

Estimación del impacto económico del sector eólico en Galicia en el periodo 2000-2010

VARELA VÁZQUEZ, PEDRO

Departamento de Economía Aplicada

Universidade de Santiago de Compostela

Correo electrónico: pedro.varela.vazquez@usc.es

SÁNCHEZ CARREIRA, MARÍA DEL CARMEN

Departamento de Economía Aplicada

Universidade de Santiago de Compostela

Correo electrónico: carmela.sanchez@usc.es

PEREIRA LÓPEZ, XESÚS

Departamento de Economía Cuantitativa

Universidade de Santiago de Compostela

Correo electrónico: xesus.pereira@usc.es

RESUMEN

En Galicia, la energía eólica destaca entre las principales fuentes energéticas autóctonas. Cuantificar su impacto económico es crucial, pero existen una serie de dificultades debidas al análisis diferenciado de las actividades permanentes y temporales, entre otros factores.

El principal objetivo de este artículo es estimar el impacto económico de la energía eólica. La metodología se basa en el análisis input-output, mediante el estudio de las cadenas de valor y en la actualización de las estructuras productivas, empleando una variante del RAS. Los resultados muestran un sector con fuertes efectos de arrastre, tanto en su actividad temporal como en la permanente. Sin embargo, la paralización de nuevos parques eólicos limita sustancialmente el impacto económico regional.

Palabras clave: energía eólica; impacto económico; cadenas de valor; input-output; Galicia.

Clasificación JEL: Q42; C67.

MSC2010: 93D25.

Estimation of the Economic Impact of the Wind Energy Sector in Galicia during 2000-2010

ABSTRACT

Wind energy stands out among the main domestic renewable energy sources in Galicia. The economic impact quantification is crucial but there are several difficulties due to the differential analysis of the temporal and permanent activities, among other factors.

The main aim of this paper consists of the economic impact estimation of wind energy. The methodology is based on the input-output analysis, by means of the value chain examination and the productive structure updating, using a RAS variation. The results show a sector with additional output increase, both in temporal as well as permanent activities. Nevertheless, the paralysation of new wind farms restricts substantially the economic impact on the regional GDP.

Keywords: wind energy; economic impact; value chains; input-output; Galicia.

JEL classification: Q42; C67.

MSC2010: 93D25.



1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se considera la contribución de las energías renovables desde una perspectiva puramente energética, es decir, para incrementar la independencia energética del exterior, diversificar el *mix* energético y mitigar los efectos del cambio climático. No obstante, la emergencia de nuevos sectores productivos puede constituir una fuente de crecimiento económico, así como de diversificación industrial. En el caso de Galicia, la energía eólica, conjuntamente con la hidráulica, representan las principales fuentes de energía renovables. Por lo tanto, el hecho de cuantificar el impacto económico del sector eólico es trascendental para analizar sus potencialidades, retos y, también como un primer paso para el diseño e implementación de políticas públicas.

El objetivo de este artículo consiste en la cuantificación del impacto económico del sector eólico gallego en términos de efectos de arrastre y contribución al PIB regional. Asimismo, se analizará la relación entre su evolución económica y los cambios normativos y de ciclo económico. El sector energético y, en particular, las energías renovables están fuertemente regulados, por lo que es esencial estudiar su influencia.

La metodología utilizada se basa en el modelo input-output (IO) y en las cadenas de valor del sector eólico. En este sentido, se realizaron actualizaciones de las estructuras productivas de la economía gallega, mediante proyecciones de las tablas simétricas domésticas de acuerdo con las publicadas para los años 2005 y 2008. Para este cometido se utiliza una variante del RAS¹ que aprovecha de una forma eficiente la información disponible.

El estudio se estructura en tres apartados. Inicialmente se contextualiza el sector eólico gallego, analizando la evolución de la potencia instalada y describiendo la cadena de valor del sector. Posteriormente se explica la metodología utilizada, centrándose, en particular, en los datos y ramas seleccionadas, así como en el proceso de actualización matricial. Finalmente se analizan los resultados derivados de la aplicación del modelo IO. En este epígrafe se examinan tanto los efectos directos como indirectos de las diferentes actividades económicas (temporales y permanentes) relacionadas con el sector y su impacto económico en el PIB regional.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL SECTOR EÓLICO GALLEGO

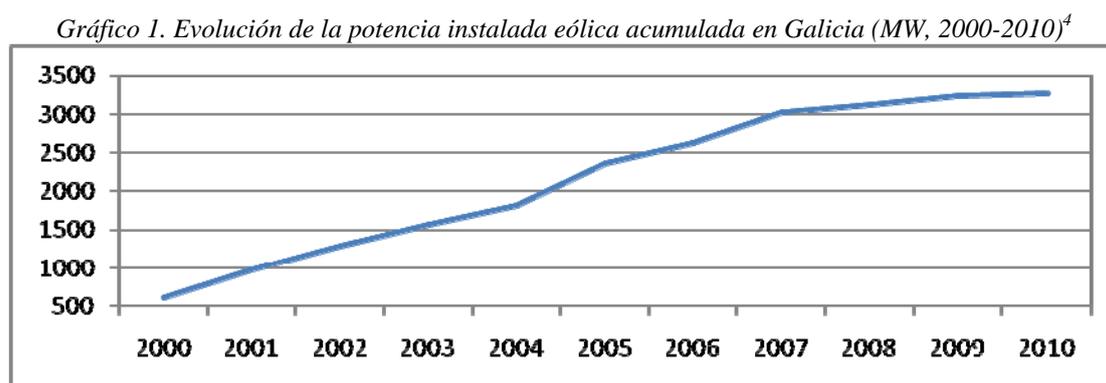
En España, las competencias de desarrollo normativo y ejecución del régimen especial² de producción eléctrica fueron asumidas paulatinamente por las Comunidades Autónomas. De este modo, el Estado mantiene las competencias sobre las bases de coordinación y planificación de la política energética y la legislación básica sobre contratos y concesiones. Asimismo, el gobierno central conserva las

¹ El RAS es una técnica biproporcional de ajuste matricial, que consiste en multiplicar de forma sucesiva los elementos de las filas y las columnas de una matriz base por unos determinados coeficientes correctores, hasta lograr una solución convergente.

