

UNA APROXIMACIÓN A UN INDICADOR DE DIVERSIFICACIÓN ENERGÉTICA

ÁNGEL CUEVAS GALINDO

Economista y Estadístico

M^a JOSÉ RUANES CALZADO (*)

Técnico en base de datos

A lo largo de las últimas décadas, y debido a su fuerte implicación sobre el crecimiento económico, las fluctuaciones de los precios energéticos han desempeñado un papel tremendamente importante sobre el nivel de actividad de un país. Los vaivenes de los precios en los últimos años han sido particularmente dramáticos. Baste recordar, por ejemplo, las fluctuaciones

de los precios del petróleo, que ha pasado de cotizar alrededor de 20 dólares por barril en la década de 1990, hasta alcanzar un máximo histórico cercano a los 150 dólares por barril a mediados de 2008, para posteriormente reducirse abruptamente hasta los 40 dólares por barril a fines de ese mismo año. Desde entonces, los precios del petróleo se han recuperado y han ido incrementándose nuevamente hasta llegar a un promedio de alrededor de 110 dólares por barril en la actualidad.

La transmisión de las perturbaciones en el precio de la energía al nivel de actividad de una determinada economía depende, en una parte muy importante, del grado de diversificación energética que dicho país tiene con respecto al exterior. Con objeto de poder cuantificar dicha diversificación, se ha procedido a construir un indicador que toma como base el trabajo de Matea y Gil (2010) (1) y el BCE (2010) (2), pero con algunas modificaciones en fuentes y metodología.

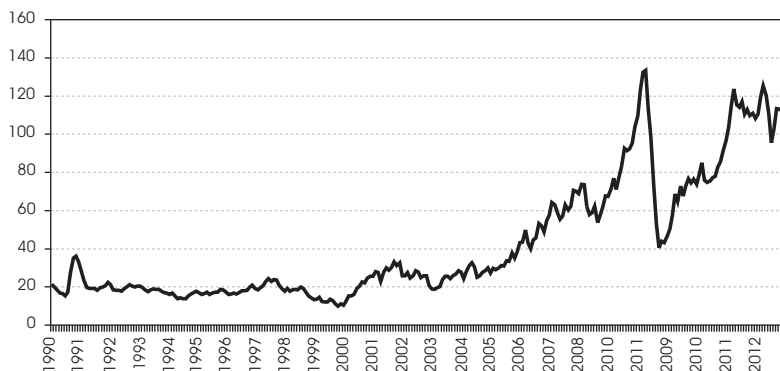
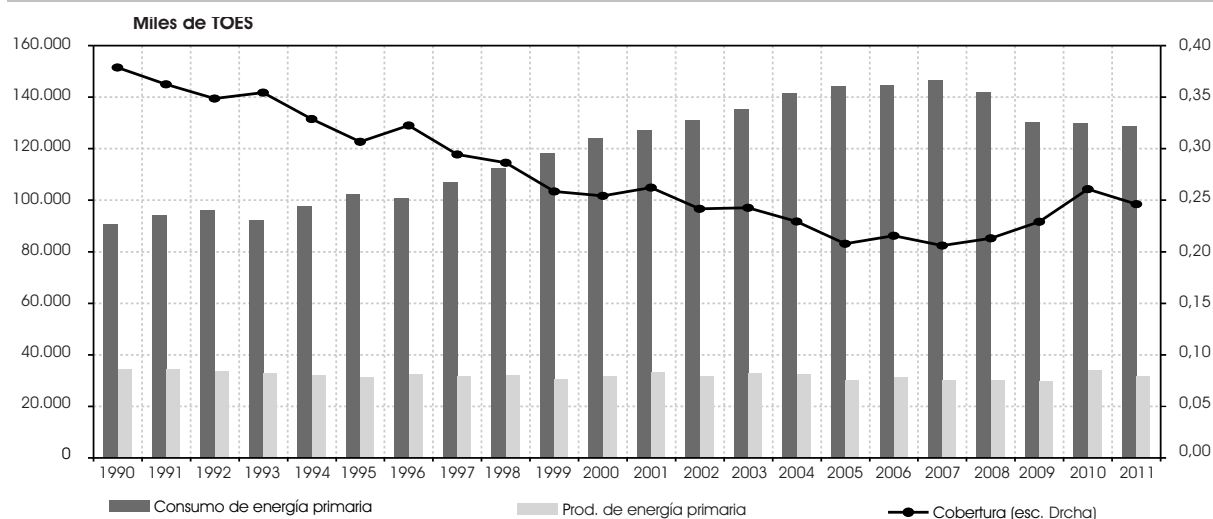


GRÁFICO 1

**EVOLUCIÓN DEL PRECIO
DEL PETRÓLEO BRENT
(\$/BARRIL)**

FUENTE: Financial Times.

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DEL GRADO DE COBERTURA DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA



FUENTE: Eurostat y elaboración propia

VARIABLES CONSIDERADAS

Dentro del cómputo de todas las posibles variables que se puedan considerar como determinantes de la diversificación energética, se han seleccionado las siguientes, en función de su disponibilidad durante un periodo de tiempo suficientemente significativo y completo, su homogeneidad estadística entre los distintos países considerados, así como que sean proporcionadas por fuentes oficiales (nacionales o internacionales) y no privadas.

