

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

Aldao López, Claudia; Gago-Cortés, Carmen; Longarela-Ares, Ángeles
Universidade da Coruña
c.aldao@udc.es

Resumen

Gran parte de los gases de efecto invernadero (GEI) provienen del sector energético en la Unión Europea (UE). Un punto clave, ante el agotamiento de los recursos fósiles y el impacto negativo de las emisiones, es la inversión en energías renovables. El objetivo de este trabajo es, por tanto, analizar los factores que pueden influir en la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico. Para abordarlo se realiza un estudio econométrico de correlación de variables y regresión. Los

resultados indican que las variables "Protocolo de Kioto" y "Deducibilidad del Impuesto de Sociedades" influyen positivamente en la inversión en equipos e instalaciones y protección ambiental, por lo que se considera útil introducir incentivos políticos y fiscales para fomentarla. El trabajo contribuye a mejorar el conocimiento sobre desarrollo sostenible a través de decisiones orientadas a reducir impactos negativos en el entorno.

Palabras clave: energía, inversión, medioambiente, sector eléctrico
JEL: G000; M00; Q400; Q500

Renewable energies and Green economy: investment in environmental protection in the electricity sector

Abstract

Most of the greenhouse gas emissions (GHG) come from the energy sector in European Union (EU). A key point, given the depletion of fossil resources and the negative impact of emissions, is renewable energy investment. The objective of this paper focuses on analyzing the factors that can contribute to the promotion of environmental protection investment in the electricity sector. To address it, an econometric study of correlation of variables and regression is

carried out. The results indicate that "Kyoto Protocol" and "Corporate Tax Deductibility" variables have a positive influence on the investment in equipment, installations and environmental protection in the sector, so it is considered that it may be useful to introduce political and fiscal incentives to encourage it. The paper contributes to improve knowledge about sustainable development through responsible decisions oriented to reduce the negative impacts in the environment.

Keywords: energy, investment, environment, electricity sector
JEL: G000; M00; Q400; Q500

1. Introducción

La energía es necesaria para promover el desarrollo y bienestar. Con esto en cuenta, se ha incrementado la preocupación por el uso de recursos no renovables y evolucionado hacia fuentes de energía renovable (Breyer & Farfan, 2017). El sector energético constituye una de las prioridades por su repercusión en el cambio climático. La Unión Europea (UE) está tratando de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y concienciar del uso de energías más sostenibles, con estrategias para garantizar un suministro seguro, asequible y respetuoso (Comisión Europea, 2018). Por un lado, se espera que para el 2050 entre un 93,9% y un 100% de las centrales tradicionales que producen energía estén fuera de servicio y se alcancen los objetivos de CO₂ de la Comisión Europea (Breyer & Farfan, 2017). Por otro lado, se encuentran las energías renovables, fuentes limpias, inagotables y competitivas que se diferencian de las fósiles por su diversidad, abundancia y potencial. Las razones empresariales para invertir en ellas son menores costes; mejoras en seguridad; accesibilidad; reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y menor impacto ambiental.

Este trabajo nace con la finalidad de estudiar los factores que pueden influir en la inversión en protección ambiental en el sector del suministro de energía eléctrica en España. Son muchos los países que se han comprometido a adoptar políticas respetuosas con el entorno que impliquen una reducción de emisiones y garanticen un suministro energético limpio, siendo uno de los objetivos prioritarios de la Comisión Europea. Es un tema de suma relevancia e interés, pues encaminarse hacia un modelo sostenible es fundamental. A la hora de hablar de sector eléctrico se tendrá en cuenta, para este estudio, que se hace alusión a la actividad empresarial del grupo D “Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado” de la CNAE 2009 (Clasificación Nacional de Actividades Económicas) que comprende los subsectores producción, transporte y distribución de energía eléctrica; producción de gas, distribución por tubería de combustibles gaseosos y suministro de vapor y aire acondicionado. Se ha considerado

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

como sector eléctrico a este grupo porque la electricidad puede obtenerse de diversas fuentes y engloba producción y suministro de electricidad.

El trabajo se estructura en: sección 1, breve introducción; sección 2, muestra los antecedentes y marco teórico, centrándose en una visión general del tema, analizando el sector energético en España, políticas de la UE y factores que pueden influir en la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico; en la sección 3 se comenta la metodología; en la sección 4 se recopilan y analizan los resultados del estudio y en la 5 se exponen las conclusiones extraídas de estos.

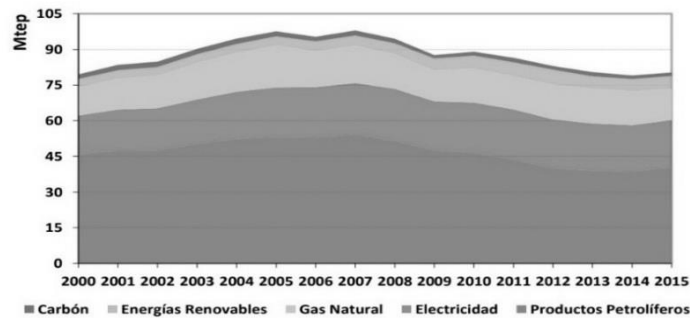
2. Marco teórico

2.1. Sector energético en España

España es un país dependiente de los recursos exteriores y con un limitado nivel de interconexión energética, pero, a la vez, cuenta con un *mix* energético completo y diversificado (Presidencia del Gobierno, 2015). En las últimas décadas, se ha ido avanzado hacia una mayor diversificación y experimentado un crecimiento económico. Durante los años 80-90, este crecimiento fue causado, en parte, por las industrias intensivas de energía, suponiendo un aumento de la demanda hasta 2007, cuando empezó la crisis. La fuerte demanda nacional, junto con una producción de energía primaria limitada creó un fuerte déficit energético que conllevó la vulnerabilidad del país. Por ejemplo, la producción de gas es escasa y procede en gran parte de importaciones extranjeras (Ministerio para la Transición Ecológica, 2018). La dependencia de energía durante los años 90 fue tan alta que supuso buscar alternativas, garantizar el suministro al menor coste posible y una progresiva desregulación (Ley 54/1997, 1997)). Sin embargo, persisten aspectos como la escasa competencia, déficit tarifario, incertidumbre regulatoria que afecta al autoconsumo y al desarrollo de las energías renovables, conexión limitada con las redes extranjeras, alta capacidad de los impuestos y ocasionales subidas de precios (Langarita, Duarte, & Sánchez Chóliz, 2017).

