2002; Barlett y Chase, 2004; Mulder, 2004; Power, 2006; Rappaport y Creighton, 2007; Rappaport, 2008); como modelo para sus estudiantes a través de la inclusión y promoción de competencias de sostenibilidad (Mendivil, 2002; Colucci-Gray *et al*, 2006; Posch y Scholz, 2006; Maclean y Ordoñez, 2007); desarrollando este modelo de manera independiente, basado en la investigación libre y el intercambio de ideas que promueve esta Institución (Klein y Newell, 1997; Posch y Steiner, 2006); y, por último, como potencial para integrar e influir en el resto de la sociedad a través del desarrollo de la actividad como grupo de opinión e interés de gran relevancia en el diseño de políticas, su interdisciplinariedad y su facilidad para promover este concepto mediante la unión con otros grupos de interés (Scholz *et al*, 2000; Sörlin, 2006; Sörlin, 2007).

Numerosos estudios consideran que uno de los aspectos que se están abordando por parte de estas instituciones de educación superior es el de la lucha contra el cambio climático, creando las denominadas Oficinas Verdes (entre otros, Barnes y Jerman, 2002; Barlett y Chase, 2004; Beringer, 2007; Bero *et al*, 2012; Alonso-Almeida *et al*, 2015). Estas Oficinas centran su actividad en gran medida, en las tres 'R' (Reutilizar, Reciclar, Reusar) y en la gestión de Gases de Efecto Invernadero (GEIs).

Uno de los indicadores más utilizados para mitigar los daños que la actividad antrópica está causando en el medio ambiente, es el de la Huella de Carbono (HC) (Espíndola y Valderrama, 2012a y 2012b), ya que permite la cuantificación

de las emisiones de GEIs, el análisis de las fuentes de emisión, según 3 alcances y, con ello, la evaluación y gestión del impacto que ejercen que sobre el medio ambiente (Jiménez *et al*, 2010). Por ello, gran parte de las Oficinas Verdes incorporan entre sus objetivos el cálculo de este indicador de sostenibilidad.

3. RESPONSABLES, SOSTENIBLES Y UNIVERSITARIOS

La ETSIMFMN es una Escuela de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Madrid y se integra en el Campus de Excelencia Internacional Moncloa (CEIM). Este CEIM nace con el apoyo de la Universidad Complutense de Madrid y la UPM, en el marco de la Estrategia Universidad 2015 (EEE, 2015), y tiene como objetivo fundamental servir de agente transformador de la sociedad a través de la investigación, formación e innovación, siendo un campus sostenible, saludable y socialmente responsable (UPM, 2015).

La ETSIMFMN tiene como propósito formar ingenieros en los ámbitos de la Ingeniería Forestal, de la Ingeniería del Medio Natural y en general del entorno donde tienen lugar dichas actividades. También se propone propiciar el desarrollo de la investigación científica y técnica y la transferencia del conocimiento a la sociedad y la formación de expertos en investigación básica y aplicada (Manual de la ETSIMFMN de Calidad, -ETSIMFMN, 2012: 32).

A partir del año 2012 decide implementar su Responsabilidad Social Universitaria y su apuesta clara por la sostenibilidad a través de un compromiso de gestión resumido en 3 palabras: Responsables, Sostenibles y Universitarios (Figura 1).

Figura 1. Responsables, Sostenibles, Universitarios

Responsables: *Porque creemos en lo que hacemos y cómo lo hacemos*
Sostenibles: *Porque tenemos visión de futuro, perseguimos la sostenibilidad medioambiental, social y económica*
Universitarios: *Porque, ante todo, SOMOS UNIVERSIDAD*

Fuente: elaboración propia.

La estrategia de RSU en esta Escuela sigue varios principios. En primer lugar, se aborda desde los diferentes enfoques previstos por Gaete (2011) (Tabla 1).

El segundo principio es que toda la comunidad universitaria se implica y, por tanto, se consigue en mayor medida el objetivo de ser agente de transformación de la sociedad, a través de todas las actividades que realiza -investigación, docencia, divulgación y transferencia de conocimiento-. En tercer lugar, y dada la situación presupuestaria y su escasa autonomía de la Escuela, pues depende

en gran medida de las decisiones de Rectorado, se aboga por la implementación de esta estrategia a través de acercamientos de bajo coste sobre todo en sus aspectos económicos y, en gran medida, sociales y laborales. Aún así, el resultado no puede tildarse, a nuestro juicio, de escaso o de poco relevante. Por último, se pretende en todo caso la utilización de normas certificables y su implementación en todo el proceso. Sólo se procede a la certificación de las mismas si hay alguna entidad que, de manera altruista, colabore con la Escuela. Así ha sido, por ejemplo, en el caso de la auditoría de la ISO26000 (IMQ y Soan-dex); o en el proceso de registro de HC (Applus).

Tabla 1: Iniciativas de RSU en la ETSIMFMN (2012-2015)

Enfoque o perspectiva	Iniciativa	Hito
Gerencial	Comunicación y transparencia	Memoria GRI4. (En proceso de redacción - prevista su publicación en junio 2016)
		ISO 26000:2010. Implementada y auditada
		ISO 14064-1 e ISO 14069: Cálculo y gestión de Huella de Carbono
		Inscripción en el Registro de la Oficina Española de Cambio Climático (MAGRAMA)
		Primera institución de educación superior en conseguir Sello Calculo-Reduzco de la OECC
		ISO 14046: Cálculo y gestión de la Huella Hídrica
Transformacional	Formación	Inclusión de asignaturas de RS en el currículum de los alumnos Promoción del conocimiento de RS entre los alumnos a través de la elaboración de Proyectos Fin de Carrera relacionados con la materia
	Investigación	Inclusión en los grupos de investigación de fórmulas y proyectos transversales que permitan la divulgación de la RSU, así como la participación en la implementación de la misma en la Escuela (proyectos de compensación y absorción de CO ₂ , por ejemplo)
	Liderazgo social	Participación en el debate de temas sociales y ambientales
Normativo		Elaboración de proyecto de implementación de RSU para la UPM (en proceso)

Fuente: elaboración propia, basado en Gaete (2011).