Grado de cobertura de energía primaria (3): se define como el cociente entre la producción de energía primaria de un país j respecto a su consumo de energía primaria.

$$GCEP = \frac{\text{Producción autóctona de energía primaria}_j}{\text{Consumo de energía primaria}_j}$$

En el caso español, es notoria la escasez de fuentes de energía primaria no renovables, debiendo importarla de terceros países. Adicionalmente, el grado de autoabastecimiento de energía primaria en las últimas dos décadas se ha ido progresivamente reduciendo, si bien, esta tendencia se ha invertido, de forma general, a partir de 2007 fundamentalmente, no por poseer una mayor producción agregada, sino por la disminución del consumo. Este hecho se puede apreciar claramente en el Gráfico 2.

Grado de diversificación de la energía primaria: se define como 1 menos el índice de Herfindahl, es decir:

$$GDEP = 1 - \sum_k e_k^2$$

donde e es la proporción que representa el consumo de la fuente primaria k (petróleo, gas natural, carbón, nuclear y renovables) sobre el total de consumo de energía primaria. Esta variable toma valores comprendidos entre 0 (máxima concentración) y 1 (mínima concentración).

En España, se puede constatar cómo el petróleo (gráfico 3) supone aproximadamente la mitad de la energía primaria consumida, alcanzando un máximo en 1998 (54,3%) para ir reduciéndose desde entonces hasta el 44,9% en 2011. Le sigue el gas natural, con un peso actual cercano al 23% y una clara expansión a lo largo de los últimos años que, junto con el aumento de las renovables, ha tenido como contrapartida la progresiva reducción del carbón y, en menor medida, de la energía nuclear.

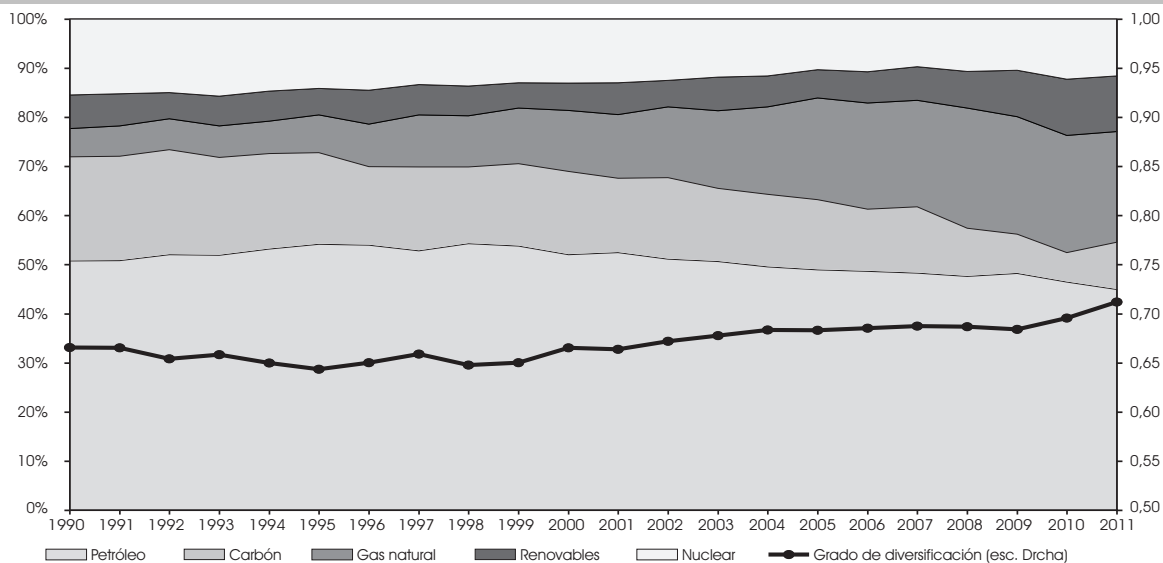
Vulnerabilidad potencial de las importaciones: este índice se construye al multiplicar la participación de cada país de origen en el aprovisionamiento de un determinado combustible (petróleo y gas) por la seguridad política de dicho país:

$$VPI = \left[\sum_i s_i g_i \right] * \frac{g}{M} + \left[\sum_i s_i p_i \right] * \frac{p}{M}$$

donde $s_i = 7 - r_i$ y r_i es el riesgo de cada país exportador i , con valores comprendidos entre 0 y 7 (4); g_i es la proporción de gas importado por el país j del país i ; p_i es la proporción de petróleo importado por j del país i ; $M = g + p$, siendo g las importaciones totales de gas del país j y p las importaciones totales de petróleo del país j .