² El régimen especial se componía de las fuentes renovables como la eólica o solar. Algunas instalaciones de fuentes renovables cuando superaban una potencia instalada determinada pasaban a formar parte del régimen ordinario. El Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, elimina el régimen retributivo del régimen especial.

competencias para legislar sobre el régimen retributivo del régimen especial (Bacigalupo, 2010). Las competencias sobre la regulación de las instalaciones de producción eléctrica, transporte y distribución establecidas en Galicia son competencia del gobierno regional. En este sentido, el gobierno regional es el encargado de realizar la planificación espacial de la energía eólica, organizar y resolver los concursos de potencia eólica y autorizar nuevas instalaciones. Además, cuenta con competencias sobre los planes industriales ligados a los promotores de parques eólicos.

El desarrollo comercial de la energía eólica en Galicia comenzó a mediados de la década de los noventa, cuando grandes empresas, como Endesa, se interesaron por explotar el abundante recurso eólico existente. No obstante, este aprovechamiento fue anterior al primer Plan Eólico Sectorial de Galicia (PESG) de 1997, por lo que, durante un tiempo no hubo una planificación que organizase y sistematizase el recurso. A pesar de este retraso normativo, la energía eólica progresó en Galicia considerablemente desde comienzos del año 2000 hasta el año 2008, convirtiéndose en la región española con mayor potencia instalada. En el Gráfico 1 se muestra la evolución entre 2000 y 2010 de esta fuente de energía renovable en Galicia. En el periodo analizado, se pueden diferenciar dos fases de crecimiento; la primera iría hasta el año 2008, caracterizándose por un crecimiento continuado de la potencia instalada, superior al 50% en algunos años. En el año 2008 la inestabilidad normativa se acentúa, debido a la judicialización de la asignación de potencia eólica de ese año y se suceden los decretos reguladores del sector. Además, la propia crisis económica y la paulatina reducción de las primas a las fuentes renovables del régimen especial provocan una fuerte reducción en la instalación de nueva potencia, caracterizando una nueva fase de crecimiento más lento. En la actualidad, en España no se permite inscribir nuevas instalaciones en el régimen especial, por lo que no tienen derecho a percibir una prima por la producción eléctrica generada³.



Fuente: INEGA (2012)

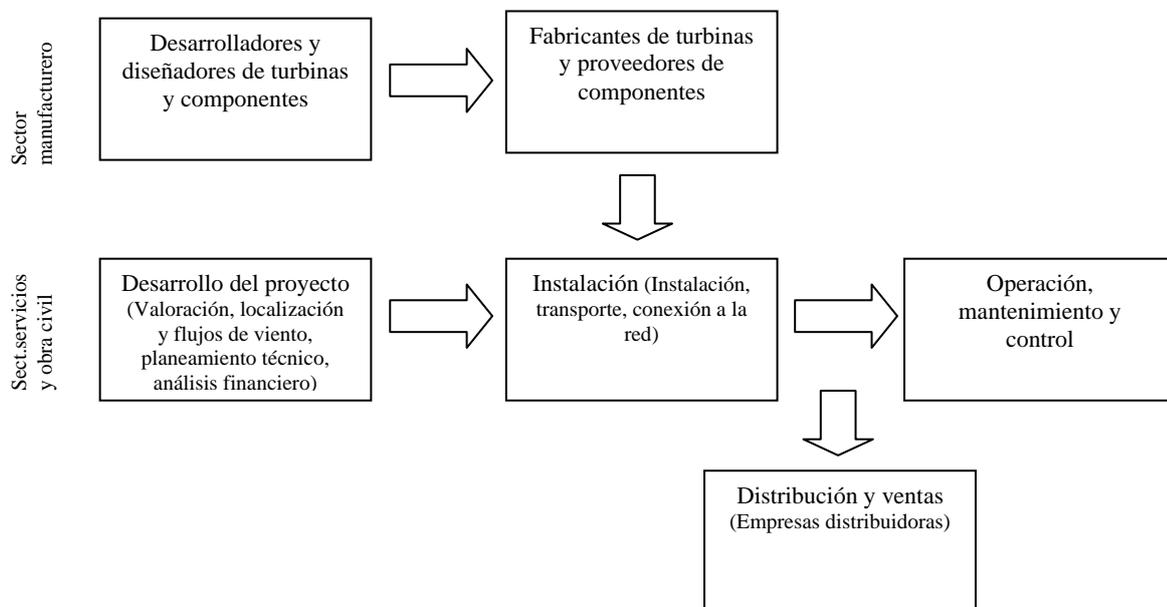
³ El Decreto-ley de 1/2012, de 27 de enero suprime los procedimientos de pre-asignación de retribución y de los incentivos económicos para las nuevas instalaciones de producción eléctrica de origen renovable. En la actualidad, el Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, profundiza en esta tendencia, eliminando el sistema retributivo existente desde 2006.

⁴ El periodo de análisis comprende los años entre el 2000 y el 2010. La potencia instalada desde el año 2010 fue irrelevante. Por ejemplo, en 2013 se instalaron tan solo 2,65 MW en Galicia.

La acción de las administraciones públicas para regular el sector eólico en Galicia y fomentar su crecimiento estuvo muy centrada en incrementar la potencia instalada, relegando a un segundo plano los objetivos industriales o de protección medioambiental de las zonas donde se localizaban los parques eólicos. De esta forma, los objetivos del sector público fueron puramente productivistas (Simón *et al.*, 2010). Asimismo, la falta de control administrativo del grado de cumplimiento de los planes industriales y de los controles medioambientales redujo sustancialmente el impacto positivo del desarrollo eólico en la sociedad y en la economía gallega (Ib.).

El Diagrama 1 muestra la cadena de valor elemental del sector eólico. Su análisis es crucial para poder diseñar el estudio del impacto económico. Como primer elemento de la cadena industrial se sitúan las empresas e institutos tecnológicos que diseñan y desarrollan nuevos modelos de turbinas y componentes para los aerogeneradores. Estos agentes son los que poseen los diseños industriales y las patentes.