La ETSIMFMN es un ejemplo de lo que Ceulemans *et al* (2015) considera debe ser abordado desde la universidad, ya que ha implementado su RSU a

través de la Norma ISO 26000:2010, manifiesta su compromiso y lo comunica a partir de la publicación de una Memoria de Sostenibilidad siguiendo las indicaciones Global Reporting Initiative (GRI-4). Si bien es cierto que la filosofía de responsabilidad social se aborda desde sus tres perspectivas -económica, social y ambiental- el enfoque principal es el ambiental. Hay que decir que, según los grupos de interés, este no se considera un aspecto extremadamente relevante para ser incorporado en la RSU, si bien se consideró que se debían hacer esfuerzos en este pilar ya que la razón de ser de este centro universitario es el medio ambiente y su gestión (Santos *et al*, 2015). Esto, además, se alinea con los retos que Disterheft *et al* (2012) define para la universidad sostenible: preparar a egresados con aquellas competencias que permitan crear una sociedad más sostenible y reducir el impacto de sus operaciones, ya que son ellos -los estudiantes- los que participan de manera activa en la puesta en marcha de toda la estrategia ambiental a través de la elaboración de Proyectos Fin de Carrera, diseñados en el marco de la estrategia de sostenibilidad y de RSU de la Escuela (Santos *et al*, 2015), si bien las líneas de actuación medioambiental de mayor relevancia son:

- Gestión de Emisiones de GEI y cálculo de la Huella de Carbono
- Gestión de recursos hídricos y cálculo de la Huella Hídrica
- Eficiencia Energética

4. LA ETSIMFMN CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

En la actualidad, el cálculo y gestión de la Huella de Carbono es la línea de actuación que se encuentra más desarrollada, por varios motivos, entre los que se encuentra su relación directa con el cambio climático. No obstante lo anterior, se están dando pasos firmes en el resto: ya se conoce la huella hídrica de la ETSIMFMN (Ordoñez, 2016); y se han realizado estudios (Donoso, 2014; Ortiz, 2016) y alguna actuación concreta en el marco de la eficiencia energética, tales como el cambio de calderas de gasóleo por otras de gas natural o el reemplazo de ventanas por otras más eficientes, ejecución realizada gracias a la implicación de la propia Universidad Politécnica de Madrid.

Respecto de aquella que recibe una mayor atención -gestión de emisiones de GEIs- comienza con la identificación de riesgos y el aprovechamiento de las oportunidades relacionadas con las emisiones de GEI y el cambio climático, lo que facilita el diseño de una Matriz de Gestión de GEI. Esta matriz recoge aquellas acciones que se deben realizar en cada una de las áreas organizativas de la Escuela bajo un criterio de mejora continua (Rodríguez Cuesta, 2012). Esta herramienta sirve de base para la toma de decisiones y la priorización de las

mismas en función de dos parámetros: el incremento de eficiencia y la inversión inicial requerida para ello (Ortiz, 2015). Entre estas medidas se encuentran las siguientes para una reducción en las emisiones directas o de Alcance 1 (Figura 2).

Figura 2. Medidas para reducción de emisiones de Alcance 1

MEDIDAS DE MEJORA	AHORRO ENERGÉTICO (kWh/año)	AHORRO ENERGÉTICO (%)	AHORRO ECONÓMICO (€/AÑO)	INVERSIÓN (€)	PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN SIMPLE (años)	EMISIONES EVITADAS (Kg CO ₂ /año)
Instalación de válvulas termostáticas en radiadores	76.640,86	0,1	5.060,12	26.930,72	5,3	19.488,63
Sustitución de equipos autónomos con refrigerante R-22	6.129,17	0,01	780,24	31.482,00	40,35	1.838,75
Sustitución de calderas de gasóleo por gas natural	119.763,76	0,15	21.472,54	95.914,78	4,5	38.084,87
Instalación de una caldera de biomasa	10.327,48	0,01	10.080,80	108.636,73	10,8	3.098,24
Sustitución de ventanas de vidrio simple por vidrio con doble aislamiento y marco de PVC	50.198,45	0,05	3.984,05	58.891,81	14,8	12.883,96

Fuente: Ortiz (2015).

Desde el año 2011 se han realizado diversos proyectos fin de carrera de diversos alumnos cuyo eje principal era el cálculo de la HC en la Escuela y, además, incorporaban un elemento diferencial (Tabla 2) como puede ser el cálculo de este indicador siguiendo el método de MC3 (Blanquer, 2012); del desarrollo de la herramienta de cálculo específica para la Escuela (Rollán, 2013); el análisis de riesgos y oportunidades (Rodríguez Cuesta, 2015), del cálculo de la HC por titulaciones oficiales (Domínguez, 2016); o de las absorciones de CO₂ del arbolito que rodea físicamente este centro (Díaz, 2015).

Tabla 2. Características de cada elemento calculado respecto de la HC de la ETSIMFMN (2011-2015)

Elemento calculado	Herramienta de cálculo	Norma utilizada	Notas
Alcance 1: emisiones directas	Rollán (2013)	Norma ISO 14064-1	
Alcance 2: emisiones indirectas	Rollán (2013)	Norma ISO 14064-1	
Alcance 3: emisiones difusas		Norma ISO 14069	Validado por APPLus para el año 2013
<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad de la Comunidad Universitaria 	Muestreo aleatorio irrestricto aleatorio		
<ul style="list-style-type: none"> • Residuos 	Rollán (2013)	Norma ISO 14064-1	
<ul style="list-style-type: none"> • Resto de emisiones 	Bookfeel-Método MC3		
Absorciones del Arboreto			

Fuente: elaboración propia.

Las acciones que se han llevado a cabo desde el año 2012 han convertido a la ETSIMFMN en un centro de educación superior innovador, en el sentido que ofrecen Barreto y Kemp (2013) y reconocido, pues el esfuerzo realizado ha hecho que la Escuela sea pionera en diversos aspectos (Tabla 3).

Tabla 3. Hitos relevantes respecto de la HC de la ETSIMFMN (2011-2015)

Año	Hitos
2011	Comunicación de la Huella de Carbono en la página web www.huelladecarbonomontes.es y en los tablones de la Escuela
2012	Comunicación de la Huella de Carbono en la página web www.huelladecarbonomontes.es y en los tablones de la Escuela
2013	Comunicación de la Huella de Carbono en la Base de Datos Carbonpedia (ECODES, 2013)
2014	Registro de las Huellas de carbono de los años 2011, 2012 y 2013 en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) en la Sección Huella de Carbono y Compromisos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero Primera Administración Pública española en inscribir su HC en este registro
2015	Registro de la Huella de carbono del año 2014, 2012 y 2013 en el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) en la Sección Huella de Carbono y Compromisos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero Obtención del Sello Calculo-Reduczo (MAGRAMA) Primera Administración Pública en alcanzar esta distinción (OECC, 2015a)

Fuente: elaboración propia.

Los resultados respecto de la lucha contra el cambio climático y la gestión de GEIs podrían haber sido mejores, si bien, como hemos planteado anteriormente, las condiciones presupuestarias han impedido abordar planes de acción más ambiciosos que hubieran reducido aún más las emisiones de GEIs. Aun así, en los últimos 5 años ha supuesto una disminución de las aportaciones de la Escuela y un refrendo claro al compromiso de sostenibilidad asumido (Tabla 4).

Tabla 4. Evolución de la Huella de Carbono de la ETSIMFMN 2012-2015 (t CO₂eq). Valores absolutos

AÑO	ALCANCE 1 (t CO₂eq)	ALCANCE 2 (t CO₂eq)	ALCANCES 1+2 (t CO₂eq)	Variación %sobre 2011
2011	312,12	508,09	820,21	100 %
2012	267,52	601,94	869,46	106 %
2013	176,62	489,32	665,94	81 %
2014	255,93	292,92	548,85	76 %
2015	152,01	385,00	537,01	65 %

Fuente: elaboración propia, basado Domínguez (2016).

