



## RESUMEN AMPLIADO

**Título:** Factores explicativos de la energía eólica y el papel de los territorios.

**Autores y e-mail de todos ellos:**

Consolación Quintana Rojo\*, [consolacion.quintana@uclm.es](mailto:consolacion.quintana@uclm.es)

Pablo del Río González\*\*, [pablo.delrio@csic.es](mailto:pablo.delrio@csic.es)

Miguel Ángel Tarancón Morán\*\*\*, [miguelangel.tarancon@uclm.es](mailto:miguelangel.tarancon@uclm.es)

Fernando Callejas Albiñana\*, [fernando.callejas@uclm.es](mailto:fernando.callejas@uclm.es)

**Departamento:** (\*) Economía Española e Internacional, Econometría e Historia e Instituciones Económicas, (\*\*) Economía y Política, (\*\*\*) Economía Política y Hacienda Pública, Estadística Económica y Empresarial y Política Económica.

**Universidad:** (\*) y (\*\*\*) Universidad de Castilla – La Mancha, (\*\*) Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

**Área Temática:** S07 – Energías renovables y desarrollo sostenible: eficiencia, medioambiente y revitalización económica del territorio

**Resumen:**

### 1. Introducción:

Desde hace dos décadas, los compromisos internacionales relacionados con la mitigación de los efectos del cambio climático, junto con la posibilidad de incrementar la independencia energética de los países, y de contribuir a la consolidación de un sector productivo tecnológicamente puntero; han propiciado el fomento de la difusión de las fuentes de energía renovable en los diferentes países europeos. Estas fuentes renovables están destinadas a sustituir progresivamente a las fuentes de energía convencionales, en especial las basadas en combustibles fósiles y en la nuclear, propiciando el proceso de transición energética hacia un modelo sostenible.

Entre las fuentes de energía renovable que más se han extendido en muchos de los países europeos destaca la eólica, que utiliza la fuerza del viento para obtener energía eléctrica. En España, la generación de energía eléctrica de origen renovable ha experimentado un crecimiento notable, sobrepasando la cota de los 55.6 Twh. en 2013, tras una acentuada progresión desde los años 90. En segundo lugar, se encuentra la energía hidroeléctrica, que ha mantenido un perfil más o menos estacionario en torno a una producción media de unos 32 Twh. Tras estas dos tecnologías se sitúan la electricidad procedente de tecnología solar, con una proporción aún pequeña pero que se incrementa a buen ritmo, y la energía procedente de biomasa y residuos de tipo renovable. La participación de otros tipos de tecnologías, como la geotérmica y la procedente de mareas y oleaje, es prácticamente nula.



Siendo, por tanto, la tecnología eólica (on-shore) la primera fuente renovable de generación de electricidad en España, con un 49.17% del total de la electricidad producida mediante tecnologías renovables en 2015.

En esta presentación se exploran los factores que han incidido en la expansión de la energía eólica en España, y se cuantifica su efecto mediante la estimación de un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas.

## 2. Análisis del sector eólico en España.

Ocupando una posición de liderazgo mundial en lo que a energías renovables se refiere, España es el segundo país de Europa en generación de energía eólica y cuarto a nivel mundial por potencia instalada<sup>1</sup>. Con el siguiente estudio descriptivo, se pretende explicar la realidad del sector eólico en España a finales del año 2015, así como el de Castilla-La Mancha en particular.

El número total de empresas que realizan su actividad en el ámbito del sector eólico a fecha 31 de diciembre de 2015 son 252<sup>2</sup>, distribuidas por todo el territorio nacional, sumando un total de 630 establecimientos (sedes, oficinas, fábricas) a las que denominaremos centros industriales. De estas 252 empresas, 223 se encuentran en activo<sup>3</sup>. Realizando un análisis por comunidades autónomas y provincias<sup>4</sup>, Castilla-La Mancha ocupa el décimo puesto, junto con Aragón; siendo 29 centros industriales los que se sitúan en territorio castellano-manchego.

El hecho de que haya habido un elevado índice de penetración de la eólica en España, ha generado un desarrollo de empresas en toda la cadena de valor: promotores de parques eólicos o productores de energía, fabricantes de aerogeneradores, fabricantes de componentes específicos (torres, palas, rodamientos, multiplicadores, etc), otros servicios asociados al sector eólico como ingeniería y consultoría, transportes, servicios de mantenimiento, proveedores de soluciones tecnológicas, formación y servicios financieros. Para Castilla-La Mancha, 10 empresas son las dedicadas a labores de operación y mantenimiento, 7 a servicios, 6 fabricantes de componentes, 4 promotores y 2 a ensamblaje, reparación y logística.

