

---

# Producción eléctrica y crecimiento español. Una perspectiva a largo plazo<sup>1</sup>

● ISABEL SANZ VILLARROYA

● JAIME SANAÚ

Universidad de Zaragoza

## Introducción

La aceleración industrial y, por ende, el auge de la economía española a finales del siglo XIX tuvo que ver «con la difusión de las nuevas tecnologías, en especial el aumento y abaratamiento de la oferta energética».<sup>2</sup> Para Betrán (2005), en el primer tercio del siglo XX la hidroelectricidad se identifica con cambios estructurales importantes en países como España.<sup>3</sup>

La nueva fuente de energía, generada a partir de agua, tuvo un enorme campo de aplicaciones (iluminación, ferrocarriles, metro, tranvías y la energía para la tracción), posibilitó una mejor división y organización del traba-

1. Investigación financiada por el Departamento de Industria e Innovación del Gobierno de Aragón y por el Fondo Social Europeo (Grupos de investigación S15 SEIM y S36 FECEPAD), así como por el Ministerio de Economía y Competitividad, Universidades de Valencia, Jaume I y de Zaragoza (ECO 2014-58991-C3-2-R Desequilibrios macroeconómicos, crecimiento y gobernanza en la Eurozona). Los autores agradecen las sugerencias de los evaluadores de la revista que, sin duda, han permitido mejorar la primera versión del trabajo.

2. Carreras y Tafunell (2010), p. 203. Para una evolución del conjunto del sector energético español a lo largo del siglo XX puede consultarse Rubio (2005). Iglesias et al. (2013) estudian la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico entre 1850 y 2008, concluyendo que España no ha alcanzado el nivel de eficiencia ambiental que cabe esperar de una economía sostenible.

3. Bartolomé (2011) relaciona este incremento con el hecho de que el sector eléctrico se convirtiera en el principal destino de toda la inversión durante el primer tercio del siglo XX, superando a los ferrocarriles en el decenio de 1920. Sobre los cambios estructurales e intersectoriales de las economías contemporáneas y el crecimiento económico derivado de la electricidad véase Rosenberg (1982), Giannetti (1985) o Schurr et al. (1990), entre otros. Ahora bien, el papel del vapor y la electricidad como *general purpose technology*, al permitir muchas mejoras y abrir nuevas oportunidades por su amplia variedad de usos sigue en discusión, tal como se recoge en Rosenberg y Trajtenber (2004) o en Bresnahan (2010).

*Fecha de recepción: julio 2013*

*Versión definitiva: junio 2015*

*Revista de Historia Industrial*

*N.º 65. Año XXV. 2016.3*

jo en las fábricas, la mecanización de muchos procesos productivos por la posibilidad de fraccionamiento del uso de la energía y, por lo tanto, un uso más preciso de máquinas, por su utilización lejos de las centrales donde se producía.<sup>4</sup> Las innovaciones que supuso elevaron la productividad laboral en la manufactura y, en consecuencia, ahorraron trabajo.<sup>5</sup>

Durante la Guerra Civil, la construcción de nuevas centrales eléctricas cesó, si bien, como subrayó Pueyo (2007a), las instalaciones salieron relativamente indemnes de la contienda nacional. A partir de entonces, el sector eléctrico y la industrialización estuvieron estrechamente vinculados en España, aunque el consumo y la producción eléctrica crecieron a ritmos muy superiores a los del PIB.

Pocos estudios académicos han analizado si el aumento del consumo o la producción eléctrica precedieron el crecimiento del PIB o si, por el contrario, fue el incremento del PIB el que impulsó una mayor producción o un mayor consumo de electricidad. Además, la escasa evidencia empírica es contradictoria, puesto que Ciarreta y Zárraga (2010) concluyen que la causalidad fue del crecimiento de la producción al aumento del consumo eléctrico y, por el contrario, Sanz Villarroya, Sanaú y Pérez Pérez (2013) sostienen que la producción eléctrica permitió el crecimiento del PIB. Este trabajo aporta evidencia empírica adicional, diferenciando la generada mediante las principales fuentes renovables (agua, viento y sol) de la procedente de térmicas convencionales y térmicas nucleares.<sup>6</sup>

Entre las aportaciones del estudio cabe resaltar, el análisis de un periodo más amplio que el de otros trabajos (1945-2011) y el uso de una aproximación metodológica basada en los trabajos de Pesaran y Shin (1991) y Pesaran, Shin y Smith (2001). Tal como se detalla en el trabajo, se toma como punto de partida 1945, año en que el espacio eléctrico nacional único había sido creado y se había encomendado a Unesa la ejecución del denominado «Plan de conjugación del sistema eléctrico nacional». Además, en 1945 ya se había concre-

4. De acuerdo con Betrán (2005), p. 47, desde finales del siglo XIX hasta 1945 «los precios relativos de la electricidad frente al carbón fueron bajos en los países con mala dotación del segundo, y se detecta una relación negativa entre el precio relativo electricidad-carbón y el crecimiento económico». Para esta autora, la electricidad fue relevante en el crecimiento económico, sobre todo, de países con escasas dotaciones carboníferas.

5. Para explorar la relación entre la electricidad y el progreso tecnológico puede consultarse —entre otros— Schurr et al. (1990), autores que estudiaron lo acontecido en América a lo largo del siglo XX. Su análisis observó un fuerte incremento en la participación de la electricidad en el uso total de energía; un sustancial crecimiento en la eficiencia productiva de la economía (al menos desde 1920) y un persistente declive en la intensidad energética. Sonenblum (1990), por su parte, presentó evidencia que apoya la hipótesis de que el progreso tecnológico en la manufactura durante gran parte del siglo XX se relacionó con la adopción y difusión del proceso de producción y los modos de organización que se basan en el uso de la electricidad.

6. En realidad, las que aquí se llaman energías renovables son más bien energías obtenibles *in situ*, aunque con costes medioambientales también reseñables y niveles de eficiencia muy diferentes.

tado el apoyo estatal a la construcción de nuevas centrales eléctricas. Las estimaciones realizadas permiten concluir que la producción eléctrica impulsó el crecimiento económico de España, desde entonces. Al distinguir por fuentes de generación de electricidad, el análisis corrobora que esa causalidad es la seguida en el caso de la electricidad obtenida a partir de fuentes renovables o en centrales nucleares; en cambio, al considerar la producida en centrales térmicas convencionales es la opuesta; es decir, el crecimiento del PIB conlleva más producción de las térmicas convencionales, que es factible adquiriendo carbón, petróleo y gas, recursos en los que España muestra dependencia del exterior.

El trabajo se estructura de la siguiente forma. A continuación, se resume la literatura empírica internacional que analiza la relación entre el aumento del consumo o de la producción de electricidad y el crecimiento del PIB. En el epígrafe siguiente, se sintetiza el desarrollo del sector eléctrico español durante el periodo analizado. Posteriormente, se proporcionan las fuentes de los datos, se detalla la metodología utilizada y se presenta la evidencia empírica acerca de la relación entre producción eléctrica y el crecimiento económico español. El trabajo concluye con un apartado en el que se sintetizan los resultados obtenidos.

### **Producción y consumo de electricidad y crecimiento económico**

La relación causal entre la electricidad y el crecimiento económico constituye un interesante campo de investigación, cuyos resultados pueden orientar las políticas energéticas y de fomento del crecimiento. La vinculación entre electricidad y crecimiento ha sido ampliamente estudiada desde las crisis del petróleo de las década de 1970 y, en especial, en los últimos decenios.<sup>7</sup> No obstante, la presencia de correlación no implica necesariamente la existencia de una relación de causalidad entre electricidad y crecimiento. Un test de causalidad solo proporciona información útil acerca de si las fluctuaciones en la producción o en el consumo de electricidad afectan al crecimiento del PIB y viceversa. En términos generales, y utilizando una metodología específica para series temporales, la literatura económica confirma una estrecha rela-

7. Rosenberg (1982), p. 82, cuestionó la literatura empírica previa que había analizado la relación entre energía y crecimiento económico, ya que podía estar «llena de trampas». En su opinión, ello sucedía cuando se agregaban las diferentes fuentes de energía con denominadores comunes, como las unidades térmicas británicas. En su trabajo se decantó por un enfoque alternativo, analizando la aportación del cambio técnico y el uso de la energía al sector metalúrgico (por ser el subsector manufacturero que más energía emplea) y, posteriormente, estudiando los usos industriales de la energía eléctrica.

ción de causalidad entre el aumento de la producción o el consumo eléctrico y el crecimiento, si bien los resultados no son concluyentes puesto que dependen de las características particulares del país, de la metodología elegida, de las variables utilizadas y del periodo investigado. Estos análisis pueden clasificarse, de acuerdo con el tipo de resultados obtenidos, en cuatro grupos que determinan cuatro respectivas teorías. En el anexo 1 se recoge una síntesis de los estudios realizados en distintos países.

Algunos trabajos, los que en la literatura se incluyen dentro de la llamada *growth hypothesis* o *hipótesis del crecimiento*, encuentran una causalidad unidireccional desde el consumo de electricidad hacia el crecimiento económico. En este caso se espera que el sector eléctrico desempeñe un papel crucial en la generación de mayores tasas de crecimiento, al favorecer el progreso tecnológico y elevar la productividad de otros factores productivos. Ello significa que en los países en los que se verifica esta hipótesis el crecimiento de su producción depende del consumo (y la generación) de electricidad y, por lo tanto, una reducción en la demanda eléctrica como resultado, por ejemplo, de una política energética conservadora, puede desencadenar, *ceteris paribus*, menor crecimiento económico. De acuerdo con Chontanawat et al. (2008), esto ocurre con frecuencia en los países desarrollados si bien, como se observa en el anexo 1, ello también sucede en las economías en desarrollo.

En otras economías, por el contrario, se revela la relación opuesta. Es decir, el crecimiento de la producción origina mayor consumo de energía eléctrica, lo que se enmarca dentro de la *hipótesis de conservación* (*conservation hypothesis*), tal como ocurrió en Indonesia y México, según Murry y Nan (1996), o en Australia, de acuerdo con Narayan y Smyth (2005). Cuando esto sucede, se sobrentiende que la economía de ese país es menos dependiente del consumo de electricidad y, por lo tanto, las políticas conservadoras puestas en marcha para reducir el consumo de electricidad tienen poco o ningún impacto en términos de crecimiento económico.

En otros países se encuentra evidencia empírica favorable a la *hipótesis de retroalimentación* (*feedback hypothesis*), en virtud de la cual la causalidad entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico es bidireccional con los positivos efectos que de ello se derivan. En estos casos un mayor crecimiento económico genera mayor consumo de electricidad que, a su vez, refuerza el crecimiento futuro, generando de ese modo un *círculo virtuoso*. Para Yoo (2005 y 2006) esto sucedió en Corea, Malasia y Singapur y en Taiwán, según el estudio de Yang (2000), y en Irán, Qatar y Arabia Saudí, de acuerdo con el de Squalli (2007).

Por último, algunas investigaciones sugieren la ausencia de relación causal entre las dos variables, electricidad y producción, sustentando la *neutral hypothesis* o *hipótesis de neutralidad* en cuyo caso, el crecimiento de la economía no guarda relación de causalidad con el consumo de electricidad y viceversa.

En consecuencia, las políticas de fomento del crecimiento no afectarán al consumo (o producción) de electricidad y las políticas energéticas encaminadas a impulsar o restringir el consumo (o producción) de electricidad no influirán en el crecimiento. Esta hipótesis supone que esto sucede en economías en las que el sector energético, en general, y el eléctrico, en particular, representan una proporción muy pequeña en términos de PIB. Pueden citarse, en este contexto, los estudios de Murry y Nan (1996) (para Francia, Alemania, Portugal, India, Portugal, Luxemburgo, Noruega, Reino Unido, Estados Unidos y Zambia) y de Chontanawat et al. (2008) (para China y la India).

Los estudios empíricos suelen obtener relaciones de causalidad positivas. Sin embargo, y aunque no es usual, también pueden encontrarse causalidades negativas para determinados países en periodos concretos. Si esto sucede, los resultados tienen múltiples interpretaciones. Por ejemplo, si la causalidad opera desde el consumo de electricidad hacia el crecimiento del PIB en sentido negativo, cabe pensar que ello es debido a un excesivo consumo de electricidad en sectores improductivos, a una capacidad de generación baja o a un suministro ineficiente. Si la causalidad negativa va desde el PIB hacia el consumo de electricidad, puede indicar que el consumo se reduce cuando el país crece. Sería el caso de una economía que está creciendo pero que se ve constreñida por el bajo nivel de infraestructuras, por políticas que pretenden reducir el consumo de electricidad, por cuestiones de ineficiencia del país o por el nivel de pobreza que genera una parca demanda de bienes y servicios (electricidad entre ellos).<sup>8</sup>

Los efectos negativos mencionados pueden observarse en el corto plazo, puesto que a largo plazo la práctica totalidad de los análisis concluye que existe una causalidad positiva entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico.

La mayoría de los trabajos ha centrado su atención en el consumo de electricidad y solo algunos han analizado el papel desempeñado por la generación de electricidad. Aunque consumo y producción eléctrica son variables altamente correlacionadas en economías avanzadas como la española, merece la pena investigar si la causalidad va desde el suministro de energía eléctrica hacia el crecimiento económico, puesto que, en tal caso, una política que reduzca la producción eléctrica puede perjudicar el crecimiento económico. El estudio por el lado de la oferta tiene una interesante ventaja adicional: permite evaluar la causalidad entre el PIB y la hidroelectricidad o entre el PIB y la electricidad generada en centrales térmicas convencionales o nucleares, aspectos que no se abordan cuando se utilizan las cifras de consumo.

En este contexto, las mismas cuatro hipótesis anteriores siguen siendo válidas, solo que aplicadas al lado de la producción en lugar de al consumo. Así, por ejemplo, Yoo y Kim (2006) encontraron una causalidad unidireccional

8. Véase Squalli (2007).

desde el crecimiento económico hacia la generación de electricidad en Indonesia (no en la dirección opuesta) y que Ghosh (2009) obtuvo un resultado similar para la India. En cambio, Morimoto y Hope (2004) concluyeron que el incremento en el suministro eléctrico explicaba el crecimiento económico de Sri Lanka.