El consumo energético en España ha variado (Figura 1), creciendo hasta 2007 y con un punto de inflexión en 2008, por la caída del precio del petróleo y la crisis, entre otras causas. En 2010 continúa la decadencia de la demanda, hasta 2013. A esta última disminución ha contribuido la bajada de las fuentes energéticas convencionales y las renovables aumentan un 8%.

Figura 1. Evolución del consumo de energía final por fuentes energéticas



Fuente: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (2017)

Desde 2015 la tendencia cambia y el consumo aumenta y casi todas las fuentes han experimentado un aumento en su demanda, salvo el carbón por el cierre de centrales (Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, 2016).

2.2. Energías renovables y cambio climático

Por un lado, las necesidades energéticas están creciendo y por otro, el calentamiento global y las crisis tienen consecuencias en la calidad de vida. Las energías renovables son una buena opción, pues pueden ser identificadas y exploradas de forma más sencilla y con menos probabilidad de incidentes graves que las fósiles, produciendo energía de forma más económica por las mejoras en tecnologías e infraestructuras. Europa ha ido alcanzando una mayor participación en las fuentes de energía renovables, llegando a ser líder en instalación de acciones renovables (Breyer & Farfan, 2017). Además, los responsables políticos han acordado objetivos para reducir las emisiones GEI, como promocionar las renovables y la transición hacia una energía más limpia, justificado por la preocupación sobre la volatilidad de los precios del petróleo, la dependencia de fuentes

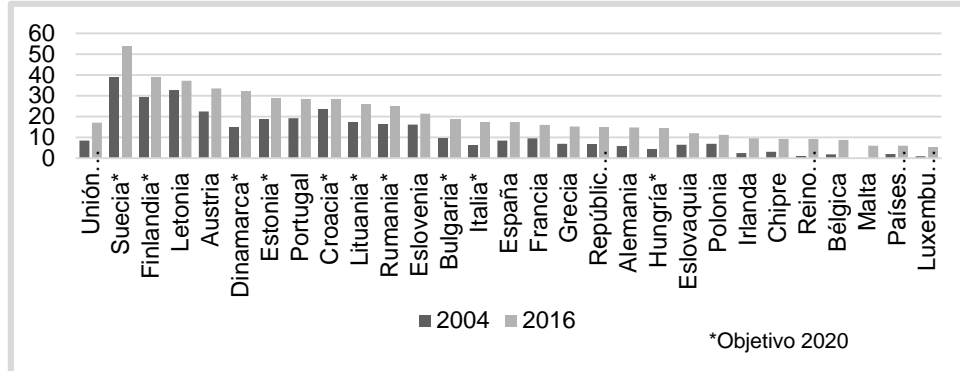
Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

de energía extranjeras y la seguridad energética. Para alcanzar estos objetivos se han aplicado diferentes medidas regulatorias (Balsalobre Lorente, Shahbaz, Roubaud, & Farhani, 2018).

Entre estas medidas se encuentran las de la Convención Marco de las Naciones Unidas, cuyo órgano supremo (Conferencia de las Partes COP) está formado por los Estados miembros y su objetivo es la estabilización de las concentraciones de GEI (Ignacio Ramonet, 2009; Redacción Ambientum, 2015). En 1997 estableció el Protocolo de Kioto, mediante el cual 38 países se comprometieron a limitar y reducir al menos en un 5% las emisiones GEI entre 2008-2012 (Abadía Ibáñez, 2014). En 2007 la UE creó el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático con medidas que se incorporaron a la legislación en 2009 y figuran en la “Estrategia Europea 2020” (European Commission, 2018c). En 2013, se presentó la Hoja de Ruta hacia una economía baja en carbono en 2050, para reducir las emisiones GEI en un 80% respecto a 1990 (Breyer & Farfan, 2017). Posteriormente, en 2014, la Comisión Europea presentó una propuesta de continuidad del Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático (European Commission, 2018b). Durante la COP21 2015 en París, se consiguió llegar a un acuerdo para limitar a 2°C la temperatura media del planeta (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018). Este acuerdo entró en vigor en 2016, cuando las emisiones GEI de la UE se encontraron un 23% por debajo de los niveles de 1990. Además, el sector energético es el de mayor potencial de reducciones (European Commission, 2018a). De todas formas, se están poniendo en marcha nuevas políticas, pues se estima que en 2030 las emisiones de la UE se sitúen en un 30% (Comisión Europea, 2017).

En cuanto a emisiones GEI influye mucho la proporción en la que los países usan energías renovables. En la Figura 2 se ve cómo ha evolucionado su consumo, comparando 2004 y 2016.

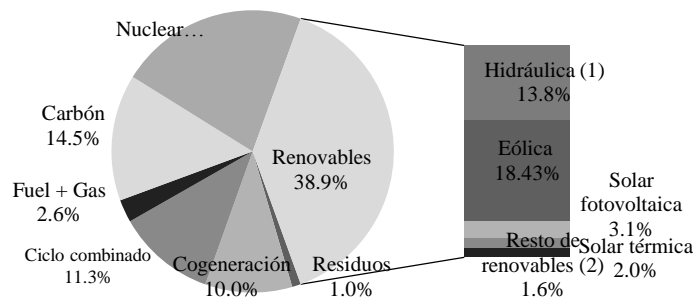
Figura 2: Cuota de energía procedente de renovables en la UE para 2004 y 2016



Fuente: Eurostat (2018b)

Se observa como 11 de los Estados miembros (con un *) alcanzaron sus objetivos relativos al consumo de renovables para 2020 (European Commission, 2018c) y la participación global de la UE en el consumo final bruto alcanzó el 17%. El país con mayor uso es Suecia y los de menor uso, Luxemburgo, Malta y Países Bajos (Eurostat, 2018b). Recientemente España se ha convertido en el primer país en confiar en el viento como principal fuente renovable (Figura 3).

Figura 3: Estructura de generación de energía eléctrica en España, 2016



Fuente: Red Eléctrica España (2016)

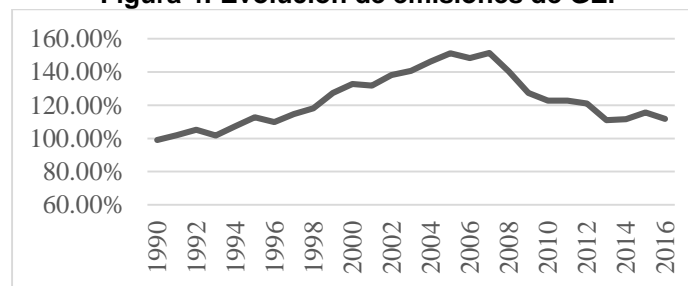
Además, la mayor parte de la energía generada proviene de renovables seguida de nuclear y carbón. En 2015, la proporción de electricidad renovable era 36,9% (17,9% más que en 2004) (Balsalobre Lorente et al., 2018) y en 2016 de 38,9%, un progreso positivo (Red Eléctrica España, 2016).