Diagrama 1. Cadena elemental del sector eólico



Fuente: adaptado de Lema *et al.* (2011); EWEA (2009)

Los diseñadores de turbinas pueden fabricar internamente los componentes de sus modelos, o bien, los externalizan a las empresas auxiliares. Los patrones de externalización no son fijos, puesto que dependen, en gran medida, de las actividades centrales para cada empresa (*core activities*) y de los patrones de especialización de cada territorio. El conjunto de empresas matrices y la industria auxiliar componen el sector manufacturero. En cuanto a la instalación propiamente dicha del parque eólico, los trabajos comienzan con una valoración integral tanto de los recursos existentes (investigación eólica) como de las necesidades tecnológicas, logísticas y financieras para llevar a cabo el proyecto. En este sentido, entran en juego empresas de consultoría topográfica, ambiental y financiera; entre otras. En la

fase de instalación del parque eólico, las empresas dedicadas a la obra civil (construcción de caminos y centros de transformación, drenaje de terrenos, etc.) y a la instalación y conexión a la red; constituyen los agentes fundamentales. Por último, la cadena de valor termina con las empresas encargadas del mantenimiento y operatividad diaria de las instalaciones, así como con las encargadas de la explotación y venta de energía.

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología aplicada en el estudio empírico se basa en el modelo IO de demanda y en el análisis de las cadenas de valor del sector eólico⁵. Gran parte de los estudios que analizan el impacto económico de las energías renovables suelen emplear ratios en función de la potencia instalada acumulada (Dalton y Lewis, 2011) o se basan en estudios anteriores (Kamen *et al.*, 2004; Pedden, 2005). No obstante, existen disparidades significativas entre países, por lo que no es recomendable el uso de dichos ratios (Blanco y Rodrigues, 2009; Lambert y Silva, 2012). En este sentido, el diagnóstico del impacto económico del sector debe considerar las particularidades territoriales y temporales, así como los rasgos distintivos de las cadenas productivas (Llera *et al.*, 2010).

Los fundamentos de la metodología IO aplicada se basan en el modelo de demanda de Leontief (*Leontief Quantity Model*), puesto que permiten analizar el efecto de determinadas variaciones en la demanda final sobre la economía. Estos estímulos son, por una parte, la inversión en la instalación de parques eólicos y la producción destinada a consumo final de las actividades de producción de energía eléctrica y de operación y mantenimiento de las instalaciones.

El modelo de Leontief permite la estimación del impacto económico de dichos estímulos, que se puede expresar de la siguiente forma: $x = (I - A)^{-1}y$ y donde x es el vector de la producción total; $(I - A)^{-1}$ es la matriz inversa de Leontief⁶; e y es el vector de demanda final neta de importaciones. De este modo, a partir de un incremento en el vector de demanda final, se podrá calcular su impacto en la producción total y, posteriormente, en el PIB.

En los siguientes subepígrafos se describe el proceso de elaboración del análisis empírico, en particular, los datos utilizados y las ramas productivas seleccionadas. Asimismo, se examina el proceso de actualización matricial para lograr unos resultados más precisos mediante el cálculo de las estructuras productivas anuales.

3.1 Estructura del modelo y datos

La estructura del modelo analítico se divide en dos partes, con el fin de estudiar el impacto económico temporal, asimilado a la instalación de parques eólicos; y el permanente, que se identifica con las

⁵ Existen otras metodologías ligadas al análisis input-output que estudian las estructuras productivas. Véase, entre otros, Rueda (2006).

⁶ Se indica que la matriz A es la matriz de coeficientes técnicos (de flujos totales). Su elemento genérico, a_{ij} , representa el input del sector i por unidad del output del sector j .

actividades de operación y mantenimiento (O&M) y la producción de electricidad. Esta forma de proceder soluciona el problema esencial de individualizar el impacto económico temporal y permanente del sector eólico a nivel regional (Lambert y Silva, 2012; Llera *et al.*, 2010), incrementando la capacidad analítica y descriptiva. En este sentido, las actividades más estacionales dependen en mayor grado del ciclo económico y del marco normativo, así como de dinámicas internas como la rentabilidad esperada del sector, entre otros factores. De este modo, la evolución de la inversión no muestra una pauta estable y presenta una evolución moderadamente volátil. Por el contrario, las ramas productivas ligadas con la actividad diaria de funcionamiento de los parques eólicos siguen una senda de evolución más continua y creciente. Este es el caso de las actividades de O&M y producción eléctrica, que dependen de la capacidad instalada acumulada y de las condiciones meteorológicas.

En relación a las actividades vinculadas a la instalación de parques eólicos, se seleccionaron siete ramas productivas siguiendo la CNAE-93 Rev.1 (NACE-Rev1.1)⁷. Como muestra la Tabla 1, estas ramas productivas están ligadas principalmente con las actividades de fabricación de componentes, obra civil, consultoría y sector financiero. La selección de las ramas se basó en la cadena de valor estándar del sector eólico, en entrevistas con los principales agentes del sector eólico gallego (principalmente, fabricantes de componentes, consultoras, patronales empresariales, promotores y compañías eléctricas) y en estudios previos, entre los que destacan Aixelá *et al.* (2003), Simón *et al.* (2009), Blanco y Rodrigues (2009) y Díaz *et al.* (2013).