El caso español no ha sido suficientemente analizado, pese a que suele admitirse que el sector eléctrico ha sido clave en el proceso de industrialización y modernización.<sup>9</sup> Cabe, por lo tanto, preguntarse si la producción de electricidad ha sido un estímulo para el crecimiento económico español o si, por el contrario, el crecimiento económico ha impulsado la producción de electricidad. De existir alguna relación causal entre la producción eléctrica, es interesante corroborar si se mantiene para las distintas formas de generar electricidad.

Entre los trabajos realizados para España pueden mencionarse cuatro. En primer lugar el de Ciarreta y de Zárrega (2010), centrado en el periodo 1973-2008, ya que encuentra una relación de causalidad única desde el crecimiento económico al consumo de electricidad, respaldando así la *hipótesis de conservación*. En segundo lugar, el de Fuinhas y Cardoso (2012), tomando en consideración el periodo 1965-2009 y controlando los cambios estructurales acaecidos, aporta evidencia empírica a favor de la *hipótesis de retroalimentación*. En tercer lugar, Pirlogea y Cicea (2012) concluyen que entre 1990 y 2010 el consumo de gas natural elevó al crecimiento de la economía en el corto plazo y que esa relación solo es válida en este sentido, confirmando la *hipótesis de crecimiento*. Finalmente, Sanz Villarroya, Sanaú y Pérez Pérez (2013) concluyen que desde 1958 el aumento en la producción eléctrica impulsó el crecimiento del PIB, aunque no diferencian entre unas formas y otras de generar la electricidad. Estos últimos autores también analizan la relación entre el consumo eléctrico y el PIB español, obteniendo resultados similares a los alcanzados con las cifras de producción eléctrica total. En definitiva y al igual que sucedía en otros países, los resultados no son concluyentes para España.

9. Además de la literatura mencionada, cabe referirse a otros muchos estudios como los que tienen como objetivo el análisis de la economía española en clave energética. Dentro de estos últimos, Rubio (2005) incluye el de Murillo-Zamorano (2005) que señaló que el crecimiento de la productividad española empeora cuando se considera el *input* energético en el cálculo. Ramos-Martín (2001) mostró que en España la intensidad energética (medida como energía bruta por unidad de PIB) siguió aumentando mientras en algunos países desarrollados de su entorno se identificaron descensos relacionados con la llamada curva ambiental de Kuznets. De esta literatura se desprende que España necesita cada vez más energía por unidad de producto —intensidad energética—, mientras que en Europa se observa el efecto contrario: menos energía por producto, lo cual significa que la economía es cada vez menos competitiva. El mencionado trabajo de Rubio (2005) al calcular el consumo bruto de energía primaria español entre 1850 y 2000, incluyendo energías tradicionales (o de base orgánica) y modernas, concluye que España ha aumentado la producción económica cada vez con menores requerimientos de consumo energético por unidad de *output*, si bien produce de manera muy contaminante, problema que a juicio de esta autora es el principal reto de la política energética española inmediata.

Con objeto de ampliar y mejorar la evidencia empírica, este trabajo considera el periodo que abarca desde la posguerra civil española hasta la actualidad. Concretamente, desde 1945, año en el que se pusieron en funcionamiento algunas instalaciones tras el parón de la Guerra Civil y se inició el apoyo del Estado a la construcción de centrales eléctricas, y 2011. Se trata de corroborar si la producción eléctrica impulsó el crecimiento económico español o si, por el contrario, fue el crecimiento el que causó el aumento de la producción eléctrica. Previamente, se describirá la evolución del sector eléctrico español en el periodo analizado. Una vez abordado este tema, se comprobará qué tipos de producción eléctrica impulsan el crecimiento, dadas las implicaciones que ello puede tener en términos de política económica. A esta tarea se dedica el resto del trabajo.

### **Desarrollo del sector eléctrico español a partir de 1945**

La evolución del PIB y el sector eléctrico españoles desde mediados del decenio de 1940 ofrece un balance muy favorable. Baste, en este contexto, señalar que el PIB real creció a un ritmo medio anual acumulativo del 4,1% y la potencia eléctrica instalada a una tasa del 6,3%. Estos ritmos permitieron que el PIB de 2011 fuera casi 14 veces mayor que el de 1945 y que la potencia eléctrica instalada se multiplicase por más de 56 en los años estudiados. Ahora bien, tal como se sintetiza en el cuadro 1, la progresión no fue lineal.

El gráfico 1 ilustra la evolución anual del PIB y la producción eléctrica española a lo largo del periodo. Fácilmente, puede apreciarse un crecimiento de la producción eléctrica muy superior al del PIB, pero no puede concluirse si el crecimiento de la producción eléctrica precedió el crecimiento del PIB o si ocurrió lo contrario. Atendiendo a los cambios clave del propio sector eléctrico y a lo estudiado por historiadores y economistas, diferenciaremos dos grandes etapas: 1945-1973 y 1974-2011, si bien dentro de ellas cabe referirse a diversos subperiodos.<sup>10</sup> Las diferencias entre ambas fases son notorias, dado que en la primera el PIB creció a un ritmo medio anual acumulativo del 5,7%, la potencia eléctrica instalada del 9,4% y la producción de electricidad a una tasa del 10,9%; en cambio, en la segunda fase los ritmos fueron del 2,8%, 4,1% y 3,5%, respectivamente.

10. Véase, por ejemplo, Carreras y Tafunell (2010) y, más recientemente, Vázquez (2014).



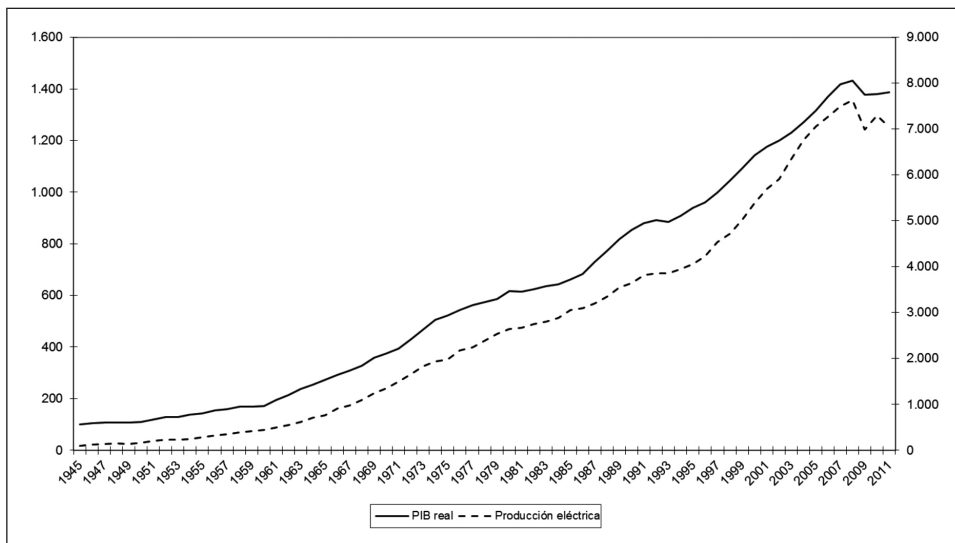
**CUADRO 1** • Tasa de variación media anual acumulativa del PIB real, la potencia eléctrica instalada a 31 de diciembre. España 1945-2011 y la producción de electricidad

	PIB pm	Potencia hidráulica, eólica y solar	Potencia instalada en térmicas convencionales	Potencia instalada en centrales nucleares	Potencia instalada total	Producción total	Producción en régimen ordinario
1945-1951	2,9	5,3	8,3		6,0	12,0	12,8
1952-1959	3,9	10,6	14,2		11,6	9,2	10,0
1960-1973*	8,0	7,3	13,8	48,9	10,2	11,5	12,2
1945-1973*	5,7	7,6	12,2	48,9	9,4	10,9	11,7
1974-1985	2,5	2,0	5,7	16,2	5,0	4,2	4,3
1986-1998	3,6	1,9	1,9	2,3	2,0	3,6	2,4
1999-2007	3,5	7,0	7,9	0,0	6,6	5,1	4,0
2008-2011	-1,4	5,4	1,7	0,5	3,2	-2,6	-6,3
1974-2011	2,8	3,7	4,2	5,4	4,1	3,5	2,5
1945-2011**	4,1	5,4	7,6	9,6	6,3	6,7	6,4

Notas: La potencia térmica incluye la correspondiente a todas las instalaciones térmicas del régimen especial; \* en el caso de la energía nuclear, 1968-1973; \*\* en el caso de la energía nuclear, 1968-2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de Carreras y Tafunell (2010), Ine (2015) y Unesa (2014).

**GRÁFICO 1** • Evolución de la producción eléctrica y PIB real de España 1945-2012 (1945 = 100)



Fuentes: Unesa, Prados de la Escosura (2005) e INE.



### *Evolución entre 1945 y 1973*

La primera de las etapas definidas arrancó con las penurias de las posguerras civil y europea y se prolongó hasta el estallido de la crisis económica de los años setenta. Los años que van entre 1945 y 1959 pueden calificarse de *años perdidos* por la economía española, al registrar una divergencia pronunciada con Europa. En cambio, entre 1960 y 1974 España aproximó su nivel de bienestar al promedio europeo. Al principio de la primera de las fases definidas, la economía española se vio sometida a condicionamientos políticos, a aislamiento internacional y cierre de relaciones externas, no se benefició del «Plan Marshall», y se vio abocada a una prolongada fase de autarquía.<sup>11</sup> El modelo autárquico con sustitución del mercado, proliferación de regulaciones, refuerzo del proteccionismo e intervencionismo extremo condujo al estrangulamiento económico y al cambio de rumbo que se data con la aprobación del Plan de Estabilización de 1959.<sup>12</sup>

Tras el Plan de Estabilización y hasta los primeros años del decenio de 1970, se consiguió un intenso incremento del PIB (que casi se triplicó) y del PIB per cápita (con un notable crecimiento demográfico), la modernización de la economía e importantes cambios estructurales. En un marco de ausencia de libertades políticas, sindicales y sociales, se logró romper el aislamiento, incrementar la compraventa internacional de bienes y servicios, atraer inversiones foráneas y aprovechar los beneficios de la gradual liberalización y el paulatino retorno al funcionamiento de los mercados y de la llegada de inversiones extranjeras. A todo ello, ha de añadirse la reasignación de la mano de obra, con una importante emigración externa e interna, arrastrando la crisis de la agricultura tradicional e impulsando el crecimiento urbano y el de los sectores secundario y terciario.<sup>13</sup>

Por lo que respecta al sector eléctrico, la Guerra Civil frenó la construcción de nuevas centrales eléctricas. De hecho, hasta 1943 no se completó o

11. Según Serrano Sanz (2014), p. 37, en los primeros años de la posguerra civil «la prioridad política tuvo resultados catastróficos en términos de crecimiento económico, eficiencia asignativa y equidad». La prioridad absoluta del régimen franquista fue política: mantenerse en el poder. La política económica, subordinada a ese objetivo prioritario, trató de prolongar la economía de guerra (hasta finales de los cuarenta); la seguridad, los gastos militares, los abastecimientos estratégicos y el control de industrias clave fueron prioritarios. A partir de 1948, comenzó a cobrar protagonismo la economía y el crecimiento, en un contexto internacional en el que la rápida reconstrucción favoreció los aumentos del bienestar. Para políticas autárquicas aplicadas, véase Carreras y Tafunell (2010), pp. 293-301.

12. Para un mayor detalle de la industrialización sustitutiva de importaciones y la evolución de la economía española en el decenio de 1950, puede consultarse Carreras y Tafunell (2012), pp. 303-331.

13. Carreras y Tafunell (2010), pp. 333-366, denominan estos años de reintegración en la economía internacional «la edad de oro» de la economía española.

puso en funcionamiento ninguna instalación importante<sup>14</sup> y, a partir de entonces y hasta 1957, hubo frecuentes cortes de suministro en gran parte de España.<sup>15</sup> Gómez Mendoza et al. (2007) destacaron las restricciones entre 1945 y 1949, periodo de fortísimas sequías que frenaron el avance de la producción hidroeléctrica, que protagonizaba la oferta eléctrica española.<sup>16</sup>

Por las circunstancias políticas españolas, en el decenio de 1940 no se optó por la nacionalización, como en Francia o Alemania, sino por un régimen de autorregulación que aplicaban las empresas privadas. Sudrià (2007) acotó como principales mecanismos de intervención: la actividad de las empresas eléctricas públicas y el régimen de tarifas. Ambos instrumentos permitieron que el Estado desempeñara un papel destacado en el sector eléctrico español. De acuerdo con la historiografía económica, la congelación de los precios de la electricidad en un contexto inflacionista generó expectativas desfavorables, falta de incentivos y escasez de inversiones.<sup>17</sup>

Con la Ley de 24 noviembre de 1939 sobre ordenación y defensa de la industria se unificó el sector eléctrico y se exigió una autorización para realizar el servicio eléctrico. Posteriormente, empresas públicas como Enher o Endesa, filiales del Instituto Nacional de Industria, suplieron, en parte, la iniciativa

14. En los años cuarenta del siglo xx, se crearon Fenosa, Saltos del Sil, Hidroeléctrica Moncabril, Saltos del Nansa e Hidroeléctrica de Cataluña.

15. Los historiadores —véase, por ejemplo, Gómez Mendoza (2007a)— relacionan las restricciones eléctricas con la política autárquica e intervencionista del régimen franquista. Se originaron por una desviación entre la capacidad de generación y la demanda de energía, estimulada por la reducción de los precios reales de la electricidad y la escasez de combustibles. A la falta de lluvias se añadieron las dificultades para importar maquinaria y piezas de recambio y el precario suministro de carbón a las térmicas. Según Sudrià (1990a), la pérdida de producción industrial inducida por la escasez de electricidad pudo llegar al 10,8% en 1940, afectando principalmente a la industria textil y a la metalurgia.