Con respecto al cumplimiento de los objetivos de la UE en España, centrándose en la emisión GEI pactada por el Protocolo de Kioto, el país se comprometió a no aumentar

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

sus emisiones por encima del 15% respecto a 1990 (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018). Sin embargo, ha superado este límite, con su máximo en 2007 (Figura 4). Desde entonces, ha bajado con algunos intervalos. En 2016, las emisiones se sitúan en un 13% más que en 1990. Las principales variaciones son del sector eléctrico, disminuyendo las emisiones por la sustitución del carbón por renovables (Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente, 2018). También cabe destacar que es uno de los sectores que más contribuyen al calentamiento global, aunque en 2016 el grado de progreso para alcanzar el objetivo de un 20% de energía renovable asciende al 17,3% (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Gobierno de España, 2018).

Figura 4: Evolución de emisiones de GEI



Fuente: Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medioambiente (2018)

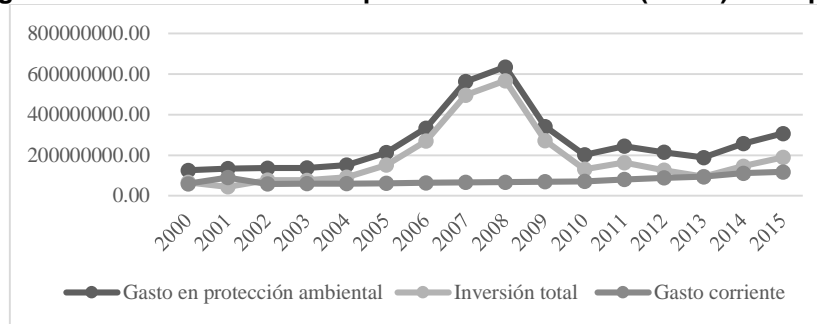
2.3. Factores que influyen en la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

Existen multitud de factores que pueden influir en la inversión en protección ambiental y el uso de renovables en el sector eléctrico. A continuación, se identifican algunos de los más relevantes y se comenta cual puede ser su contribución. Son: el Protocolo de Kioto, las emisiones GEI, incentivos fiscales, imagen empresarial y diferenciación e inversión en energías renovables.

2.3.1. Inversión en protección ambiental

Al hablar de inversión en protección ambiental en el sector eléctrico se tendrá en cuenta, para este estudio, la actividad CNAE 2009 “Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado”. Se ha buscado en el INE (Instituto Nacional de Estadística) e IGE (Instituto Gallego de Estadística) cuál ha sido la evolución de la inversión y gasto en protección ambiental (Figura 5).

Figura 5: Gasto e inversión en protección ambiental (euros) en España



Fuente: IGE (2010) e INE (2018)

Ambos siguen una tendencia constante desde 2000 a 2004, con un pico de 2005 a 2010 y un punto álgido en 2008. Tras este pico, inversión y gasto empiezan a estabilizarse y a partir de 2013 se observa una tendencia creciente de nuevo. La variable inversión es relevante, pues será la variable para explicar. Teniendo en cuenta sus variaciones cabe estudiar qué factores pueden haber contribuido a su evolución. Respecto al gran pico entre 2005 y 2010, puede hacerse una comparación con la evolución de GEI, que veremos a continuación, pues ambas variables siguen una tendencia similar, pudiendo haberse aumentado la inversión para reducir las emisiones.

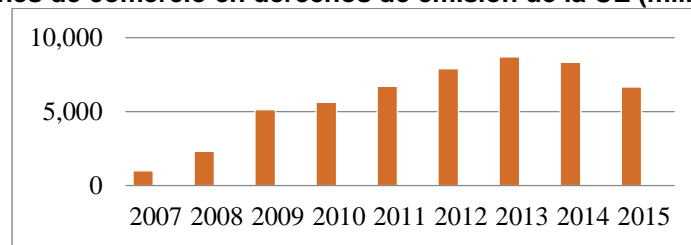
2.3.2. Protocolo de Kioto e impulso hacia la reducción de GEI

La UE desempeña un papel clave en el fomento de la transición a una economía baja en carbono (Unión Europea, 2018). En los años 70 y 80, el principal objetivo era abordar temas de ecología tradicional. Hoy, se centra en lograr que otros sectores tengan en cuenta las consecuencias ambientales de sus políticas. El objetivo es que para 2050 se

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

pueda vivir en un medio cuya gestión respete los límites ambientales (Dirección General de Comunicación Comisión Europea, 2014b). Parte de la situación referente a la evolución de la inversión en protección ambiental puede estar relacionada con la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. La mayor parte de los GEI en la UE provienen del sector energético (Dirección General de Comunicación Comisión Europea, 2014a). El protocolo de Kioto entró en vigor en 2005 en España (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018) coincidiendo con el año en que empieza a aumentar el gasto corriente y la inversión total (Figuras 5 y 6) y la comercialización de derechos de emisión GEI para controlar la tendencia creciente de las emisiones (Figura 6) también aumenta (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2018).

Figura 6: Volúmenes de comercio en derechos de emisión de la UE (millones de toneladas)

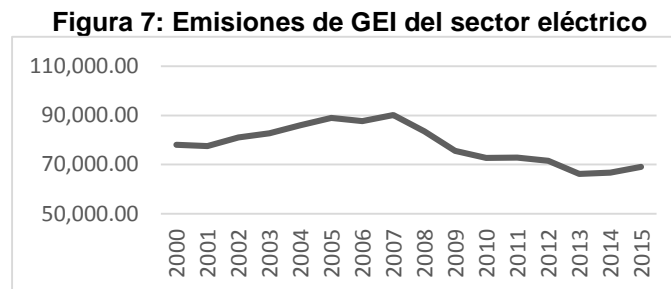


Fuente: Unión Europea, para el periodo 2007-2015

El mercado de derechos de emisión es un mecanismo de comercio para reducir las emisiones en un 8% hasta 2012, respecto a 1990. Este mecanismo, pese a tener como fin la reducción de emisiones al menor coste posible y proporcionar incentivos a las empresas para utilizar tecnologías más limpias, ha mostrado deficiencias como la limitación de las reducciones reales, la no sujeción de ciertos sectores y emisores, dudas sobre el adecuado diseño normativo, una irregular distribución de responsabilidades de descontaminar o la ausencia de ingresos públicos con los que llevar a cabo mejoras fiscales estructurales (Labandeira Villot, López Otero, & Rodríguez Méndez, 2007).