Para calcular el vector de demanda final, se parte de los datos anuales de potencia instalada publicados por el Instituto Enerxético de Galicia (INEGA) y del promedio del coste de la inversión por megavatio para España en el año 2006⁸ (EWEA, 2009). Asimismo, esta inversión se reparte entre las ramas en función de la distribución de los costes de instalación de los parques eólicos (Hau, 2005; EWEA, 2008, 2011). Posteriormente, se imputa el porcentaje de la inversión que se realiza por agentes radicados en Galicia. Esta imputación se realizó de acuerdo con la información cuantitativa y cualitativa obtenida en las entrevistas con distintos agentes del sector eólico y con los datos censales de empresas de la Asociación Eólica de Galicia (EGA) y de la Asociación Empresarial Eólica⁹ (AEE,

⁷ Se escogió la CNAE-93 debido a que se realizó una actualización de las tablas simétricas domésticas para el periodo temporal comprendido entre el año 2000 y el 2010. De este modo, dada la existencia de dos marcos input-output (años 2005 y 2008), fue necesario mantener un mismo grado de homogeneidad para las ramas productivas para todo el periodo. Con este objetivo, se fusionaron varias ramas productivas iniciales de los marcos input-output de los años 2005 y 2008, con lo que el rango de la matriz de consumos intermedios se redujo a 51×51. Aunque no es el objetivo del presente trabajo, debe señalarse que varios autores señalan posibles efectos adversos derivados de la excesiva agregación de ramas productivas en la matriz inversa de Leontief o al realizar proyecciones con el método RAS (Soza-Amigo y Ramos, 2011; Szyrmer, 1989). Asimismo, Soza-Amigo y Ramos (2011) señalan los posibles efectos en las ramas que no se unen.

⁸ Estos valores se aminoran por la cuantía del tipo impositivo general histórico del IVA (16%) para el periodo de análisis. Lo mismo sucede con los costes de O&M.

⁹ En relación a la rama 65 (intermediación financiera), se escogieron como parámetros de imputación las cuotas de mercado de las antiguas cajas de ahorro gallegas en la concesión de créditos al sector privado residente (Fernández, 2011) en el periodo de análisis 2000-2010. En este sentido, las cajas de ahorro tuvieron un papel más activo en el crédito empresarial y en la participación industrial en Galicia en comparación con las entidades

2011). De este modo, se obtiene el valor del vector de demanda final que tendrá un impacto multiplicador temporal en la economía regional.

Tabla 1. Ramas productivas presentes en el sector eólico con efectos económicos temporales

Código de la rama	Elementos
28	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo
29	Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico
31	Fabricación de material y equipamiento eléctrico
45	Construcción
52-72	Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor; actividades informáticas y reparación de efectos personales y utensilios domésticos
65	Intermediación financiera, excepto seguros y planes de pensiones
74-85	Actividades sanitarias, veterinarias, de servicios sociales y otras actividades empresariales

Fuente: elaboración propia

El análisis de las actividades permanentes se realiza mediante la selección de la rama 40 (producción de electricidad) y de una serie de tres ramas de carácter industrial que señalan el impacto de las actividades de O&M. Estas tres industrias realizan tareas de reparación que en la CNAE-09 las lleva a cabo la rama 33 y en la CNAE-93 las propias ramas que fabrican los distintos componentes. En este sentido, la única diferencia consiste en que el reparto del estímulo se realizará sobre estas tres ramas, en vez de en un único sector, en función del peso que tiene la demanda final de cada rama en el conjunto de las tres seleccionadas para cada año analizado. En la Tabla 2 se muestran las citadas ramas.

Tabla 2. Ramas productivas presentes en el sector eólico con efectos económicos permanentes

Código de la rama	Elementos
40	Producción de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado
28	Mantenimiento/reparación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo
29	Mantenimiento/reparación de máquina y equipo mecánico
31	Mantenimiento/reparación de material y equipamiento eléctrico

Fuente: elaboración propia

Para calcular el impacto de la producción eléctrica generada en los parques eólicos, se parte del dato de generación eléctrica de origen eólico del INEGA para el periodo de análisis (2000-2010). A partir de este dato, se deduce el valor de la producción eléctrica mediante el cálculo del precio que reciben los productores gracias a la información ofrecida por la Comisión Nacional de la Energía (CNE)¹⁰. No obstante, este valor resultante todavía no constituye un vector de demanda final, por lo

bancarias (Vasallo, 2001). La cuantificación directa del porcentaje de créditos de las entidades gallegas al sector eólico constituye una tarea ardua, debido a que es habitual la suscripción de créditos sindicados con varias entidades financieras y las cláusulas de confidencialidad.

¹⁰ Este valor se compone del precio negociado en el mercado diario más los incentivos y primas. Hasta el año 2004 no se negociaba directamente en el mercado organizado, por lo que el valor inicial es el derivado de la venta a la distribuidora. En este sentido, desde ese año, más del 90% de la producción se comercializaba en el mercado diario, siendo residual los agentes que escogían la opción de tarifa regulada.

que es necesario filtrar los datos para obtener el vector de demanda final para la rama 40, eliminando, en consecuencia, la producción intermedia.

En relación a la cuantificación de los costes de O&M, se utilizan las estimaciones de EWEA (2009) de los costes en relación a los kWh producidos¹¹. Asimismo, el valor resultante se filtra, debido a que la propia patronal afirma que solo el 60% serían propiamente costes de mantenimiento y reparación. Como en el caso de la producción eléctrica, es necesario también filtrar el resultado para obtener el vector de demanda final y repartir el valor final entre las tres ramas responsables de las actividades de O&M, en función del peso de la demanda final de cada rama en las matrices simétricas anuales.

Por último, se dispone de dos vectores de demanda final, uno para las actividades ligadas a la instalación de parques eólicos y otro para las actividades de carácter permanente. De este modo, siguiendo el proceso de la inversa de Leontief, se podrán cuantificar diversos multiplicadores, así como el impacto económico del sector en términos de PIB y de empleo.

3.2 Actualización de las estructuras productivas

Los últimos marcos IO disponibles para Galicia se refieren a los años 2005 y 2008. Así, al margen de las diferencias de criterio de agregación de los sectores productivos y el efecto de los precios¹², estos marcos contables servirán de base para efectuar una serie matricial de las estructuras productivas desde el año 2000 al 2010, debido a la existencia de información anual de ciertas magnitudes macroeconómicas¹³. De entrada, parece razonable realizar las correspondientes estimaciones y no centrarse solamente en los años 2005 y 2008, sobre todo si existen los elementos suficientes para aplicar métodos de actualización matricial. De este modo, se logra evitar una debilidad de los modelos IO para la cuantificación del impacto económico, consistente en la existencia de coeficientes técnicos estáticos (Lambert y Silva, 2012).