La emisión en el año 2015 de un 65% menos de GEIs respecto de las cifras de origen, correspondientes al año 2011, podrían achacarse a una reducción en el número de personas y, por tanto, de elementos de consumo en este centro. Esto sería cierto si al analizar los resultados en términos relativos, a través de ratios por persona o por superficie, las cifras fueran constantes. Como se aprecia en la siguiente tabla (Tabla 5), la reducción en estos ratios también se aprecia, por lo que se puede decir que se debe a las acciones de concienciación y sensibilización de la comunidad universitaria, y a una clara contención en el consumo energético. En el año 2015, además, se ve reducida en cierta medida, gracias al cambio de ventanas por otras más aislantes, lo que permite una mejora en la eficiencia de los consumos de combustibles fósiles para calefacción.

Tabla 5. Evolución de los ratios de Huella de Carbono de la ETSIMFMN 2012-2015 (t CO₂eq). Valores relativos

Año	HC/persona T CO₂eq/persona	Variación sobre 2011 (%)	HC/ha T CO₂eq/Ha	Variación sobre 2011 (%)
2011	0,52	100 %	105,83	100 %
2012	0,52	100 %	112,19	106 %

Año	HC/persona T CO2eq/persona	Variación sobre 2011 (%)	HC/ha T CO2eq/Ha	Variación sobre 2011 (%)
2013	0,39	75 %	85,93	81 %
2014	0,40	76 %	80,68	76 %
2015	0,39	75 %	69,29	65 %

Fuente: elaboración propia, basado Dominguez (2016).

5. EL FUTURO

El camino emprendido no puede quedarse en el mero cálculo de un indicador de sostenibilidad como es el de la HC. Los siguientes pasos, respecto de esta huella ecológica, deben ir hacia un programa de compensación de CO₂, bien a través del diseño y ejecución de proyectos propios de compensación, bien realizando convenios de colaboración con otras entidades. El conocimiento de la ETSIMFMN respecto de cómo gestionar adecuadamente las masas forestales permite ofrecer estos servicios a propietarios de las mismas con el fin de que la absorción de CO₂ que se produzca en las mismas pueda ser compensada con las emisiones GEIs de la Escuela. Estos proyectos harían que la comunidad universitaria, profesores y alumnos, se implicaran más en la lucha contra el cambio climático; que la interconexión entre grupos de interés fuera mayor; que la fortaleza de la Escuela respecto de estos ámbitos sea conocida y reconocida por el exterior con el consiguiente refuerzo en su imagen y reputación. Por último, el modelo propuesto está diseñado para ser replicable, lo que se ha puesto de manifiesto al implementarse a nivel de la Universidad Politécnica de Madrid, institución que ya ha inscrito su HC en el Registro de la Oficina Española de Cambio Climático, convirtiéndose en la primera universidad pública española en hacerlo (OECC, 2015b).

6. CONCLUSIONES

Las universidades han de buscar métodos que permitan una implementación real de RSU y no sólo una comunicación a través de reportes de sostenibilidad. En este sentido, la ETSIMFMN se puede considerar como un centro universitario pionero e innovador al haber conseguido implementar la ISO 26000:2010, auditando su implementación a través del Código de Aplicación NEN_NPR 2011:96. La estrategia de RSU definida para la ETSIMFMN persigue cubrir cada uno de los diferentes enfoques propuestos por Gaete (2011), Normativo, Gerencial y sobre todo el Transformacional, ya que es un agente transformador del cambio tanto de la propia entidad universitaria y su comunidad, como

de la sociedad a la que presta servicio. En este sentido, está luchando contra el cambio climático no sólo mitigando sus acciones y emisiones de GEIs sino formando a los futuros egresados en competencias de sostenibilidad necesarias para alcanzar un desarrollo más responsable. Así, ha conseguido reducir sus emisiones de GEIs en un 65% respecto del año 2011, está diseñando proyectos que permitan compensar sus propias emisiones al tiempo que forma y promueve la investigación en estos ámbitos; facilita la colaboración entre la comunidad universitaria y diversos grupos de interés para la puesta en marcha de otros proyectos y facilita la implementación de iniciativas similares en otros ámbitos universitarios.

7. REFERENCIAS

- Adams, C. Petrella, L. (2010). Collaboration, connections and change: the UN global compact, the global reporting initiative, principles for responsible management education and the globally responsible leadership initiative. *Sustainable Accounting Management Policy*. 18(2): 292-296.
- Alonso-Almeida, M.M., Marimon, F., Casani, F. y Rodríguez-Pomeda, J. (2015) Diffusion of sustainability reporting in universities: current situation and future perspectives. *Journal of Cleaner Production* 106: 144-154.
- Barlett, P.F. y Chase, G.W. (Eds) (2004), *Sustainability on Campus, Stories and Strategies for Change*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Barnes, P., Jerman, P. (2002) Developing an environmental management system for a multiple-university consortium. *Journal of Cleaner Production* 10(1): 33-39.
- Barreto, L. y Kemp, R. (2008) Inclusion of technology diffusion in energy-systems models: some gaps and needs. *Journal of Cleaner Production*, 16 (1): S95-S101.
- Beringer, A. (2007), The Lüneburg Sustainable University Project in international comparison: an assessment against North American peers, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 8 No. 4, pp. 446-61.
- Bero, B.N., Doerry, E., Middelton, R. y Meinhart, C. (2012). Challenges in the development of environmental management systems on the modern university campus. *International Journal Sustainability in High Education* 13(2) 133-149.
- Blanquer Rodríguez, M. (2012). *Aproximación metodológica al cálculo de Huella de Carbono y Huella Ecológica en centros universitarios: El caso de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid*. PFC. ETSI Montes. UPM.
- Ceulemans, K., Molderez, I. y Van Liedekerke, L. (2015) Sustainability reporting in higher education: a comprehensive review of the recent literature and

- paths for further research. *Journal of Cleaner Production* 106: 127-143.
- Clark, W.C. (2007), Sustainability science: a room of its own, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 104 No. 6, pp. 1737-8.
- Clark, W.C. and Dickson, N.M. (2003a), *Science and technology for sustainable development special feature: sustainability science: the emerging research program*, *PNAS*, Vol. 100 No. 14, pp. 8059-61.
- Clark, W.C. y Dickson, N.M. (2003b), Sustainability science: the emerging research program, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 100 No. 14, pp.8059-61.
- Clarke, A. y Kouri, R. (2009). Choosing an appropriate university or college environmental system. *Journal of Cleaner Production* 17(11): 971-984.
- Colucci-Gray, L., Camino, E., Barbiero, G. y Gray, D. (2006), From scientific literacy to sustainability literacy: an ecological framework for education, *Science Education*, Vol. 90 No. 2, pp. 227-52.
- Creighton, S.H. (1998), *Greening the Ivory Tower: Improving the Environmental Track Record of Universities, Colleges y Other Institutions*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Crespy, C.T., Miller, V.V., (2011). Sustainability reporting: a comparative study of NGOs and MNCs. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* 18, 275e284.
- Cuesta, de la M. (2011): Responsabilidad Social Universitaria. *Boletín de la Fundación Carolina*, nº 24, junio 2011.
- Díaz Caja, D. (2015): *Arboreto de Montes: Cálculo y Gestión de las Absorciones de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero* PFC. ETSI Montes. UPM.
- Disterheft, A., Ferreira da Silva Caeiro, SS. Ramos, M.R., de Miranda Azeitero, U.M (2012) Environmental Management Systems (EMS) implementation processes and practices in European higher education institutions –Top-down versus participatory approaches. *Journal of Cleaner Production*, 31: 80-90.
- Domínguez Rodríguez, J.C. (2016): *Gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero de la etsimfmn según las titulaciones oficiales. año 2015*. PFC. ETSI Montes. UPM.
- ECODES (2013): *Inscripción de la HC de la ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid*. <http://ecodes.org/carbonpedia/base-de-datos/97-universidad-politecnica-de-madrid?idhuella=161>
- EEE, 2015. Espacio Europeo de Educación Superior. www.eees.es
- Espíndola, JO. y Valderrama, C. (2012a). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información tecnológica*, 2012.