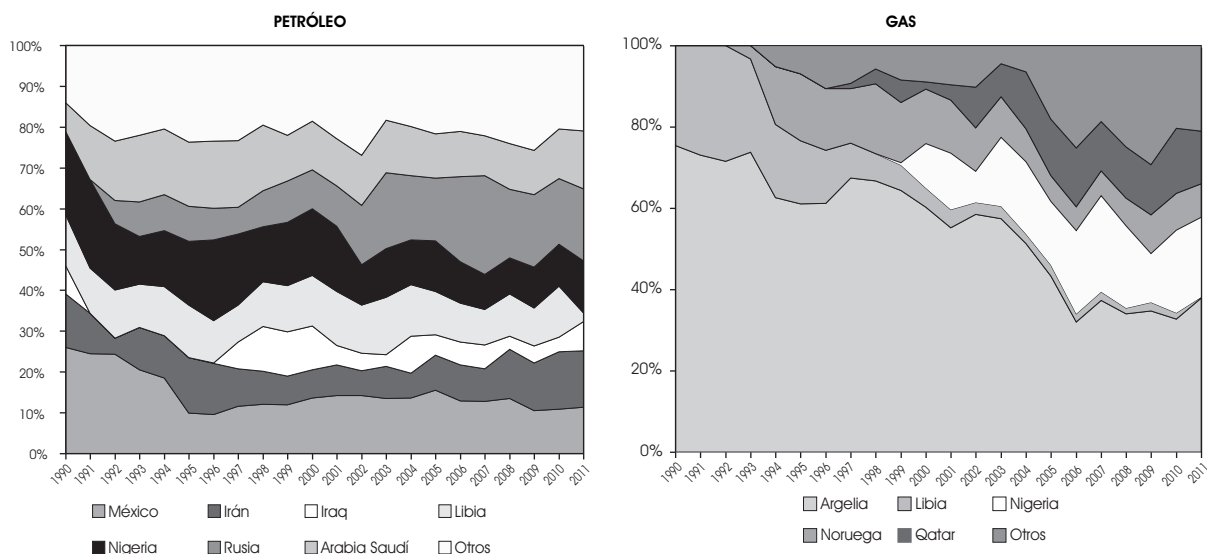
Esta manera de definir el índice es por homogeneidad con el resto de variables seleccionadas, en el

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DEL GRADO DE DIVERSIFICACIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA



FUENTE: Eurostat y elaboración propia.

GRÁFICO 4
EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS IMPORTACIONES DE PETRÓLEO Y GAS EN ESPAÑA



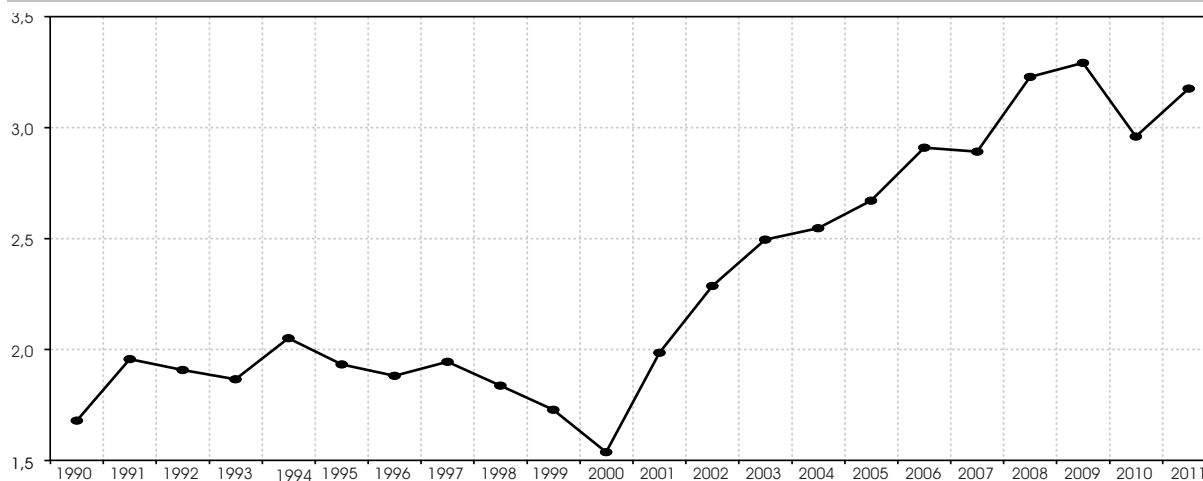
FUENTE: Agencia Internacional de la Energía.

sentido de que un mayor valor del mismo indique una menor vulnerabilidad de las importaciones.

Analizando con detalle las importaciones españolas de petróleo y gas (gráfico 4), se aprecia cómo las referentes al petróleo se han mantenido relativamente diversificadas, pasando de ser México el principal suministrador a principios de los noventa, con cuotas cercanas al 25%, a serlo Rusia a partir de 2003, con una cuo-

ta que rara vez supera el 20%. Por parte del gas, el proceso de diversificación queda plasmado más claramente. A principios de los noventa sólo se importaba de Argelia y Libia, mientras que para estos últimos años, y debido al fuerte aumento de la demanda del mismo (tasa acumulada en el periodo 1990-2011 del 737%), han entrado en juego una amplia diversidad de países, si bien, sigue siendo Argelia el principal suministrador, con unas cuotas que rondan el 35%.

GRÁFICO 5
EVOLUCIÓN DE LA VULNERABILIDAD POTENCIAL DE LAS IMPORTACIONES



NOTA: hay que recordar que por homogeneidad con el resto de variables seleccionadas, se ha definido el indicador de forma que un mayor valor del mismo significa una menor vulnerabilidad de las importaciones

FUENTE: Elaboración propia.

Esta evolución ha permitido que la vulnerabilidad de nuestras importaciones se haya reducido paulatinamente, no sólo por la mayor diversificación, sino también por una situación sociopolítica y socioeconómica más estable de los países de origen de nuestras importaciones energéticas (gráfico 5).