Entre 2000 y 2015, las emisiones GEI del sector eléctrico han aumentado hasta 2005 y, posteriormente, han seguido una tendencia decreciente (Figura 8). Para calcular las emisiones GEI del sector eléctrico, dada la escasez de datos, se obtuvieron las emisiones totales GEI en España (2000-2016) a partir de Eurostat (2018a). Posteriormente, se

obtuvo el número de emisiones GEI del sector para el período 2008-2015 del INE. En este punto se detectó una falta de datos para 2000-2007. Con el fin de no reducir el tamaño muestral y al disponer de dos series de datos se realizó una aproximación. Se dividió la cantidad de emisiones del sector entre las emisiones totales para cada año, multiplicando el resultado por 100. Así, se obtuvo el porcentaje de GEI que el sector emite sobre el total para el periodo 2008-2015. Posteriormente, se calculó la media de los porcentajes, igual a 0,1974. Según esto, se consideró que el sector eléctrico es responsable del 19,74% del total de GEI emitidos por la industria española. Finalmente, se aplicó este porcentaje al total de GEI de la industria para el periodo sin datos sectoriales obteniendo una *proxy* de GEI del sector (Figura 7).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2018a) e INE (2018).

2.3.3. Incentivos fiscales

En la UE existen incentivos fiscales para fomentar las energías renovables, como exenciones, descuentos impositivos, reembolsos de impuestos o aplicación de tasas impositivas más bajas. Con su regulación, en el sector eléctrico, se espera contribuir al aumento de la producción de energía renovable y reducir las emisiones GEI. Podemos destacar 3 tipos de tasas: los impuestos directos, indirectos y *pigouvianos*. Los directos pueden ser personales (que se aplican sobre la renta y permiten deducciones o exenciones según la fuente de ingresos y la capacidad energética renovable instalada), corporativos (implican exenciones en el Impuesto de Sociedades y permiten deducciones en la base imponible para empresas que invierten en electricidad renovable) y de la propiedad (IBI o Impuesto sobre Bienes Inmuebles en España); los indirectos suponen la

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

posibilidad de aplicar exenciones o reducir los niveles impositivos para fomentar el desarrollo de las renovables, como el IVA, y los *pigouvianos* intentan reducir las externalidades negativas de actividades humanas perjudiciales para el entorno (Tasa de Cambio Climático de Reino Unido).

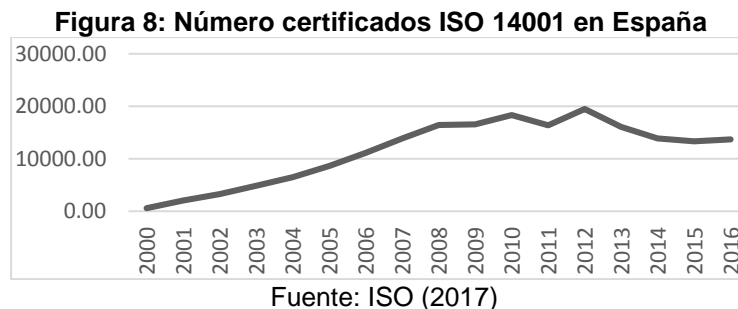
En España ha habido dos tipos de incentivos fiscales en cuando a electricidad, hasta el momento. Por un lado, las deducciones por inversión en instalaciones destinadas al medioambiente. Se permite una deducción en la cuota íntegra del 10% de inversiones en bienes materiales nuevos, destinados a aprovechar fuentes de energías renovables (Real Decreto 1777/2004 de 30 de Julio, 2004; Real Decreto Legislativo 4/2004 de 5 de marzo, 2004c). La deducción se suprimió en 2011 (Ley 2/2011 de 4 de marzo, 2011). Por otro lado, se encuentran las bonificaciones sobre la cuota del IBI que garantizan una bonificación de hasta el 95% a favor de construcciones, instalaciones u obras con sistemas de aprovechamiento térmico o eléctrico en cuanto a energía solar (Real Decreto Legislativo 2/2004 de 5 de marzo (actualización 27/12/2012), 2004b).

2.3.4. Mejora de la imagen de la empresa

Las compañías se han vuelto más transparentes para mejorar su imagen. Una forma es mediante los sistemas de gestión ambiental (SGA), procesos donde se implementan y revisan las acciones llevadas a cabo, intentando garantizar el cumplimiento de la política ambiental. Los SGA permiten reducir los riesgos ambientales, mejorar la gestión de recursos y optimizar inversiones y costes, por lo que están muy ligados a la imagen de la empresa, atribuyendo una valoración positiva o negativa por el impacto ambiental de una acción. Existen varios SGA, de carácter voluntario, que permiten una mejora en la labor ambiental de las organizaciones, como los EMAS (Sistema Europeo de Ecogestión y Ecoauditoría) desarrollados por la UE y que promueven la mejora del comportamiento ambiental (European Commission, 2018d). Y las normas ISO 14000, como la 14001, cuyo objetivo es promover la estandarización de formas de producir y prestar servicios que protejan el medioambiente, ayudando a las organizaciones a identificar y gestionar riesgos ambientales y minimizando daños. Implementar un SGA según normas ISO,

aporta beneficios como prevenir impactos ambientales negativos, evitar sanciones, facilitar el acceso a ayudas económicas y mejorar la imagen (Diagnóstico y Soluciones SA, 2018).

En la Figura 8 se puede observar la evolución del número de certificados ISO 14001 a nivel nacional. Desde 2000 hasta 2007, la tendencia es creciente, llegándose a estabilizar en 2008-2009. A partir de 2009 el número vuelve a aumentar hasta el año siguiente. Esto mismo sucede en 2011, creciendo hasta 2012, cae hasta 2015 y vuelve a estabilizarse con un ligero aumento en 2016. Un aumento en los certificados ISO 14001 podría significar que las empresas se comprometen más con el medioambiente. Cabe destacar que para el sector energético existe una norma específica, ISO 50001 (AENOR, 2018). Como es reciente, se ha tomado la ISO 14001 por tamaño muestral.