- Espíndola, JO. y Valderrama, C. (2012b). Huella del carbono. Parte 2: La visión de las empresas, los cuestionamientos y el futuro. Información tecnológica, 2012.
- ETSIMFMN (2012): *Manual de la ETSIMFMN de Calidad, Sistema de garantía interna de calidad (SGIC)*. Escuela Técnica de Ingenieros de Montes, Forestal y del Medio Natural. Madrid. Disponible en: [http://www.montes.upm.es / ETSIMontes/PAS/Calidad](http://www.montes.upm.es/ETSIMontes/PAS/Calidad) (fecha de consulta: octubre 2015).
- Ferrer-Balas, D., Buckland, H., de Mingo, M. (2009). Explorations on the university's role in society for sustainable development through a systems transition approach case-study of the technical University of Catalonia (UPC). *Journal of Cleaner Production*, 17(12): 1075-1085.
- Ferrer-Balas, D., Adachi, J., Banas, S., Davidson, C.I., Hoshikoshi, A., Mishra, A., Motodoa, Y., Onga, M. and Ostwald, M. (2008), An international comparative analysis of sustainability transformation across seven universities, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 9 No. 3, pp. 295-316.
- Filho, W.L. (2000), Sustainability and university life, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 1 No. 2, pp. 168-81.
- Gaete, R (2011), La responsabilidad social universitaria como desafío para la gestión estratégica de la Educación Superior: el caso de España. *Revista de Educación*, 355. Mayo-Agosto 2011, pp. 109-133.
- Gasca-Pliego, E. y Olvera-García, J.C. (2011). Construir ciudadanía desde las universidades, responsabilidad social universitaria y desafíos ante el siglo XXI. *Convergencia* 18(56): 37-58.
- GRI (2011). *GRI e ISO 26000: Cómo usar las Directrices del GRI, en conjunto con la Norma ISO 26000*.
- GUNI - Global University Network for Innovation (2008). Higher Education in the World 3. Higher Education: New Challenges and Emerging Roles for Human and Social Development. In: *Series: GUNI Series on the Social Commitment of Universities*. Palgrave Macmillan, Hampshire.
- GUNI - Global University Network for Innovation (2012). Higher Education in the World 4. *Higher Education's Commitment to Sustainability: from Understanding to Action*. Palgrave Macmillan, Hampshire.
- GUNI - Global University Network for Innovation (2014). Higher Education in the ISO, (2010). *International Organization for Standardization, 2010. Guía de Responsabilidad Social*. Disponible en: <http://www.iso.org/iso/es/home/standards/iso26000.htm> (fecha de consulta, marzo 2010).
- Jonker, J. (2000). Organizations as responsible contributors to society: linking quality, sustainability and accountability. *Total Quality Management* 11

(4/5/6). pp. 741-746.

- Kates, R.W. (1995), *Presidential address: labnotes from the Jeremiah experiment: hope for a sustainable transition*, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 85 No. 4, pp. 623-40.
- Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kaspersen, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore, B. III, O'Riordan, T. and Svedin, U. (2001), *Environment and development – sustainability science*, *Science*, Vol. 292 No. 5517, pp. 641-2.
- Kemp, R. y Loorbach, D. (2003), *Governance for sustainability through transition management*, paper presented at *Open Meeting of Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community*, Montreal, Canada.
- Kemp, R., Loorbach, D. y Rotmans, J. (2007), *Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development*, *The International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 14 No. 1, pp. 78-91.
- Kemp, R., Schot, J. y Hoogma, R. (1998), *Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management*, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 10 No. 2, pp. 175-95.
- Klein, J.T. y Newell, W.H. (1997), *Advancing interdisciplinary studies*, *Handbook of Undergraduate Curriculum*, Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- Laws, D., Scholz, R.W., Shiroyama, H., Susskind, L., Suzuki, T. y Weber, O. (2004), *Expert views on sustainability and technology implementation*, *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, Vol. 11 No. 3, pp. 247-61.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A.N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C.L., Schneider, S.H. y Taylor, W.W. (2007), *Complexity of coupled human and natural systems*, *Science*, Vol. 317 No. 5844, pp. 1513-16.
- Loorbach, D. y Kemp, R. (2005), *Innovation policy for the Dutch energy transition: the multilevel governance aspects*, paper presented at *45th Congress of the European Regional Science Association*, Amsterdam.
- Lozano, R (2006a) *A tool for a graphic assessment of sustainability in universities (GASU)*. *Journal of Cleaner Production* 14 (9-11): 963-972.
- Lozano, R (2006b) *Incorporation and institutionalization of SD into universities: breaking through barriers to change*. *Journal of Cleaner Production* 14 (9-11): 963-972.

- Lozano, R (2011) The state of sustainability reporting in universities. *International Journal Sustainability in Higher Education* 12 (1): 67-78.
- Lozano, R., et al (2013) Advancing higher education for sustainable development: international insights and critical reflections. *Journal of Cleaner Production* 48: 3-9.
- Lukman, R., Krajnc, D., Glavic, P., (2009). Fostering collaboration between universities regarding regional sustainability initiatives e the University of Maribor. *Journal of Cleaner Production*, 17 (12), 1143:1153.
- Maas, S y Reniers, G. (2014). Development of a CSR model for practice: connecting five inherent areas of Sustainable business. *Journal of Cleaner Production*, 64, pp. 104-114.
- Maclean, R. y Ordoñez, V. (2007), Work, skills development for employability and education for sustainable development, *Educational Research for Policy and Practice*, Vol. 6, pp. 123-40.
- Madorrán-García, C. (2012). ¿Es la universidad pública española socialmente responsable? *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, [S.l.], v. 3, n. 8, sep. 2012. ISSN 2007-2872. Disponible en: <<https://ries.universia.net/article/view/91>>. Fecha de acceso: 11 jun. 2016.
- Marshall, J.D. y Toffel, M.W. (2005), Framing the elusive concept of sustainability: a sustainability hierarchy, *Environmental Science & Technology*, Vol. 39 No. 3.
- Martens, P. (2006), Sustainability: science or fiction?, *Sustainability: Science, Practice, and Policy*, Vol. 2 No. 1.
- Mendivil, J.L.I. (2002), *The new providers of education*, *Higher Education Policy*, Vol. 15, pp. 353-64.
- Mulder, K.F. (2004), Engineering education in sustainable development: sustainability as a tool to open up the windows of engineering institutions, *Business Strategy and the Environment*, Vol. 13, pp. 275-85.
- NEN, (2012). NPR 9026:2011. Guidance on self declaration NEN-ISO 26000, 2012. Nederlands Normalisatie-instituut. Disponible en: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NPR-90262011-nl.htm> (fecha de consulta: marzo 2015).
- OECC (2015a): *Informe de Huella de Carbono, ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural*, http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/063_escuelatecnicasuperioringenierosdemontes_tcm7-390693.pdf
- OECC (2015b): *Informe de Huella de Carbono, Universidad Politécnica de Madrid*. http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/245_upm_tcm7-413285.pdf
- Ordoñez Sienes, D. (2016): *Huella hídrica de las organizaciones. caso de la escuela*

