

## HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO: OBJETIVOS PARA 2030 EN ENERGÍAS RENOVABLES<sup>1</sup>

Ángeles CÁMARA<sup>2\*</sup>

María Isabel MARTÍNEZ

---

**Resumen:** La transición hacia un modelo energético con bajas emisiones de carbono requiere de una serie de inversiones durante los próximos años que se cuantifican en este trabajo, estimándose el impacto tanto económico como social y ambiental que tendrían dichas inversiones con el horizonte temporal del año 2030. Además, se hace un estudio detallado del valor económico del sector actual de las energías renovables en España. La metodología utilizada en el trabajo es el análisis input-output, desagregando en la tabla input-output las diferentes tecnologías de producción eléctrica y ampliando dicho modelo con datos de empleo y de emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Towards A Low Carbon Economy: Renewable Energy Targets For 2030**

**Abstract:** The transition to a low carbon energy model requires a series of investments during the next years, quantified in this paper, estimating the economic, social and environmental impact that would have such investments at the time horizon 2030 and detailing also the economic value of the renewable in Spain. The work uses the input-output methodology, disaggregating in the input-output table the electricity generation technologies and being extended the model with employment and CO<sub>2</sub> emissions data.

**Palabras Clave:** emisiones de CO<sub>2</sub>, energías renovables, modelo input-output.

**Códigos JEL:** C67, O13, Q42, Q53

---

### **1. Introducción**

El trabajo que aquí se presenta pretende contribuir al debate y la toma de decisiones sobre el modelo energético español actual y el modelo sostenible al que se debe avanzar con urgencia por apremiantes motivos ambientales, pero, como se verá a lo largo de este trabajo, también por sólidos argumentos económicos y sociales.

Las energías renovables son una opción sostenible y técnicamente viable y aportan una parte significativa de la producción eléctrica en España. El importante y acelerado desarrollo tecnológico ha permitido reducir sus costes y ha favorecido su expansión a una escala impensable hace tan solo quince años; y sus perspectivas de crecimiento son muy favorables.

La contribución de las energías renovables al desarrollo sostenible, a la mitigación del cambio climático y al abastecimiento del consumo energético es ampliamente aceptada y reconocida, pues son múltiples los estudios que constatan su valor medioambiental.

---

<sup>1</sup> Este artículo está basado en el informe "El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte de 2030" realizado por Abay Analistas Económicos, S.L., financiado y promovido por Greenpeace España (Greenpeace, 2014). Dicho informe ha sido destacado por IRENA (2016) como un ejemplo de metodología para estimar el valor del sector de las energías renovables.

<sup>2</sup> La autora agradece el apoyo del proyecto ECO2016-75204-P

\* Ángeles Cámara: Universidad Rey Juan Carlos, Madrid (Spain), angeles.camara@urjc.es; María Isabel Martínez, Abay Analistas Económicos, mmartinez@abayanalistas.net

Conocido su gran potencial para mitigar el cambio climático y mejorar el acceso y seguridad del suministro de energía, es necesario avanzar hacia un mejor conocimiento de los efectos económicos y sociales vinculados al crecimiento de las energías renovables en un determinado territorio.

En los últimos años han aumentado los estudios que analizan los beneficios del impulso de las energías renovables, aunque se han centrado principalmente en aspectos técnicos relacionados con su integración en el sistema eléctrico, pero sus impactos económicos han sido aún poco analizados.

El objetivo principal de este artículo es, por tanto, la medición del impacto en la economía, en el empleo y en el medioambiente de un cambio del modelo energético nacional, con mayor presencia de las energías renovables, en el horizonte del año 2030. El modelo desarrollado contribuye a optimizar la toma de decisiones y al diseño de políticas energéticas incorporando la visión del largo plazo. Para ello se ha empleado un modelo de indicadores construido a partir de las tablas input-output para España más recientes.

El trabajo se ha estructurado en cinco epígrafes. En el primero se hace una revisión de la literatura dedicada a la medición de los efectos de las energías renovables sobre diferentes variables macroeconómicas. El segundo presenta la metodología que se va a utilizar para las modelizaciones. El tercero ofrece estimaciones sobre la envergadura macroeconómica actual del sector en España, con detalle para las diversas tecnologías analizadas. El cuarto presenta el análisis del impacto asociado al avance de las tecnologías renovables en el mix energético nacional y detalla tres escenarios distintos de progreso. En el último epígrafe se recogen los principales resultados y conclusiones del análisis.

## **2. Aproximaciones al valor económico de las energías renovables**

A continuación, se presentan algunos resultados alcanzados por la literatura especializada más reciente en relación con el valor económico de las energías renovables atendiendo a varios criterios: creación de valor añadido; creación de empleo, valor social y reducción de emisiones.

### ***Contribución al Producto Interior Bruto***

A nivel internacional, varios autores han encontrado una relación positiva entre consumo energético con fuentes renovables y crecimiento económico. Se pueden destacar los trabajos de Inglesi-Lotz (2013) y Silva et al (2011). En el trabajo de Chien y Hu (2008) se analizan los efectos de las energías renovables en el PIB de 116 economías para el año 2003 y se concluye que las energías renovables tienen un efecto indirecto positivo sobre el PIB debido al incremento de la formación de capital. Sadorsky (2009), a través de técnicas de cointegración con datos de panel para 18 economías emergentes, concluye que existe una relación positiva entre el ingreso real per cápita de un país y el consumo per cápita de energía renovable.

Apergis y Payne (2010) utilizan datos de panel, referidos a 20 países de la OCDE, para el periodo de tiempo comprendido entre 1985 y 2005 y constatan que un aumento del 1% en el consumo de energía renovable se traduce en un incremento del 0,76% en el PIB nacional. Además, las energías renovables también afectarían indirectamente al PIB de los países a través de la formación de capital. Por su parte, Tugcu *et al.* (2012)

analizan la influencia de las energías renovables y no renovables en el crecimiento económico de los países pertenecientes al G7.

A nivel nacional, son también varios los estudios que miden la aportación económica de las energías renovables atendiendo a diversas variables y, entre ellos, cabe destacar el realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2011b) que ofrece datos para el periodo 2005-2009 y el estudio de la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA, 2012), que ofrecen datos de la situación en España para ese año.

El estudio del IDAE realiza estimaciones para el año 2020 sobre la contribución de las energías renovables a la economía española, y cifra la contribución directa de las energías renovables al PIB nacional en 13.064,9 millones de euros y la indirecta en 4.933,2 millones de euros adicionales. La suma de la contribución directa e indirecta representaría el 1,20% del PIB nacional en 2020. Además, las energías renovables aportarían a la balanza comercial 1.893,1 millones de euros reales en 2020 (base 2010) y el saldo de la balanza fiscal también sería positivo, estimado en 1.249,4 millones de euros reales en 2020 (base 2010).

También, el estudio de EOI (2011) ofrece algunos datos que ponen de manifiesto la relevancia económica del sector. Entre ellos destacan los siguientes: en el año 2010 existían 10.155 empresas relacionadas con las energías renovables y la eficiencia energética, la producción de estos sectores ascendió a 21.673 millones de euros en ese mismo año, el Valor Añadido Bruto (VAB) a 8.365 millones de euros y la productividad aparente del trabajo se situó en 88.294 euros (VAB por empleado/a).

Sin embargo, el valor económico de las energías renovables no solamente se limita a la contribución a las variables económicas anteriormente mencionadas, sino que existen otras variables que hay que tener en cuenta para estimar la aportación del sector al conjunto de la economía y a la sociedad. Entre ellas, una de las principales contribuciones de las renovables a la economía de los países está vinculada a los puestos de trabajo generados por el sector, aspecto analizado prolijamente por la literatura especializada.

#### ***Contribución a la creación de empleo***

Los estudios de André et al. (2012) e International Energy Agency (2010) demuestran la relación positiva entre la apuesta por un incremento de las energías renovables y un aumento proporcional de empleos, directos e indirectos, relacionados con este sector.

A nivel internacional, en el año 2008 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2008), cifraba el número de empleos relacionados (directa o indirectamente) con las energías renovables en, aproximadamente, 2,3 millones de puestos de trabajo.