Si observamos la potencia instalada acumulada en MW, con datos a fecha junio de 2016, el total para España son 22.988 MW, siendo Castilla-La Mancha la que ocupa el segundo puesto con 3.807 MW. A su vez, el número de parques eólicos en España es de 1.077 de los cuales 139 están implantados en territorio castellano-manchego, ocupando el cuarto puesto. Sin embargo, si observamos la evolución del número de aerogeneradores, de parques eólicos y de la potencia instalada desde 1989 a 2016, vemos una clara tendencia alcista hasta 2007, fecha en la que comienza un descenso que culmina en el 2013 con una fuerte caída, fenómeno que también se refleja si observamos el número de empresas de energía eólica en España según su fecha de constitución. A su vez, el incremento de la capacidad instalada también siguió un ritmo ascendente hasta 2007, momento en el cuál dicho ritmo ha ido progresivamente

<sup>1</sup> Datos con fecha junio 2016 proporcionados por la World Wind Energy Association (WWEA)..

<sup>2</sup> Datos obtenidos de un listado de centros industriales proporcionado por la Asociación Empresarial Eólica (AEE), en su Anuario de 2016, así como una recopilación de empresas asociadas a la misma, representando a más del 90% del sector eólico en España.

<sup>3</sup> Utilizando la base de datos SABI.

<sup>4</sup> Por número de centros industriales de energía eólica: Madrid con 123, País Vasco 73, Galicia 70, Andalucía 67, Cataluña 58, Castilla y León 55, Navarra 32, Comunidad Valenciana 30, Aragón 29, Castilla-La Mancha 29, Asturias 15, Canarias 14, Murcia 10, Cantabria 8, Extremadura 7, Islas Baleares 5, La Rioja 5.



descendiendo hasta ser prácticamente nulo en el período 2012-2015. Ante este comportamiento, cabe preguntarse qué factores han propiciado este comportamiento de progresiva desaceleración y, en concreto, el papel que han jugado y juegan las medidas de apoyo y estímulo públicas aplicadas para propiciar el desarrollo de las energías renovables en general, y de la eólica en particular, en dicha evolución.

Para ello, se propone la estimación de un modelo econométrico de explicación de la capacidad de generación de energía eólica instalada en España, a partir de una serie de factores sugeridos en la literatura.

### **3. Factores determinantes del incremento en la capacidad instalada para la producción de energía eléctrica mediante tecnología eólica.**

En esta sección se recogen y clasifican los diversos factores que han sido analizados en la literatura, como determinantes del crecimiento de la capacidad instalada de energía eólica en los diversos países, incluyendo, además, algunos factores adicionales que pueden ejercer algún tipo de influencia sobre dicha capacidad.

Los factores se han dividido, atendiendo a su naturaleza, en factores específicos de la tecnología de generación eólica, factores asociados al mercado de la electricidad, factores de naturaleza política, y factores relacionados con el entorno socioeconómico. Sin embargo, estos factores no deben considerarse de una forma aislada, sino que frecuentemente unos y otros están relacionados entre sí, en ocasiones creando una red de influencias que afectan simultáneamente a la instalación de nueva capacidad de producción de electricidad mediante energía eólica.

Dentro de los factores tecnológicos diferenciamos entre factores relacionados con el coste de la tecnología y aquellos que inciden en el potencial de generación de la energía eólica. Los factores asociados al mercado de la electricidad, aquellos como el precio de la electricidad, la demanda de la misma, capacidad financiera de los operadores eólicos, peso en el mix eléctrico de fuentes tradicionales y de otras tecnologías “low-carbon” como la hidráulica, nuclear y solar, el precio de los combustibles y las barreras de acceso a la red y barreras administrativas. El nivel de renta, la aceptabilidad de la tecnología por parte de la población (el llamado efecto NIMBY), la concienciación de la problemática del calentamiento global medido en términos de nivel de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera, así como la contribución al desarrollo económico, engloban los factores socioeconómicos. Los factores políticos han sido desglosados en acuerdos internacionales (o deployment targets), la seguridad en el suministro energético, instrumentos públicos de apoyo a las renovables y la estabilidad del marco regulador.