- técnica superior de ingeniería de montes, forestales y del medio natural (2012-2014)*. PFC. ETSI Montes. UPM.
- Ortiz Muyo, J. (2015): *Sostenibilidad de las organizaciones: Gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural*. PFC. ETSI Montes. UPM.
- Posch, A. y Scholz, R.W. (2006), Transdisciplinary case studies for sustainability learning, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Guest Editorial, Vol. 7 No. 3, pp. 221-5.
- Posch, A. y Steiner, G. (2006), Integrating research and teaching on innovation for sustainable development, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 7 No. 3.
- Power, C. (2006), Education for the future: an international perspective, *Educational Research for Policy and Practice*, Vol. 5, pp. 165-74.
- Rappaport, A. (2008), Campus greening, behind the headlines, *Environment, Science and Policy for Sustainable Development*, Vol. 50 No. 1, pp. 6-16.
- Rappaport, A. y Creighton, S.H. (2007), *Degrees that Matter*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Ravetz, J.R. (2006), Post-normal science and the complexity of transitions towards sustainability. *Ecological Complexity*, Vol. 3 No. 4, pp. 275-84.
- Rodríguez Cuesta, C. (2015): *Gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero como parte de la estrategia de sostenibilidad de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural*. PFC. ETSI Montes. UPM.
- Rollán García-Heras, MH. (2013): *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las Organizaciones: Aplicación de la Norma ISO 14064*. PFC. ETSI Montes. UPM.
- Rotmans, J., Kemp, R. y van Asselt, M. (2001), More evolution than revolution: transition management in public policy, *Foresight – the journal of future studies, strategic thinking, and policy*, Vol. 3 No. 1, pp.15-31.
- Santos, N. Avilés. C. Moyano, M.A. (2015). *Implementación de la guía ISO 26000:2010 auditada según el Código de Prácticas NPR 9026:2011 ETSIMF y MN (2015)*. PFC ETSIMFMN. Universidad Politécnica de Madrid.
- Scholz, R.W., Lang, D.J., Wiek, A., Walter, A.I. y Stauffacher, M. (2006), Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning, historical framework and theory, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 7 No. 3, pp. 226-51.
- Scholz, R.W., Mieg, H.A. y Oswald, J.E. (2000), Transdisciplinarity in groundwater management: towards mutual learning of science and society. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 123, 477-487.

- Scholz, R.W., Steiner, R. y Hansmann, R. (2003), *Role of internship in higher education in environmental sciences*, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 41 No. 1, pp. 24-46.
- Sörlin, S. (2006), Introduction: the democratic deficit of knowledge economies, en Sörlin, S. y Vessuri, H. (Eds), *Knowledge Society vs Knowledge Economy: Knowledge, Power, and Politics*, Palgrave Macmillan, New York, NY, pp. ix-xxxvi.
- Sörlin, S. (2007), *Funding diversity: performance-based funding regimes as drivers of differentiation in higher education systems*, *Higher Education Policy*, Vol. 20 No. 4, pp. 413-40.
- Steffen, W., Crutzen, P.J. y McNeill, J.R. (2007), The anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature?, *Ambio: A Journal of the Human Environment*, Vol. 36 No. 8, pp. 614-21.
- Stephens, J.E., Hernández, ME, Román, M., Graham, A.C. Scholz, R.W. (2008) Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 9 Iss: 3, pp.317 – 338.
- Svanström, M., Lozano-García, F.J. y Rowe, D. (2008), Learning outcomes for sustainable development in higher education, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 9 No. 3, pp. 339-51.
- Thaman, K.H. (2002), Shifting sights: the cultural challenge of sustainability, *Higher Education Policy*, No. 15, pp. 133-42.
- Vallaes, F. (2006) Breve marco teórico de responsabilidad social universitaria *Red Universitaria de Ética y Desarrollo social (RED) Iniciativa Interamericana de Capital Social, Ética y Desarrollo del BID*. Disponible en <http://www.udlap.mx/rsu>
- Van Kerkhoff, L. y Lebel, L. (2006), Linking knowledge and action for sustainable development, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 31, pp. 445-77.
- Wals, A.E.J. y Jickling, B. (2002), Sustainability in higher education: from doublethink and newspeak to critical thinking and meaningful learning, *Higher Education Policy*, Vol. 15, pp. 121-31.
- WCED – World Commission on Environment and Development (1987) *Our common future*. http://conspect.nl/pdf/Our_Common_FutureBrundtland_Report_1987.pdf (fecha de consulta: Mayo 2014).
- Wright, T.S.A. (2002), Definitions and frameworks for environmental sustainability in higher education, *Higher Education Policy*, Vol. 15, pp. 105-20



Evaluadores

La Revista de *Responsabilidad Social de la Empresa* agradece la inestimable colaboración por la evaluación anónima realizada a los trabajos recibidos para esta revista.

Alfranca	Óscar	Universidad Politécnica de Cataluña
Amengual	Arnau	Universidad de las Islas Baleares
Amores Salvadó	Javier	Universidad Complutense de Madrid
Avilés	Carmen	Universidad Politécnica de Madrid
Ayuso	Silvia	Escola Superior de Comerç Internacional (ESCI)
Ballesteros	Carlos	Universidad Pontificia de Comillas
Barañano	Margarita	Universidad Complutense de Madrid
Benavides	Juan	Universidad Complutense de Madrid
Cabello	Carmen	Universidad Pablo de Olavide
Cabrera Suárez	Katiuska	Universidad de las Palmas de Gran Canaria
Calveras	Aleix	Universidad de las Islas Baleares
Casani	Fernando	Universidad Autónoma de Madrid
Cea	José Luis	Universidad Autónoma de Madrid
Cea Moure	Ramiro	Universidad Autónoma de Madrid
Claver	Enrique	Universidad de Alicante
Corado Simões	Victor	Universidad Técnica de Lisboa
Cuenca García	Eduardo	Universidad de Granada
De Andrés	Pablo	Universidad Autónoma de Madrid
De Godos	José Luis	Universidad de León
De la Cruz Déniz	María	Universidad de las Palmas de Gran Canaria
De la Cuesta	Marta	Universidad Nacional de Educación a Distancia
De la Torre	Isabel	Universidad Autónoma de Madrid
Delgado	Javier	Universidad de Granada
Díaz	Ana	Universidad Autónoma de Madrid
Fernández Gago	Roberto	Universidad de León
Ferruz Agudo	Luis	Universidad de Zaragoza
Gallardo Vázquez	Dolores	Universidad de Badajoz
Gálve	Carmen	Universidad de Zaragoza
García	Isabel	Universidad de Salamanca
García	María del Mar	Universidad de Cantabria
García López	M ^a José	Universidad Rey Juan Carlos