En el año 2014, un informe realizado por la Agencia Internacional de la Energía Renovable (IRENA) estimaba un crecimiento bruto constante del empleo relacionado con el sector eléctrico renovable y con el biogás. Su evolución a nivel mundial se puede resumir en las siguientes cifras: en 2004 existían 1,3 millones de puestos de trabajo, 3,5 millones en 2010 y 6,5 millones en 2013. De ellos, 2,3 millones relacionados con la energía solar fotovoltaica, 1,4 millones con biocombustibles, 0,8 millones con la biomasa, 0,8 millones con la eólica, 0,5 millones con la solar térmica y 0,3 millones con el biogás.

El estudio realizado por el PNUMA y la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2011) prevé la creación de, al menos, 20 millones de empleos en el sector de las energías renovables (proyección a 2020). Por subsectores, el informe estima que los biocombustibles generarán 12.000.000 (59%), la energía solar fotovoltaica 6.300.000 empleos (31%) y la energía eólica 2.100.000 (10%). Asimismo, en este caso en el contexto europeo, un estudio de WWF (Ghani-Eneland, 2009) realizó también proyecciones de puestos de trabajo ligados al sector. El documento afirma que en 2020 las energías renovables podrían contribuir a la creación de 2,5 millones de empleos netos en toda la UE.

En el ámbito nacional, son también varios los estudios que ofrecen cifras sobre empleo vinculado a las energías renovables. Entre los estudios más recientes destacan García-Alvarez et al (2013), que estiman los empleos directos en 68.737 y los indirectos en 44.758 (año 2010), centrados especialmente en eólica y solar fotovoltaica; el estudio de la Escuela de Organización Industrial (EOI, 2011), el cual cifra el empleo vinculado al sector de las energías renovables y a la eficiencia energética en 94.379 puestos de trabajo (año 2010) y el informe realizado por el IDAE (2011a), que estima en 70.152 los puestos de trabajo directos vinculados al sector de las energías renovables en 2010. De estos, un 43,6% se han creado en el sector eólico; un 27,9% en el solar fotovoltaico, un 9,6% en el solar térmico y un 4,5% en biomasa. El empleo indirecto sumaría otros 45.570 puestos de trabajo al sector.

Por otro lado, el estudio realizado por APPA en 2012 también ofrece cifras de empleo en el sector. En este caso, el informe estima en 113.899 (54.938 empleos directos y 58.961 indirectos) los puestos de trabajo vinculados a las renovables (8.618 empleos menos que el año anterior y cerca de 23.000 puestos de trabajo menos que en el año 2008).

No obstante, pese a esta destrucción de empleo cuantificada por el estudio de APPA, el IDAE (2011a) realiza proyecciones de empleo directo e indirecto a medio plazo (2020), augurando un notable crecimiento de los puestos de trabajo en el sector en España. Teniendo en cuenta el escenario planteado por el Gobierno, que sitúa en un 22,7% la cobertura de demanda final generada mediante fuentes renovables, en 2020 el sector habrá generado aproximadamente 128.373 empleos directos.

#### ***Contribución a la cohesión social y territorial***

Si bien la creación de empleo es de gran importancia para la economía, el tipo y las condiciones de los nuevos puestos de trabajo son de igual relevancia, ya que la creación de empleo estable y de calidad es un elemento clave para la cohesión social, y la principal fuente de ingresos de la población consiste en las remuneraciones percibidas por su trabajo.

Aunque es importante señalar que la calidad en el empleo es un concepto ampliamente debatido, existen una serie de variables consideradas por la literatura especializada que contribuyen a aproximar qué se considera un empleo de calidad, tales como la estabilidad laboral, la tipología de jornada, el rango salarial, el grado de rotación, las ocupaciones desempeñadas y las posibilidades de desarrollo profesional; el prestigio social, el grado de satisfacción del/a empleado/a y empleador/a, etc.

En el ámbito internacional, destaca el informe realizado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2011), el cual identifica ocupaciones relacionadas con

algunos subsectores de las energías renovables y el nivel de cualificación requerido para las mismas. Resulta destacable que en la mayoría de los casos la cualificación requerida es alta o media, lo cual, previsiblemente, tendrá un efecto positivo sobre el nivel formativo de la población al crearse una demanda relacionada con las nuevas ocupaciones.

A nivel nacional, el estudio citado anteriormente de IDAE (2011a) ofrece información sobre el tipo de empleo en el sector y sus características. Las principales conclusiones alcanzadas por este informe se resumen en los siguientes aspectos: el 83,7% de los puestos de trabajo del sector son indefinidos, se observa un elevado porcentaje de trabajadores/as con titulación superior (31%) y el salario medio en el sector es un 52% más elevado que en el resto de la economía y un 37% superior al de la media de los sectores industriales.

Otro informe relevante, en relación con las características del empleo, es el realizado por Burguillo y Del Río (2009), quienes analizan el impacto en el empleo de tres tipos de energías renovables (eólica, biodiésel y solar) en tres poblaciones españolas. Las principales conclusiones alcanzadas por este estudio se resumen en que los empleos creados son mayoritariamente de media o alta cualificación (estudios universitarios o escuelas técnicas) y de carácter indefinido. Además, los autores encuentran un impacto positivo sobre el empleo joven.

Por último, es importante también resaltar la contribución que las energías renovables realizan en relación con la cohesión territorial, es decir, cómo se distribuyen territorialmente los empleos generados por el sector.

En este sentido, varios son los estudios que analizan el impacto de las energías renovables sobre la cohesión territorial centrándose, principalmente, en dos aspectos: la creación de actividad económica y empleo en el ámbito rural y el abastecimiento de energía en entornos con baja densidad de población y dispersión en el territorio de la misma y, por tanto, con dificultades de acceso a la red de suministro general.

En relación a la contribución de las energías renovables a la creación de actividad económica y empleo en el entorno rural, un estudio publicado por IRENA (2012) estima que en el año 2030 el sector habrá generado más de 4 millones de puestos de trabajo directos en zonas rurales de todo el mundo, especialmente aquellos asociados a la distribución, venta, instalación, operación y mantenimiento.

Por otro lado, son varios los estudios que señalan la importancia de desarrollar energías renovables en el ámbito rural (EOI, 2011; OCDE, 2012; IRENA, 2012; AIE, 2010) como alternativa para el abastecimiento de electricidad de estas áreas, especialmente en relación con la posibilidad de generación eléctrica por medio de pequeñas fuentes de energía que supone la generación distribuida.

#### ***Contribución a la reducción de emisiones a la atmósfera***

En las últimas décadas el cambio climático y la concentración en la atmósfera de los gases causantes de este "efecto invernadero" han adquirido especial relevancia, despertando gran interés en el ámbito académico, político y la opinión pública.

En este sentido, cabe señalar que el sector eléctrico es uno de los que más emisiones atmosféricas genera, y, por tanto, también uno de los ámbitos más importantes a considerar a la hora de reducir las mismas. Desde la década de 1850, la utilización de combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y gas) ha aumentado progresivamente en

todo el mundo hasta convertirse en el suministro de energía predominante. Esto ha llevado a que en el año 2010 las concentraciones de CO<sub>2</sub> fueran superiores a 390 partes por millón (ppm), un 39% por encima de los niveles preindustriales.

La contribución de las energías renovables a la reducción de emisiones a la atmósfera (gases de efecto invernadero) ha sido ampliamente documentada por la literatura especializada y son múltiples los estudios e informes que constatan los efectos positivos de las energías renovables en relación con la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

A nivel mundial, uno de los estudios más recientes es el realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2013), en el que se estima que las energías renovables (excluyendo la energía hidráulica a gran escala) han contribuido a evitar 900 megatoneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (el 7% del total de las emisiones del sector energético).

A nivel europeo, según los datos del Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC en sus siglas en inglés) entre el año 1990 y el año 2009, gracias a las energías renovables, las emisiones de CO<sub>2</sub> en el conjunto de la Unión Europea se redujeron en aproximadamente 340 millones de toneladas, lo que equivale a una reducción del 7% con respecto a 1990.

Además, en el transcurso de estas décadas la preocupación por la reducción de emisiones a la atmósfera no ha dejado de crecer y, en la actualidad, la Comisión Europea ha propuesto unos objetivos climáticos y energéticos para 2030 en los que se establecería la obligatoriedad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 40% (respecto a los niveles de 1990) para el conjunto de la Unión Europea.