A partir de los factores anteriormente expuestos, en el siguiente apartado se planteará la estimación de un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas que evalúa su incidencia sobre el incremento de la capacidad instalada de energía eólica (on-shore) en España.

### **4. Metodología y principales resultados.**

Basándonos en los factores anteriores, este apartado considera la especificación y estimación de un modelo econométrico multiecuacional que evalúa el impacto en el aumento de la capacidad instalada eólica en España.

Se realiza la estimación de un modelo de ecuaciones múltiples que representa la relación entre el despliegue de la capacidad de energía renovable y un conjunto de factores o variables.



Este tipo de modelos permite especificar un número de variables, a pesar de la longitud de las series temporales sin afectar los grados de libertad y, por tanto, las propiedades de los estimadores, por medio de la estimación de varias ecuaciones. También es un método para reducir el riesgo de problemas de multicolinealidad porque cada ecuación especifica un bajo número de regresores. A su vez, las relaciones indirectas se pueden representar por medio de ecuaciones vinculadas. Finalmente, un modelo de ecuaciones múltiples nos permite incluir relaciones simultáneas entre variables de manera adecuada, evitando problemas de endogeneidad.

El modelo para evaluar la variación en la capacidad instalada de energía eólica en España en el período de 1998-2015 se compone de cuatro ecuaciones:

- Ecuación 1: incluye los principales factores que explican la capacidad instalada eólica en España (WINDCAP), siendo el consumo de electricidad en el país (ELECON), el precio del hierro en mercados internacionales, como proxy del precio de acero que es el principal material usado en la construcción de los aerogeneradores (IRON), las ayudas en forma de feed-in tariffs o feed-in premia (PREMIUMS), la prima de riesgo (SR) y el tipo de interés a largo (LTIR).
- Ecuación 2: cuya variable endógena es ELECON, explicada a través del producto interior bruto (GDP), el precio de la electricidad (PRICEL) y el precio del petróleo (BRENT).
- Ecuación 3: explica la evolución del precio de la electricidad (PRICEL) en función de las siguientes variables explicativas: costes de transporte (TRANS\_TWH), el porcentaje de electricidad generado con eólica (SHAREWIND), el precio del gas natural (PRIGAS), el porcentaje de impuestos a la electricidad en el precio de la misma (TAX\_SHARE) y la media del apoyo a las renovables (PREM\_TWH).
- Ecuación 4: explicando SHAREWIND a través de las variables capacidad media anual del viento (WINDLOAD) y la capacidad instalada eólica (WINDCAP).

El modelo ha sido estimado con 3SLS siguiendo los resultados de la prueba de Hausman, que alcanzó un valor de -6.9632, lo que implica un valor p de 1 y, por tanto, el no rechazo de la hipótesis nula. Muestra una bondad de ajuste alta, con un R2 de 0.9823. Las variables se han estandarizado, expresándolas en logaritmos, para garantizar la comparabilidad de los coeficientes estimados.

## 5. Recomendaciones.

Los resultados de las estimaciones muestran que el coeficiente estimado asociado a los niveles de apoyo a las renovables es significativo al 0.05 de nivel de significancia, siendo el signo positivo, lo que sugiere que existe una relación positiva entre la capacidad instalada eólica y los niveles de soporte. Tal y como se observaba al realizar el análisis del sector eólico en España, el factor más crucial para explicar el comportamiento descendente a partir del año 2013 es, sin duda, la aplicación de políticas públicas. Los crecientes costes de soporte que se habían estado realizando en su mayor parte para las tecnologías solar fotovoltaica y también, aunque en menor medida, para la tecnología eólica, llevaron a una moratoria introducida en 2012, que implicó una suspensión de incentivos a nuevas instalaciones y posteriormente a una profunda reforma en 2013 con el Real Decreto Ley 9/2013 y la Ley 24/2013, que regula el sector eléctrico, poniendo fin a un sistema de promoción de energías renovables basadas en tarifas y primas. Por lo tanto, podemos concluir que los niveles de apoyo son un impulsor crucial de las adiciones de la capacidad eólica.



**Palabras Clave:** *Energías renovables, energía eólica, modelo econométrico, políticas.*  
**Clasificación JEL:** C30, Q42, Q48.