Peso de las importaciones de gas natural licuado (GNL) sobre el total de las importaciones de gas natural:

$$PIGNL = \frac{\text{Importaciones de GNL}_j}{\text{Importaciones totales de gas natural}_j}$$

Este indicador se ha diseñado bajo la premisa de que se considera que la importación a partir de buques (gas natural licuado) supone la posibilidad de acudir a un número más amplio de suministradores, o bien, permite cambiar de proveedor ante la aparición de eventualidades en el país de origen, versatilidad que no tiene el transporte por gasoducto.

En el caso de España, la importación de gas se produce mayoritariamente a través de buques, si bien su evolución ha sido desigual. De ser la única opción a principios de los noventa, su peso fue decreciendo hasta finales de dicha década. Este hecho estuvo condicionado por la puesta en funcionamiento en el año 1993 del gasoducto de Larrau (con Francia) y en 1996 del gasoducto del Magreb. Se alcanza un punto de inflexión en 1998 por el empuje de la demanda de gas natural, recuperándose el PIGNL hasta casi alcanzar el 80% en 2010, para nuevamente disminuir en 2011, no tanto por la caída de la demanda, como por una mayor apuesta por el transporte por gasoducto. Adicionalmente, esta tendencia parece que se va a mantener en los próximos años, sobre todo por la puesta en marcha del gasoducto Medgaz en 2012 entre

Argelia y España. No obstante, cabe recordar que existe un máximo legal para la importación de gas procedente de un único país en la legislación española, y dicho límite está en el 50%, por lo que las operaciones que España mantiene con Argelia en este aspecto contarán con un tope.

Grado de conectividad del sector eléctrico (5): este índice se constituye como la suma de las importaciones y las exportaciones sobre el consumo de electricidad nacional, es decir:

$$GCSE = \frac{\text{Importaciones de electricidad}_j + \text{Exportaciones de electricidad}_j}{\text{Consumo de de electricidad}_j}$$

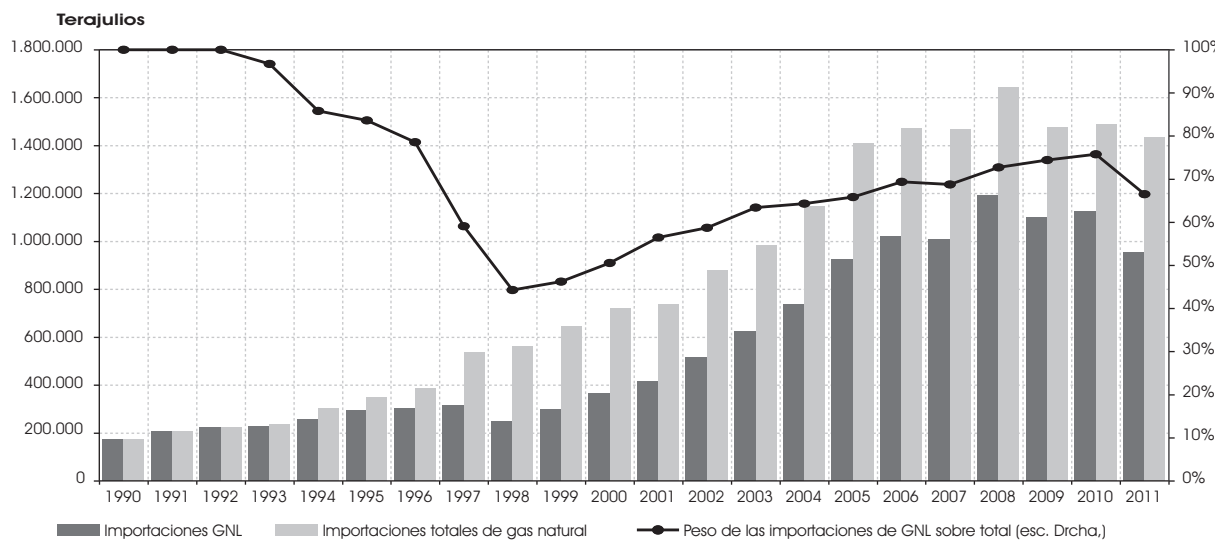
En este sentido, las interconexiones con sistemas eléctricos de otros países resulta un factor decisivo a la hora de garantizar una flexibilidad mayor ante perturbaciones en la producción nacional. En el caso español, el grado de conectividad del sistema eléctrico es ciertamente escaso (6), no obstante, sí se ha observado cierta mejoría al comparar la situación de 1990 con la de 2011 (gráfico 7).

Proporción de la electricidad propia, que se produce con energías autóctonas (renovables y nucleares) sobre el total, que se expresa como:

$$PEPER = \frac{\text{Producción de electricidad con renovables y nuclear}_j}{\text{Producción total de electricidad}_j}$$