En este sentido, si se conocen las tasas de crecimiento de la producción, de los valores añadidos y del total de importaciones, tal como sucede en el caso de estudio, es posible actualizar la tabla simétrica (doméstica). Ciertamente es que el RAS simple (o básico) no se podría aplicar con esta información, porque no se conocen las sumas por filas de la matriz de consumos intermedios. A este respecto, cabe recordar que el RAS es una técnica biproporcional de ajuste matricial, que consiste en

¹¹ EWEA estima, para el año 2006, unos costes de entre 1,2 y 1,5 céntimos de €/kWh para los parques eólicos de España, Dinamarca, Reino Unido y Alemania. En el presente estudio se toma el valor medio.

¹² En este estudio no se realizó la deflatación de las tablas IO. Diversos autores (Miller y Blair, 2009; Eurostat, 2008) examinaron las desventajas de deflatar las tablas IO. Destacan, principalmente, la necesidad de un grado de desagregación sectorial muy alto y de homogeneidad por grupos, debido a que todos los elementos de la fila de la matriz de consumos intermedios se deflatarán por el mismo índice. En este sentido, los precios interindustriales pueden variar en gran medida entre sí. Asimismo, los efectos del nivel de precios se mitigarán, en gran parte, en la matriz de coeficientes técnicos, debido a que habrá un efecto inflacionario o deflacionario, tanto en el numerador como en el denominador. Una alternativa preferible a la deflatación de las tablas IO lo constituyen los métodos de ajuste biproporcionales, como el RAS (Miller y Blair, 2009).

¹³ Anteriormente también se ha publicado de forma incompleta el marco IO para el año 1998 (metodología SEC-95). Por lo tanto, se cree que no es oportuno emplearlo como base.

multiplicar de forma sucesiva los elementos de las filas y las columnas de una matriz base por unos determinados coeficientes correctores hasta lograr una solución convergente. Este procedimiento iterativo fue propuesto por Stone y Brown (1962) y, con el paso del tiempo, tanto sus referencias como sus extensiones se han multiplicado considerablemente; véase por ejemplo: Bacharach (1970), Allen y Lecomber (1975) o Szyrmer (1989).

Eurostat (2008) recurre habitualmente al método EURO para hacer ajustes en escenarios de este tipo. El método EURO responde a un enfoque global aunque solamente se puede aplicar a matrices cuadradas y en determinadas ocasiones no es convergente, véase Temurshoev *et al.* (2011). Pero esta problemática se puede sortear fácilmente, así, Pereira *et al.* (2013) diseñaron un procedimiento alternativo que se basa en las relaciones contables características en el marco IO y que se apoya a su vez en el RAS básico, procedimiento llamado Path-RAS. Por esta vía alternativa, los ajustes se realizan de forma sucesiva y paralela en las matrices de consumos intermedios y demanda final con las únicas restricciones dadas por la información disponible.

En este caso concreto, para formalizar las actualizaciones se ha decidido adaptar el RAS básico, a pesar de no conocer el vector de demanda intermedia. Por lo tanto, no es necesario usar el método EURO o el Path-RAS, aunque sus aplicaciones no son complejas. Para ejecutar la extensión del RAS se debe actuar de forma conjunta sobre las matrices de consumos intermedios (domésticos) y demanda final (doméstica), dado que se conocen los márgenes de esta matriz combinada. En aquellos casos en los que se dispone de tablas IO obtenidas de forma directa, para los que se pueden realizar contrastes entre las estimaciones y los datos reales, se puede comprobar que al aplicar esta extensión del RAS, los resultados son muy similares a los obtenidos con el método EURO o el Path-RAS, sobre todo cuando no se han dado alteraciones significativas en las magnitudes macroeconómicas. No se conoce el comportamiento de los totales de los componentes de la demanda final (consumo final público y privado, formación bruta de capital y exportaciones), pero si se agrega en un único vector se puede conocer su total por diferencia entre magnitudes. Simplemente hay que garantizar los equilibrios contables del marco IO.

En relación a la matriz combinada, cabe señalar que es preciso englobar varias submatrices. En concreto, se trata de las matrices de consumos intermedios domésticos e importados, X^d y X^m respectivamente, y las matrices demanda final doméstica e importada, Y^d e Y^m .

Por lo tanto, analíticamente se tiene la matriz combinada:

$$(X : Y) = \begin{pmatrix} X^d & Y^d \\ X^m & Y^m \end{pmatrix}. \quad (1)$$

En general, la matriz $(X : Y) \in M_{2n \times n+f}(\mathfrak{R})$, en donde n es el número de industrias y f es el número de componentes de la demanda final.

Si el objetivo es la actualización de la matriz de consumos intermedios domésticos, como es el caso, se recomienda agregar los flujos importados en un único vector fila y la demanda final en un vector columna. De ese modo, se tiene que

$$(X:Y)_{adaptada} = \begin{pmatrix} X^d & Y^d i \\ i^T X^m & i^T Y^m i \end{pmatrix} \in M_{(n+1) \times (n+1)}(\mathfrak{R}), \quad (2)$$

en donde i es una matriz columna de unos e i^T es su traspuesta.

No obstante, como se conoce el vector de consumos intermedios importados, $i^T X^m$, y el total de las importaciones destinadas a la demanda final, $i^T Y^m i$; la extensión del RAS se puede aplicar sobre la matriz $(X^d:Y^d i)$.

4. PRINCIPALES RESULTADOS ANALÍTICOS

Los principales resultados empíricos que se derivan de la aplicación del modelo de Leontief (de flujos domésticos) al sector eólico gallego los constituyen los multiplicadores de la producción y el peso en el PIB regional del sector eólico.