16. Pueyo (2007a), p. 122, apuntó que la propia actuación del Estado también obstaculizó la inversión en ampliación de la capacidad del sector eléctrico y en la mejora de la eficiencia de las instalaciones existentes, al menos hasta los años cincuenta. Otro elemento a considerar fue la actitud hostil del gobierno español hacia las empresas de capital extranjero (casos de Barcelona Traction o Sevillana, por ejemplo).

17. En expresión de Carreras y Tafunell (2010), p. 290: «Las autoridades tuvieron la ocurrencia de congelar las tarifas eléctricas a la altura de 1936 [...]. Esto tuvo como consecuencia una drástica disminución de los precios reales de la electricidad —del orden del setenta por 100 entre 1939 y 1951—. Lógicamente, los productores —las compañías eléctricas— no tenían ningún incentivo para invertir en la ampliación de la oferta..., lo que sucedió fue que se paralizó la construcción de nuevas centrales y la capacidad productiva no creció suficientemente para atender la demanda, que aumentó a lo largo de la década a una muy respetable tasa del 6,7 por 100 anual. Y es que la demanda eléctrica se expandió fuertemente, tanto porque los consumidores se inclinaron de forma natural a demandar una mayor cantidad de un bien cuyo precio relativo se reducía con gran celeridad, como porque se vieron impelidos a hacerlo ante la carestía de otras energías (carbón y, sobre todo, petróleo). Para acabar de empeorar las cosas, la misma política del Nuevo Estado, que promovía un tipo de industria altamente intensiva en consumo de energía —como la química, los astilleros y la siderometalurgia— contribuyó a agravar el problema».

privada.<sup>18</sup> Ambas empresas fueron «llamadas a jugar un papel importante en la superación de las rigideces de la oferta del sector (causadas, recordémoslo, por la congelación de las tarifas) y las restricciones eléctricas, entrada ya la década de 1950».<sup>19</sup>

En el verano de 1944 se creó el espacio eléctrico nacional único y el territorio se dividió en zonas eléctricas, atribuyendo su gestión a delegados técnicos especiales, agentes que concentraron amplios poderes de dirección en detrimento de los agentes privados. La ejecución del denominado «Plan de conjugación del sistema eléctrico nacional» se encomendó a Unidad Eléctrica, S.A. (Unesa), surgida en agosto de 1944. Unesa tuvo al principio dos cometidos básicos: regular el sector eléctrico y desarrollar la red de interconexiones entre las principales zonas de producción para paliar la escasez de fluido eléctrico. La constituyeron catorce sociedades, tal como se recoge en Gómez Mendoza (2007a), que se comprometieron a regular el sector, gestionar y desarrollar la red de transporte de energía eléctrica, de acuerdo con las directrices de la Administración. Exigieron, a cambio, que el Estado respetase el carácter privado de las empresas y no interfiriese en sus asuntos internos. El 2 de diciembre de 1944 una orden del Ministerio de Industria y Comercio encomendó a Unesa la creación de un repartidor de cargas y la conexión al mismo de todas las centrales productoras para coordinar su funcionamiento.

Tras la suspensión de los suministros de petróleo a España en febrero de 1944, se decidió que era preciso aumentar la producción de carbón y electricidad, suprimiendo las restricciones a la adquisición de los materiales necesarios para el desarrollo de las empresas de ambos subsectores. De esta forma, a finales de 1945 se inició el apoyo del Estado a la construcción de centrales eléctricas. En ese mismo año se introdujo un recargo en el precio de la electricidad para compensar a las empresas productoras por el mayor coste de la generación térmica.

Aunque las relaciones entre el INI y Unesa fueron siempre problemáticas, especialmente por la competencia que significaron las empresas del INI,<sup>20</sup> la principal preocupación de las empresas eléctricas privadas a prin-

18. Véase Gómez Mendoza (2007a y b) para más información. Según este autor, la documentación interna del INI muestra dos líneas de actuación en el sector eléctrico. Por un lado, se concebía el sector eléctrico como un instrumento más de la política de industrialización. Y, por el otro, se aspiraba a una estrecha colaboración entre las empresas públicas y privadas. Cuando se notaron los problemas de la escasez de energía, el INI entendió que había que disponer de más centrales hidroeléctricas y colaborar con las empresas privadas sugiriendo que el Estado revisara las tarifas o concediera primas o rebajas fiscales a las nuevas construcciones. A corto plazo, se instó la construcción inmediata de centrales térmicas y la interconexión de las redes eléctricas privadas.

19. Carreras y Tafunell (2010) p. 292.

20. Gómez Mendoza (2007a y b) estudió los archivos de la agrupación patronal, Unesa, realizando también una interesante investigación acerca de Endesa y Enher. En el bloque referido a Unesa expuso su nacimiento y relató su actividad durante las primeras presidencias.

cipios de los cincuenta de la pasada centuria era que las tarifas siguieran congeladas. Hasta enero de 1951 no se conocieron los criterios a utilizar en el establecimiento de las tarifas eléctricas y varios meses después se publicaron las normas básicas del régimen de las Tarifas Tope Unificadas (TTU), cuya aplicación se inició en enero de 1953.<sup>21</sup> El inicio de la discusión de las TTU y la mejora del régimen de comercio exterior facilitaron la recuperación de los programas de construcción de centrales eléctricas a partir de 1952, tal como se recoge en el cuadro 1.

Las TTU se configuraron, según estudió Pueyo (2007b), como un sistema de costes estándar que debía cubrir los costes de funcionamiento e inversión en instalaciones y la tasa de rentabilidad del capital (fijada por el gobierno).<sup>22</sup> Pese a sus limitaciones, permitieron alcanzar la suficiencia y la garantía del suministro eléctrico.<sup>23</sup>

El 21 de febrero de 1953 se encargó a Unesa, formalmente y con carácter permanente, la organización del Repartidor Central de Cargas (Reca), dándole el control de la red de transporte de electricidad.<sup>24</sup> La titularidad de esta función correspondía a la Dirección General de Industria, pero su ejercicio se delegó al Reca. Se cerró así el sistema de autorregulación que, por incumplimiento de la actualización automática de las tarifas, confirió al Estado una

---

La relación con la Administración pasó de la colaboración al enfrentamiento por la adquisición de centrales móviles; las expropiaciones de concesiones de la cuenca Noguera-Ribagorzana; la puesta en funcionamiento de la térmica de Ponferrada; y la negativa a negociar el reajuste de tarifas.

21. El sector energético resurgió como resultado de la política industrial y de la disponibilidad de más divisas para importar petróleo. Entre 1949 y 1952 la generación de electricidad aumentó un 94%, según Carreras y Tafunell (2010), p. 307. Ese salto se explica por la prioridad dada por el INI a la ampliación de la potencia instalada. De acuerdo con estos autores, en la década de 1950 entraron en funcionamiento grandes centrales térmicas —que aprovechaban reservas carboníferas sin salida comercial— e hidroeléctricas, construidas por las empresas públicas del sector energético (Endesa y Enher más Encaso, reconvertida en una refinería de petróleo común y corriente que además explotaba sus recursos carboníferos produciendo electricidad en varias centrales térmicas). La política inversora se complementó con un nuevo marco regulador del sector eléctrico, como paso previo a la descongelación de las tarifas eléctricas. Una vez realizada la interconexión regional se procedió, en 1952, a la unificación de las tarifas y a la creación de Ofile para gestionar los intercambios de energía entre las compañías.

22. Pueyo (2007b) resumió el desarrollo de la industria eléctrica, prestando especial atención a la implantación de sus grandes compañías y los primeros pasos de la regulación tarifaria. No debe olvidarse que el consumo per cápita era de 0,62 de toneladas equivalentes de carbón en 1950, en claro contraste con los 1,9 toneladas equivalentes de carbón en 1970 (datos tomados de García Alonso, 2009), situación que puede calificarse de coherente con el retraso de la economía española, que contaba con un sistema productivo predominantemente agrícola, no mecanizado, y una industria que aún tenía que despegar.

23. Véase Pueyo (2007b) y Gómez Mendoza (2007a) para un mayor detalle de la reforma de tarifas de 1953, el establecimiento de la Oficina de Liquidación Eléctrica (Ofile) y las disputas en torno al funcionamiento del *Dispatching Central*.

24. Véase Unesa (2005).

capacidad reguladora singular para controlar la inflación y atenuar las rentas monopolísticas.<sup>25</sup>

De 1960 a 1973, el sector energético avanzó de forma considerable y se registró un proceso de sustitución del carbón por la electricidad y el petróleo. Así, mientras que en 1960 el primero representaba el 46,2% de las energías primarias, en 1973 aportaba el 17,2%<sup>26</sup>. La generación de electricidad, en la que gradualmente fue abriéndose paso la energía nuclear, creció a un ritmo similar al de producción industrial total, debido a la universalización de su uso en las actividades productivas y domésticas.

### *Evolución entre 1974 y 2011*

Durante los primeros años de esta segunda fase confluyeron los problemas derivados de las crisis del sistema de Bretton Woods y energética. El déficit exterior se disparó a partir de 1974, las partidas compensatorias (turismo, remesas de emigrantes e inversiones extranjeras) se debilitaron y desde 1976 hubo déficit público creciente. A su vez, el ritmo de crecimiento de la productividad disminuyó significativamente y se elevaron los costes de producción por el repunte de los precios del petróleo y las materias primas, desencadenándose una espiral inflación-salarios, en un marco de incertidumbre por la transición política a la democracia. Todo ello condujo a una caída de los beneficios empresariales y de la inversión. Los «Pactos de la Moncloa», firmados en octubre de 1977, materializaron la respuesta de la política económica, incorporando medidas de control de la inflación, moderación de los crecimientos salariales, equilibrio presupuestario, estabilización del sector exterior, reestructuración de sectores productivos, la liberalización económica y del sistema financiero y una reforma fiscal. Asimismo, facilitaron el consenso necesario para elaborar la Constitución de 1978 que trajo la descentralización político-administrativa.

Superada la crisis energética y con ocasión de la incorporación de España a las Comunidades Europeas, la economía española aceleró su crecimiento —si bien, sin alcanzar las tasas del periodo 1960-1973—, y avanzó en la

25. Las TTU, estrenadas el 1 de enero de 1953, beneficiaron a las térmicas del INI que disfrutaron de unas tarifas discrecionales muy superiores a las de la energía hidroeléctrica y de un marco estable. Hubo incremento de las tarifas en 1957, 1959, 1962, 1966 y 1967. Finalmente, a finales de diciembre de 1970 se aprobaron las tarifas binomias y se fijaron las primas a las construcciones efectuadas en 1968/69. A finales de 1972 se aprobó el Decreto 3561/1972, de 21 de diciembre, por el que se establecen las condiciones del sistema integrado de facturación de energía eléctrica y se suprimió Ofile. La implantación del nuevo Sistema de Facturación (Sifa) y la aprobación de las nuevas Tarifas Tope de Estructura Binomia (TTEBs) se produjo por Orden del Ministerio de Industria de 11 de abril de 1973.

26. Carreras y Tafunell (2010), p. 354.

transformación productiva.<sup>27</sup> La agricultura, la industria manufacturera y el sector energético perdieron peso relativo en el empleo y, en menor medida, en el valor añadido; en cambio, la construcción y los servicios ganaron peso relativo (aunque en el primer caso la productividad aparente del trabajo se redujo y en el segundo, no). Los cambios en la estructura productiva se vieron impulsados por el incremento de la demanda interna que fue acompañado de la apertura al exterior, la capitalización (con creciente importancia de las inversiones extranjeras, la mejora de las infraestructuras materiales y de servicios). El crecimiento permitió un acercamiento a la renta per cápita de la Unión Europea y una reducción de la desigualdad, frenados por una breve e intensa crisis de 1992-1994 que elevó rápidamente el desempleo.

A partir de entonces y hasta 2007, se registró un ciclo expansivo de elevada intensidad y amplia duración. Se basó en la expansión inmobiliaria, la financiación exterior y el endeudamiento con los que se consiguió un fuerte crecimiento de la demanda interna que, con la atracción de flujos migratorios, permitió incrementos de la renta y el PIB y una nueva aproximación y convergencia con Europa.<sup>28</sup>

La fragilidad de las bases de este crecimiento se pusieron de manifiesto en la crisis iniciada en 2008, que supuso una doble recesión de la economía española, un aumento desconocido del desempleo y nueva divergencia con Europa.

Por lo que se refiere al sector eléctrico, el sistema de autorregulación forjado durante las posguerra civil quedó superado con el Real Decreto 926/1980, de 18 de abril, por el que se constituye la Delegación del Gobierno en la explotación del sistema eléctrico. En virtud de esta norma, las funciones realizadas por el Reca fueron asumidas por la Asociación de Empresas para la Explotación del Sistema Eléctrico (Aselétrica) y, en concreto, por el Centro de Control Eléctrico (Cecoel).<sup>29</sup> Según este Real Decreto, Aselétrica podía ordenar a todas las empresas eléctricas de ciclo completo, cuyas instalaciones de

27. Sobre la crisis económica y la transición política española (1974-1985) y la integración en la economía europea puede consultarse, entre otros, los capítulos 9 y 10 de Carreras y Tafunell (2010).

28. Para un mayor detalle de la evolución española desde la entrada en vigor de la tercera fase de la Unión Económica y Monetaria de la Unión Europea puede consultarse Carreras y Tafunell (2010), pp. 435-456.

29. Aselétrica se creó el 16 de noviembre de 1979 fruto de una resolución del Pleno del Congreso de los Diputados. Según la resolución, Aselétrica debía ser una asociación de las empresas del sector eléctrico y debía perseguir la mejor utilización y distribución de los recursos disponibles. Aselétrica no poseía la red, pero asumió la coordinación de la explotación del sistema eléctrico español en la península y la puesta en práctica de las directrices del ente regulador, el Ministerio de Industria y Energía. Cecoel se ocupó de coordinar la gestión, en colaboración con las compañías eléctricas, de los equipos de producción y transporte de la energía térmica, así como de los intercambios de energía con Francia y Portugal y de los realizados en el mercado interior. A partir de 1982, Aselétrica se integró en diferentes organismos internacionales relacionados con sus actividades.



producción estuvieran conectadas a la red de alta tensión, medidas conducentes a la mejor utilización de los medios de generación y transporte de energía eléctrica. A su vez, se creó la figura del delegado del Gobierno en Aselétrica.