En el caso concreto de España, son varios los estudios que han cuantificado las emisiones de CO<sub>2</sub> y estimado la reducción de las mismas vinculada a generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables. En el trabajo de Cámara et al (2013) se evalúa el impacto que tendría en términos de disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> un cambio en el consumo energético de los hogares a favor de fuentes energéticas renovables. El informe realizado por APPA (2012) estima que en 2011 la electricidad generada por energías renovables del régimen especial permitió evitar la emisión a la atmósfera de 33.453.671 toneladas de CO<sub>2</sub> (valoradas en 429,2 millones de euros). Por último, este informe cuantifica económicamente los beneficios derivados de la sustitución de combustibles fósiles, estimando que en el año 2011 las energías renovables contribuyeron a evitar la importación de 11.739.536 toneladas equivalentes de petróleo con un valor de 2.101 millones de euros.

### **3. Metodología utilizada en el análisis**

Las tablas input-output (TIO), esquema que recoge las actividades económicas y las interrelaciones entre los distintos sectores que integran la estructura productiva de un país, permiten un análisis detallado de la dimensión de los sectores de actividad y se han elegido como fuente básica para la estimación de las macromagnitudes de las distintas energías renovables.

#### *Actualización de la tabla input-output*

Para el desarrollo de este trabajo se ha considerado oportuno utilizar los datos más recientes de contabilidad nacional publicados por el Instituto Nacional de Estadística

(INE). Para ello se ha tomado la última tabla input-output simétrica publicada por el INE referida al año 2010 y se ha actualizado al año 2012.

La elección del año 2012 como año de referencia para la realización de este estudio viene motivada por la situación coyuntural actual en el desarrollo de las tecnologías renovables. La evolución de la potencia instalada en energías renovables en la última década ha estado determinada por los cambios en el marco normativo. Así, la potencia instalada creció a un ritmo relativamente alto hasta el año 2011 y se ralentizó en 2012. En los últimos años, a partir de 2013, el aumento de potencia instalada ha sido mínimo o nulo. De hecho, el crecimiento de las inversiones destinadas al aumento de potencia instalada (nuevas plantas, básicamente) han convergido para las distintas fuentes de energía en tasas próximas a cero. Es decir, se ha producido una paralización casi total de las inversiones en el sector de energías renovables.

Una primera fase de la actualización de la Tabla se realizó a partir de la información económica disponible relativa al año 2012 (producción, VAB, importaciones, exportaciones, gasto en consumo final, impuestos, ...) La segunda fase de la actualización consistió en obtener la matriz de consumos intermedios, núcleo del modelo *input-output* que se ha utilizado en las modelizaciones. Al no disponer de una tabla *input-output* simétrica, esta matriz de consumos intermedios se obtiene mediante un método iterativo de aproximación conocido en la literatura especializada como método RAS (Bacharat, 1970).

Al tener que ajustar tanto las filas como las columnas, aparece el problema de la biproporcionalidad. El método RAS (Robles y Sanjuán, 2005) es un método biproporcional en el que cada rama de actividad está caracterizada por dos multiplicadores, uno de sustitución y uno de fabricación ( $r$  y  $s$ ) con los que se asume que las variaciones operan uniformemente sobre las filas y las columnas de la matriz. De forma que de la aplicación de estos coeficientes a la matriz original ( $A_0$ ) de coeficientes técnicos resulta una segunda matriz estimada ( $A_1$ ), cuyos elementos son consistentes con los valores observados de *inputs* y *outputs* intermedios de cada rama de actividad en el año de la actualización. Cuando  $r$  y  $s$  son aplicados simultáneamente sobre  $A_0$  se obtiene  $A_1 = \hat{r} A_0 \hat{s}$ , expresión matemática de la operación matricial que da nombre al método.

#### ***Desagregación de la tabla input-output***

Como ya se ha señalado, se han elegido las tablas *input-output* como fuente básica para la estimación de las macromagnitudes de las distintas energías renovables. Pero el principal obstáculo para la aproximación a estas actividades es que las TIO no recogen información particularizada para estas energías, sino que toda la producción de energía eléctrica se presenta, junto al transporte y la distribución de la misma, en una única rama. Por ello, además de la actualización de la TIO al año 2012, se ha procedido también a la desagregación del sector unitario de energía eléctrica en ocho subsectores diferentes: seis subsectores de producción de energía eléctrica renovable: eólica, solar fotovoltaica y térmica, solar termoeléctrica, energía de la biomasa, geotérmica, minihidráulica; un subsector de producción de energía eléctrica con fuentes tradicionales y un subsector de transporte y distribución de la misma.

La construcción de las distintas columnas, que refleja a modo esquemático cómo cada fuente de energía organiza recursos en torno a su proceso de producción, exige

identificar y cuantificar las interrelaciones de cada subsector con sus principales ramas proveedoras de bienes y servicios. Este análisis de interrelaciones se ha realizado a partir de distintos trabajos previos, principalmente de IDAE (2011b), aunque la revisión documental realizada para este trabajo ha sido mucho más amplia.

En una tabla *input-output*, en las filas se representan los ingresos obtenidos por la rama de actividad en cuestión, tanto debidos a las compras que le hacen el resto de ramas de actividad (consumos intermedios) como debidos al consumo final de los sectores institucionales (consumo privado y público), a la formación bruta de capital y a las exportaciones. En el caso de las ramas del sector eléctrico, para construir las filas de las energías renovables, se ha utilizado la siguiente información:

Energía eólica y solar: toda la energía final que se consume procede de su contribución al mix eléctrico, por lo que se obtienen de la primitiva fila de la tabla que recogía a todo el sector eléctrico.

Energía de la biomasa: una parte de su consumo proviene de su aportación al mix eléctrico (8,6%), el resto es consumo final de biomasa; la información sobre qué sectores económicos consumen biomasa se ha obtenido de IDAE (2011b) (balance del consumo de energía final).

Igualmente, la energía geotérmica tiene una parte de consumo final propio ya que se usa para calefacción y suministro de agua caliente en edificios de balnearios, para calefacción de otros tipos de edificios (viviendas, colegios) y para calefacción de recintos agrícolas (invernaderos). En consecuencia, se ha distribuido su consumo final entre los sectores correspondientes.

Una vez se dispone de una base de datos adecuada a nuestros objetivos de modelización, a continuación, se describen las características esenciales del modelo multisectorial que se empleará para la estimación de los impactos debidos a las inversiones realizadas.

#### ***Modelización para el análisis del impacto de las inversiones***

La metodología *Input-Output* (Lahr and Dietzschbacher, 2001) se apoya en el cálculo matricial y es una herramienta utilizada en el análisis estructural de una economía, ya que integra, en un esquema contable, el conjunto de relaciones que definen la producción de un país. Por ello, permite estimar el impacto de *shocks* exógenos en el producto, el valor agregado y la renta, así como medir el impacto de alteraciones en los precios de los factores o precios de las importaciones sobre la oferta de bienes y servicios. La metodología se resume en el Anexo.

#### **El valor económico de las energías renovables en España**

Una vez actualizada la tabla *input-output* y desagregado el sector eléctrico en sus diferentes subsectores, a continuación, se presenta la dimensión de las energías renovables en España a partir de sus valores en distintas macromagnitudes referidas al año 2012, que va a actuar como “año base” en los distintos análisis de impacto que se realizan en este trabajo.

#### ***Potencia instalada y generación de energía***

Como resultado de un importante crecimiento a lo largo de la última década, en el año 2012 se alcanzaron los 32,3 GW de potencia instalada en fuentes renovables (el 30,1%) y la producción alcanzó los 69.500 GWh (un 23,8%). La energía eólica se ha



consolidado como la segunda fuente energética atendiendo a la potencia instalada (tercera, si se considera la producción de energía). La energía solar, llamada a jugar un importante papel en el futuro, tiene aún una aportación relativamente pequeña a la generación global de energía eléctrica. Y el resto de fuentes renovables tienen también una participación aún muy reducida.

#### **Valor de la producción**

La suma total del valor de los bienes y servicios producidos por los subsectores de energías renovables (contribución directa) se estima en unos 13.810 millones de euros. De ellos, el 40% procede de la energía eólica y casi un 30% adicional de la energía fotovoltaica. La aportación del conjunto de renovables representa el 28,1% de la producción del sector de energía y el 0,74% de la producción nacional total.