En primer lugar, dada la actualización matricial para el cálculo de las estructuras productivas a nivel anual, se obtuvieron los multiplicadores de la producción o del output¹⁴. Estos multiplicadores contabilizan tanto el efecto directo del incremento de la demanda final inicial, como el efecto indirecto que recae en el resto de sectores de la economía para poder satisfacer de consumos intermedios a los sectores en los que recae directamente el estímulo. Así, se facilita el análisis de la estructura productiva y la interdependencia entre los diferentes sectores (Cardenete y Sancho, 2003). En este sentido, la cuantificación se realizó, tanto para las actividades temporales y permanentes, como para el total del sector.

El cálculo de los multiplicadores permite cuantificar los efectos directos e indirectos, que constituyen unas magnitudes que muestran la relación entre el incremento de la producción derivada del estímulo de la demanda final y el estímulo inicial. De este modo, se podrá conocer la generación de producción por cada euro de demanda final.

En la Tabla 3 se muestran los efectos directos e indirectos derivados del sector eólico, desglosados para las actividades temporales y permanentes, así como para el total del sector. Se calculó el efecto de arrastre como incremento porcentual del efecto total (efecto directo más indirecto) sobre el estímulo inicial (directo). Como se puede apreciar, la evolución es relativamente estable para todo el periodo analizado.

¹⁴ Se define el multiplicador del output, $m(o)_j$, como el sumatorio de la matriz incremento de la producción Δx ; en términos matemáticos $m(o)_j = i^t \Delta x$.

Tabla 3. Estimación de la producción directa e indirecta causada por el sector eólico (miles de euros, 2000-2010)

	Actividades temporales			Actividades permanentes			Total del sector		
	Estímulo inicial	Total	Efecto de arrastre	Estímulo inicial	Total	Efecto de arrastre	Estímulo inicial	Total	Efecto de arrastre
2000	94.743	135.422	43%	43.253	66.173	53%	137.996	2015.94	46%
2001	220.303	316.014	43%	66.455	104.313	57%	286.759	420.327	47%
2002	203.514	295.259	45%	101.548	152.831	51%	305.062	448.091	47%
2003	176.141	256.202	45%	103.264	154.251	49%	279.405	410.453	47%
2004	153.183	224.481	47%	139.011	209.413	51%	292.195	433.894	48%
2005	337.912	493.580	46%	221.944	342.734	54%	559.856	836.314	49%
2006	161.088	236.520	47%	229.583	360.360	57%	390.618	596.880	53%
2007	248441	365.476	47%	205.776	316.937	54%	454.217	682.413	50%
2008	65.841	95.764	45%	259.143	405.326	56%	324.984	501.086	54%
2009	67.698	98.815	46%	245.700	373.584	52%	313.398	472.398	51%
2010	26.173	38.240	46%	279.384	415.725	49%	305.557	453.965	49%

Fuente: elaboración propia

En relación con las actividades temporales, por cada euro invertido en la instalación de parques eólicos, se genera una producción extra en la economía gallega que oscila desde los cuarenta y tres céntimos del año 2000, hasta los cuarenta y siete del año 2007. En este año se logra el mayor impacto en términos de producción.

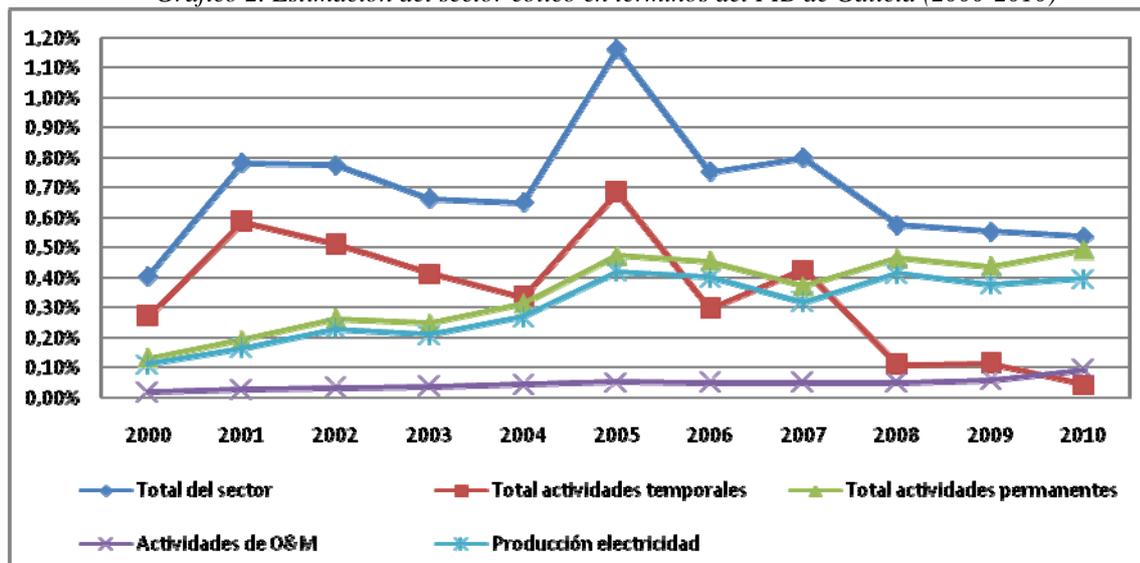
Las actividades permanentes, a nivel agregado, alcanzan unos efectos directos e indirectos de mayor cuantía que las temporales. De esta forma, en casi todo el periodo incrementan en más de un 50% los efectos generados por el estímulo en la demanda final (efectos indirectos en la producción). Por lo tanto, se demuestra que tanto la inversión en parques eólicos, como su propia actividad diaria, tienen unos efectos significativos en la economía gallega. Así, la mayoría de las cadenas de valor generan una producción adicional de casi la mitad de lo inicialmente invertido, o incluso más.

En el Gráfico 2 se muestra el peso del sector eólico y sus diferentes componentes en la economía regional. Esta cuantificación es de vital importancia porque dimensiona el sector en relación a la economía y, resalta la importancia de las políticas públicas que fomenten el sector, así como sus potencialidades.

Igualmente, se puede comprobar el impacto en el sector del ciclo económico y de los cambios normativos. Además, al presentar un desglose en función de sus cadenas de valor, destaca la importancia relativa de cada segmento.