Las reformas de 1980 fueron consecuencia del Plan Energético Nacional (PEN) de 1979, que estableció una programación global del sector energético que alcanzó la electricidad, carbón, gas y petróleo. Los cambios se consolidaron y compendiaron en la Ley 49/1984, de 26 de diciembre, sobre explotación unificada del sistema eléctrico nacional.<sup>30</sup>

El objetivo central de la Ley 49/1984 fue superar los criterios individuales de las empresas en la explotación del sistema eléctrico con criterios de optimización global. Para ello, se acordó la nacionalización de la red de alta tensión y la explotación unificada del sistema eléctrico. Las instalaciones de la alta tensión pasaron a Red Eléctrica España, S.A. (REE), constituida por Real Decreto 91/1985, de 23 de enero, en cuyo capital se dio entrada de forma gradual a las distintas compañías eléctricas.<sup>31</sup> Las eléctricas privadas siguieron siendo propietarias de las instalaciones de generación y de distribución, pero REE influyó en su gestión determinando la actividad de las distintas centrales, el destino de su producción y la retribución que les correspondía. Las decisiones sobre inversión en plantas de producción eléctrica quedaron vinculadas a las previsiones de los Planes Energéticos Nacionales. Diversas medidas reforzaron el protagonismo estatal como el intercambio de activos financieros entre las empresas eléctricas, el «marco legal estable» (MLE) para fijación de tarifas de conformidad con criterios económicos, y el establecimiento de una Delegación del Gobierno en la explotación del sistema eléctrico.

El MLE se plasmó mediante el Real Decreto 1538/1987, de 11 de diciembre, por el que se determina la tarifa eléctrica de las Empresas gestoras del servicio, definiendo la tarifa como la retribución global y conjunta del sistema eléctrico nacional, fijada por aplicación del sistema de ingresos y costes estándares.

A principios de la década de 1990 se trató de superar el sistema de compensaciones y adaptar el MLE a las nuevas circunstancias. Las empresas eléctricas privadas aceptaron la aprobación de la Ley 40/1994, de 30 de diciem-

30. Previamente, el 6 de mayo de 1983 se firmó un protocolo entre el Gobierno y las compañías eléctricas que contenía los «Acuerdos sobre nacionalización de la red de alta tensión».

31. REE se constituyó como gestora del servicio público de explotación unificada del sistema eléctrico nacional, asumió el patrimonio de Aselétrica y siguió las pautas del Protocolo de mayo de 1983. Empezó con la mayor parte de los activos de la red de alta tensión en servicio en febrero de 1984. La Losen le encargó posteriormente las actividades de transporte, con la adecuada separación contable, así como las operaciones de intercambio internacional de energía eléctrica a corto y a largo plazo. Antes de concluir 1997 se reestructuró el accionariado de REE para que ningún accionista privado tuviera una posición de dominio directa o indirectamente (la suma no podía superar el 30%).



bre, de Ordenación del Sector Eléctrico Nacional (Losen), que marcó una nueva etapa en la configuración del sector eléctrico español.

Con la Losen —que transpuso la Directiva Europea 96/1992— se pretendió aumentar la competencia y eficiencia del sector eléctrico, al configurar un doble sistema regulatorio. Por un lado, un sistema integrado en el que se mantuvieron la planificación vinculante, la explotación y optimización unificada, la tarifa única en el territorio nacional y la coordinación de la distribución nacional. Y, por otro, un sistema independiente que contemplaba fórmulas de apertura a la competencia, identificadas con el modelo regulatorio europeo.<sup>32</sup> Con el sistema independiente se aspiró a que la producción eléctrica fuera vendida y comprada, siguiendo a las reglas de la oferta y la demanda.

La Losen concibió el transporte como una actividad independiente y desnacionalizó el transporte de alta tensión.<sup>33</sup> A su vez, la separación jurídica de la generación y la distribución eliminó la necesidad del sistema de compensaciones y facilitó la integración económica y liquidación encomendada a la CSEN. Con esta ley también se reguló que el acceso a las redes de distribución se realizase en condiciones transparentes y objetivas, correspondiendo a la Comisión del Sistema Eléctrico Nacional (CSEN) velar por objetividad y transparencia del sistema eléctrico y resolver las cuestiones que se suscitasen.

El 1 de enero de 1998 entró en vigor la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, aprobada tras la firma del Protocolo para el Establecimiento de una Nueva Regulación del Sistema Eléctrico Nacional el 11 de diciembre de 1996.<sup>34</sup> Esta Ley supuso el inicio de la paulatina liberalización del sector mediante la apertura de las redes a terceros y la reducción de la intervención pública en la gestión del sistema.<sup>35</sup> La adecuación del sector a un nuevo entorno más competitivo motivó cambios en Unesa y su transformación en asociación empresarial el 24 de junio de 1999.

32. La Directiva 2003/54/CEE, de 26 de junio de 2003, del Parlamento Europeo y del Consejo modificó parcialmente la Directiva 96/92/CE, insistiendo en dos ideas principales: la remoción de obstáculos y el objetivo de la realización plena y efectiva del mercado interior eléctrico.

33. La separación jurídica de actividades *per se* no introduce competencia. Antes al contrario, en un régimen de explotación unificada puede reducirla. Las empresas generadoras se vieron obligadas a entregar toda la energía a REE, lo que transformó el *pool* de excedentes en un *pool* de toda la energía producida.

34. El Protocolo constaba de tres Acuerdos sobre Modelo de funcionamiento del sistema eléctrico español y reflejaba el compromiso que las empresas eléctricas estaban dispuestas a asumir (la reducción de tarifas) para conseguir los objetivos planteados en relación con la Unión Monetaria Europea. Los firmantes acordaron propiciar un acceso sin restricciones a las diversas fuentes de energía primaria utilizadas para la generación de electricidad y asumieron los postulados de la Directiva 96/92/CE del Parlamento y del Consejo sobre Normas Comunes para el Mercado Interior de la Electricidad.

35. Para conseguir la seguridad en el suministro eléctrico se optó por diversificar el tipo de centrales de producción, autorizando que pudieran operar con dos tipos de combustibles. De este modo, la escasez de combustible de un tipo no comprometía la producción de electricidad o sus precios.

Con la Ley 54/1997 se suprimió la planificación vinculante y se segregaron las actividades que debían operar en monopolio de las que podían operar en régimen de libre competencia. Para las actividades potencialmente no competitivas —operador del sistema, operador del mercado, transporte y distribución— se consideró que debía existir un título habilitador de carácter discrecional y la regulación fue el principio básico de su funcionamiento. En cambio, para las actividades potencialmente competitivas —generación y comercialización— había libre entrada y salida (con autorización de carácter reglado).

La creación del mercado mayorista y el progresivo desarrollo del mercado minorista, mediante la libre elección de suministrador por los consumidores, redujo el ámbito de las tarifas únicas. En la comercialización se distinguió entre consumidores con derecho a la libre elección de suministrador en régimen de competencia y consumidores que no ejercían tal derecho y quedaban en régimen de suministro a precio regulado.

La Ley 54/1997 reguló el acceso de terceros a las redes de transporte y distribución, reconociendo el derecho de generadores, comercializadores y clientes cualificados a utilizar la red para el tránsito de la electricidad. Los gestores solo podían denegar el acceso a la red en los casos de que no dispusieran de la capacidad necesaria.

La explotación unificada del sistema eléctrico dejó de ser un servicio público y sus funciones fueron asumidas por dos sociedades mercantiles privadas, responsables de la gestión económica y técnica del sistema, respectivamente. El operador del mercado, la Compañía Operadora del Mercado Español de Electricidad, Sociedad Anónima (Omel), creada en abril de 1997, se encargó de articular la gestión económica del mercado de generación eléctrica, de conformidad con los principios de transparencia, objetividad e independencia. Al operador del sistema, REE, se le asignó la continuidad y seguridad del sistema eléctrico, así como la coordinación de la producción y del transporte, ejerciendo sus funciones en colaboración con los operadores y sujetos del Mercado Ibérico de la Energía Eléctrica, bajo los principios de transparencia, objetividad e independencia. Como operador debía garantizar la regularidad y continuidad del suministro y se le encomendó el funcionamiento de las instalaciones de producción teniendo en cuenta las casaciones realizadas por el operador del mercado.

Se reconoció a las empresas titulares de instalaciones de producción incluidas en el denominado MLE, una retribución fija para compensar la diferencia entre los ingresos medios obtenidos a través de la tarifa eléctrica y la retribución reconocida para la producción.<sup>36</sup> Los costes que derivaban de esta

36. De esta forma, se compensaba a las empresas por las inversiones realizadas con las condiciones retributivas que se establecieron cuando se aprobó el MLE. La Ley estableció un

retribución se repercutieron a los consumidores, como costes permanentes del sistema, a través de la tarifa. La misma mecánica cubría los incentivos al consumo del carbón que, en un régimen de competencia, no deberían formar parte del precio de la energía.

A partir de entonces se aprobaron continuas modificaciones normativas. El Real Decreto-ley 6/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Intensificación de la Competencia en Mercados de Bienes y Servicios limitó el incremento de nueva potencia instalada a los grupos eléctricos que ostentaban una cuota significativa.<sup>37</sup> Fue una medida novedosa para facilitar la entrada de nuevos generadores en régimen ordinario y limitar la concentración horizontal del sector, al advertir que la estructura cuasiduopólica del dificultaba la competencia. El Real Decreto-ley 6/2000 adelantó el calendario de liberalización, de forma que desde el 1 de enero de 2003 todos los consumidores ostentaron la consideración de cualificados. Se previeron nuevas formas de contratación de los comercializadores y se les permitió adquirir energía de empresas de Estados de la Unión Europea o de terceros países; de productores nacionales en régimen especial (pagando directamente la prima establecida) y de productores nacionales en régimen ordinario. Esta energía podía venderse a clientes cualificados o integrarse en los mercados diarios e *intradía*.

La Directiva 2003/54/CEE, de 26 de junio de 2003, alentó determinadas medidas procompetencia, profundizó en la separación de actividades, diferenciando entre el titular de las redes y los operadores o productores, y contempló actuaciones para la protección de los consumidores, en especial para los «vulnerables» y, sobre todo, puso énfasis en el mercado interior eléctrico.<sup>38</sup> La transposición de la Directiva se realizó por la Ley 17/2007, de 5 de julio, de modificación de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, que reordenó determinados aspectos del sector, como la estructura del mercado organizado mayorista, y prosiguió con la liberalización.

Con la Ley 17/2007 desaparecieron los consumidores cualificados y los agentes externos, que se integraron en la figura de los comercializadores.<sup>39</sup> Para garantizar la prestación del servicio de suministro eléctrico a todos los

---

periodo transitorio de diez años, durante los cuales se siguió cargando en la tarifa los conceptos indicados y algunos de semejante naturaleza.

37. Los generadores eléctricos que poseían una cuota de más del 40% de la potencia instalada en régimen ordinario en el territorio peninsular, no podían aumentarla en cinco años, siendo de tres años el periodo de la prohibición para aquéllos que tuvieran más del 20%.

38. En el caso español, el mercado de referencia era el ibérico. El Mibel surgió mediante convenio internacional de 1 de octubre de 2004, con un solo operador (Operador del Mercado Ibérico). La integración efectiva se produjo desde 2007, reconociéndose capacidad a los agentes portugueses para actuar y habilitando al Gobierno para establecer el régimen jurídico al sujetar la actuación de los distintos sujetos en las operaciones de compraventa.

39. Sociedades mercantiles que, accediendo a las redes de transporte o distribución, adquieren energía para su venta a los consumidores, a otros sujetos del sistema o para realizar operaciones de intercambio internacional.

ciudadanos que lo requiriesen, la Ley estableció para todo el territorio nacional y sin perjuicio de sus especialidades, la tarifa de último recurso, entendida como la fijación de un precio máximo aplicable a consumidores para los cuales se concebía la prestación como servicio universal.

La Ley 17/2007 recogió el principio de separación jurídica de las actividades de distribución y transporte. La de transporte se configuró como un monopolio legal y las empresas que hasta entonces la realizaban tuvieron que abandonarla en beneficio del gestor de la red de transporte, único autorizado. Asimismo, creó la figura del gestor del sistema de distribución al que se le atribuyeron funciones garantizadoras del acceso de terceros a la red y del desarrollo y explotación de la misma con criterios transparentes y fundamentados.

Con posterioridad, se aprobaron otras reformas de la Ley 54/1997. En 2009, se transpuso la Directiva 2006/123/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a los servicios en el mercado interior. La Ley 5/2011 introdujo instrumentos de planificación para elevar la participación de las energías renovables, reforzar la previsibilidad y la eficiencia de las decisiones de política energética y, en especial, del marco de incentivos y para reducir la participación de las energías con mayor potencial de emisiones de CO<sub>2</sub>. Se estableció una planificación vinculante de las infraestructuras de transporte de energía y una planificación indicativa en la generación.

La Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio, de 2009, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se deroga la Directiva 2003/54/CE abordó tres reformas importantes: la creación de una agencia europea; el refuerzo y la extensión de los poderes de regulación de las autoridades nacionales; y, el fomento de la cooperación de los gestores de red. Se transpuso al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto-ley 13/2012, de 30 de marzo, por el que se trasponen directivas en materia de mercados interiores de electricidad y gas y en materia de comunicaciones electrónicas, y por el que se adoptan medidas para la corrección de las desviaciones por desajustes entre los costes e ingresos de los sectores eléctrico y gasista.

Los cambios legislativos prosiguieron después de 2011, último año considerado en la aplicación empírica de este trabajo. En este contexto, cabe referirse al Real Decreto-ley 20/2012, de 13 de julio, de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y de fomento de la competitividad, incorporó medidas adicionales relativas al régimen retributivo de las centrales de generación en régimen ordinario en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares, y modificó la retribución de la actividad de transporte. Y, finalmente, a la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, una reforma global basada en un nuevo régimen de ingresos y gastos del sistema eléctrico, que trató de devolver al sistema una sostenibilidad financiera.