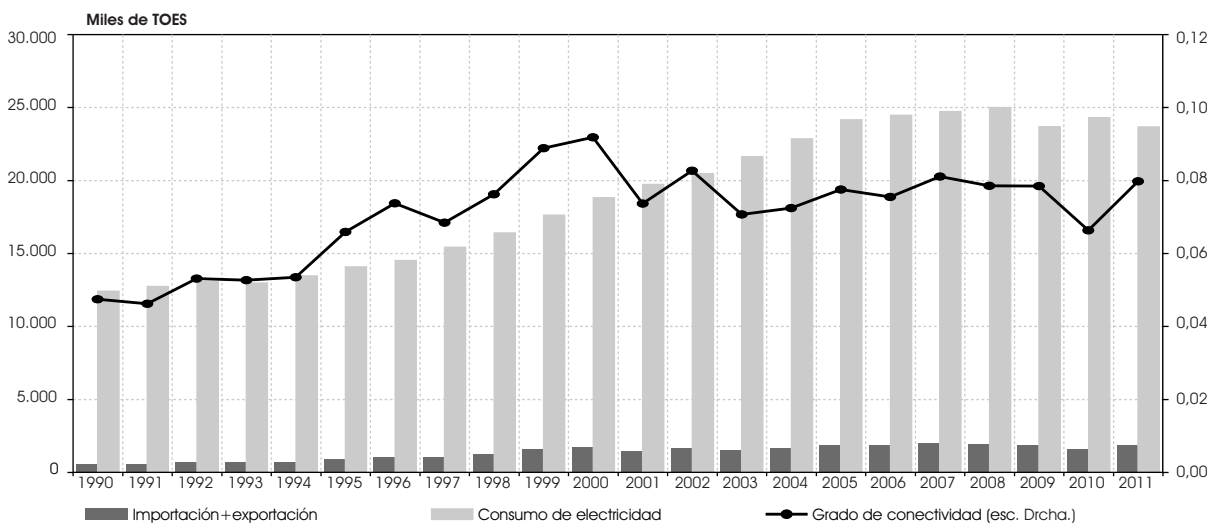
En este indicador se ha tenido en cuenta que la vulnerabilidad del sistema eléctrico a perturbaciones de

GRÁFICO 6
EVOLUCIÓN DE LAS IMPORTACIONES ESPAÑOLAS DE GAS NATURAL LICUADO



FUENTE: Agencia Internacional de la Energía y elaboración propia

GRÁFICO 7
EVOLUCIÓN DEL GRADO DE CONECTIVIDAD DEL SECTOR ELÉCTRICO ESPAÑOL



FUENTE: Eurostat y elaboración propia.

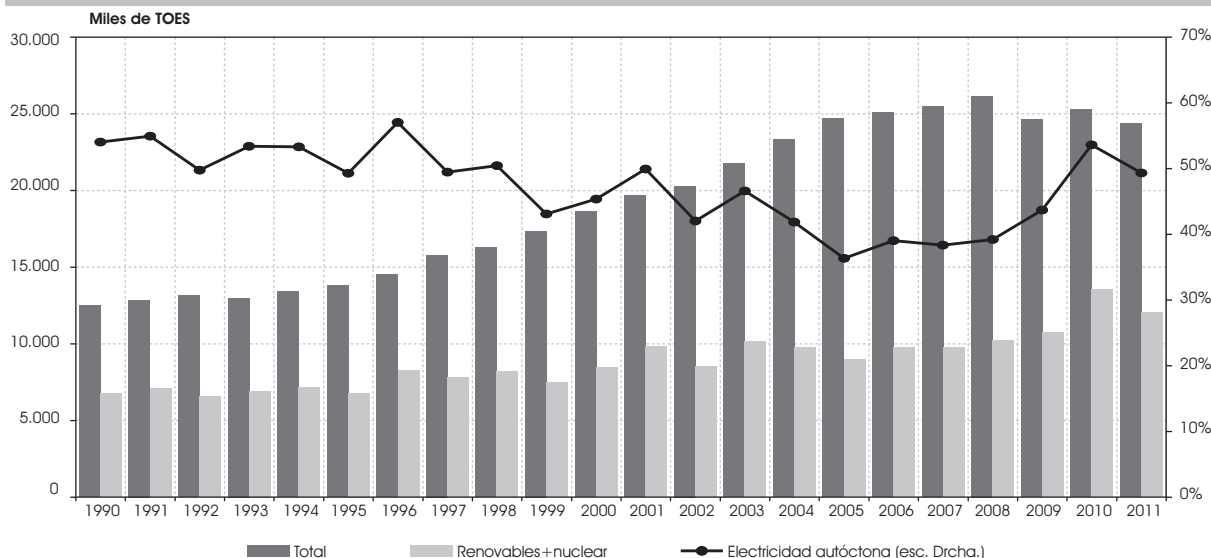
los mercados internacionales disminuye a medida que aumenta la producción de electricidad propia.

En nuestro país (gráfico 8, en la página siguiente), aunque la generación de electricidad con energías renovables se ha más que duplicado en los últimos años, la nuclear ha aumentado muy moderadamente, hecho por el cual ante el fuerte crecimiento del consumo de electricidad vivido en las últimas dos décadas, la participación de la generación de electricidad con fuentes autóctonas se redujo de forma más o menos paulatina hasta 2006. A partir de dicho año,

con el fuerte impulso que se dio a las renovables, se registró un punto de inflexión y el porcentaje fue aumentando significativamente. No obstante, en 2011 se registró un descenso en el avance, muy probablemente de naturaleza coyuntural.

En relación a España, el alto nivel de integración de las renovables, con momentos en los que aproximadamente el 60% de la generación eléctrica es de tal origen, constituye un importante éxito, dada nuestra práctica condición de isla eléctrica, puesta de manifiesto con anterioridad.

GRÁFICO 8
EVOLUCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE ELECTRICIDAD PROPIA QUE SE PRODUCE
CON ENERGÍAS AUTÓCTONAS (RENOVABLES Y NUCLEARES)



FUENTE: Eurostat y elaboración propia

RESULTADOS

A la hora de resumir toda la información suministrada por estas variables en un único indicador, que llamaremos Indicador de Diversificación Energética (IDE), se consideró utilizar inicialmente la técnica de análisis factorial (7). En el Anexo 1 se puede encontrar un resumen de la misma.