2.3.5. Diferenciación ante competidores e inversión en energías renovables

Las empresas pueden diferenciarse por la innovación creando una ventaja competitiva, de modo que los clientes perciban sus características como únicas, por lo que están dispuestos a pagar más que a la competencia. Para ello, es necesario que se cree más valor de producto y la empresa debe asumir esfuerzos con los que mejorar su oferta (Navas López & Guerras Martín, 2016). La diferenciación puede construirse sobre variables como el tiempo de entrega rápida o atención a criterios de responsabilidad social. Otro aspecto a considerar sobre factores que pueden influir en la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico es el hecho de que las energías renovables se obtienen de fuentes inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

contienen o porque son capaces de regenerarse y esto supone que, además de ser una fuente de energía constante, producen un bajo impacto ambiental.

3. Metodología

3.1. Objetivos, variables y datos

El objetivo del estudio es analizar los factores que pueden influir en la inversión en protección ambiental de las empresas del sector eléctrico españolas en el período 2000-2015. Teniendo en cuenta lo anterior, se formulan los siguientes objetivos específicos e hipótesis:

- Objetivo 1: analizar si las variables tienen relación con la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico en España.
 - *Hipótesis 1: los factores analizados en la teoría tienen una alta relación positiva con la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico.*
- Objetivo 2: analizar de qué modo se relacionan los factores de la teoría con la inversión en protección ambiental a través del análisis de regresión lineal.
 - *Hipótesis 2: la inversión en protección ambiental dentro del sector eléctrico está explicada por los factores estudiados:*

$$H_0: \beta = 0 \quad (1)$$

$$H_1: \beta \neq 0 \quad (2)$$

Para validar estas hipótesis se sigue una metodología basada en el análisis de correlación bivariada, a partir del cual se realiza un análisis de regresión. En este proceso, realizado con el programa estadístico IBM SPSS Statistics, se estudian las variables recogidas a continuación, comentadas en detalle en el apartado 2.3. Además, se comentan las fuentes de los datos de dichas variables.

- “Inversión en protección ambiental” (euros): inversión total en protección ambiental por tipo de equipo e instalación, ámbito medioambiental y agrupación de actividad económica. Datos de IGE (2010) e INE (2018).

- “Protocolo Kioto” (variable *dummy*): se toma como variable ya que puede estar relacionada con la inversión en protección ambiental y tiene como objetivo ser un mecanismo de reducción de GEI. Adopta el valor “0” en los años en los que no se aplica el protocolo de Kioto y “1” en los que sí se aplica.
- “Deducción Impuesto Sociedades” y “Bonificaciones IBI” (variables *dummy*): se analizan estos dos incentivos fiscales relacionados con la electricidad en España, ya que pueden contribuir a una mayor inversión en equipos e instalaciones. Para ello se han creado dos variables *dummy* basándose en el Real Decreto Legislativo 4/2004 y 1777/2004 y Ley 2/2011 para las “Deducción Impuesto Sociedades” y en el Real Decreto Legislativo 2/2004 para las “Bonificaciones IBI”. Estas variables adoptan el valor “0” en los años en que no están vigentes las normativas y “1” en los que sí están vigentes.
- “GEI sector” (emisiones (kt)): una reducción en la emisión de gases puede estar relacionada con un aumento de inversión, ya que con más equipos que protejan el ambiente habrá menos emisiones. Datos de Eurostat (2018a) e INE (2018).
- “ISO 14001 España” (número de certificados): indica el número de certificados en gestión ambiental a nivel nacional. Los datos se han obtenido de la página ISO.
- “Inversión energías renovables” (euros): datos de inversión en energías renovables dentro del sector eléctrico en España, obtenidos del INE.

3.2. Correlación Bivariada

Este análisis permite observar el grado de relación entre las variables “x” e “y”, pues, sabiendo el valor de una variable, se puede anticipar la otra. También permite conocer la dirección de esta relación: positiva cuando las variables se mueven en la misma dirección o negativa, en dirección contraria. El procedimiento ofrece varios tipos de coeficientes de correlación con los que medir el grado o intensidad de la relación. En este caso se va a tratar el de Pearson, que cuantifica el grado de relación realizando la covarianza entre dos variables relacionadas con la dispersión de sus distribuciones. Es quizá el coeficiente de correlación más utilizado (Pardo Merino & Ruiz Díaz, 2005):

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{n S_x S_y} \quad (3)$$

Dentro de la ecuación del coeficiente de correlación (3), la “x” del numerador, hace referencia a la “Inversión en protección ambiental” mientras que la “y” hace referencia a las variables independientes “Protocolo Kioto”, “Deducción Impuesto Sociedades”, “Bonificaciones IBI”, “GEI sector”, “Certificados ISO 14001 España” e “Inversión energías renovables”. En el denominador, “n” hace referencia al número de muestras, mientras que “S_x” corresponde a la desviación típica de la variable inversión y “S_y” a la desviación típica de cada una de las variables independientes (raíz cuadrada de la varianza). Su valor puede tomar valores entre -1 y 1. Si $r_{xy} = 1$, indica relación lineal perfecta positiva (conforme aumenta el valor de una variable, se incrementa el valor de la otra); si $r_{xy} = -1$ negativa (el incremento de una variable provoca la disminución de la otra) y cuando sea 0 no hay relación entre las variables (Pardo Merino & Ruiz Díaz, 2005). Al elevar al cuadrado el coeficiente de correlación se obtiene el de determinación R². Su valor es el porcentaje de variación total entre las variables:

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{SCT} \quad (4)$$

Se cumple siempre, y en modelos con ordenada en el origen puede aplicarse:

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT}; \quad SCT = SCR + SCE \quad (5)$$

donde SCE es la suma de cuadrados de los errores, $SCE = \sum (y_t - \hat{y}_t)^2$, SCT suma de cuadrados totales $SCT = \sum (y_t - \bar{y})^2$ y SCR suma de cuadrados de la regresión $SCR = \sum (\hat{y}_t - \bar{y})^2$. R² solo puede tomar valores entre 0 y 1 y ajusta mejor cuanto más próximo está de 1 (Cea D' Ancona, 2004). El uso de R² puede llevar a engaño al aumentar su valor cuando se añaden nuevas variables. Para evitarlo, se introduce el R² ajustado, una corrección a la baja de R². Su valor es menor que R², que 1 y puede ser negativo (Ramil, Rey, Lodeiro & Arranz, 2014).