A lo largo del periodo analizado la normativa llegó a distorsionar el funcionamiento del mercado eléctrico. Un buen exponente de los desatinos ha sido el conocido «déficit tarifario»: diferencia entre la cantidad total recaudada por las tarifas reguladas y los costes reales asociados a dichas tarifas.<sup>40</sup> El desacoplamiento entre las tarifas y los costes incurridos para la provisión de las mismas se articuló a través del Real Decreto 1432/2002, con efectos negativos en términos de eficiencia, de desarrollo de la liberalización y del elevado déficit de tarifas al que dio lugar.<sup>41</sup>

Para paliar el déficit tarifario, incrementado por la crisis de 2008 y el aumento de la producción eléctrica a partir de fuentes renovables, se aprobaron diversas medidas. El Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social estableció límites para acotar el incremento del déficit tarifario. A través del Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico, se adoptaron nuevas medidas para abordar la corrección del déficit.<sup>42</sup>

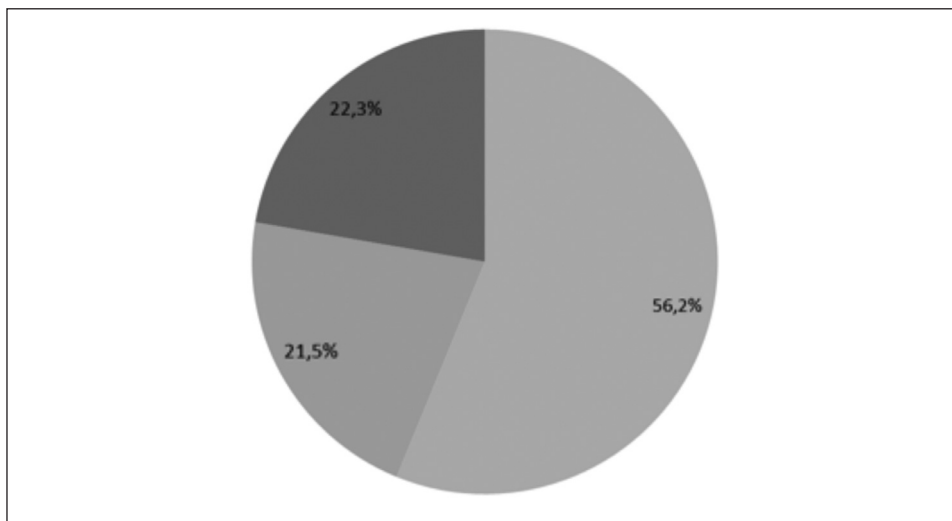
Al final del periodo estudiado el nivel de seguridad y calidad del suministro eléctrico eran elevados, dado el nivel de inversiones acometidas en los últimos quinquenios (con un destacable esfuerzo en redes de transporte y distribución), y existía una mezcla de fuentes de energía más diversificada que en la década de 1940, con elevada penetración de las tecnologías de generación eléctricas renovables. Los gráficos 2a y 2b recogen la distribución porcentual de la potencia eléctrica instalada en España en 1945 y en 2011, res-

40. La Comisión Nacional de la Energía (2012) estableció como causas del déficit tarifario la incorporación como costes del sistema de un volumen creciente de costes reconocidos a las actividades reguladas, planificados inicialmente donde se esperaba un mayor crecimiento de la demanda, y, en particular, a los mecanismos de incentivos económicos para las instalaciones del régimen especial, a la compensación extrapeninsular y al incremento de la retribución de la distribución y el transporte, además de los costes de financiación del déficit.

41. La Comisión Nacional de la Energía (2012), p. 2, puntualizó que «en España los precios finales, especialmente de electricidad, que tienen un impacto directo en la competitividad industrial, se situaron en 2011 en el rango de la Unión Europea. Por su parte los precios finales para los consumidores doméstico-residenciales, especialmente de electricidad, registraban puestos entre los más elevados del *ranking* europeo, si bien cabe remarcar que el impacto de la factura eléctrica sobre el gasto anual medio de las familias en España suponía el 2%». La diferencia de nivel de dichos precios finales sería aún mayor en relación con los precios europeos si se tuviera en cuenta el déficit estructural del sistema eléctrico.

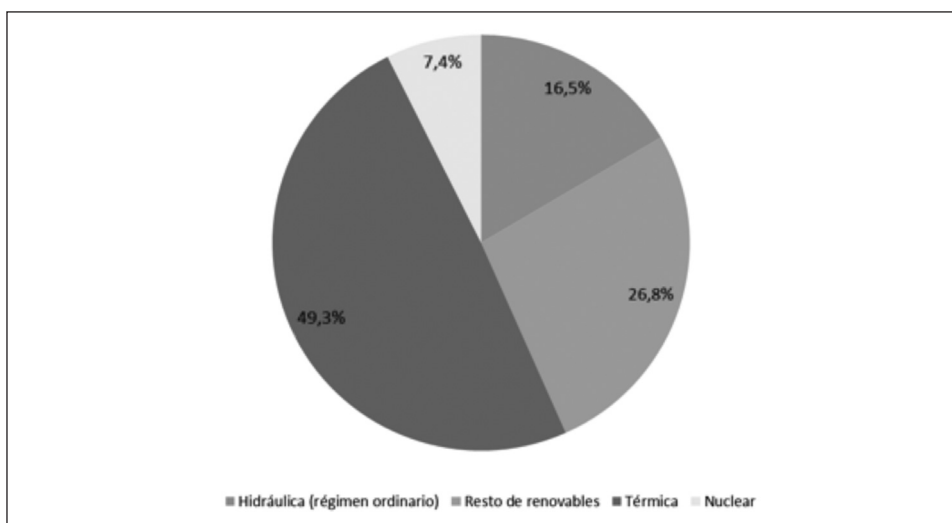
42. El Real Decreto-ley 14/2010 elevó los límites máximos de déficit que se habían establecido para los años 2010, 2011 y 2012 en el Real Decreto-ley 6/2009, manteniendo el objetivo de no aparición de nuevo déficit en el sistema eléctrico a partir del 2013. Además se aprobaron otras medidas puntuales de protección al consumidor y de reducción de determinadas partidas de los costes y de los ingresos del sistema. Entre ellas, se limitaban las horas equivalentes primadas de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas y se establecía la obligación de los productores de energía de hacer frente a un peaje de generación, dada la incidencia de esta actividad en el desarrollo de las redes de transporte y distribución. Con la supresión de los incentivos para la construcción de las instalaciones de tecnologías de régimen especial se pretendía evitar la incorporación de nuevos costes al sistema eléctrico

**GRÁFICO 2a** - Distribución porcentual de la potencia eléctrica instalada en España en 1945.



Fuente: Elaboración propia a partir de Unesa (2014).

**GRÁFICO 2b** - Distribución porcentual de la potencia eléctrica instalada en España en 1945.



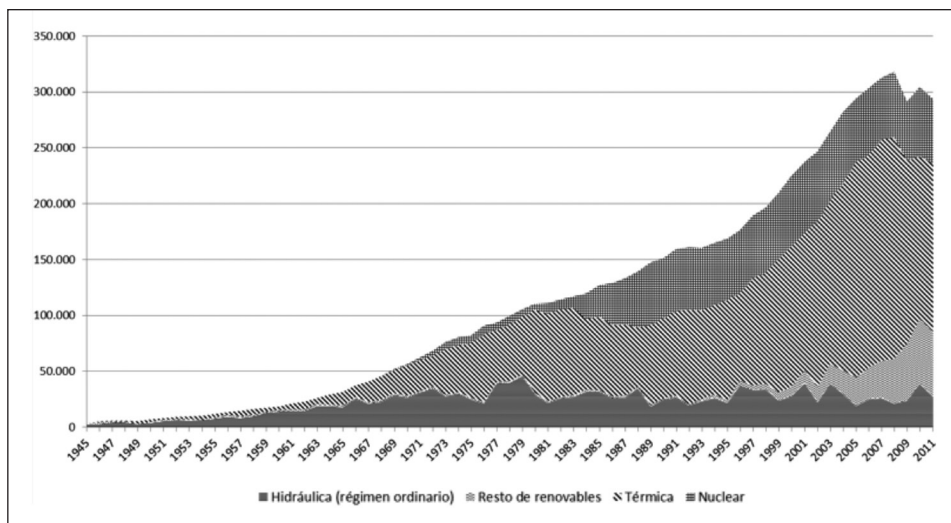
Fuente: Elaboración propia a partir de Unesa (2014).

pectivamente, desagregando las tres fuentes consideradas en este trabajo. En el primero de los años, de la potencia instalada, 1.876 MW, el 77,7% correspondía a centrales hidráulicas (de las que 56,2% en régimen ordinario) y el 22,3% restante a térmicas. En cambio, en 2011, la potencia total ascendía a 106.204 MW (56,6 veces mayor que en 1945) y se distribuía en hidráulicas de régimen ordinario (16,5%), resto de renovables (26,8%), térmicas convencionales (49,3%) y nucleares (7,4%).

Si se atiende a la producción, gráfico 3, las transformaciones fueron más acentuadas al elevarse de los 4.173 millones de kWh de 1945 hasta los 293.805 kWh de 2011 y diversificarse la producción. Así la hidráulica de régimen ordinario representaba el 9,4% de la producción eléctrica (60,2% en 1945); el resto de hidráulica y renovables el 19,6%, las térmicas convencionales el 51,4% (23,8% en 1945) y la electricidad de origen nuclear el 19,6%.

Examinada la evolución del sector, en el apartado siguiente se analiza la causalidad entre el crecimiento económico y el de la producción de electricidad, diferenciando la generada mediante las principales fuentes renovables (agua, viento y sol) de la procedente de térmicas convencionales y térmicas nucleares.

**GRÁFICO 3** • Producción anual de energía eléctrica en España durante el período 1945-2011 (millones de kWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de Unesa (2014).



## Datos y metodología econométrica

### *Datos*

Para la aplicación empírica se han empleado series anuales del PIB y de producción eléctrica desde 1945. Los datos del PIB, expresado en unidades monetarias reales de 1995, se tomaron de Prados de la Escosura (2005) para el periodo 1958-1995 y de la *Contabilidad Nacional* del Instituto Nacional de Estadística desde entonces hasta 2011. Las cifras de producción de electricidad se recogieron de la memoria de Unesa<sup>43</sup>. Dada la forma en que se publican las series, se trabajó tanto con la producción eléctrica total (*PE*) como con la generada en centrales hidráulicas, solares o mediante aerogeneradores (*HIDRO*); en centrales térmicas convencionales (*TERM*) o en centrales nucleares (*NUC*).

### *Metodología*

La metodología empleada en este trabajo se basa en el procedimiento de contraste con bandas propuesto por Pesaran y Shin (1991) y Pesaran, Shin y Smith (2001), autores que desarrollaron un nuevo enfoque de cointegración, el llamado modelo de retardos autorregresivo *ARDL* (*autoregressive distributed lag*), que presenta al menos cuatro ventajas sobre la aproximación metodológica tradicional propuesta por Engel y Granger (1987) y Johansen y Juselius (1990). La primera ventaja, y la más importante, es que el orden de integración de las series no resulta determinante y, de este modo, la relación entre variables no estacionarias y estacionarias puede tomarse en consideración. La segunda ventaja es que esta nueva metodología produce resultados robustos, incluso en muestras de reducido tamaño. La tercera ventaja es que permite estimar al mismo tiempo la relación a corto plazo y la relación de equilibrio a largo plazo, evitando así problemas de omisión de variables y autocorrelación. Por último, el contraste de bandas proporciona la relación causal entre las variables y permite distinguir la variable dependiente de las explicativas.

El modelo *ARDL* se ha aplicado en diversos campos de la economía y especialmente para analizar el mercado de la energía, un campo en el que la dimensión temporal de los datos disponibles es generalmente corta (véase Narayan y Smyth, 2005, 2007; Narayan et al., 2008, y Ghosh, 2009, por ejemplo). Por las razones apuntadas se considera un enfoque apropiado para estudiar el caso español, ya que se dispone de una muestra relativamente pequeña (66 observaciones), se pretende examinar la dirección de la causalidad entre el PIB y

43. Disponible en <http://www.unesa.es/biblioteca/category/10-memorias>.

**CUADRO 2** • *Test de raíz unitaria (ADF)*

	<i>LPIB</i>	<i>LPE</i>	<i>LHIDRO</i>	<i>LTERM</i>	<i>LNUC</i>
Niveles	-1,317 I(1)	-1,839 I(1)	-3,50** I(0)	-0,852 I(1)	-1,257 I(1)
Primeras diferencias	-4,742** I(0)	-5,503*** I(0)	-4,742*** I(0)	-8,345*** I(0)	-4,125** I(0)

Notas: *LPIB* es el logaritmo del PIB real; *LPE* el logaritmo de la producción eléctrica; *LHIDRO* el logaritmo de la producción generada en centrales hidráulicas, solares o mediante aerogeneradores; *LTERM* el logaritmo de la producción eléctrica generada en centrales térmicas convencionales y *LNUC* el logaritmo de la energía eléctrica generada en centrales térmicas nucleares. \*\*\*, \*\* y \* representan el rechazo de la hipótesis nula al 1%, 5% y 10% de significatividad estadística, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

la producción eléctrica y el orden de integración de las variables utilizadas no es el mismo, puesto que, tal como se recoge en el cuadro 2, las variables son integradas de orden uno, excepto la producción generada en centrales hidráulicas y solares y por aerogeneradores (HIDRO), que es estacionaria.