A la contribución anterior se le puede sumar la aportación indirecta a la producción (producción necesaria del resto de sectores de la economía para satisfacer la demanda del sector renovable correspondiente) que alcanzaría 2.261 millones de euros para el conjunto de subsectores renovables. Las diferencias por tecnologías se observan claramente en esta contribución indirecta, así la energía de la biomasa, por ejemplo, aglutina el 37% de ésta, mientras que su aportación directa sólo representa el 17% del conjunto de energías renovables. Es decir, la biomasa depende, en mucha mayor medida que otras fuentes, de terceras actividades económicas y, por tanto, su efecto arrastre sobre el tejido productivo es también mayor. En total, la contribución de estos subsectores a la producción nacional se cifra en torno a los 16.071 millones de euros (Tabla 1).

Tabla 1. Contribución de las energías renovables a la producción en 2012

	Contribución directa				Contribución indirecta		Contribución total	
	Millones de €	% sobre el total	% sobre sector energético	% sobre economía total	Millones de €	%	Millones de €	%
Eólica	5.414	39,2	11,0	0,29	519	22,9	5.933	36,9
Fotovoltaica y térmica	3.992	28,9	8,1	0,21	631	27,9	4.623	28,8
Termosolar	1.430	10,4	2,9	0,08	243	10,7	1.673	10,4
Energía de la biomasa	2.346	17,0	4,8	0,13	845	37,4	3.191	19,9
Geotérmica	3,3	0,0	0,0	0,00	1,0	0,0	4,3	0,0
Minihidráulica	624	4,5	1,3	0,03	22	1,0	646	4,0
<b>Total</b>	<b>13.810</b>	<b>100</b>	<b>28,1</b>	<b>0,74</b>	<b>2.261</b>	<b>100</b>	<b>16.071</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la TIO 2012.

#### **Valor Añadido Bruto**

El Valor Añadido Bruto (VAB) directo generado por los productores de energías renovables alcanzó los 8.023 millones de euros en el año 2012 (Tabla 2). Esta cifra representa el 46,6% del valor añadido del conjunto del sector eléctrico y un 1,15% del valor añadido bruto de toda la economía (PIB). Es importante señalar que la contribución directa de las energías renovables en términos de VAB casi dobla a la contribución en términos de producción. Ello se debe a que algunas de estas actividades incorporan recursos con costes marginales nulos o cuasi nulos (el sol, el viento, ...), lo que reduce sus consumos intermedios y las convierte en actividades de mayor valor añadido que las energías convencionales.

Tabla 2. Contribución de las energías renovables al Valor Añadido Bruto en 2012

	Contribución directa				Contribución indirecta		Contribución total	
	Millones de €	% sobre el total	% sobre sector energético	% sobre economía total	Millones de €	%	Millones de €	%
Eólica	3.568	44,5	20,7	0,51	183	23,6	3.751	42,6
Fotovoltaica y térmica	1.885	21,0	9,8	0,24	227	29,2	1.912	21,7
Termosolar	573	7,1	3,3	0,08	89	11,5	662	7,5
Energía de la biomasa	1.656	20,6	9,6	0,24	268	34,6	1.924	21,9
Geotérmica	2,5	0,0	0,0	0,00	0,3	0,0	2,7	0,0
Minihidráulica	538	6,7	3,1	0,08	8	1,1	547	6,2
<b>Total</b>	<b>8.023</b>	<b>100</b>	<b>46,6</b>	<b>1,15</b>	<b>776</b>	<b>100</b>	<b>8.799</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la TIO 2012.

La contribución indirecta al VAB (VAB del resto de sectores de la economía asociado a la producción indirecta del sector de las energías renovables), por la misma razón señalada en el párrafo anterior, es relativamente pequeña y se cifra en unos 494 millones de euros anuales.

### *Empleo*

La contribución total de las energías renovables al VAB alcanza los 8.799 millones de euros anuales. El 42,6% de la misma corresponde a la energía eólica, el 21,9% a la energía de la biomasa y otro 21,7% a la energía fotovoltaica y térmica. La participación de la energía termosolar alcanza el 7,5% y la de la minihidráulica un 6,2%. La contribución directa de las energías renovables al empleo se cifra, según estimaciones propias, en unos 17.000 puestos de trabajo a Tiempo Completo Equivalente (TCE) (Tabla 3).

Tabla 3. Contribución de las energías renovables al empleo en 2012

	Contribución directa				Contribución indirecta		Contribución total	
	Nº de personas (TCE)	% sobre el total	% sobre sector energético	% sobre economía total	Nº de personas (TCE)	%	Nº de personas (TCE)	%
Eólica	5.782	34,0	7,6	0,03	2.370	23,7	8.152	30,2
Fotovoltaica y térmica	4.883	28,7	6,5	0,03	3.051	30,5	7.934	29,4
Termosolar	1.772	10,4	2,3	0,01	1.113	11,1	2.885	10,7
Energía de la Biomasa	3.779	22,2	5,0	0,02	3.323	33,3	7.102	26,3
Geotérmica	5,0	0,0	0,0	0,00	2,9	0,0	7,9	0,0
Minihidráulica	774	4,6	1,0	0,00	129	1,3	903	3,3
<b>Total</b>	<b>16.995</b>	<b>100</b>	<b>22,5</b>	<b>0,10</b>	<b>9.988</b>	<b>100</b>	<b>26.983</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la TIO 2012.

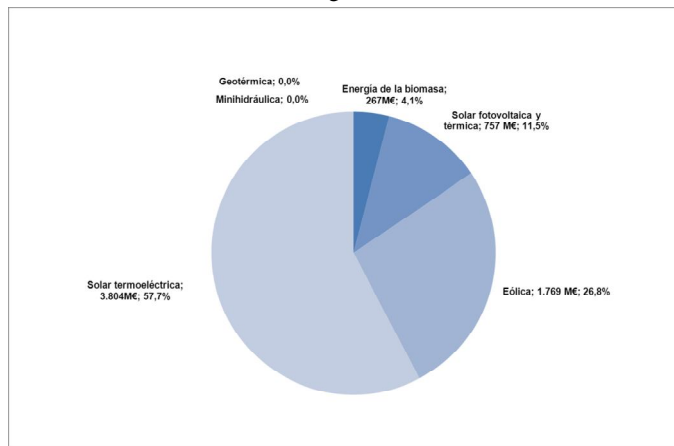
La energía eólica, la fotovoltaica y la energía de la biomasa son las que más empleo han generado, en torno a 5.800, 4.900 y 3.000 puestos de trabajo a TCE, respectivamente. La aportación indirecta de las energías renovables al empleo (qué parte del empleo del resto de sectores de la economía está asociado a la producción indirecta del sector de las energías renovables) se cifra en torno a 10.000 puestos de trabajo a TCE, principalmente vinculados a la energía de la biomasa, a la energía

fotovoltaica y a la energía eólica. En conjunto, unos 27.000 puestos de trabajo a TCE dependerían directa o indirectamente de la generación de energía eléctrica con fuentes renovables.

**Inversiones en nuevas plantas**

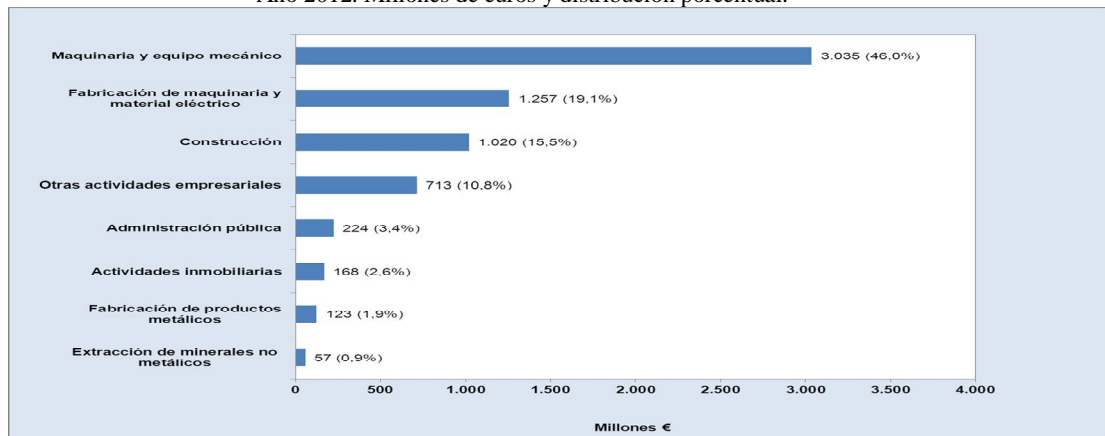
En el año 2012 las inversiones en energías renovables alcanzaron, según estimaciones propias, los 7.400 millones de euros. El 57,7% de este importe (3.800 millones de euros) se destinó a inversiones en energía termoeléctrica; un 26,8% a inversiones en el subsector de energía eólica; un 11,5% en energía fotovoltaica y térmica y el 4,1% restante en energía de la biomasa (Gráfico 1).