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\frac{SCE}{T-k-1}}{\frac{SCT}{T-1}} = 1 - \frac{T-1}{T-k-1} (1-R^2) \quad (6)$$

3.3. Análisis de regresión lineal múltiple

El objetivo de un modelo de regresión es tratar de explicar la relación entre una variable dependiente “y” y la/s variable/s independiente/s “x_n”. El modelo puede clasificarse según el número de variables independientes y cuando la variable “y” depende de varias independientes “x₁, x₂,...,x_n” es un modelo de regresión lineal múltiple. Este modelo se utiliza para cuantificar la relación de dependencia entre las variables; predecir los valores que adoptará la dependiente a partir de los valores de las independientes y determinar el grado de confianza con el que se puede afirmar la relación observada a partir de los datos muestrales (Cea D' Ancona, 2004). La significatividad del modelo se comprueba con el estadístico F de Snedecor, mientras que la de cada coeficiente con la “t” de Student. Una vez observado cómo se relacionan las variables, tal y como se ha visto con el coeficiente de correlación de Pearson, es necesario establecer la forma, es decir, conocer cuantitativamente el grado de relación. Para ello hay que establecer cuál es la variable dependiente, la que recibe el efecto, y cuál o cuáles las independientes o predictoras que producen el efecto. El modelo se basa en la ecuación de cualquier modelo de regresión lineal:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \varepsilon_t \quad (7)$$

En este caso, y según la teoría analizada, las variables que forman la ecuación del modelo que se va a tratar, son:

- Y_t: inversión total en protección ambiental en el sector de energía eléctrica.
- β₀: ordenada en el origen y β₁, ..., β_n los coeficientes de cada variable.
- X₁,... X_n: variables explicativas o independientes de las cuales se ha obtenido información en la muestra analizada, es decir, X₁: Protocolo Kioto; X₂: Deducción Impuesto Sociedades; X₃: Bonificaciones IBI; X₄: GEI sector; X₅: ISO 14001 España; X₆: Inversión energías renovables.
- ε_t: componente aleatorio.

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

En este caso de estudio, la función a estimar sería:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Inversión (y) = β_0 + β_1 *Protocolo Kioto + β_2 *Deducción Impuesto Sociedades + β_3 *Bonificaciones IBI + β_4 *GEI sector + β_5 *ISO 14001 España + β_6 *inversión energías renovables + ε_t

Esta ecuación, permite predecir el valor de la variable dependiente (Y), a partir de unos valores predeterminados en las independientes. Para ello se sustituyen los valores de cada variable independiente en la ecuación. Como generalmente se trata de datos muestrales, la ecuación incluye el término perturbación (M^a Ángeles Cea D' Ancona, 2004). El modelo que se va a preferir será el de mayor R² ajustado y menor porcentaje de error estándar. Una vez estimados, corresponde comprobar su significatividad, es decir, si el efecto conjunto de las variables independientes relevantes difiere de 0 o no. Se puede realizar el contraste de hipótesis estableciendo restricciones con H₀ (hipótesis nula) y H₁ (hipótesis alternativa). El rechazo de H₀ supone la corroboración del modelo y es necesario un estadístico que siga una distribución de probabilidad conocida, estadístico de prueba (F):

$$F = \frac{\frac{R^2}{p}}{\frac{(1-R^2)}{(N-p-1)}} \quad (7)$$

El modelo es explicativo y existe una relación lineal significativa entre las variables cuando el F es inferior al 5%, lo que supone una probabilidad de acierto si se rechaza la hipótesis nula del 95% (Cea D' Ancona, 2004).

4. Análisis y discusión de resultados

4.1. Análisis de la matriz de correlaciones

El análisis bivariable se utiliza para conocer la relación entre las variables para poder decidir su inclusión en el modelo. Esta información la proporciona la matriz de correlaciones (Tabla 1) (Cea D' Ancona, 2004).

Tabla 1: Matriz de correlaciones

		Inversión en protección ambiental
Inversión en protección ambiental	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N tamaño muestral	16
Protocolo Kioto	Correlación de Pearson	,526*
	Sig. (bilateral)	,037
	N tamaño muestral	16
Deducción Impuesto Sociedades	Correlación de Pearson	,589*
	Sig. (bilateral)	,016
	N tamaño muestral	16
Bonificación IBI	Correlación de Pearson	,470
	Sig. (bilateral)	,066
	N tamaño muestral	16
GEI sector	Correlación de Pearson	,382
	Sig. (bilateral)	,144
	N tamaño muestral	16
ISO 14001	Correlación de Pearson	,457
	Sig. (bilateral)	,075
	N tamaño muestral	16
Inversión energías renovables	Correlación de Pearson	-,249**
	Sig. (bilateral)	,551
	N tamaño muestral	8

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS Statistics.

Como se puede observar, la variable “Protocolo Kioto” tiene una relación lineal positiva con la “Inversión en protección ambiental”, pues el coeficiente de correlación de Pearson (r_{xy}) es de 0,526*, más próximo de 1 que de 0. Como se puede apreciar a través del p valor, es una variable significativa, pues $p=0,037$, es decir, la probabilidad de error en la estimación es inferior al 5%. En cuanto al coeficiente de determinación ($r_{xy}^2=0,277$) muestra el cuadrado del coeficiente de correlación y, por lo tanto, “Protocolo Kioto” explica en un 27,7% a la variable “Inversión en protección ambiental” y repercute en el aumento de la inversión. La variable “Deducción Impuesto Sociedades” sigue una relación lineal positiva ($r_{xy}=0,589^*$), la variable es significativa y el coeficiente de determinación ($r_{xy}^2=0,347$) indica que la variable “Deducción Impuesto Sociedades” explica en un 34,7% a la inversión y repercute en su aumento. El resto de las variables: “Bonificación IBI”, “GEI sector”, “ISO 14001” e “Inversión energías renovables” no se muestran significativas con

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

el resto ya que $p > 0,05$ en los tres casos. La correlación (r_{xy}) en estas variables también es baja. Tras analizar las correlaciones, el modelo se va a basar en las variables “Protocolo Kioto” y “Deducción Impuesto de Sociedades”, ya que son las variables significativas.

4.2. Regresión lineal múltiple

En esta parte, se establece la relación entre la variable dependiente “Inversión en protección ambiental” y las independientes “Protocolo Kioto” y “Deducción Impuesto Sociedades” a través del análisis de regresión lineal múltiple. Dicha función la forma la ecuación calculada con los datos de la Tabla 2:

Tabla 2: Ecuación de regresión lineal

Modelo	Coef. no estandarizados		Coef. estandarizados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	43940185,794	54096835,935	,812	,431
	Protocolo Kioto	118020418,371	67057940,449	,375	,102
	Deducibilidad Impuesto Sociedades	137610277,031	62655800,191	,468	,047

Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS Statistics versión 24

El coeficiente no estandarizado correspondiente a la constante hace referencia a la ordenada en el origen (β_0). El coeficiente no estandarizado correspondiente a las variables independientes es la pendiente de la recta de regresión (β_1, β_2). Según estos resultados, la ecuación de regresión quedaría:

$$\begin{aligned}
 \text{Inversión} = & 43.940.185,794 + 118.020.418,371 \text{ Protocolo de Kioto} \\
 & + 137.610.277,031 \text{ Deducibilidad Impuesto Sociedades} \\
 & + \varepsilon t
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Esta ecuación, permite predecir el valor de la variable dependiente (“Inversión total en protección ambiental”), a partir de unos determinados valores para las variables independientes con los que muestra relación (Cea D' Ancona, 2004).