García Olalla	Myriam	Universidad de Cantabria
García Uceda	Esperanza	Universidad de Zaragoza
García-Lillo	Francisco	Universidad de Alicante
Garralda	Joaquín	IE Business School/ Red Española del Pacto Mundial
Gómez-Bezares Pascual	Fernando	Universidad La Comercial De Deusto
Hurtado	Nuria	Universidad de Granada
Lamothe Fernández	Prosper	Universidad Autónoma de Madrid
Larrán	Manuel	Universidad de Cádiz
Larrinaga	Carlos	Universidad de Burgos
Lizcano Álvarez	José Luis	Director Gerente y Coordinador de la Comisión de RSC de la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA)
Luque	María Ángeles	Universidad Autónoma de Madrid
Marcuello	Chaime	Universidad de Zaragoza
Martin	Longinos	Universidad de Murcia
Martín Castilla	Juan Ignacio	Universidad Autónoma de Madrid
Martínez Merino	José Luis	Universidad Nacional de Educación a Distancia
Mendoza	Carmen	Universidad Autónoma de Madrid
Menguzzato	Martina	Universidad de Valencia
Molina	José Francisco	Universidad de Alicante
Moneva Abadía	José M.	Universidad de Zaragoza
Monjas Barroso	Manuel	Universidad Autónoma de Madrid
Monzón	José Luis	Centro Internacional de Investigación e Información sobre la Economía Pública, Social y Cooperativa
Murillo-Luna	Josefina	Universidad de Zaragoza
Navallas	Begoña	Universidad Autónoma de Madrid
Nieto	María Jesús	Universidad Carlos III
Nieto	Mariano	Universidad de León
Ortiz	Natalia	Universidad de Granada
Partal Ureña	Antonio	Universidad de Jaén
Pedraja	Marta	Universidad de Zaragoza

Pérez Ruiz	Andrea	Universidad de Cantabria
Pisón Fernández	Irene Clara	Universidad de Vigo
Prieto Moreno	Begoña	Universidad de Burgos
Pulido Fernández	Juan Ignacio	Universidad de Jaén
Quevedo	Esther	Universidad de Burgos
Quintana García	Cristina	Universidad de Málaga
Real	Alicia	Universidad Complutense de Madrid
Rey García	Marta	Universidad de A Coruña
Rialp	Josep	Universidad Autónoma de Barcelona
Rico García	Guadalupe	Universidad Rey Juan Carlos
Ripoll	Vicente	Universidad de Valencia
Rodríguez Antón	José Miguel	Universidad Autónoma de Madrid
Rodríguez Carrasco	José Manuel	Universidad Nacional de Educación a Distancia
Rodríguez Domínguez	Luis	Universidad de Salamanca
Rodríguez Fernández	José Miguel	Universidad de Valladolid
Saavedra	Irene	Universidad Nacional de Educación a Distancia
Sacristán Navarro	María	Universidad Rey Juan Carlos
Salas Fumás	Vicente	Universidad de Zaragoza
Sanna-Randaccio	Francesca	Universidad de La Sapienza
Santamaría Mariscal	Marcos	Universidad de Burgos
Sardinha	Idalina	Universidad de Madeira
Valle Cabrera	Ramón	Universidad Pablo de Olavide
Valor Martínez	Carmen	Universidad Pontificia de Comillas
Vidal	Isabel	Universidad de Barcelona
Vidal	Marta	Universidad de Oviedo
Villafañe	Justo	Universidad Complutense de Madrid



Normas de publicación

Normas de publicación

PROCEDIMIENTO DE PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

El Consejo Científico decide la admisión de los originales recibidos por la Revista, en cuyo caso estos serán enviados a dos evaluadores anónimos, externos a la entidad editora, de reconocida solvencia científica en el campo de estudio sobre el que versen los originales. Con los informes de los evaluadores, el Consejo Científico decide finalmente aceptar o no el trabajo para su publicación en la **Revista de Responsabilidad Social de la Empresa**. Únicamente se someterán a evaluación externa los artículos. El material para el resto de secciones será evaluado por la dirección de la revista.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ORIGINALES

1. Los trabajos para su publicación deben enviarse electrónicamente en formato Microsoft Word a la siguiente dirección de correo electrónico: secretaria.rse@luisvives-ces.org.
2. Dado que el proceso de evaluación es ciego, los autores deberán enviar **dos versiones**. Una de ellas incluyendo el nombre, afiliación, dirección postal, teléfono, número de fax e e-mail y un breve curriculum vitae, y otra sin datos identificativos. Asimismo, se aportará un resumen, en español e inglés, de 150 palabras aproximadamente, así como al menos un código JEL y un máximo de cinco palabras clave.
3. La Revista acusará recibo de los originales y el Consejo Editorial resolverá a la vista de los informes de los evaluadores. Las pruebas serán remitidas a los autores antes de su publicación.
4. Los artículos enviados a la Revista deberán ser inéditos y no estar sometidos a procesos de aceptación o publicación en otro medio.
5. La **extensión del texto** no deberá superar los 40.000 caracteres (contando espacios), lo que aproximadamente son 30 páginas tamaño DIN A 4 a doble

espacio, incluyendo gráficos, tablas, notas y bibliografía. Es importante no hacer doble «intro» después de cada punto y aparte.

6. Las **distintas secciones** han de numerarse de forma correlativa siguiendo la numeración arábica (incluyendo, en su caso, como 1 la sección de introducción), y la rúbrica correspondiente se consignará en letras mayúsculas. Consecutivamente, los apartados de cada sección se numerarán con dos dígitos (1.1., 1.2.,...) y tipo negrita sin mayúsculas, y tres dígitos (1.1.1., 1.1.2.,...) y tipo subrayado sin mayúsculas.

Los cuadros, tablas y figuras, en su caso, se numerarán de forma consecutiva y siempre con números arábigos. Cada una dispondrá de título y fuente.

7. **Las notas** se numerarán correlativamente con números arábigos, a espacio sencillo, y serán ubicadas a pie de página, cuidando que se correspondan con un número volado indicado sobre el texto. Sólo incluirán la referencia bibliográfica concreta (por ejemplo, direcciones de Internet) o/y una brevísima anotación, nunca grandes textos. Si éstos fueran necesarios, se llevarán al final del trabajo.

8. Todas las **tablas, cuadros, diagramas, gráficos y otras ilustraciones** irán mnumeradas correlativamente y situados en el lugar que les corresponde dentro del texto. Además en los casos de gráficos, diagramas e ilustraciones deberán incluirse los archivos jpg a 300 ppp de resolución como documento aparte.