Gráfico 1. Valor de las inversiones en energías renovables. Año 2012. Millones de euros.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Sectores de actividad beneficiados directamente por las inversiones en energías renovables. Año 2012. Millones de euros y distribución porcentual.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de las principales partidas de los proyectos de instalación de nueva potencia en las distintas fuentes permite identificar las ramas o subsectores que se han visto más beneficiados por estas inversiones. Atendiendo a los resultados, el efecto directo mayor se ha producido en dos sectores industriales: maquinaria y equipo metálico (que ha recibido casi la mitad del presupuesto de los proyectos de inversión, el 46%) y el sector eléctrico industrial (maquinaria y material eléctrico). Otros sectores afectados de forma

positiva por este efecto directo de las inversiones han sido la construcción (destino del 15,5% de la inversión total) y el sector de otras actividades empresariales (10,8%) (Gráfico 2).

#### **Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Las energías renovables evitaron la emisión a la atmósfera de 31.489.189 de toneladas de CO<sub>2</sub> en el año 2012, o lo que es lo mismo: evitaron más de un tercio de emisiones contaminantes. Esta cifra se ha calculado a partir de las Cuentas de Emisiones a la Atmósfera del INE (2012). A partir de la cifra inicial, que corresponde a un sector que engloba energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado, se ha realizado la asignación correspondiente al subsector de energía eléctrica producida con fuentes convencionales. En este año, las energías convencionales emitieron unos 61.743.089 de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, por lo que esta cifra habría sido de 93.232.647 toneladas sin la presencia de las energías renovables en el mix energético.

### **5. Impacto económico del avance de las energías renovables en las próximas décadas**

En este epígrafe se presenta el impacto que, sobre el conjunto de la economía y especialmente sobre el tejido productivo, tendría el avance de las energías renovables en España.

Se consideran **tres escenarios alternativos de avance** que dan resultados claramente diferenciados en el año 2030:

**Escenario 1. Escenario de continuidad.** Refleja la situación en 2030 si se continúa con las tendencias actuales asociadas a un compromiso limitado con la reducción de emisiones.

**Escenario 2. Escenario de transición lineal,** en el que el proceso de transición es lineal en el tiempo.

**Escenario 3. Escenario de transición responsable,** en el que se acelera la transición en los primeros años del escenario para dar respuesta a los requerimientos del cambio climático.

La caracterización de estos tres escenarios y sus diferencias más notables (Tablas 4, 5 y 6 en el Anexo) se refieren al ritmo de avance en los siguientes puntos: abandono de los combustibles fósiles y sustitución de los mismos por fuentes energéticas renovables, aumento del grado de electrificación de la demanda energética y aumento de las necesidades de energía de los hogares en el horizonte del año 2030. A continuación, se presentan los resultados globales del impacto de las inversiones previstas en los distintos escenarios, todas ellas destinadas a la construcción de las infraestructuras requeridas para el aumento de la potencia instalada. Estos resultados permiten incorporar a la toma de decisiones variables de carácter económico, ambiental y social. De hecho, en este apartado se avanza en el tipo de empleo que se crearía con la ejecución de las inversiones, es decir, las características de los/as trabajadores/as que ocuparían dichos empleos (sexo, edad, nivel de educación y ámbito de residencia).

El tránsito desde los escenarios técnicos, caracterizados en unidades físicas (relacionadas con la potencia instalada, la generación de energía o la demanda final de la misma) a escenarios económicos, que recojan los principales efectos derivados de los primeros, ha exigido realizar algunas hipótesis para aproximar la evolución de variables y conceptos fundamentales. Todas ellas se hacen explícitas a lo largo del análisis. Atendiendo a las especificaciones de los distintos escenarios, el logro de los objetivos contemplados en cada uno de ellos implicaría aumentos muy significativos en la potencia instalada en fuentes renovables (Tabla 7 en el Anexo) y ello conlleva importantes inversiones en nuevas plantas.

Los últimos datos disponibles (IDAE, 2011b) ofrecen información sobre los costes de la inversión en la instalación de nueva potencia para las distintas tecnologías relacionadas con las energías renovables. Sin embargo, el desarrollo de estas tecnologías está siendo muy importante y cabe pensar que los costes de la inversión van a descender de forma significativa en los próximos años, especialmente en las tecnologías menos maduras, y más concretamente en el horizonte del año 2030. Con el objetivo de llegar a la evolución previsible de dicho coste en el periodo 2015-2030, se han realizado estimaciones *ad hoc* para las distintas tecnologías.

Atendiendo a las estimaciones propias realizadas, las inversiones requeridas alcanzarían 81.224, 203.293 y 293.025 millones de euros en los escenarios 1, 2 y 3 respectivamente (Tabla 8) y se ejecutarían a lo largo del periodo 2015-2030. En cuanto a las ramas de actividad que recibirían un impacto directo de estas inversiones, cabe señalar que las más beneficiadas en cualquiera de los tres escenarios son las de maquinaria y equipo mecánico y la de fabricación de maquinaria y material eléctrico. Otros sectores significativamente beneficiados atendiendo al destino del presupuesto de los proyectos de inversión son la construcción y el sector de otros servicios empresariales (básicamente, servicios de ingeniería y asesoramiento técnico).

Tabla 8. Cuantificación de las inversiones a desarrollar en los distintos escenarios planteados para 2030. Detalle de los sectores de destino del presupuesto de las inversiones en nuevas plantas (CNAE 2009).

	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Millones de €	%	Millones de €	%	Millones de €	%
Maquinaria y equipo mecánico	40.394	49,7	92.463	45,5	130.388	44,5
Fabricación de maquinaria y material eléctrico	18.262	20,0	41.519	20,4	60.007	20,5
Construcción	11.385	14,0	31.395	15,4	46.704	15,9
Otras actividades empresariales	5.848	7,2	21.539	10,6	32.995	11,3
Administración pública	3.595	4,4	7.838	3,9	10.914	3,7
Actividades inmobiliarias	1.547	1,9	5.034	2,5	7.562	2,6
Extracción de minerales no metálicos	443	0,5	1.714	0,8	2.634	0,9
Fabricación de productos metálicos	1.750	2,2	1.791	0,9	1.821	0,6
<b>Total</b>	<b>81.224</b>	<b>100</b>	<b>203.293</b>	<b>100</b>	<b>293.025</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los impactos macroeconómicos de los tres escenarios analizados, y debido principalmente a la similitud del efecto arrastre de las inversiones sobre las distintas ramas de actividad, son en gran medida proporcionales a la envergadura de las inversiones requeridas en cada uno de ellos. Así el escenario 1, de continuidad, que como ya se ha señalado, conllevaría inversiones cifradas en unos 81.200 millones de euros, tiene un impacto que se concreta en un aumento de la producción agregada de 150.383 millones de euros; en la creación de más de 823.200 empleos (TCE); y en un aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> de 14,0 millones de toneladas (Tabla 9). El escenario 3, que implica un mayor esfuerzo inversor (293.000 millones de euros) tiene un impacto también muy superior (545.160 millones de euros, 3.053.163 nuevos empleos y la emisión de 50,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>), a lo largo del periodo 2015-2030. Aunque importante, este aumento de emisiones es mínimo comparado con las emisiones evitadas a medida que vayan incorporándose las nuevas fuentes de energía.

Por último, el escenario 2, de transición lineal, se sitúa en valores intermedios respecto a los otros dos, tanto en el volumen de las inversiones como en el impacto macroeconómico de las mismas. En términos relativos, las inversiones de los tres escenarios son de una intensidad en empleo muy parecida debido, como ya se ha comentado, a la similitud en el destino de las mismas por ramas de actividad.