Con esta técnica, aplicada tal como se relata en Anexo, se obtienen los pesos de cada variable en el indicador agregado para España, que se detallan en el cuadro 1.

La utilización de un método puramente estadístico para la elección de los pesos de cada variable, tiene la ventaja de no verse afectado por la opinión subjetiva del investigador, si bien, por el contrario, puede no recoger las diferencias en el teórico impacto potencial que lleguen a tener las variaciones de cada una de las variables. Adicionalmente, estas ponderaciones están sujetas a modificaciones cada vez que se actualiza la muestra considerada.

Esta metodología tiene una debilidad muy importante. Dentro del análisis factorial la medida de la cantidad de información incorporada en una variable se asocia a su varianza. Por ello, cuando una variable no cambia su valor a lo largo del tiempo (es constante) la técnica del análisis factorial le asignará un peso nulo, repartiendo además este peso sobre el resto de variables.

Esta propiedad no resultaría apropiada en el análisis que se está llevando a cabo, ya que, por ejemplo un determinado país donde sus importaciones de GNL sean siempre nulas porque sólo se abastece por

CUADRO 1
PESO DE LAS VARIABLES EN EL INDICADOR
AGREGADO PARA ESPAÑA OBTENIDAS CON
ANÁLISIS FACTORIAL

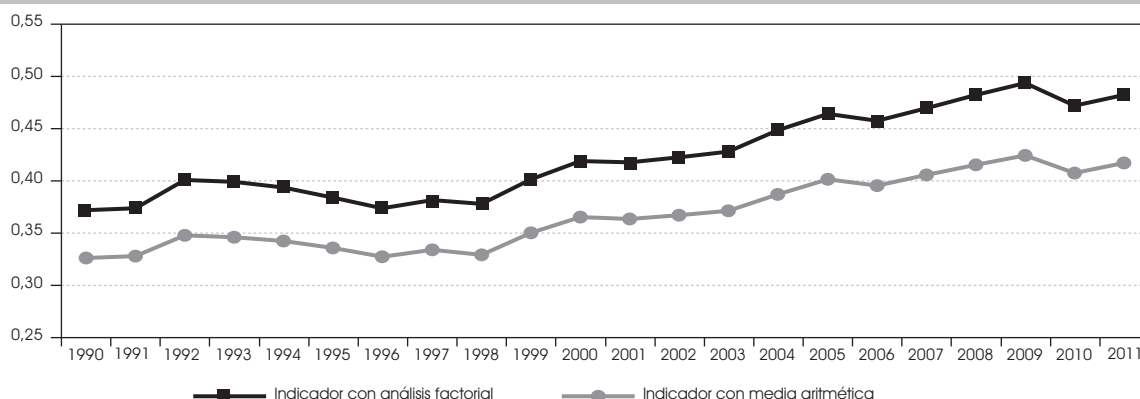
Variable	Pesos
Grado de cobertura	0,182
Grado de diversificación	0,163
Vulnerabilidad potencial de las importaciones	0,169
Peso de las importaciones de GNL	0,169
Grado de conectividad del sector eléctrico	0,173
Producción de electricidad propia	0,145
Total	1,000

FUENTE: elaboración propia.

gasoducto, bajo la óptica del análisis factorial le asignaría un peso cero (nulo) a la variable; es decir, no penalizaría a dicho país por poseer un elemento de incertidumbre energética, precisamente lo contrario de lo que debería ocurrir. Adicionalmente esto repartiría un mayor peso al resto de variables, sobreponderando aquellas en las que pudiese presentar un mejor valor que cero y derivando, por tanto, en un mayor índice agregado. Un ejemplo claro lo podemos ver en el caso, entre otros, de Austria (cuadro 2 y gráfico 9).

Por esta razón, se decide no tomar esta metodología para la construcción del indicador de diversificación energética. Alternativamente, otros autores (8) deciden utilizar pesos subjetivos *ad hoc*, si bien esto no es pertinente en nuestro caso ya que se trataría de una solución elaborada específicamente para un país y, por tanto, no es generalizable ni utilizable para los otros. Por ello, a la hora de agregar las distintas variables para construir el índice de diversificación energética, y con

GRÁFICO 9
EVOLUCIÓN DEL INDICADOR AGREGADO PARA AUSTRIA OBTENIDO CON ANÁLISIS FACTORIAL Y CON MEDIA ARITMÉTICA



FUENTE: elaboración propia

objeto de que se puedan realizar comparaciones homogéneas entre países, se ha optado por tomar la media aritmética de las mismas, convenientemente normalizadas. Adicionalmente, se han comparado ambas técnicas (análisis factorial y media aritmética) para aquellos países en cuyas variables no existía ninguna que fuese constante y los pesos resultantes con el modelo factorial no han sido muy distintos de los que se derivarían de tomar la media simple (igual peso para todas las variables).