9. En caso de entregar un texto destinado a las secciones de «Notas y Colaboraciones», «Herramientas», «Recesiones», «Experiencias» y/o «Documentos», éste deberá tener entre tres y diez páginas. En la sección de **documentos de interés** se especificarán en la cabecera del texto el autor, título del libro, editorial, lugar y fecha de publicación del documento. En el caso de las **recensiones de artículos**, se indicará el autor, título del artículo, nombre de la revista, número y año, y páginas. El reseñador podrá firmar la reseña al final del texto. En **notas y colaboraciones** aparecerá en la cabecera del texto el autor, cargo e institución o entidad a la que representa.

10. En el caso de resultar el **original aceptado** para su publicación, el autor o autores se comprometen a revisar las pruebas de imprenta pertinentes en un plazo máximo de cuatro días desde su recepción. Serán igualmente bien recibidas sugerencias de temas y otras colaboraciones para cualquiera de las secciones previstas en la revista.

11. Las **referencias bibliográficas** se incluirán en el texto indicando el nombre del autor, fecha de publicación, letra y página. La letra, a continuación del

año, sólo se utilizará en caso de que se citen obras de un autor pertenecientes a un mismo año. Dichas letras deberán guardar el orden correlativo desde la más antigua a la más reciente obra publicada. Al final del trabajo se incluirá una sección de referencias bibliográficas que contendrá las obras citadas en el texto. Las referencias deben corresponderse con las recogidas en el texto, y deberán ser ordenadas alfabéticamente por el primer apellido de los autores y después por el año, siguiendo las siguientes pautas:

Apellido (en mayúsculas) y nombre (en minúsculas) del autor, año de publicación (entre paréntesis y distinguiendo a, b, c, etc. en caso de existir varias citas de un mismo año), título del libro (en cursiva) o título del artículo (entre comillas), nombre de la revista (en cursiva) y número, editorial (en libros), lugar de publicación y, finalmente, páginas (págs. xxx). En el caso de trabajos no publicados, se incluirá el enlace de Internet «http//» completo y la fecha de acceso.

NORMAS PARA CITAR

Las citas aparecerán en el texto según el formato «autor-fecha» (por ejemplo, Martínez, 2005) y, en su caso, página (Martínez, 2005: 26). Las referencias en el texto que incluyan más de dos autores usarán la fórmula *et al* (Martínez *et al*, 2005).

Articles Publication Guidelines

CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY JOURNAL

The Scientific Council decides the admission of the original received for the magazine, in which case they will be sent to two anonymous reviewers, external to the publishing body of recognized scientific in the field of study that related to the original. With reports of the evaluators, the Scientific Council decides to finally accept or reject the work for publication in the journal of social responsibility of the company. Only be arbitrated and external evaluation articles, the material for the rest of the sections will be evaluated by the direction of the magazine.

The electronic version of the articles will need to be sent by e-mail to

secretaria.rse@luisvives-ces.org to be considered in the selection process.

NORMAL FOR THE PRESENTATION OF ORIGINALS

1. Works for publication should be sent electronically in Microsoft Word format to the following email address: secretaria.rets@luisvives-ces.org

2. Since the evaluation process is blind, the authors should send two versions:

One of them should include your name, affiliation, postal address, phone, fax, e-mail, number and a brief CV; and another one without any identifying information. Also, a summary of 150 words will be provided in Spanish and English, and at least one JEL code and a maximum of five keywords.

3. The journal will acknowledge receipt of the original and the Editorial Board will resolve in the light of the reports of the referees. Tests will be remitted to the authors before publication.

4. Articles sent to the magazine must be unpublished and not be subjected to processes of acceptance or publication in other media.

5. The extension of the text must not exceed 40,000 characters (counting spaces) that are approximately 30 pages DIN A4 size double spaced, including charts, tables, notes and bibliography. It is important not to double « enter» after each stop.

6. The different sections have numbered correlatively following the Arabic numerals (including where appropriate, such as 1 the introduction section) and the corresponding heading in capital letters. Consecutively, the paragraphs of each section is numbered with two digits (1.1, 1.2...) and bold type without capital letters and three digits (1.1.1, 1.1.2...) and type underlined not- capitalized.

Pictures, tables and figures, if any, are numbered consecutively and always with Arabic numerals. Each will have title and source.

7. The notes are numbered consecutively with Arabic numbers, single-spaced and will be located at bottom of page, taking care to correspond with a number flown indicated on the text. Only include the specific bibliographic reference (for example, Internet addresses) and/or a brief annotation, never great texts. If these were necessary, they will be at the end of work.

8. all tables, pictures, diagrams, charts and other illustrations will be numbered consecutively. Also in case of graphics, diagrams and illustrations must be the jpg files at 300 dpi resolution, besides going inserted in the Word document.

9. If you submit a text for the sectioned of « notes and collaborations», «tools»«recession», «experiences» and or « documents», must be between three and ten pages. In the section of documents of interest are specified in the header of the text the author, title of the book, publishing, place and date of publication of the document. In the case of the reviews of articles, indicate the author, title of article, name of the journal, number and year. The reviewer may sign the review at the end of the text. In notes and collaborations will be shown at the top of the text author, Manager and institution or entity you represent.

10. In case the original is accepted for publication, the author/authors undertake to revise the relevant printing proofs with a maximum period of four days of its receipt. They will be equally well received suggestions for themes and other collaborations for any of the sections referred to in the magazine.

11. Bibliographic references will be included in the text indicating the name of the author, date of publication, letter and page. The letter in the following year will be used when citing works by an author belonging to a same year.

Ten letters stored in sequential order from the oldest to the most recent published work. At the end of the work will include references section containing the cited works in the text. References containing the works cited in the text. References must match the containing in the text, and must be ordered alphabetically by the last name of the authors and then by year. According to the following guidelines:

Surname (in capital letters) and name (lowercase) of the author, year of publication (in parentheses and distinguishing a, b, c, etc.) If there are several quotations from the same year), title of the book (*italic*) or title of the article (in quotation marks), name (*italics*) magazine or title of the article (in quotation marks), name of journal (in *italics*) and number, publishing (in books), place of publication, and finally, pages (pp.. xxx).

In the case of unpublished work, will include the link «[http://](#)» complete and the date of access.

RULES FOR QUOTE

Quotations appear in the text according to the format « Humanities » (for example, Martínez, 2005) and, where applicable, page (Martínez, 2005:26). The references in the text to include more than two authors will use the formula et al (Martínez et al, 2005).

Normes abrégées de publication

REVUE DE RESPONSABILITÉ SOCIALE DE L'ENTREPRISE

Les articles envoyés à la *Journal de Responsabilité Sociale de l'Entreprise* doivent être inédits et ne peuvent avoir été publiés ou être en attente de publication dans d'autres revues. Tous les articles originaux doivent être évalués par des experts anonymes et externes à la rédaction de la Revue.

L'auteur doit envoyer la version électronique de son article à l'adresse suivante: **secretaria.rse@luisvives-ces.org**.