Tabla 9. Principales cifras del impacto económico y ambiental de las inversiones requeridas en los distintos escenarios. Variaciones respecto al escenario base (año 2012).

	Producción agregada		Empleo (TCE)		Emisiones de CO2	
	Millones de €	Tasa de variación (%)	Nº de puestos de trabajo (TCE)	Tasa de variación (%)	Toneladas	Tasa de variación (%)
<b>Escenario 1. De continuidad</b>	150.383	8,10%	823.200	4,76%	13.976.623	6,30%
<b>Escenario 2. De transición lineal</b>	377.567	20,3%	2.108.879	12,2%	34.739.605	15,65%
<b>Escenario 3. De transición responsable</b>	545.160	22,7%	3.053.163	17,7%	50.113.286	22,58%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Impacto de las inversiones requeridas en los distintos escenarios sobre el PIB. Variaciones respecto al escenario base (año 2012).

	Conjunto del período 2015-2030		Impacto anual sobre el PIB	
	Millones de €	Tasa de variación (%)	Millones de €	Tasa de variación (%)
<b>Escenario 1. De continuidad</b>	76.703	8,1%	5.114	0,5%
<b>Escenario 2. De transición lineal</b>	192.578	20,3%	12.839	1,4%
<b>Escenario 3. De transición responsable</b>	278.058	29,4%	18.537	2,0%

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el impacto sobre el PIB, cabe señalar que las cifras anualizadas indican que el escenario 1 conlleva un aumento anual en el PIB de unos 5.000 millones de euros, lo que implica un incremento en el PIB anual de referencia (2012) de 0,5 puntos porcentuales (Tabla 10). El escenario 2, tendría un impacto anual cercano a los 13.000 millones de euros, lo que representa 1,4 puntos de PIB y el escenario 3 tendría un impacto anual de 18.500 millones de euros, en torno a 2 puntos de PIB anuales (de forma sostenida durante década y media). Ya se ha visto que las inversiones no solo afectan a aquellas ramas en las que se concentran las actuaciones más significativas, sino que tienen incidencia, en mayor o menor medida, sobre la práctica totalidad de las ramas de la economía y cada una de ellas demanda un empleo con características específicas, muy heterogéneo. Considerando el empleo creado por el conjunto de la economía (impacto directo e indirecto sobre el empleo), cabe señalar que las inversiones requeridas en los tres escenarios conllevarían la creación de un empleo muy similar en lo que a características se refiere (Tabla 11):

Tabla 11. Impacto de las inversiones requeridas en los distintos escenarios sobre el empleo. Detalle por características del mismo. Periodo 2015-2030. Número de puestos de trabajo creados a Tiempo Completo Equivalente (TCE.)

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Distribución promedio (%)
<b>Total</b>	<b>823.199</b>	<b>2.106.878</b>	<b>3.053.162</b>	<b>100</b>
<b>Por tramos de edad</b>				
Menores de 25 años	70.359	181.015	262.727	8,6
De 26 a 45 años	489.188	1.256.213	1.821.752	59,6
De 46 a 55 años	175.557	447.383	647.594	21,2
De más de 55 años	88.096	222.267	321.089	10,6
<b>Por nivel de estudios</b>				
Educación primaria y secundaria obligatoria	308.488	779.323	1.127.869	37,0
Educación secundaria (no obligatoria)	113.100	292.280	424.367	13,9
Formación Profesional (Grado medio y superior)	199.657	500.822	722.523	23,8
Estudios Universitarios (1º y 2º ciclo y doctorado)	201.954	534.454	778.404	25,3
<b>Por sexo</b>				
Hombres	563.063	1.429.638	2.069.732	67,9
Mujeres	260.136	677.241	983.431	32,1
<b>Por ámbito geográfico</b>				
Urbano	438.088	1.128.841	1.637.425	53,6
Rural	385.112	978.038	1.415.738	46,4

Fuente: Elaboración propia.

Centrado principalmente en el tramo de edad intermedia, de entre 26 y 45 años (en torno al 60,0% de los nuevos empleos serían ocupados por este grupo de trabajadores/as en cualquiera de los tres escenarios considerados).

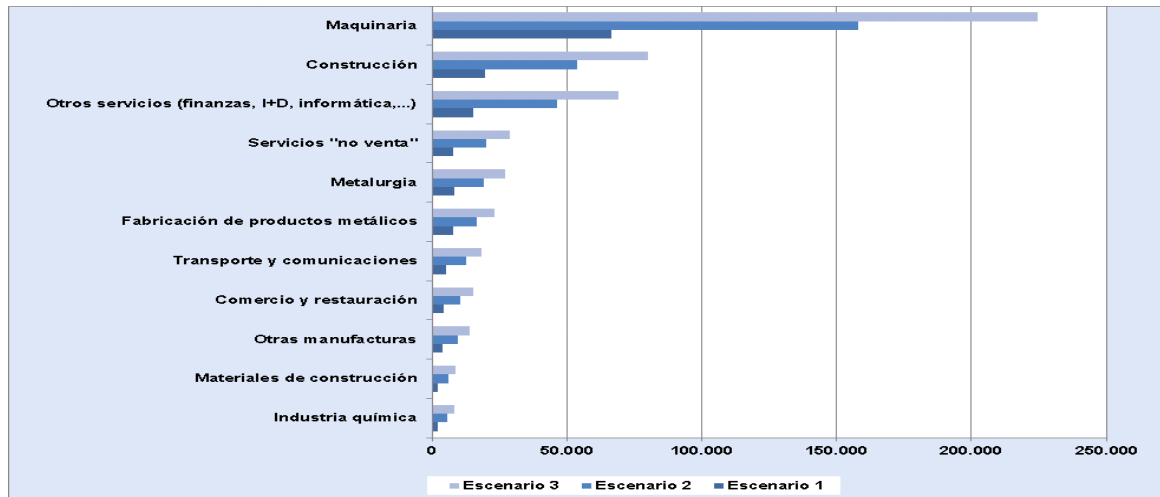
Muy distribuido por nivel de estudios, ya que en torno al 37% de los nuevos empleos serían ocupados por trabajadores/as con educación primaria o secundaria obligatoria, pero otro 23,8% sería ocupado por trabajadores y trabajadoras con estudios de formación profesional y un 25,3% adicional por trabajadores/as con estudios universitarios.

Mayoritariamente masculino, ya que se estima que en torno al 68% de los nuevos empleos serían ocupados por hombres, frente a un 32% que ocuparían las mujeres.

Equilibrado atendiendo al ámbito de residencia de los/as trabajadores/as, ya que se estima que cerca del 54% de ellos residiría en el ámbito urbano y el 46% restante, en el ámbito rural.

Las ramas de actividad más beneficiadas por la ejecución de las inversiones vinculadas a los tres escenarios considerados son la de maquinaria (que incluye tanto maquinaria y equipo mecánico como fabricación de maquinaria y material eléctrico), la construcción y otros servicios, que básicamente incluye los servicios a las empresas (finanzas, seguros, servicios de I+D+i, informática, ...) y los servicios “no venta”, referidos a las actividades de las administraciones públicas y otros servicios del sector público (Gráfico 3). El impacto de los distintos escenarios es muy dispar en cuanto a envergadura ya que las inversiones del escenario 3 son especialmente elevadas, pero no en relación a su efecto arrastre, ya que los sectores beneficiados en mayor medida son los mismos.

Gráfico 3. Impacto sectorial de las inversiones requeridas en los distintos escenarios. Detalle para las ramas afectadas en mayor medida. Periodo 2015-2030. Incremento de la producción agregada. Millones de euros.



Fuente: Elaboración propia

### Principales resultados del análisis y conclusiones finales

Los análisis recogidos en este trabajo profundizan en el impacto que el crecimiento de las energías renovables tendrá sobre la economía española. De hecho, el artículo aproxima la dimensión actual del sector de energías renovables, aporta escenarios para estas energías en el horizonte del año 2030 y cifras macroeconómicas referidas al impacto de las inversiones que serían requeridas en cada escenario analizado.