El modelo ARDL se basa en una especificación dinámica que estima por separado los siguientes modelos de corrección del error en los que ambas variables se consideran respectivamente dependientes:

$$\Delta LPIB_t = \alpha_{LPIB} + \sum_{t=1}^n (b_{it} \Delta LPIB_{t-1}) + \sum_{t=1}^n (c_{it} \Delta LPE_{t-1}) + \alpha_{1LPIB} LPIB_{t-1} + \alpha_{2LPIB} LPE_{t-1} + dt + \epsilon_{1t} \quad (1)$$

$$\Delta LPE_t = \beta_{LPE} + \sum_{t=1}^n (b_{jt} \Delta LPE_{t-1}) + \sum_{t=1}^n (c_{jt} \Delta LPIB_{t-1}) + \beta_{1LPE} LPE_{t-1} + \beta_{2LPE} LPIB_{t-1} + dt + \epsilon_{2t} \quad (2)$$

donde *LPIB* representa el logaritmo del PIB, y *LPE* el logaritmo de la producción eléctrica,  $\Delta$  es el operador de primeras diferencias y *dt* es una tendencia determinista. Obsérvese, en la ecuación 1, que el crecimiento del PIB depende de una constante, del crecimiento de la producción eléctrica y del PIB en períodos anteriores, de la producción eléctrica y del PIB del año previo y de una tendencia determinística. En el caso de la producción eléctrica (ecuación 2), su crecimiento en el año *t*, depende de una constante, del crecimiento del PIB y la producción eléctrica en periodos anteriores, del PIB y la producción eléctrica del año previo y de una tendencia determinística. Para determinar si existe una relación a largo plazo entre las variables, Pesaran, Shin y Smith (2001) proponen dos pruebas alternativas. Por un lado, que se

calcule el estadístico  $F$  para probar la significatividad conjunta del primer retardo de nivel de las variables incluidas en el análisis. Y, por el otro, que se contraste con una  $t$ -ratio la significatividad individual del primer retardo de la variable dependiente en niveles.

La hipótesis nula de no cointegración entre las variables de la ecuación 1 sostiene que  $H_0: \alpha_{1LPIB} = \alpha_{2LPIB} = 0$  frente a la alternativa que supone que  $H_1: \alpha_{1LPIB} \neq \alpha_{2LPIB} \neq 0$ , lo que se denota y contrasta mediante el estadístico  $F$  de significatividad conjunta  $F_{LPIB}(LPIB/LPE)$ . De modo similar, se denota las hipótesis y el estadístico de contraste,  $F_{LPE}(LPE/LPIB)$  en la ecuación 2. El estadístico  $t$ -ratio se usa para contrastar la hipótesis  $\alpha_{1LPIB} = 0$  en 1 y  $\beta_{1LPE} = 0$  en 2. Ambas ecuaciones pueden ser estimadas con o sin tendencia. Pesaran, Shin y Smith (2001) presentan las correspondientes bandas de valores críticos para comparar los estadísticos  $F$  estimados. Si el estadístico  $F$  o el  $t$ -ratio cae fuera de la banda de valores críticos, puede extraerse una conclusión clara acerca de la existencia o no de una relación de largo plazo entre las variables, sin que sea preciso que todas las variables son  $I(1)$  o  $I(0)$ . Si los estadísticos caen dentro de la banda de valores críticos, ha de estudiarse el orden de integración de las variables para llegar a una conclusión sobre su relación a largo plazo.

De acuerdo con Pesaran, Shin y Smith (2001), cuando los valores estimados de  $F_{LPIB}(LPIB/LPE)$  y  $t(LPIB/LPE)$  son mayores que la banda superior y los de  $F_{LPE}(LPE/LPIB)$  y  $t(LPE/LPIB)$  están por debajo de la banda de valores críticos, existe una relación única a largo plazo en la que la variable dependiente es  $LPIB$  y la variable explicativa la producción de electricidad ( $LPE$ ). Este resultado confirma que la causalidad entre las dos variables opera desde la producción eléctrica hacia el crecimiento, es decir, que la electricidad causa de manera significativa el crecimiento del PIB.

Como se observa en el cuadro 3, este es el resultado obtenido para la ecuación 1, ampliada con la variable  $DI974$  para recoger los cambios experimentados por la economía y la producción eléctrica españolas a partir de 1974 (cuando comienza la segunda de las etapas definidas en el apartado anterior). Del mismo modo, se introduce una variable ficticia adicional para captar el comportamiento diferencial que la economía española experimenta tras la crisis desencadenada en 2008. Adviértase en el cuadro 3 que el valor del estadístico  $F$  para la regresión en la que  $LPIB$  es la variable dependiente (ecuación 1), teniendo en cuenta dos retardos, es 9,279, superior a 7,30 (valor crítico de la banda superior a un nivel de significatividad del 5%). Además, el estadístico  $t$ -ratio para  $t(LPIB/LPE)$  es también mayor que el respectivo valor crítico de la banda superior (-3,826 frente a -3,69). Por el contrario, el valor para  $F_{LPE}(LPE/LPIB)$  y para  $t(LPE/LPIB)$  obtenido en la regresión en la que  $LPE$  es la variable dependiente (ecuación 2) es 1,159, y -1,430, respectivamente. Estos guarismos son inferiores al valor crítico de banda, por

**CUADRO 3** • Estimación mínimo cuadrático ordinaria para las variables *LPIB* y *LPE*.  
Periodo 1945-2011

Variables explicativas	Ecuación 1 Variable dependiente: <i>LPIB</i>	Ecuación 2 Variable dependiente: <i>LPE</i>
Constante	-4,695 (-2,206)	-5,481 (-1,242)
Tendencia	0,003 (2,477)	0,003 (1,335)
$\Delta LPIB(-1)$	0,080 (0,570)	-0,080 (-0,273)
$\Delta LPIB(-2)$	0,194 (1,462)	0,370 (1,344)
$\Delta LPE(-1)$	0,005 (0,067)	-0,118 (-0,754)
$\Delta LPE(-2)$	-0,183 (-2,550)	-0,428 (-2,880)
<i>LPIB</i> (-1)	-0,241 (-3,286)	-0,197 (-1,510)
<i>LPE</i> (-1)	0,122 (4,307)	0,084 (1,430)
<i>D1974</i>	-0,037 (-2,213)	-0,081 (-2,377)
<i>D2008</i>	-0,053 (-3,235)	-0,094 (-2,774)
	$R^2 = 0,525$	$R^2 = 0,399$
	$R^2 \text{ adj.} = 0,450$	$R^2 \text{ adj.} = 0,304$
	$DW = 1,980$	$DW = 2,0314$
	$F\text{-statistic} = 7,019$	$F\text{-statistic} = 4,208$
	$AIC = -4,387$	$AIC = -2,930$
	Test de cointegración $F_{LPIB}(LPIB/LPE) = 9,279^{**}$ $t(LPIB/LPE) = -3,826^{**}$ $ADF \text{ residuos}^a = -8,660^{***}$	Test de cointegración $F_{LPE}(LPE/LPIB) = 1,159$ $t(LPE/LPPIB) = 1,430$

Notas: *LPIB* es el logaritmo del PIB real; *LPE* el logaritmo de la producción eléctrica. Las variables en niveles representan el largo plazo mientras que las expresadas en diferencias modelan el ajuste a corto plazo.

*D1974* es una variable *dummy* que denota el cambio estructural experimentado por la economía española a partir de 1974 y *D2008* denota el cambio a partir del 2008; *t-ratios* entre paréntesis.

El número de retardos del modelo se ha tomado de acuerdo con los resultados del test Akaike. Se han tomado dos retardos en el modelo (1) ya que un solo retardo ofrecía un AIC de -4,33, superior a -4,387 con dos retardos. El modelo (2) sigue el mismo patrón que el modelo (1).

<sup>a</sup> Solo se aporta el test ADF para el modelo que resulta ser válido.

Fuente: Elaboración propia.

lo que no pueden rechazarse las hipótesis nulas correspondientes.<sup>44</sup> En otras palabras, el PIB no causa la producción de electricidad a largo plazo.

Si el suministro de electricidad explica el crecimiento económico español a largo plazo sin que se observe ningún efecto *feedback*, ello significa *ceteris paribus* que para crecer más en el futuro habrá que impulsar la producción eléctrica.

Centrándonos, por lo tanto, en la ecuación 1 y respecto a las variables en diferencias, se detectan valores positivos y negativos, que expresan la dinámica a corto plazo. Los valores para el PIB en diferencias tanto para el primero como para el segundo retardo muestran signos positivos, si bien no resultan estadísticamente significativos. El coeficiente de la variable producción eléc-

44. Para la  $F(6,56;7,30)$  y para la  $t(-3,41;-3,69)$ .

trica total en diferencias, por el contrario, es negativo y significativo al considerar el retardo de dos años. Esto significa que, a corto plazo, la producción eléctrica afecta negativamente al crecimiento del PIB, aunque ese efecto se desvanece a largo plazo (efecto denotado por la variable en niveles  $LPE(-1)$ , al presentar un impacto positivo y significativo y una elasticidad respecto al PIB del 0,5% (esto es, el coeficiente de  $LEP(-1)$  dividido por el de  $PIB(-1)$  y multiplicado por menos uno). En otras palabras, un aumento de la producción eléctrica del 1% produce a largo plazo un incremento del PIB del 0,5%.

La variable  $LPIB(-1)$  presenta un signo negativo y significativo que indica la autocorrelación del modelo y expresa que el crecimiento en un periodo determinado (variable dependiente del modelo) se relaciona negativamente con el PIB del periodo anterior; es decir, un menor nivel de PIB induce a un mayor crecimiento en el periodo siguiente.

Obsérvese que esta relación de largo plazo es significativa, como se ha apuntado, y estable, tal y como indica el resultado del test ADF practicado sobre los residuos de la ecuación 1. El hecho de que su valor esté por encima del valor crítico permite concluir que los residuos son estacionarios, lo que indica cointegración entre las variables de modelo a largo plazo.

Una vez analizada la causalidad entre el aumento de la producción eléctrica total y el del PIB,<sup>45</sup> las ecuaciones 1 y 2 anteriores se reestimaron considerando, respectivamente, la producción eléctrica generada en centrales hidráulicas, eólicas y solares; la procedente de centrales térmicas convencionales; y la de centrales térmicas nucleares. Se pretende dilucidar si la causalidad global se deriva del comportamiento específico de una o varias fuentes. En otras palabras, se trata de concretar qué tipo de generación de electricidad es más propicia para impulsar el crecimiento económico de España.

Obsérvese en el cuadro 4 que tanto el estadístico  $F_{LPIB} (LPIB/LHIDRO)$  como el estadístico  $t (LPIB/LHIDRO)$  superan los valores críticos de la banda superior, lo que permite concluir que la producción de electricidad a partir de fuentes renovables (hidráulica, solar o eólica) causa el PIB, es decir, provoca crecimiento económico. En cambio, no puede aceptarse la relación de causalidad contraria. Lo mismo ocurre con la electricidad de origen nuclear (cuadro 6), tal y como se verá más adelante.

La ecuación 1, que relaciona el crecimiento del PIB con la producción de energía hidráulica, refleja que el modelo no admite el cambio estructural que se observa en la producción total de electricidad tras 1975 y que, en el corto plazo, su aumento —representado por las variables  $\Delta LHIDRO(-1)$  e  $\Delta LHI-$

45. Se realizaron estimaciones empleando cifras de consumo eléctrico en lugar de producción total y se obtuvieron conclusiones análogas a las comentadas. Se trata de un resultado lógico, dada la elevada correlación estadística entre las series de producción y consumo de electricidad. En este trabajo no se consideró que el ciclo de transmisión y la distribución eléctrica puedan influir en los resultados.

**CUADRO 4** • Estimación mínimo cuadrático ordinaria para las variables *LPIB* y *LHIDRO*. Período 1945-2011

Variables explicativas	Ecuación 1 Variable dependiente: <i>LPIB</i>	Ecuación 2 Variable dependiente: <i>LHIDRO</i>
Constante	-7,235 (-3,043)	-27,232 (-1,512)
Tendencia	0,004 (3,077)	0,016 (1,546)
$\Delta LPIB(-1)$	0,132 (1,112)	0,050 (0,056)
$\Delta LPIB(-2)$	0,030 (0,257)	0,114 (0,129)
$\Delta LHIDRO(-1)$	-0,043 (-2,172)	-0,451 (-2,989)
$\Delta LHIDRO(-2)$	-0,036 (-2,057)	-0,356 (-2,679)
<i>LPIB</i> (-1)	-0,149 (-4,081)	-0,368 (-1,328)
<i>LHIDRO</i> (-1)	0,066 (4,512)	-0,031 (-0,279)
<i>D2008</i>	-0,073 (-3,885)	0,081 (0,567)
	$R^2 = 0,436$	$R^2 = 0,264$
	$R^2 \text{ adj.} = 0,358$	$R^2 \text{ adj.} = 0,163$
	$DW = 1,868$	$DW = 2,035$
	$F\text{-statistic} = 5,609$	$F\text{-statistic} = 2,610$
	$AIC = -4,245$	$AIC = -0,195$
	Test de cointegración	Test de cointegración
	$F_{LPIB} (LPIB/LHIDRO) = 11,262^{**}$	$F_{LHIDRO} (LHIDRO/LPIB) = 2,065$
	$t (LPIB/LHIDRO) = -4,081^{**}$	$t (LHIDRO/LPIB) = -0,279$
	$ADF \text{ residuos}^a = -8,759^{***}$	

Notas: *LPIB* es el logaritmo del PIB real; *LHIDRO*, el logaritmo de producción generada en centrales hidráulicas y solares y por aerogeneradores. Las variables en niveles representan el largo plazo mientras que las expresadas en diferencias modelan el ajuste a corto plazo. *D2008* es una variable *dummy* que denota el cambio estructural experimentado por la economía española a partir del 2008; *t-ratios* entre paréntesis.

El número de retardos del modelo se ha tomado de acuerdo con los resultados del test Akaike. Se han tomado dos retardos en el modelo (1) ya que un solo retardo ofrecía un AIC de -4,233, superior a -4,245 con dos retardos. El modelo (2) sigue el mismo patrón que el modelo (1).

<sup>a</sup> Solo se aporta el test ADF para el modelo que resulta ser válido.

Fuente: Elaboración propia.