Quand au format, l'article doit être présenté suivant les indications ci-dessous:

1. La police utilisée est Times New Roman, taille 12, double ligne, sans espaces entre les paragraphes. Le document doit comprendre des marges de 2,5 cm de chaque côté.
2. La longueur de l'article ne peut pas dépasser les 40 pages (images incluses).
3. La mise en page du texte doit être standard et dans un programme informatique communément employé.
4. La première page doit inclure le nom de l'auteur ou des auteurs ainsi qu'un court résumé de leur Curriculum Vitae suivi de leur adresse (postale et électronique) et téléphones respectifs.
5. Pour chaque article, l'auteur doit envoyer un résumé (de maximum 120 mots) en espagnol et en anglais ainsi qu'une liste de mots clefs (entre deux et cinq mots) et les références bibliographiques citées/utilisées suivant la bonne classification scientifique internationale correspondante.
6. Les différents chapitres doivent être numérotés en utilisant le numéro «1» pour l'introduction. Les titres doivent s'écrire en caractères majuscules. Les sous-titres doivent énumérés consécutivement en utilisant deux ou trois nombres simples (1.1., 1.2.; 1.1.1, 1.1.2., etc.). Les sous-titres de deux

nombres doivent s'écrire en caractère gras et ceux de trois nombres doivent être soulignés (Ex: 1.1 Sous-titre ou 1.1.1 Sous-titre)

7. Toutes les images (tableaux, figures, etc.) utilisées pour illustrer l'article doivent être numérotés. Par voie électronique, ces images doivent être envoyées séparément.
8. Les notes de bas de page doivent aussi être numérotées, espacement simple, et placées au bas de la page.
9. Les citations doivent apparaître dans le texte suivant le format «auteur - date» (par exemple, «Martínez, 2005»). Si nécessaire, il est possible d'également inclure la page (Martínez, 2005: 26). Les références à plus de deux auteurs doivent suivre la formule et al (Martínez et al, 2005).
10. Les références bibliographiques doivent s'inclure en fin d'article sous la rubrique «Références bibliographiques» (sans énumération) par ordre alphabétique des auteurs et en suivant le modèle suivant: Nom de famille (en majuscule) et prénom (en minuscule) de l'auteur, année de publication (entre parenthèse et en distinguant avec les lettres a, b, c, etc. si les références correspondent à des années différentes), titre du livre (en italique) ou de l'article (entre guillemets), nom de la revue (en italique) et maison d'édition, ville de publication et, finalement, les pages (pages xxx). Si la référence est électronique, il faut inclure l'adresse complète Internet «<http://www>.» suivie de la date d'accès.

Les auteurs recevront cinq exemplaires du numéro de la Revue où l'article sera publié.

PROTECCIÓN DE DATOS

A los efectos de lo dispuesto en la Ley 15/99, de Protección de datos de Carácter Personal y en el Real Decreto 1720/2007, le informamos de que sus datos van a formar parte de un fichero titularidad de la Fundación Acción contra el Hambre, que es así mismo el Responsable del citado Fichero que será procesado con el fin de poder prestar los servicios por usted solicitados y que se encuentra debidamente inscrito en la Agencia Española de Protección de Datos. Con la cumplimentación de sus datos, usted autoriza a la Fundación Acción contra el Hambre para incluir sus datos en el referido fichero, así como su utilización y tratamiento automatizado o no, para la gestión y registro de sus relaciones con la Fundación Acción contra el Hambre.

Asimismo autoriza el tratamiento de sus datos personales para el envío de información sobre actividades y servicios de la Fundación Acción contra el Hambre por cualquier medio, salvo que usted indique expresamente en la casilla correspondiente que no desea recibir ningún tipo de información.

De conformidad con lo dispuesto en la Ley, la Fundación Acción contra el Hambre se compromete al cumplimiento de su obligación de secreto de los datos de carácter personal, y al deber de guardarlos y adoptará la medias necesarias para evitar su alteración, pérdida, tratamiento o acceso no autorizado, habida cuenta en todo momento el estado de la tecnología. Asimismo, establecerá los contratos y compromisos de confidencialidad con aquellos terceros que en función de una relación jurídica accedan a estos datos personales para la gestión del servicio por usted solicitado.

Usted podrá ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición con arreglo a lo previsto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre y demás normativa aplicable al efecto, mediante el envío de una solicitud firmada por él, acompañada de una fotocopia del DNI a la siguiente dirección: C/ Duque de Sevilla 3, 28002 Madrid, a la atención de TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES, o por cualquier otro medio que permita reconocer la identidad del usuario que ejerza cualquiera de los derechos anteriores. En todo caso, la Fundación Acción contra el Hambre se compromete a comunicar al titular de los datos las variaciones que en éstos se puedan derivar del ejercicio de los anteriores derechos, incluida su cancelación.

La Fundación Acción contra el Hambre se reserva el derecho a modificar unilateralmente y sin previo aviso su política de privacidad, siempre de acuerdo a la normativa vigente. Realizado el cambio, los titulares de los datos serán informados por correo electrónico, o cualquier otro medio equivalente.

- No deseo recibir información de otros servicios y actividades de la Fundación Acción contra el Hambre

ACCIÓN CONTRA EL HAMBRE DATA PRIVACY AND PROTECTION POLICY

As provided under Act 15/99 on the Protection of Personal Data and under Royal Decree 1720/2007, we inform you that your data are going to form part of a file owned by the Acción contra el Hambre Foundation, which is likewise the party Responsible for the file mentioned that will be processed in order to be able to provide the services requested by you and that is duly recorded in the Spanish Data Protection Agency. By filling in your data, you authorise the Acción contra el Hambre Foundation to include your data in that file, and to use them and process them in an automated form or otherwise, for managing and recording your relations with the Acción contra el Hambre Foundation.

Likewise you authorise your personal data to be processed for the purpose of sending out information about activities and services of the Acción contra el Hambre Foundation by any means, unless you expressly indicate in the appropriate box that you do not wish to receive any information.

In accordance with what is provided for under the Act, the Acción contra el Hambre Foundation undertakes to fulfil its obligation of secrecy regarding the personal data, and is committed to the duty to keep them and will adopt the necessary measures for avoiding the alteration, loss, processing thereof or non-authorised access thereto, taking into account at all times the state of technology. Likewise it will establish the contracts and confidentiality commitments with those third parties that, on the basis of a legal relationship, gain access to these personal data in order to manage the service requested by you.

You may exercise your rights of access, rectification, cancellation and objection in accordance with the provisions of Constitutional Act 15/1999, of 13 December, and other regulations applicable thereto, by sending a request signed by you, accompanied by a photocopy of your national ID card, to the following address: C/ Duque de Sevilla 3, 28002 Madrid, to the attention of TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES, or by any other means that enables the identity of the user who exercises any of the above rights to be recognised. In any event, the Acción contra el Hambre Foundation undertakes to inform the data owner of variations in them that may derive from the exercise of the above rights, including their cancellation.

The Acción contra el Hambre Foundation reserves the right to modify its privacy policy unilaterally and without prior notice, always in accordance with current regulations. Once the change has been made, the owners of the data will be informed by email or any other equivalent means.

- I do not wish to receive information about other services and activities of the Acción contra el Hambre Foundation.