La importancia de los resultados de este trabajo estriba en que permiten incorporar al debate público sobre el modelo energético futuro dos elementos clave en el ámbito energético: la perspectiva del largo plazo y estimaciones referidas tanto al coste de las inversiones como al impacto económico de las mismas. En definitiva, los resultados aquí presentados contribuyen a incorporar la visión del medio y largo plazo en el debate social en torno al futuro modelo energético sostenible, unas conclusiones que deberían considerarse en la toma de decisiones públicas y privadas.

El impacto económico total de estas inversiones en cada uno de los escenarios está vinculado a la envergadura de las mismas. Así, en el escenario de continuidad el impacto total se concreta en un aumento de la producción agregada de 150.383 millones de euros; en la creación neta de más de 823.200 empleos; y en un aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> de 13,9 millones de toneladas. En el escenario responsable, en el que se realiza el mayor esfuerzo inversor, el impacto es también muy superior (545.160 millones de euros, 3.053.163 nuevos empleos y la emisión de 50,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>). Aunque importante, este aumento de emisiones es mínimo comparado con las emisiones evitadas a medida que vayan incorporándose las nuevas fuentes de energía. Por último, el escenario de transición lineal, se sitúa en valores intermedios respecto a los otros dos, tanto en el volumen de las inversiones como en el impacto macroeconómico de las mismas. En relación con el impacto sobre el PIB, cabe señalar que las cifras anualizadas indican que el escenario de continuidad conlleva un



aumento anual en el PIB de unos 5.000 millones de euros, lo que implicaría un incremento anual en el PIB de 0,5 puntos porcentuales durante todo el periodo. El escenario de transición lineal, tendría un impacto anual cercano a los 13.000 millones de euros, lo que representa 1,4 puntos de PIB y el escenario de transición responsable tendría un impacto anual de 18.500 millones de euros, en torno a 2 puntos de PIB anuales (de forma sostenida durante década y media).

Las inversiones requeridas en los tres escenarios crearían un tipo de empleo muy similar en lo que a características se refiere: centrado principalmente en el tramo de edad intermedia, de entre 26 y 45 años; muy distribuido por nivel de estudios (en torno al 37% con educación primaria o secundaria obligatoria; 23,8% con estudios de formación profesional y un 25,3% con estudios universitarios); mayoritariamente masculino (68% de los nuevos empleos) y equilibrado atendiendo al ámbito de residencia (rural/urbano).

El empleo directo e indirecto vinculado a la producción de energía eléctrica con fuentes renovables alcanzaría unos 35.000 puestos de trabajo a TCE en el escenario de continuidad, unos 115.000 en el escenario de transición lineal y más de 203.000 en el escenario responsable. La energía termoelectrica sería el principal subsector en los escenarios lineal y responsable, con más de 53.000 y 105.000 empleos a TCE, seguida de la energía eólica.

La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, objetivo principal de un modelo energético sostenible, sería muy importante en los escenarios de transición lineal y, sobre todo, en el responsable: el volumen de emisiones en el escenario de continuidad es de 203,15 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, una cifra sencillamente imposible de asumir en el contexto actual de avance del cambio climático. En el escenario lineal, las emisiones se cifran en 94,5 millones de toneladas y en el escenario responsable en tan solo 15,7 millones de toneladas.

En resumen, el avance hacia un modelo energético apoyado mayoritariamente en fuentes renovables requeriría un determinado esfuerzo inversor, pero supondría importantes beneficios para la economía española vinculados a:

- El importante impacto económico y en términos de empleo de las inversiones, que supondría una fuerte reactivación de la economía española por el efecto arrastre de algunos de los sectores afectados, como la construcción.
- El impacto sobre la cohesión territorial que se canaliza a través de su contribución tanto a la creación de empleo como a la recaudación fiscal local en las zonas rurales de destino de las inversiones.
- El impacto de las inversiones sobre la industria nacional, que permitiría una reactivación de los sectores industriales relacionados, como ya sucedió en la década previa (básicamente maquinaria, componentes eléctricos, ingenierías y servicios de I+D+i).
- La reducción del grado de dependencia energética de nuestra economía, en un contexto en el que los precios de los combustibles fósiles muestran previsiones de organismos internacionales con alzas continuadas a largo y muy largo plazo. Ello no sólo tendrá consecuencias sobre los costes energéticos y la competitividad de la economía española, sino que introduce variables relativas a la incertidumbre con efectos negativos mucho más amplios.

- Por último, la reducción de las importaciones energéticas y la mejora del saldo de la balanza comercial; así como, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero cuyos efectos sobre el medio ambiente y la salud llevan asociados también costes económicos directos e indirectos (incluidos los intergeneracionales) de más difícil medición, pero de envergadura indiscutible.

### Referencias bibliográficas

- André, F.J., Castro, L.M. y Cerdá, E. (2012): Las energías renovables en el ámbito internacional, Cuadernos Económicos, nº 83, pp. 11-36.
- Apergis, N. and Payne, J.E. (2010): “Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries”. *Energy Policy*, 38, pp. 656-660.
- APPA (2012): “Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España”. Asociación de Productores de Energías Renovables.
- Bacharat, M. (1970): *Biproportional matrices and input-output change*, Cambridge University Press.
- Burguillo, M. y del Río, P. (2009): “An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, pp.1314-1325.
- Cámara, A.; Flores, M. y Fuentes, P. (2013): “Análisis de las emisiones asociadas al sector energético en España”, *Estudios de Economía Aplicada*, 31 (1), pp. 151-170.
- Chien T. and Hu J.L. (2008): “Renewable energy: An efficient mechanism to improve GDP”. *Energy Policy*, 36, pp. 3045-3052.
- EOI (2011): “Green Jobs, empleo verde en España. 2010” EOI y Fundación OPTI.
- Ghani-Eneland, M. (2009): “Low carbon Jobs for Europe. Current Opportunities and Future Prospects” WWF
- García-Álvarez, M. T., Varela-Candamio, L., & Novo-Corti, I. (2013). Renewable energy, electricity market and employment: The case of Spain. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 13(1), 131-142.
- Greenpeace (2014): El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030, Abay Analistas Económicos y Sociales.
- IDAE (2011a): Estudio sobre el empleo asociado al impulso de las energías renovables. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- IDAE (2011b): Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables. Estudios Técnicos PER 2011-2020. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- IRENA (2016): ‘Renewable Energy Benefits: Measuring The Economics’. IRENA, Abu Dhabi.
- Inglesi-Lotz, R. (2013): “The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Welfare: A Panel Data Application” University of Pretoria.
- IRENA (2012): “Renewable Energy Jobs and Access” International Renewable Energy Agency.
- IRENA (2014): Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2014.
- Lahr, M. L.; Dietzenbacher, E. (Eds.). (2001). *Input-output analysis: frontiers and extensions*. Palgrave.
- OIT (2011): “Empleos verdes, hacia un trabajo decente en un mundo sostenible con baja emisiones de carbono” Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
- PNUMA (2008): “Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World” Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Róbles, L.; Sanjuán, J. (2005): “Análisis comparativo de las tablas *input-output* en el tiempo”, *Estadística Española*, vol. 47, num. 158, pp. 143-177.
- Sadorsky, P. (2009): “Renewable energy consumption and income in emerging economies”. *Energy Policy*, 37, pp. 4021-4028.
- Silva, S.; Soares, I.; Pinho, C. (2011): “The impact of renewable energy sources on economic growth and CO<sub>2</sub> emissions-a SVAR approach”, *FEP Working Papers*. N. 407.
- Tugcu, C.T.; Ozlturk I.; Aslain, A. (2012): “Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth revisited: evidence from G7 countries”. *Energy economics* 34(6), pp. 1942-1950.

## Anexo

Un modelo *input-output* consiste básicamente en un sistema de ecuaciones lineales, en el que cada ecuación se corresponde con una rama de actividad y en ellas se describe la distribución de un producto a través de la economía. Estos modelos son multisectoriales y en ellos se considera a los sectores productivos como funciones lineales del vector de demanda final. De esta forma, el *output* total de cada sector puede ser expresado como la suma de las transacciones con el resto de sectores y las transacciones con la demanda final. Esta idea se expresa mediante la siguiente ecuación matricial:

$$Y = A \cdot Y + X \quad [1]$$

$X$  representa la demanda final,  $Y$  representa el *output* total de los sectores productivos y  $A$  es la matriz formada por las propensiones medias al gasto de los sectores productivos (matriz de coeficientes técnicos).