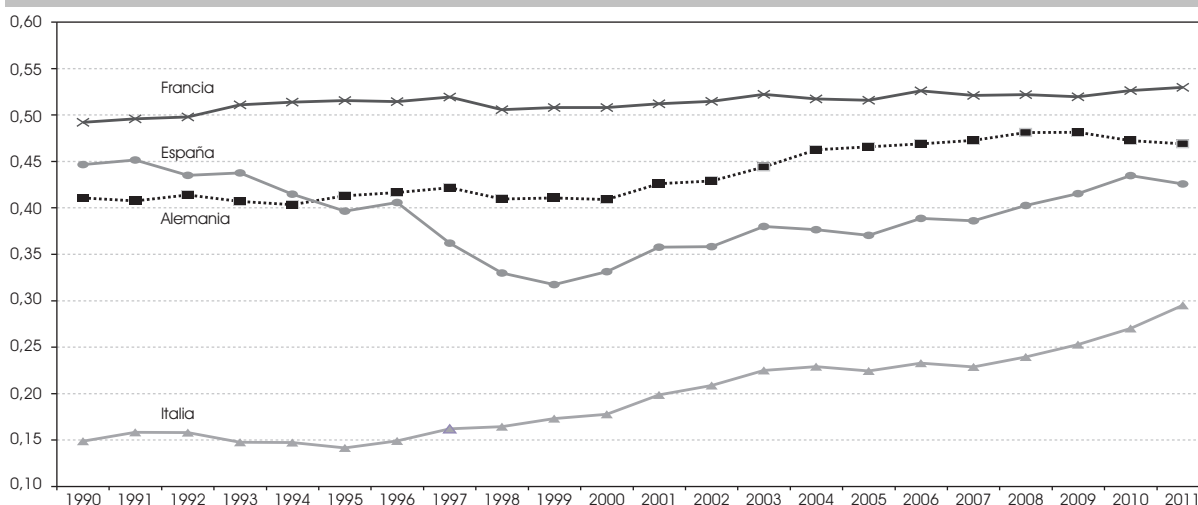
De esta forma, el índice se ha calculado para los principales países del Área Euro y para Reino Unido durante el periodo 1990-2011. En el Anexo 2 figuran los valores de todas las variables consideradas, sin normalizar, para dichos países, en el año inicial de estudio (1990) y en el final (2011). La representación del mismo para las cuatro grandes economías del área euro queda reflejada en el gráfico 10.

CUADRO 2
PESOS DE LAS VARIABLES EN EL INDICADOR AGREGADO PARA AUSTRIA OBTENIDAS CON ANÁLISIS FACTORIAL Y CON MEDIA ARITMÉTICA

Variable	Pesos análisis factorial	Pesos media aritmética
Grado de cobertura	0,231	0,167
Grado de diversificación	0,156	0,167
Vulnerabilidad potencial de las imp.	0,214	0,167
Peso de las importaciones de GNL	0,000	0,167
Grado de conectividad del sector eléctrico	0,187	0,167
Producción de electricidad propia	0,212	0,167
Total	1,000	1,000

FUENTE: elaboración propia.