El peso del sector eólico en la economía gallega varió sustancialmente a lo largo del periodo de tiempo analizado. El año en el que alcanzó el valor más alto fue 2005, cuando alcanzó el 1,16% del PIB, debido, principalmente, a la instalación de nuevos parques eólicos (supuso casi el 0,69%) y la producción de electricidad (el 0,42%). Este año constituyó el momento en el que se instaló más potencia a nivel absoluto, con 540 MW. Sin embargo, también alcanzó cifras netamente menores, como a principios y finales de la década (entre el 0,40 y el 0,54%). Entre los años 2001 y 2007, mantuvo su aportación a la economía por encima del 0,70% durante casi todos los años.

Gráfico 2. Estimación del sector eólico en términos del PIB de Galicia (2000-2010)¹⁵



Fuente: elaboración propia

En el Gráfico 2 se muestra varias características. En primer lugar, la importancia de la aportación al PIB de la instalación de nuevos parques eólicos hasta el año 2007. Durante esos años, no bajó de las tres décimas, constituyéndose, por lo tanto, en el componente más dinamizador del sector eólico y con unos importantes efectos directos e indirectos en toda la economía. Esta evolución refleja el gran auge del sector, con unas tasas de crecimiento anual de la potencia instalada acumulada por encima del 10% e incluso llegando al 57,1% en el año 2001. A partir de 2007 se sucedieron dos normativas y concursos eólicos con líneas maestras opuestas y la judicialización del concurso eólico del 2008. Además, hay que añadir los recientes cambios en el régimen retributivo y la crisis económica. El resultado fue un parón muy importante en la instalación de nueva potencia, lo que lastró significativamente la progresión del sector. De este fenómeno se deriva la dependencia que tiene el sector de la instalación de nueva potencia y los efectos perjudiciales que tiene en la economía gallega la parálisis de los concursos eólicos. Esta inestabilidad legislativa es una de las características de los clústers o aglomeraciones industriales periféricas (Gorenstein y Moltoni, 2011).

En segundo lugar, las actividades permanentes se alzan, al final de la década, como paliativo a la evolución desfavorable de la potencia instalada anualmente. Principalmente, este hecho se justifica por la aportación de la producción de energía eléctrica, que salvo años perjudiciales meteorológicamente, sigue una senda positiva. La energía eléctrica del régimen especial, del que es parte la energía eólica, tiene preferencia en el mercado diario de la electricidad, por lo que no se ve tan afectado por los vaivenes del mercado energético. Asimismo, la aportación de las actividades de O&M sigue siendo testimonial (por debajo del 0,1% del PIB), por lo que no constituye todavía un motor económico. De esta forma, surge una tercera consecuencia. No existe todavía un *stock* suficiente de aerogeneradores

¹⁵ Los datos del PIB están en términos reales en base 2005, corregidos de estacionalidad y efecto calendario. Asimismo, se deflactaron los flujos de producción de cada segmento destinados a demanda final mediante el deflactor implícito en base 2005.

como para que su contribución a la economía o al empleo posea una envergadura suficiente. El componente permanente del sector todavía no es lo suficientemente maduro para erigirse en un motor dinamizador.

Finalmente, dada la atonía actual del sector, se puede deducir que una progresión positiva pasa por un crecimiento de la potencia instalada, sea en tierra firme o en el mar, o bien por la repotenciación de los parques eólicos existentes. En este último caso, se debe reformular el marco legislativo, en especial, el régimen retributivo actual del régimen especial¹⁶, para incrementar la rentabilidad esperada para un sector que es intensivo en capital.

5. CONCLUSIONES

Las energías renovables no solo constituyen un elemento para la diversificación energética y la lucha contra el cambio climático y la contaminación atmosférica. La emergencia de estas fuentes energéticas puede suponer un estímulo para la aparición de nuevos sectores productivos con efectos económicos positivos en las economías regionales.

En Galicia, la energía eólica sufrió un fuerte crecimiento, en términos de potencia instalada, durante la década pasada. Así, se convierte en una de las fuentes renovables más importantes, conjuntamente con la hidráulica. En este sentido, conocer la dimensión del sector eólico constituye un factor esencial como instrumento de política energética e industrial y para analizar sus potencialidades. Por lo tanto, cuantificar el impacto económico del sector en la economía constituye un primer paso para calibrar la política económica.

El impacto económico del sector eólico en la economía gallega se estimó de acuerdo con la metodología IO y el análisis de las cadenas de valor. Los resultados del estudio, tras la actualización de las estructuras productivas en base a los años 2005 y 2008, muestran un sector con un impacto significativo en la economía en el pasado. Esta evolución coincide con el fuerte auge de la instalación de nuevos parques en el ecuador del periodo de análisis (2000-2010). De este modo, la influencia del sector eólico en la economía gallega depende, en gran medida, de la instalación de nueva potencia.

En el presente estudio también se puede comprobar el impacto en la economía gallega de la paralización de los concursos eólicos, los efectos de los recortes en el régimen retributivo del régimen especial y, por último, la crisis económica. Así, la aportación del sector eólico a la economía gallega se redujo en más de medio punto del PIB entre los años 2005 y 2008. En un sector tan regulado como el energético, el efecto de cambios normativos frecuentes y radicales suele ser contraproducente. Además, si la emergencia del sector es relativamente nueva, el efecto negativo se incrementa.

El sector eólico gallego todavía no posee el tamaño suficiente como para que las actividades diarias de funcionamiento tengan un peso significativo en la economía. No obstante, los efectos

¹⁶ En la actualidad, con el Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, se incrementa la incertidumbre al modificar totalmente el anterior régimen de primas, reduciendo la retribución. En este sentido, es necesario mencionar el canon eólico gallego estipulado en la Ley 8/2009, del 22 de diciembre, y el impuesto a la producción eléctrica.

directos e indirectos de todas las actividades son considerables, puesto que supera el 40%, es decir, por cada euro invertido en el sector, la producción se incrementa en más de un 40% en relación al estímulo inicial.