Resolviendo la ecuación anterior se obtiene:

$$Y = (I - A)^{-1} \cdot X = M \cdot X \quad [2]$$

$M$  es la matriz inversa de Leontief, en la que cada elemento  $m_{ij}$  muestra el cambio en el *output* del sector  $i$  si el sector  $j$  recibe una unidad monetaria adicional desde la demanda final. El vector resultante  $Y$  es la matriz que indica el grado en que una inyección exógena en el sistema afecta a los ingresos totales de los sectores.

La matriz  $M$  incluye todas las variaciones en la producción cuando hay una modificación en la demanda final. Un aumento de la demanda en un sector va a generar un aumento en su producción para cubrir la nueva demanda y, por tanto, ese sector va a comprar más *inputs* intermedios de los demás sectores, y así sucesivamente. De esta manera, el impacto económico se puede descomponer en efectos directos (sobre los sectores que ejecutan las actividades concretas vinculadas a las inversiones contempladas en los distintos escenarios) y efectos indirectos (sobre los proveedores de los primeros y sobre el resto del tejido productivo).

El uso de esta metodología nos va a permitir medir el impacto socioeconómico y ambiental que tendría el desarrollo de los tres escenarios considerados. El núcleo del impacto está vinculado a la ejecución de las inversiones de cada escenario, un aspecto poco analizado habitualmente en el planteamiento de escenarios energéticos.

Partiendo de la ecuación [2], cualquier variación en los ingresos de los sectores (debido a una variación de su demanda final, en concreto, en la inversión) se verá reflejada en una variación del vector de producción como describe la siguiente ecuación:

$$\Delta Y = (I - A)^{-1} \cdot \Delta X \quad [3]$$

El análisis *input-output* permite también estimar los efectos sobre el empleo de los cambios en la demanda final, siendo este efecto una de las principales aportaciones de este análisis, en relación a los análisis habituales centrados en el impacto económico y ambiental. Para ello se ha trabajado con los datos de la Encuesta de Población Activa (EPA). Construyendo una matriz diagonal  $E$  que contiene el empleo generado en cada

sector por unidad de su *output*, el modelo de Leontief nos permite calcular los efectos de las inversiones en términos de empleo creado:

$$EMP = E(I - A)^{-1} X \quad \Rightarrow \quad \Delta EMP = E(I - A)^{-1} \Delta X \quad [4]$$

$\Delta EMP$  muestra el crecimiento o decrecimiento en el empleo debido a un cambio en la demanda final.

En el modelo utilizado en este trabajo, para cuantificar los efectos de la inversión sobre el empleo se utilizan multiplicadores de empleo (cuantía en la que aumenta el número de puestos de trabajo de cada sector para satisfacer un incremento de una unidad monetaria en la demanda final en el sector que se analiza). Estos coeficientes de empleo se aplican a los resultados del modelo de demanda y, de este modo, se analiza el efecto arrastre, que es el que provoca un aumento del empleo en un sector en el empleo de los demás sectores.

Posteriormente, atendiendo a la información disponible sobre cómo las distintas ramas de actividad distribuyen su empleo por niveles de estudios, sexo, tramos de edad y ámbito de residencia de los trabajadores (urbano o rural), se ha desagregado el empleo creado o destruido por cada rama en las características señaladas. La información de las estructuras educativa, por sexo y por tramos de edad procede de la EPA y la del ámbito geográfico de residencia de los trabajadores se ha obtenido de la Muestra Continua de Vidas Laborales (MCVL).

Para ello se han construido las siguientes matrices de distribución del empleo:

Dos matrices  $M_{n \times 4}$  (siendo  $n$  el número de ramas de actividad) para distribuir la variación en el empleo de cada una de las ramas de actividad en cuatro niveles de estudios y cuatro franjas de edad.

Dos matrices  $M_{n \times 2}$  para distribuir la variación en el empleo de cada una de las ramas de actividad entre hombres y mujeres y entre empleo urbano y rural.

Premultiplicando dichas matrices por una matriz  $M_{n \times n}$  que contiene el vector de variación en el empleo diagonalizado, se obtiene la desagregación del empleo creado o destruido en función de los cuatro criterios considerados.

Por último, además del impacto socioeconómico se ha analizado el impacto medioambiental de las inversiones que se han modelizado. Para ello se ha utilizado también la matriz inversa de Leontief, valorando no solo el aumento directo, sino también el indirecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> provocado por el incremento de la actividad económica que suponen las inversiones modelizadas. Esta información se obtiene premultiplicando la matriz inversa de Leontief por un vector de coeficientes unitarios de emisiones atmosféricas diagonalizado,  $EM$ , que muestra las emisiones atmosféricas de un sector por unidad de su producción. De este modo se obtienen los efectos medioambientales provocados por cada medida.

$$EMI = EM (I - A)^{-1} X \quad \Rightarrow \quad \Delta EMI = EM (I - A)^{-1} \Delta X \quad [5]$$

Así se pueden calcular las modificaciones en las emisiones atmosféricas,  $\Delta EMI$ , directas e indirectas, provocadas por el incremento de la actividad económica asociado a las inversiones de los tres escenarios considerados.

Tabla 4. Demanda de energía final total con “usos no energéticos” (TW.h/a)

	<b>Escenario 1. Continuidad</b>	<b>Escenario 2. Transición lineal</b>	<b>Escenario 3. Transición responsable</b>
Combustibles fósiles	1.352,7	629,2	104,6
Electricidad	570,6	430,5	329,0
Biomasa directa	47,2	60,1	69,5
Biocombustibles	12,5	61,0	96,1
Hidrógeno	0,0	85,1	146,7
Solar térmica	6,9	19,3	28,3
<b>Total</b>	<b>1.989,8</b>	<b>1.285,1</b>	<b>774,2</b>

Fuente: Greenpeace (2014).

Tabla 5. Potencia instalada en los distintos escenarios (GW)

	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>
Energías convencionales	101,5	47,2	7,8
Eólica tierra	48,5	63,1	73,6
Eólica mar	0,0	5,0	8,5
Termosolar	13,1	44,9	67,9
Hidroeléctrica	16,0	17,5	18,6
Fotovoltaica autoconsumo residencial		3,6	6,2
Fotovoltaica resto	18,9	22,1	24,4
Olas		2,4	4,1
Biomasa	2,7	2,7	2,7
Geotérmica	0,0	0,4	0,8
<b>Total</b>	<b>200,6</b>	<b>208,7</b>	<b>214,6</b>
Energía renovable	99,1	161,5	206,7
Energía no renovable	101,5	47,2	7,8

Fuente: Greenpeace (2014)

Tabla 6. Generación del sistema eléctrico en los distintos escenarios (TW.h/a)

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Energías convencionales	457,8	213,0	35,4
Eólica tierra	97,7	158,9	203,3
Eólica mar		16,1	27,7
Termosolar	34,3	182,4	289,7
Hidroeléctrica	27,5	32,8	36,7
Fotovoltaica autoconsumo residencial		4,7	8,1
Fotovoltaica resto	17,6	31,9	42,3
Olas		5,0	8,7
Biomasa	15,2	8,9	4,4
Geotérmica		3,4	5,9
<b>Total</b>	<b>650,1</b>	<b>657,1</b>	<b>662,2</b>
Energía renovable	192,2	444,2	626,8
Energía no renovable	457,8	213,0	35,4

Fuente: Greenpeace (2014)

Tabla 7. Variaciones respecto al año 2012 en la potencia instalada (GW) previstas en los distintos escenarios.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Energías convencionales	51,2	-3,1	-42,5
Eólica tierra	25,9	40,4	51,0
Eólica mar	0,0	5,0	8,5
Termosolar	11,1	42,9	66,0
Hidroeléctrica	-3,8	-2,3	-1,2
Fotovoltaica autoconsumo residencial	0,0	3,6	6,2
Fotovoltaica resto	14,3	17,5	19,8
Olas	0,0	2,4	4,1
Biomasa	1,8	1,9	1,9
Geotérmica	0,0	0,4	0,8
<b>Total</b>	<b>100,6</b>	<b>108,7</b>	<b>114,5</b>
Energía renovable	49,4	111,8	157,0
Energía no renovable	51,2	-3,1	-42,5

Fuente: Greenpeace (2014)