4.3. Bondad de ajuste

Una vez estimada la ecuación del modelo, se comprueba si el ajuste es suficientemente bueno. Para poder trabajar con el modelo de regresión es necesario estimar sus valores poblacionales (Pardo Merino & Ruiz Díaz, 2005). La Tabla 3 informa de la calidad del modelo de regresión o grado de ajuste.

Tabla 3: Resumen del modelo

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,687 ^a	,472	,391	117674077,143

a. Predictores: (Constante), Deducibilidad Impuesto de Sociedades, Protocolo de Kioto
 Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS Statistics.

El coeficiente de correlación (R) igual a 0,687 indica un buen ajuste, al estar cerca de 1, y la regresión explica un porcentaje elevado de las variaciones muestrales del regresando. El coeficiente de determinación (R^2) = 0,472 aunque es positivo, está más próximo de 0 que de 1, es un ajuste aceptable. Este 47,2% indica la variación total entre las variables. El coeficiente de determinación ajustado ($\overline{R^2}$) tiene un valor de 0,391, por lo que, en este caso, las dos variables independientes incluidas explican en un 39,1% la varianza de la variable dependiente. Una vez estimados los coeficientes junto con el error de predicción, se comprueba la significatividad del modelo con la tabla ANOVA. Se trata de comprobar si el efecto conjunto de todas las variables independientes relevantes en la predicción de la dependiente difiere de 0 o no. Las hipótesis serían:

$$H_0: \beta = 0 \quad (9)$$

$$H_1: \beta \neq 0 \quad (10)$$

H_0 es la hipótesis nula y H_1 a la alternativa. El rechazo de H_0 , al nivel de significación que se escoja, supone la afirmación del modelo, pero para saber cuánto se difiere de 0, se necesita el estadístico F (Cea D' Ancona, 2004) (Tabla 4). El valor de la significatividad del modelo es $0,016 < 0,05$, por lo que adquiere significatividad estadística y existe probabilidad de rechazo de H_0 de un 98,4%.

Tabla 4: ANOVA

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	161015085803266592	2	80507542901633296	5,814	,016 ^b
	Residuo	180013449608154528	13	13847188431396502		
	Total	341028535411421120	15			

a. Variable dependiente: Inversión total b. Predictores: (Constante), Deducibilidad Impuesto de Sociedades, Protocolo de Kioto. Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS Statistics

5. Conclusiones

Este estudio, surgió con el objetivo de analizar la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico. Para ello, se realizó un análisis con el que comprobó la relación de diversos factores con la variable dependiente “Inversión en protección ambiental”. Se llevó a cabo un análisis de correlación bivariable que permitió validar sólo en parte la *Hipótesis 1*, pues se ha visto que no todos los factores analizados tienen relación con la inversión. Solo las variables “Protocolo Kioto” y “Deducción Impuesto Sociedades” tienen una relación lineal positiva y son significativas y por ello se utilizaron como objeto de estudio.

Posteriormente, se realizó una regresión lineal múltiple, con el fin de analizar de qué manera se relacionan las variables del modelo. Se determinó cuáles forman la ecuación de regresión lineal y una vez obtenida, se comprobó la bondad del ajuste del modelo. A la vista de los resultados, se puede afirmar que el coeficiente de correlación indica una buena significación, por lo que se puede considerar que el ajuste es bueno. Sin embargo, el coeficiente de determinación es bajo, por lo que, aunque el ajuste es aceptable, podría mejorarse. Una vez estimados los coeficientes, se puede efectuar el contraste de la *Hipótesis 2*, estando la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico explicada por los factores considerados. Se rechaza H_0 y las variables “Protocolo Kioto” y “Deducción Impuesto Sociedades” son relevantes.

Al interpretar los resultados, éstos nos permiten formular recomendaciones que podrían ser de utilidad para diversos grupos de interés (políticos o empresarios). La variable “Protocolo Kioto” es importante al invertir en equipos e instalaciones en el sector,

siendo probable que el incremento de la inversión total esté relacionado con su entrada en vigor. En cuanto a la variable “Deducción Impuesto Sociedades” es relevante, de modo que si se volviese a introducir este tipo de incentivos fiscales se podrían alcanzar resultados positivos para fomentar la inversión en protección ambiental. El sector eléctrico ha disminuido, en parte, sus emisiones gracias a la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, por lo que la utilización de este tipo de energías es adecuada. Una última recomendación pasaría por continuar marcando límites a los GEI, para concienciar de su importancia y lograr avances en su reducción. En este último punto, es necesario señalar que estos resultados deben tomarse con cautela debido a las limitaciones del estudio, entre ellas la escasez de datos. Aun así, se ha escogido una serie del INE, con lo cual, no se han utilizado datos desagregados. De todas formas, disponer de más datos a lo largo del tiempo, ayudaría a profundizar en las cuestiones tratadas.

Como conclusión, cabe señalar que hoy en día las energías verdes y la sostenibilidad tienen mayor repercusión, pero sin duda, en el sistema energético, ciudadanos, cooperativas locales y gigantes energéticos deben involucrarse más ante el abanico de factores que abarca el sector. Para ello es necesario un equilibrio de poder y responsabilidad por parte de los políticos y de la sociedad. Los gobiernos tienen un papel clave, ya que deben acordar objetivos y medidas con los encaminar la transición energética. La dependencia energética y su impacto en el crecimiento económico es una gran preocupación, pues el precio de la electricidad afecta a las decisiones de consumo y producción (Langarita et al., 2017). Hay varios estados, entre ellos España, que han utilizado incentivos fiscales para promover el uso de electricidad a través de renovables. Sin embargo, la OECD en el año 2011 destacó que los impuestos ambientales suponen un pequeño porcentaje del PIB en comparación con otros países europeos, existiendo un margen de mejora en políticas fiscales. Los resultados obtenidos se pueden emplear de cara a clarificar los problemas en cuanto al suministro de energía y proporcionar claves para actuar de una forma más eficiente. El fin es ayudar a la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico y reducir emisiones GEI, promovido desde hace años por

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

organismos como la UE, para que llegue a alcanzar sus objetivos climáticos y energéticos.