*DRO*(-2)— puede tener un efecto negativo en el crecimiento del PIB, que es estadísticamente significativo. Ello sugiere que, en el corto plazo, una política energética dirigida a incrementar la producción hidroeléctrica perjudica el crecimiento. A su vez, indica que el proceso de ajuste que la economía ha de efectuar durante dos periodos para observar los efectos a largo plazo. Nótese que el impacto a largo plazo es positivo y significativo, de acuerdo con el signo de la variable *LHIDRO*(-1). Su elasticidad frente al PIB es de 0,40%, mostrando que un incremento de un 1% en la producción de energía hidroeléctrica genera en el largo plazo un incremento de la tasa de crecimiento del 0,40%. La variable *LPIB*(-1) presenta el signo esperado, negativo y significativo, y con el test ADF de los residuos de la ecuación 1 se concluye que son estacionarios y que la relación a largo plazo es estable, además de positiva.

**CUADRO 5** • Estimación mínimo cuadrático ordinaria para las variables *LPIB* y *LTERM*.  
Periodo 1945-2011

Variables explicativas	Ecuación 1 Variable dependiente: <i>LPIB</i>	Ecuación 2 Variable dependiente: <i>LTERM</i>
Constante	-5,221 (-2,172)	34,583 (1,989)
Tendencia	0,003 (2,252)	-0,023 (-2,233)
$\Delta LPIB(-1)$	0,178 (1,481)	0,991 (1,138)
$\Delta LTERM(-1)$	-0,020 (-1,283)	-0,044 (-0,385)
<i>LPIB</i> (-1)	-0,141 (-2,565)	1,361(3,411)
<i>LTERM</i> (-1)	0,045 (3,218)	-0,404 (-3,970)
<i>D1974</i>	-0,046 (-2,774)	-0,160 (-1,323)
<i>D2008</i>	-0,054 (-3,040)	-0,075 (-0,588)
	$R^2 = 0,422$	$R^2 = 0,311$
	$R^2 \text{ adj.} = 0,354$	$R^2 \text{ adj.} = 0,229$
	DW = 1,799	DW = 2,081
	<i>F</i> -statistic = 6,173	<i>F</i> -statistic = 3,807
	AIC = -4,251	AIC = -0,294
	Test de cointegración $F_{LPIB} (LPIB/LTERM) = 5,227$ $t (LPIB/LTERM) = -2,565$	Test de cointegración $F_{LTERM} (LTERM/LPIB) = 7,885^{**}$ $t (LTERM/LPIB) = -3,970^{**}$ $ADF \text{ residuos}^a = -8,891^{***}$

Notas: *LPIB* es el logaritmo del PIB real; *LTERM* el logaritmo de la producción eléctrica generada en térmicas convencionales. Las variables en niveles representan el largo plazo mientras que las expresadas en diferencias modelan el ajuste a corto plazo. *D1974* es una variable *dummy* que denota el cambio estructural experimentado por la economía española a partir de 1974 y *D2008* denota el cambio a partir del 2008; *t*-ratios entre paréntesis.

El número de retardos del modelo se ha tomado de acuerdo con los resultados del test Akaike. Se ha tomado un retardo en el modelo (1) ya que dos retardos ofrece un AIC de -4,156, superior a -4,251 con dos retardos. El modelo (2) sigue el mismo patrón que el modelo (1).

<sup>a</sup> Solo se aporta el test ADF para el modelo que resulta ser válido.

Fuente: Elaboración propia.

La relación de causalidad es inversa al tener en cuenta la energía térmica convencional (cuadro 5). Concretamente, los estadísticos  $F_{LTERM} (LTERM/LPIB)$  y  $t (LTERM/LPIB)$  son mayores que el valor superior de bandas, lo que lleva a concluir que es el aumento del PIB el que causa mayor producción termoeléctrica convencional. La causalidad contraria no se sustenta, puesto que el estadístico  $F_{LPIB} (LPIB/LTERM)$  es mayor que el valor crítico de la banda superior, pero no lo es el correspondiente al estadístico  $t (LPIB/LTERM)$ . Por lo tanto, la ecuación que representa la relación a corto y a largo plazo entre estas dos variables es la 2. De ella, puede concluirse que las variables a corto plazo presentan signos positivos y negativos pero no son estadísticamente significativas, indicando que el ajuste de corto plazo no es determinante en la relación. En cambio, lo es el largo plazo, observándose una elasticidad del PIB con respecto a la producción de energía térmica del 3,4%; es decir, un aumento en un 1% en el PIB incrementa la producción termoeléctrica del 3,4%. Se



trata de una relación estable, como sugiere el test ADF efectuado sobre los residuos de la ecuación 2.

Los resultados del estudio de la relación entre crecimiento del PIB y producción de energía nuclear figuran en el cuadro 6.

El modelo se ha estimado para un periodo de tiempo menor que los anteriores, dado que la producción nuclear comenzó en 1970. Obsérvese que acepta dos rupturas estructurales: una la de 2008 que, como en los casos anteriores representa la última crisis económica de la economía española, y otra en 1998 cuando comienza la liberalización del sector eléctrico. En este último caso es un efecto positivo y estadísticamente significativo, que refleja los efectos del impulso liberalizador de la Ley 54/1997.

**CUADRO 6** • Estimación mínimo cuadrático ordinaria para las variables *LPIB* y *LNUC*. Periodo 1971-2011

Variables explicativas	Ecuación 1 Variable dependiente: <i>LPIB</i>	Ecuación 2 Variable dependiente: <i>LNUC</i>
Constante	-19,555 (-3,407)	-168,441 (-2,274)
Tendencia	0,012 (3,529)	0,103 (2,198)
$\Delta LPIB(-1)$	0,391 (3,034)	1,871 (1,122)
$\Delta LPIB(-2)$	0,200 (1,391)	0,436 (0,234)
$\Delta LNUC(-1)$	-0,021 (-1,217)	-0,111 (-0,492)
$\Delta LNUC(-2)$	-0,016 (-1,655)	0,034 (0,269)
<i>LPIB</i> (-1)	-0,484 (-3,862)	-2,765 (-1,170)
<i>LNUC</i> (-1)	0,017 (2,242)	-0,177 (-1,787)
<i>D1998</i>	0,023 (1,799)	-0,172 (-1,033)
<i>D2008</i>	-0,0299 (-2,782)	-0,163 (-1,179)
	$R^2 = 0,723$	$R^2 = 0,574$
	$R^2 \text{ adj.} = 0,654$	$R^2 \text{ adj.} = 0,450$
	$DW = 2,049$	$DW = 1,948$
	$F\text{-statistic} = 9,435$	$F\text{-statistic} = 4,645$
	$AIC = -5,434$	$AIC = -0,319$
	Test de cointegración	Test de cointegración
	$F_{LPIB} (LPIB/LNUC) = 7,787^{**}$	$F_{LNUC} (LNUC/LPIB) = 4,988$
	$t (LPIB/LNUC) = -3,862^{**}$	$t (LNUC/LPIB) = -1,787$
	$ADF \text{ residuos}^a = -7,771^{***}$	

Notas: *LPIB* es el logaritmo del PIB real; *LNUC* el logaritmo de la producción eléctrica generada en térmicas nucleares. Las variables en niveles representan el largo plazo mientras que las expresadas en diferencias modelan el ajuste a corto plazo. *D1998* es una variable *dummy* que denota el cambio estructural experimentado en el modelo a partir de 1998 y *D2008* denota el cambio a partir del 2008; *t-ratios* entre paréntesis.

El número de retardos del modelo se ha tomado de acuerdo con los resultados del test Akaike. Se han tomado dos retardos en el modelo (1) ya que un retardo ofrece un AIC de -5,430, ligeramente superior a -5,434 con dos retardos. El modelo (2) sigue el mismo patrón que el modelo (1).

<sup>a</sup> Solo se aporta el test ADF para el modelo que resulta ser válido.

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en la producción hidroeléctrica, los test efectuados en las ecuaciones 1 y 2 confirman que la producción de energía nuclear causa el crecimiento del PIB a largo plazo y no al contrario y que esta relación es estable, dado el valor del test ADF de los residuos de la ecuación 1. Ahora bien, la elasticidad de la producción nuclear con respecto al PIB es muy baja, 0,03%, e indica que un incremento del 1% en la generación nuclear solamente produce un aumento en la tasa de crecimiento del PIB del 0,03%. Ello sugiere que las políticas encaminadas a incrementar la producción de energía nuclear no afectan negativamente al crecimiento español, si bien su impacto es desdeñable comparado con el de la producción de electricidad a partir de fuentes renovables.

En definitiva y de acuerdo con la aplicación empírica, la política de fomento del crecimiento económico en España debería tener en cuenta que la producción eléctrica generada en centrales hidráulicas, solares o por aerogeneradores, así como en centrales nucleares impulsa el aumento del PIB. A su vez, el aumento del PIB eleva la producción de las térmicas convencionales, para lo que se requiere importar grandes cantidades de petróleo o gas natural.

### **Conclusiones e implicaciones para la política energética**

En este trabajo se ha profundizado en el nexo entre producción de electricidad y el PIB en España utilizando el enfoque de límites ARDL, que es una metodología apropiada para series temporales no excesivamente largas. El estudio también difiere de los anteriores al considerar el periodo 1945-2011, teniendo en cuenta el cambio estructural experimentado por la economía, después de las crisis del petróleo de los años setenta del siglo pasado, el proceso de liberalización del sector eléctrico desde finales del decenio de 1990 y la crisis económica desencadenada en 2008.

Del estudio puede inferirse que la generación de electricidad ha estimulado el crecimiento económico español. Este resultado, obtenido al considerar un periodo de más de cincuenta años con una metodología econométrica apropiada, respalda la hipótesis del crecimiento —al igual que Pirlogea y Cicea (2012) y Sanz Villarroya, Sanaú y Pérez Pérez (2013)—, pero no las hipótesis de conservación, de retroalimentación o de la neutralidad.

Al distinguir las fuentes de generación de la electricidad se concluye que las energías renovables y la nuclear (en menor medida) han impulsado el aumento del PIB español (hipótesis del crecimiento); en cambio, el crecimiento económico es el que ha incrementado la producción de las centrales térmicas convencionales (hipótesis de conservación), tal como proponían Ciarreta y de Zárraga (2010).

La evidencia empírica aportada sugiere que las investigaciones que analizan la relación causal entre electricidad y crecimiento económico para de-

terminar cuál de las hipótesis se verifica en una economía deberían realizarse con datos desagregados y no con cifras de producción eléctrica total. A su vez, las relaciones causales obtenidas para el caso español deberían tenerse en cuenta en el diseño y aplicación de políticas energéticas. La causalidad unidireccional hallada implica que el incremento de la producción eléctrica con fuentes renovables o por la combustión de uranio puede elevar el PIB en España. A sensu contrario, una disminución en la producción de electricidad obtenida en centrales hidráulicas, alimentadas de la energía cinética de los saltos de agua, en centrales solares, en parques eólicos o en centrales térmicas nucleares puede frenar el crecimiento económico.

Dado que el impulso del PIB aumenta la producción de las centrales térmicas convencionales —que emplean carbón y sobre todo hidrocarburos importados—, la reducción de la dependencia energética del exterior también es importante para conseguir el crecimiento económico.

Finalmente, ha de matizarse que la metodología utilizada no contempla el problema de los residuos que ocasionan las diferentes formas de generación de la electricidad, aspecto que la política energética no puede obviar. Tampoco se ha considerado que el ciclo de transmisión y la distribución de la electricidad puede influir en los resultados presentados.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARTOLOMÉ RODRÍGUEZ, Isabel (2011), «¿Fue el sector eléctrico un gran beneficiario de la “política hidráulica” anterior a la Guerra Civil? (1911-1936)», *Hispania*, vol. LXXI (239), pp. 789-818.
- BETRÁN, Concha (2005), «Natural resources, electrification and economic growth from the end of the nineteenth century until World War II», *Revista de Historia Económica – Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 23 (1), pp. 47-82.
- BRESNAHAN, Timothy (2010), «General Purpose Technologies», en Bronwyn H. HALL y Nathan ROSENBERG (eds.), *Handbook of the Economics of Innovation*, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, pp. 761-791.
- CARRERAS, Albert, y TAFUNELL, Xavier (2010), *Historia Económica de la España Contemporánea (1789-2009)*, 1.ª ed. actualizada, Crítica, Barcelona.
- CHONTANAWAT, Jaruwat; HUNT, Lester C., y PIERSE, Richard (2008), «Does energy consumption cause economic growth? Evidence from a systematic study of over 100 countries», *Journal of Policy Modeling*, núm. 30, pp. 209-220.
- CIARRETA ANTUÑANO, Aitor, y ZARRAGA ALONSO, Ainhoa (2010), «Electricity consumption and economic growth in Spain», *Applied Economic Letters*, núm. 17, pp. 1417-1421.
- COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (2012), Informe sobre el sector energético Español. 7 de marzo de 2012. Comisión Nacional de la Energía, Madrid. Disponible en [http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne004\\_12.pdf](http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/cne004_12.pdf).