En el corto plazo, el futuro del sector pasa por el incremento de la potencia instalada, sea en tierra firme o en el mar, o en la repotenciación de los parques eólicos existentes. Sin embargo, estos procesos solo se podrían dar con un marco normativo y retributivo que incremente la rentabilidad esperada de las instalaciones.

REFERENCIAS

- AEE (2011) *Eólica 2010*, Asociación Empresarial Eólica. Madrid.
- Aixalá, J., Sanaú, J. y Simón, B. (2003) "El desarrollo de la energía eólica en Aragón: estimación de los efectos en la producción y el empleo regionales", *Economía Aragonesa*, 22, 55–80.
- Allen, R. y Lecomber, J. (1975) "Some Test on a Generalized Version of RAS". En R. Allen, y W. Gossling, *Estimating and Projecting Input-Output Coefficients*, Publishing Company. London.
- Bacharach, M. (1970) *Biproportional Matrices and Input-Output Change*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bacigalupo, M. (2010) "La distribución de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas en materia de energías renovables", *REAF*, 10, 286–329.
- Blanco, M. y Rodrigues, G. (2009) "Direct Employment in the Wind Energy Sector: An EU Study", *Energy Policy*, 37, 2847–2857.
- Cardenete, M.A. y Sancho, F. (2003) "Evaluación de multiplicadores contables en el marco de una matriz de contabilidad social regional", *Investigaciones Regionales*, 2, 121–139.
- Dalton, G.J. y Lewis, T. (2011) "Metrics for Measuring Job Creation by Renewable Energy Technologies, Using Ireland as a Case Study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2123–2133.
- Díaz, A.C., Castro, U., Pelegrí, E. y Ramos, C. (2013) "El sector eléctrico y sus efectos de arrastre sobre otros sectores productivos. Análisis desde una perspectiva input-output". *V Jornadas de Análisis Input-Output. "Nuevos retos ante una economía cambiante y global"*. Sevilla.
- Eurostat (2008) *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables*, European Communities. Luxembourg.
- EWEA (2008) *Wind at Work. Wind Energy and Job Creation in the EU*. European Wind Energy Association. Londres.
- EWEA (2009) *Wind Energy- the Facts: A Guide to the Technology, Economics and Future of Wind Power*, European Wind Energy Association. Londres.
- EWEA (2011) *Wind in Power. 2010 European Statistics*, European Wind Energy Association. Londres.
- Fernández, J. (2011) "O Impacto das Caixas de Aforro na Dinamización do Tecido Produtivo de Galicia", *Seminario Sistema Financeiro post-crise e Innovación: Repensar a Banca Pública*. Santiago de Compostela.
- Gorenstein, S. y Moltoni, L. (2011) "Conocimiento, aprendizaje y proximidad en aglomeraciones industriales periféricas. Estudio de caso sobre la industria de maquinaria agrícola en la Argentina", *Investigaciones Regionales*, 20, 73–92.

- Hau, E. (2005) *Windturbines: Fundamentals, Technologies, Application, and Economics*, 2nd ed., Springer. Berlin.
- INEGA (2012) *Parques Eólicos no Réxime Especial en Galicia*, Instituto Enerxético de Galicia, disponible en web [octubre 2012]: <http://www.inega.es/enerxiagalicia/listaxecentraais.html>
- Kamen, D., Kapadia, K. y Fripp, M. (2004) *Putting Renewables to Work. How many Jobs can the Clean Industry Generate?*, Renewable and Appropriate Energy Laboratory Report. Berkeley.
- Lambert, R. y Silva, P. (2012) "The Challenges of Determining the Employment Effects of Renewable Energy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 4667–4674.
- Lema, R., Berger, A., Schmitz, H. y Song, H. (2011) *Competition and Cooperation between Europe and China in the Wind Power Sector*, IDS Working paper, 145.
- Llera, E., Aranda, A., Zabalza, I. y Scarpellini, S. (2010) "Local Impact of Renewables on Employment: Assessment Methodology and Case Study", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 679–690.
- Miller, R.E. y Blair, P.D. (2009) *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*, 2nd ed., Cambridge University Press. Cambridge.
- Pedden, M. (2005) *Analysis: Economic Impacts of Wind Applications in Rural Communities*. NREL technical monitor.
- Pereira, X., Carrascal, A. y Fernández, M. (2013) "Advances in Updating Input-Output Tables: Its Relevance for the Analysis of Regional Economies", *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, 33, 3–12.
- Rueda, J.M. (2006) "Análisis Input-Output de descomposición estructural aplicado a los casos de Andalucía y Madrid", *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 1, 38–57.
- Simón, B., Aixalá, J., Pérez, L. y Sanaú, J. (2009) "Efectos económicos de la energía eólica en Aragón (1996-2012)", *Economía Aragonesa*, 4, 56–72.
- Simón, X., Montero, M., Giménez, E.L. y Castro, F. (2010) *Os Plans Eólicos Empresariais no Sector Eólico Galego. Unha Análise do seu Grado de Desenvolvemento*, Consello Social. Vigo.
- Soza-Amigo, S. y Ramos, C. (2011) "La agregación en las tablas input-output: una revisión desde las ramas que no se unen", *Revista de Economía Mundial*, 28, 247–276.
- Stone, R. y Brown, A. (1962) *A Computable Model of Economic Growth*, Chapman and Hall. London.
- Szyrmer, J. (1989) "Trade-off between Error and Information in the RAS Procedure". En: R. Miller, K. Polenske y A. Rose, *Frontiers of Input-Output Analysis*, 255–278, Oxford University Press. New York.
- Temurshoev, U., Webb, C. y Yamano, N. (2011) "Projection of Supply and Use Tables: Methods and Their Empirical Assessment", *Economic Systems Research*, 23, 91–123.
- Varela, P. y Sánchez, M.C. (2014) "Estado de desarrollo del sector de la energía eólica en Galicia desde una perspectiva de clúster", *Revista Galega de Economía*, 23(1), 53–78.
- Vasallo, A.M. (2001) "Sistema financiero y desarrollo empresarial desde la perspectiva gallega", *Revista Galega de Economía*, 10, 2, 1–24.