6. Referencias

Abadía Ibáñez, J. (2014). La experiencia del comercio de derechos de emisión como herramienta para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, 7. Recuperado de: <https://bit.ly/2mxbNaG>

Balsalobre Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D. y Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO 2 emissions? *Energy Policy*, 113, pp. 356-367. doi: 10.1016/j.enpol.2017.10.050

Breyer, C. y Farfan, J. (2017). Aging of european power plant infrastructure as an opportunity to evolve towards sustainability. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28), pp. 18081-18091. doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.12.138

Cea D' Ancona, M.A. (2004). Análisis multivariable. Teoría y práctica en la investigación social (2ª ed.). Madrid: Editorial Síntesis.

Comisión Europea. (2017). Avances hacia el cumplimiento de los compromisos climáticos de la UE. Bruselas. Recuperado de: <http://bit.ly/2KOWc3L>

Comisión Europea. (2018). Renewable energy. Recuperado de: <http://bit.ly/2MNRFG1>

Diagnóstico y Soluciones, S A. (2018). ISO 14001. Recuperado de: <http://bit.ly/2ZnatZq>

Dirección General de Comunicación (Comisión Europea). (2014a). Acción por el clima, 8. Recuperado de: <http://bit.ly/2XJORWB>

Dirección General de Comunicación (Comisión Europea). (2014b). Un medio ambiente sano y sostenible para las generaciones venideras. Recuperado de: <https://bit.ly/2O3GkcM>

- European Commission. (2018a). 2050 low-carbon economy. Recuperado de:
<http://bit.ly/31qZNuC>
- European Commission. (2018b). Marco sobre clima y energía para 2030. Recuperado de:
<http://bit.ly/2RkEQwP>
- European Commission. (2018c). Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020.
Recuperado de: <http://bit.ly/2wXVsRu>
- European Commission. (2018d). What is EMAS? Recuperado de: <http://bit.ly/2lgBaJx>
- Eurostat. (2018a). Greenhouse gas emissions by source sector. Recuperado de:
<http://bit.ly/2XbmPXf>
- Fundación Aquae (2018). Los gases de efecto invernadero. Recuperado de:
<http://bit.ly/2IHilJh>
- Ignacio Ramonet (2009). Ultimátum a la tierra. Recuperado de: <http://bit.ly/2Xj6000>
- INE. (2008) Consumo y producción sostenible, 27.
- Instituto Galego de Estatística. (2010). Gasto e investimento total das empresas en
protección ambiental. CNAE-1993. Recuperado de: <http://bit.ly/2XLopfB>
- Instituto Nacional de Estadística. (2016). Principales indicadores según actividad
principal. Recuperado de: <http://bit.ly/2wUISCU>
- Instituto Nacional de Estadística. (2018). Encuesta del gasto de la industria en protección
ambiental. serie 2008-2015. Recuperado de: <http://bit.ly/31BaLh4>
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (2017). Informe sintético de
indicadores de eficiencia energética en España. año 2015, 1. Recuperado de:
<https://bit.ly/2Lqolt5>
- International Organization for Standardization. (2017). ISO 14001 - data per country and
sector - 1999 to 2016. Recuperado de: <https://www.iso.org/home.html>

Energías renovables y economía verde: la inversión en protección ambiental en el sector eléctrico

Labandeira Villot, X, López Otero, X. y Rodríguez Méndez, M. (2007). La regulación ambiental del sector energético y sus alternativas correctoras, 133-134. Recuperado de: <http://bit.ly/2MJqk2T>

Langarita, R., Duarte, R. y Sánchez Chóliz, J. (2017). The electricity industry in Spain: A structural analysis using a disaggregated input-output model. *Energy*, 141, pp. 2640-2651. doi: 10.1016/j.energy.2017.08.088

Ley 2/2011, de 4 de marzo (2011). Artículo 92. Recuperado de: <http://bit.ly/31yL9la>

Ley 54/1997, 35097 (1997). Recuperado de: <https://bit.ly/2LgyM93>

Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. (2018). Emisiones de gases de efecto invernadero. serie 1990-2016. Recuperado de: <https://bit.ly/2uRMNPb>

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2018). Resultados de la COP 21. Recuperado de: <https://bit.ly/2H5l6rT>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2018). El comercio de derechos de emisión en España. Recuperado de: <https://bit.ly/2uTrPzq>

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2018). Protocolo de Kioto. Recuperado de: <https://bit.ly/2L9LOVu>

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Gobierno de España. (2018). Programa nacional de reformas. Recuperado de: <https://bit.ly/2LErEPy>

Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. (2016). La energía en España. Recuperado de: <https://bit.ly/2sc6JOR>

Ministerio para la Transición Ecológica. (2018). El gas natural. Recuperado de: <http://bit.ly/2MQincx>

Navas López, J.E. & Guerras Martín, L.A (2016). Fundamentos de dirección estratégica de la empresa (2016th ed.)

Pardo Merino, A. y Ruiz Díaz, A. (2005). Análisis de datos con SPSS 13 base.

Presidencia del Gobierno. (2015). Estrategia de seguridad energética nacional.

Ramil, M., Rey, C., Lodeiro, M. y Arranz, M. (2014). Introducción a la econometría. Teoría y práctica.

Real decreto 1777/2004 de 30 de julio, (2004a). Artículos 33 y 36. Recuperado de: <http://bit.ly/2ReykYs>

Real decreto legislativo 2/2004 de 5 de marzo (2004b). Artículo 103.2.b. Recuperado de: <http://bit.ly/2KOXrzT>

Real decreto legislativo 4/2004 de 5 de marzo (2004c). Apartado 3 artículo 39. Recuperado de: <http://bit.ly/2RhflMI>

Redacción Ambientum. (2015). La COP21 ¿Qué es? Recuperado de: <http://bit.ly/2IL3Xox>

Red Eléctrica España. (2016). Las energías renovables en el sistema eléctrico español.

Román, R., Yñiguez, R., Cansino, J.M. y Pablo-Romero, M. d. P. (2010). Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries. *Energy Policy*, 38(10), pp. 6000-6008. doi: 10.1016/j.enpol.2010.05.055

Sereno, E. (2016, 12/09/16). España, Francia y Andorra impulsan un corredor de hidrógeno. Recuperado de: <https://bit.ly/2uzwAiw>

Unión Europea. (2018). Medio ambiente. Recuperado de: <http://bit.ly/31y1uX7>