- ENGLE, Robert F., y GRANGER, Clive W.J. (1987), «Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing», *Econometrica*, núm. 17, pp. 251-276.
- FUINHAS, José Alberto, y CARDOSO MARQUES, António (2012), «Energy consumption and economic growth nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: an ARDL bound test approach (1965-2009)», *Energy Economics*, núm. 34, pp. 511-517.
- GARCÍA ALONSO, José María (2009), «La energía en la economía española», en Elvira MARTÍNEZ CHACÓN (coord.), *Economía española*, Ariel, Barcelona, pp. 261-278.
- GHOSH, Sajal (2009), «Electricity supply, employment and real GDP in India: evidence from cointegration and Granger-causality tests», *Energy Policy*, núm. 37, pp. 2926-2929.
- GIANNETTI, Renato (1985), *La conquista della forza. Risorse, tecnologia ed economia nell'industria elettrica italiana (1883-1940)*, Franco Angeli Libri, Milán.
- GÓMEZ MENDOZA, Antonio; SUDRIÀ, Carles, y PUEYO, Javier (2007), *Electra y el Estado*, Thomson-Civitas, Madrid.
- GÓMEZ MENDOZA, Antonio (2007a), «Unesa y la autorregulación de la industria eléctrica, 1944-1973», en Antonio GÓMEZ MENDOZA; Carles SUDRIÀ y Javier PUEYO (2007), *Electra y el Estado*, Thomson-Civitas, Madrid.
- GÓMEZ MENDOZA, Antonio (2007b), «Historia empresarial de Endesa y Enher», en Antonio GÓMEZ MENDOZA; Carles SUDRIÀ y Javier PUEYO (2007), *Electra y el Estado*, Thomson-Civitas, Madrid.
- IGLESIAS, Jesús; CARMONA, Mónica; GOLPE, Antonio A., y MARTÍN, Juan Manuel (2013), «La curva de Kuznets y la emisión de CO2 en España, 1850-2008», *Economía Industrial*, 389, pp. 135-144.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2015), *Contabilidad Nacional de España, Instituto Nacional de España*, Madrid. Disponible en <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft35%2Fp008&file=inebase&L=0>.
- JOHANSEN, Soren, y JUSELIUS, Katarina (1990), «Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, núm. 52, pp. 169-210.
- MORIMOTO, Risako, y HOPE, Chris (2004), «The impact of electricity supply on economic growth in Sri Lanka», *Energy Economics*, núm. 26, pp. 77-85.
- MURILLO-ZAMORANO, Luis (2005), «The role of energy in productivity growth: a controversial issue?», *Energy Journal*, 26 (2), pp. 69-88.
- MURRY, Donald A, y NAN, Gehuang D. (1996), «A definition of the gross domestic product-electrification interrelationship», *Journal of Energy Development*, núm. 19, pp. 275-283.
- NARAYAN, Paresh Kumar, y SMYTH, Russell (2005), «Electricity consumption, employment and real income in Australia: evidence from multivariate Granger causality test», *Energy Policy*, núm. 33, pp. 910-918.
- NARAYAN, Paresh Kumar; NARAYAN, Seema, y SMYTH, Russell (2008), «Are oil shocks permanent or temporary? Panel data evidence from crude oil and NGL production in 60 countries», *Energy Economics*, núm. 30 (3), pp. 919-936.

- PAYNE, James E. (2010), «A survey of the electricity consumption-growth literature», *Applied Energy*, núm. 87, pp. 723-731.
- PESARAN, M. Hashem, y SHIN, Yongcheo (1991), «An autoregressive distributed lag modeling approach to cointegration analysis», en Steinar STRØM (ed.), *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*, The Ragnar Frisch Centennial Symposium, Cambridge University Press, vol. 11.
- PESARAN, M. Hashem; SHIN, Yongcheo, y SMITH, Richard J. (2001), «Bounds testing approaches to the analysis of level relationships», *Journal of Applied Econometrics*, núm. 16, pp. 289-326.
- PIRLOGEA, Corina, y CICEA, Claudiu (2012), «Econometric perspective of the energy consumption and economic growth relation in European Union», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, núm. 16, pp. 5718-5726.
- PRADOS DE LA ESCOSURA, Leandro (2003), *El progreso económico de España (1850-2000)*, Fundación BBVA, Madrid.
- PUEYO, Javier (2007a), «La posguerra, 1939-1951», en Antonio GÓMEZ MENDOZA; Carles SUDRIÀ y Javier PUEYO (2007), *Electra y el Estado*, Thomson-Cívitas, Madrid.
- PUEYO, Javier (2007b), «La regulación de la industria de producción y distribución de energía eléctrica en España, 1939-1972», en Antonio GÓMEZ MENDOZA; Carles SUDRIÀ y Javier PUEYO (2007), *Electra y el Estado*, Thomson-Cívitas, Madrid.
- RAMOS-MARTÍN, Jesús (2001), «Historical Analysis of Energy Intensity of Spain: From a “Conventional View” to an “Integrated Assessment”», *Population and Environment*, 22 (3), pp. 281-313.
- ROMERO LUNA, Isidoro (2001), «El sector secundario II: Subsector energético», en Antonio RALLO ROMERIO, Joaquín GUZMÁN CUEVAS y Francisco Javier SANTOS CUMPLIDO (coords.), *Curso de Estructura Económica de España*, Pirámide, Madrid, pp. 303-326.
- ROSENBERG, Nathan (1982), «The effects of energy supply characteristics on technology and economic growth», en Nathan ROSENBERG, *Inside the black box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Nueva York.
- ROSENBERG, Nathan, y TRATJENBERG, M. (2004), «A General-Purpose Technology at Work: The Corliss Steam Engine in the Later-Nineteenth-Century United States», *The Journal of Economic History*, 64 (1), pp. 61-99.
- RUBIO, María del Mar (2005), «Energía, economía y CO2. España 1850-2000», *Cuadernos Económicos de ICE*, 70, pp. 51-76
- SANZ VILLARROYA, Isabel; SANAÚ, Jaime, y PÉREZ PÉREZ, Luis (2013), *Does electricity production cause economic growth? An analysis of the Spanish case during the period 1958-2011*, mimeo, Universidad de Zaragoza.
- SCHURR, Sam H.; BURWELL, Calvin C.; DEVINE, Warren S., y SONENBLUM, Sidney (1990), *Electricity in the American Economy. Agent of technological progress*, Greenwood, Nueva York.
- SERRANO SANZ, José María (2014), «A propósito del decenio bisagra», en José Antonio ALONSO y Rafael MYRO (dirs.), *Ensayos sobre economía española. Homenaje a José Luis García Delgado*, Cívitas Thomson Reuters, Cizur Menor (Navarra), pp. 35-40.

- SONENBLUM, Sidney (1990), «Electrification and Productivity Growth in Manufacturing», en Sam H. SCHURR; Calvin C. BURWELL; Warren S. DEVINE y Sidney SONENBLUM (1990), *Electricity in the American Economy. Agent of technological progress*, Greenwood, Nueva York, pp. 277-324.
- SQUALLI, Jay (2007), «Electricity consumption and economic growth: bounds and causality analyses of OPEC members», *Energy Economics*, núm. 29, pp. 1192-1205.
- SUDRIÀ, Carles (1990a), «La industria eléctrica y el desarrollo económico en España», en José Luis GARCÍA DELGADO (ed.), *Electricidad y desarrollo económico: perspectiva histórica de un siglo*, Hidroeléctrica del Cantábrico, Oviedo, pp. 149-184.
- SUDRIÀ, Carles (1990b), «La electricidad en España antes de la Guerra Civil: una réplica», *Revista de Historia Económica*, núm. 3, pp. 651-660.
- SUDRIÀ, Carles (2007), «El Estado y el sector eléctrico español bajo el franquismo: regulación y empresa pública», en Antonio GÓMEZ MENDOZA; Carles SUDRIÀ y Javier PUEYO (2007), *Electra y el Estado*, Thomson-Civitas, Madrid.
- UNESA (2005), *El sector eléctrico a través de Unesa (1944-2004)*, Unesa, Madrid. Disponible en <http://www.cne.es/cgi-bin/BRSCGI.exe?CMD=VEROBJ&MLKOB=488563903934>.
- UNESA (2014), *Informe eléctrico y Memoria de Actividades. 2012*. Disponible en <http://www.unesa.es/biblioteca/category/10-memorias>.
- VÁZQUEZ, Juan Antonio (2014), «Las décadas ganadas y perdidas de la economía española», en José Antonio ALONSO y Rafael MYRO (dirs.), *Ensayos sobre economía española. Homenaje a José Luis García Delgado*, Civitas Thomson Reuters, Cizur Menor (Navarra), pp. 25-34.
- YANG, Hy (2000), «A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan», *Energy Economics*, núm. 22, pp. 1106-1114.
- YOO, Seung-Hoon (2005), «Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea», *Energy Policy*, núm. 33, pp. 1627-1632.
- YOO, Seung-Hoon (2006), «The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries», *Energy Policy*, núm. 34, pp. 3575-3582.
- YOO, Seung-Hoon, y KIM, Yeonbae (2006), «Electricity generation and economic growth in Indonesia», *Energy*, núm. 31(14), pp. 2890-2899.

**ANEXO 1 - Selección de aportaciones relevantes sobre la relación entre el crecimiento del consumo o la producción de electricidad y el del PIB**

Consumo Electricidad/ Crecimiento	Autor	Metodología	País (período)	Hipótesis del Crecimiento Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Conservación de Crecimiento → Electricidad	Hipótesis de Retroalimentación de Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Neutralidad de Electricidad ≠ Crecimiento
	Murry y Nan (1996)	Causalidad de Granger					
			Canadá (1970-1990)	X			
			Colombia (1970-1990)		X		
			El Salvador (1970-1990)		X		
			Francia (1970-1990)				X
			Alemania (1970-1990)				X
			Hong Kong (1970-1990)	X			
			India (1970-1990)				X
			Indonesia (1970-1990)		X		
			Israel (1970-1990)				X
			Kenia (1970-1990)		X		
			Luxemburgo (1970-1990)				X
			Malasia (1970-1990)	X			
			México (1970-1990)				
			Noruega (1970-1990)	X			X
			Pakistán (1970-1990)	X			
			Filipinas (1970-1990)	X			
			Portugal (1970-1990)				X
			Singapur (1970-1990)	X			
			Corea Sur (1970-1990)			X	
			Turquía (1970-1990)	X			
			Reino Unido (1970-1990)				X
			USA (1970-1990)				X

Continúa en la página siguiente



Consumo Electricidad/ Crecimiento	Autor	Metodología	Pais (periodo)	Hipótesis del Crecimiento Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Conservación Crecimiento → Electricidad	Hipótesis de Retroalimentación Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Neutralidad Electricidad ≠ Crecimiento
	Narayan y Smith (2005)	ARDL Bounds test	Australia (1966-1999)		X		
	Yoo (2006)	Cointegración Johansen- Juselious	Indonesia (1971-2002) Malasia (1971-2002) Singapur (1971-2002) Tailandia (1971-2002)		X	X X	
	Yoo y Kim (2006)	Cointegración Engle- Granger	Indonesia (1971-2002)	X			
	Yang (2000)	Cointegración Engle- Granger	Taiwan (1954-1997)			X	
	Yoo (2005)	Cointegración Johansen- Juselius	Corea (1970-2002)			X	
	Gosh (2009)	ARDL Bounds test	India (1970-2006)		X		
	Chontanawat, Hunt y Pierse (2006 y 2008)	Cointegración Causalidad de Granger	OCDE (30 países) (1960-2000) No OCDE (78 países) (1960-2000)		X		

*Continúa en la página siguiente*

Consumo Eléctrico/ Crecimiento	Autor	Metodología	País (período)	Hipótesis del Crecimiento Eléctrico → Crecimiento	Hipótesis de Conservación de Crecimiento Eléctrico → Crecimiento	Hipótesis de Retroalimentación de Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Neutralidad Eléctrica ≠ Crecimiento
	Ciarreta y Zárrega (2010)	Causalidad lineal y no lineal de Granger	España (1973-2008)		X		
	Fuinhas y Cardoso (2012)	ARDL Bounds test	España (1965-2009)			X	
	Pirgolea y Cicea (2012)	Cointegración Causalidad de Granger	España (1990-2010)	X			
	Squalli (2007)	ARDL Bounds test	Argelia (1980-2002) Indonesia (1980-2002) Iran (1980-2002) Iraq (1980-2002) Kuwait (1980-2002) Libia (1980-2002) Nigeria Qatar Arabia Saudi Emiratos Árabes Unidos Venezuela		X	X	
							X X
				X			X X

Continúa en la página siguiente

Consumo Electricidad/ Crecimiento	Autor	Metodología	País (período)	Hipótesis del Crecimiento Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Conservación Crecimiento → Electricidad	Hipótesis de Retroalimentación de Electricidad → Crecimiento	Hipótesis de Neutralidad de Electricidad ≠ Crecimiento
Producción Electricidad/ Crecimiento	Morimoto y Hope (2004)	Cointegración Engle- Granger	Sri Lanka (1960-1998)	X			
	Sanz, Sanau y Pérez (2013)	ARDL Bounds test	España (1958-2012)	X			

Por motivos de espacio, este Anexo solo se refiere al conjunto de estudios que se ha considerado más relevante. Un *survey* más completo puede consultarse en Payne (2010).



### ***Electricity production and Spanish growth. A long term perspective***

#### ABSTRACT

The electricity sector has been key in the industrialization process. Hence, the analysis of the relationship between electricity production and growth becomes an interesting field of research, highlighted in the historiography but with contradictory empirical results. In this paper, using a cointegration model for short time series, we examine the causal relationship between electricity and the Spanish GDP during the period 1945-2011 and we conclude that electricity production boosted GDP growth and not the other way round. Disaggregating by sources of generation, it is concluded that both the electricity obtained from renewable sources and nuclear power led to economic growth; this economic growth, however, led to the production of electricity in conventional power plants. Consequently, policies that promote renewable or nuclear power can raise Spanish economic growth.

KEYWORDS: electricity production, economic growth, Spain, cointegration, causality

JEL CODES: Q43, C32, O13



### ***Producción eléctrica y crecimiento español. Una perspectiva a largo plazo***

#### RESUMEN

El sector eléctrico ha sido clave en el proceso de industrialización. De ahí que analizar la relación que guardan producción eléctrica y crecimiento constituya un interesante campo de investigación, resaltado en la historiografía pero con resultados empíricos contradictorios. En este trabajo, utilizando un modelo de cointegración para series temporales cortas, se examina la relación causal entre la producción eléctrica y el PIB de España durante el periodo 1945-2011 y se concluye que la producción eléctrica impulsó el crecimiento del PIB y no al revés. Al desagregar por fuentes de generación, se infiere que la electricidad obtenida a partir de fuentes renovables y la energía nuclear indujeron el crecimiento económico; en cambio, este impelió la producción de las centrales termoeléctricas convencionales. En consecuencia, las políticas que impulsen tanto las energías renovables como la nuclear pueden elevar el crecimiento económico español.

PALABRAS CLAVE: producción eléctrica, crecimiento económico, España, cointegración, causalidad

CÓDIGOS JEL: Q43, C32, O13