GRÁFICO 10
IDE DE LAS PRINCIPALES ECONOMÍAS DE LA EURO AREA



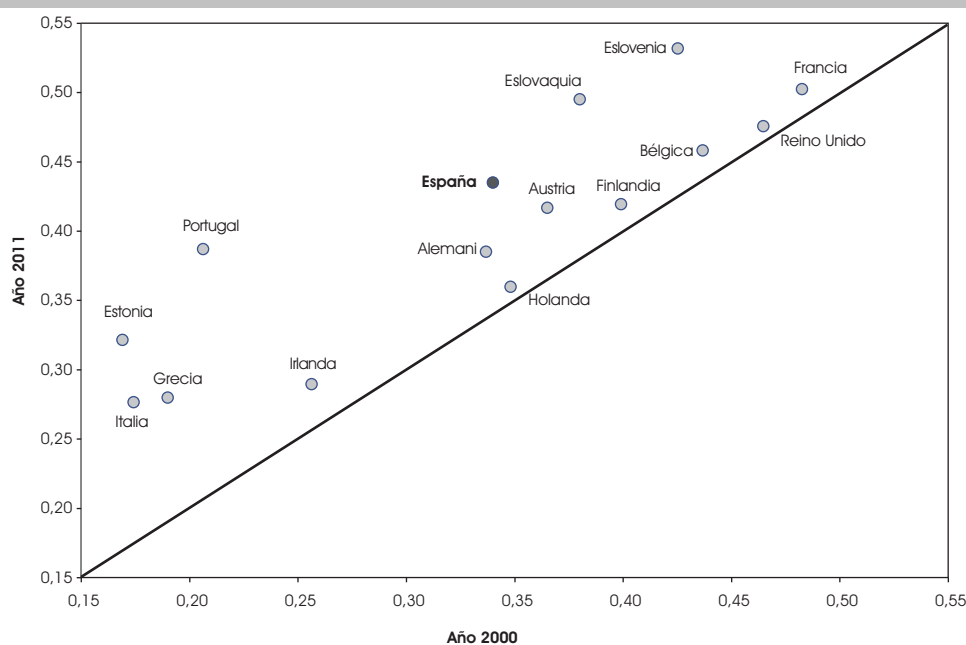
FUENTE: elaboración propia

CUADRO 3
ÍNDICES DE DIVERSIFICACIÓN ENERGÉTICA EN 2000 Y 2011

	2000		2011		dif 2011-2000
Francia	0,483	Eslovenia	0,532	Portugal	0,181
Reino Unido	0,465	Francia	0,502	Estonia	0,152
Bélgica	0,437	Eslovaquia	0,495	Eslovaquia	0,115
Eslovenia	0,425	Reino Unido	0,476	Eslovenia	0,107
Finlandia	0,399	Bélgica	0,458	Italia	0,102
Eslovaquia	0,380	España	0,435	España	0,095
Austria	0,365	Finlandia	0,419	Grecia	0,090
Holanda	0,348	Austria	0,417	Austria	0,052
España	0,340	Portugal	0,387	Alemania	0,049
Alemania	0,337	Alemania	0,385	Irlanda	0,033
Irlanda	0,256	Holanda	0,360	Bélgica	0,022
Portugal	0,206	Estonia	0,321	Finlandia	0,020
Grecia	0,190	Irlanda	0,289	Francia	0,020
Italia	0,174	Grecia	0,280	Holanda	0,012
Estonia	0,169	Italia	0,276	Reino Unido	0,011

FUENTE: elaboración propia.

GRÁFICO 11
ÍNDICES DE DIVERSIFICACIÓN ENERGÉTICA EN 2000 Y 2011



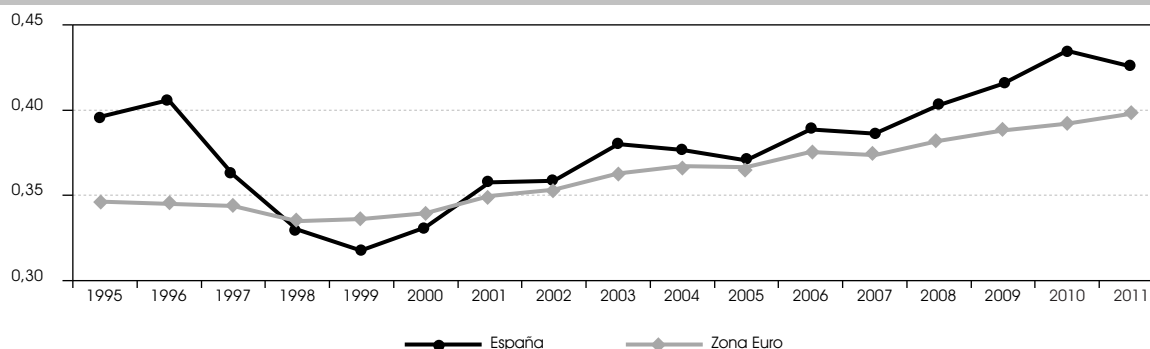
FUENTE: elaboración propia

Se aprecia cómo en España, el IDE mostró un descenso a lo largo de la década de los noventa, para a partir de ese momento manifestar una tendencia determinantemente creciente. Por regla general, el resto de países también han evolucionado de forma más o menos favorable, si bien aquellos que ya habían alcanzado un alto grado de diversificación energética, como es el caso de Francia, registran un menor margen de mejora, mientras que los que partían de más atrás, como Italia, han llevado a cabo un importante esfuerzo para conseguir una menor dependencia energética.

En el Cuadro 3 se facilitan los niveles y posiciones relativas del ISE al principio y al final de la última década (2000 y 2011) para el conjunto de países bajo estudio.

Se puede observar que, de forma general, se ha dado una mejora del grado de diversificación energética dentro del Euro Area y su entorno. No obstante, hay que destacar que los países que ya poseían un elevado grado de diversificación energética, como Francia y Reino Unido, han llevado a cabo un menor esfuerzo de mejora. En el lado opuesto, países que partían

GRÁFICO 12
SE DE LA EURO ÁREA FRENTE A ISE DE ESPAÑA



FUENTE: elaboración propia

de más atrás, sí que han parecido implementar políticas energéticas o acciones orientadas a recuperar el terreno perdido con los líderes.

Por último, y dado que se poseen los datos de todos los países que actualmente forman la zona del Euro (salvo de Chipre, Luxemburgo y Malta, de los que no se dispone de datos) se puede diseñar un indicador de diversificación energética para la Euro Area. Para ello, y con objeto de tener en consideración la importancia de cada uno de los países, dicho indicador se va a obtener como una media ponderada de cada uno de los indicadores de diversificación en cada país por su correspondiente Producto Interior Bruto (9) nominal en cada año. La evolución de dicho indicador frente a España se representa en el siguiente gráfico.

Como se aprecia en el mismo, es importante destacar que habiendo quedado España por debajo del promedio de la euro zona a finales de los noventa, desde entonces se ha venido realizando un importante esfuerzo de cara a reforzar la diversificación energética de nuestro país, alcanzando progresivamente una posición en el grupo de cabeza.

CONCLUSIONES †

En este artículo se ha presentado la elaboración de un indicador que tiene como objetivo dar una aproximación cuantificable al concepto de diversificación energética dentro de un determinado país, así como que se haga de una manera homogénea y comparable para los distintos países de área del euro y de su entorno.

Dicho indicador se ha elaborado para un conjunto de 14 países de la UEM, entre ellos España, más Reino Unido, de los que se posee unas fuentes de información suficientemente homogéneas y confiables. El periodo de investigación abarca los años 1990-2011.

Dentro de la metodología de su elaboración se consideró en un primer momento aplicar la técnica de análisis factorial, tal como lo habían hecho diversos

estudios precedentes. No obstante, tras un análisis pormenorizado, se puede apreciar que en este caso dicha técnica arroja resultados sesgados para aquellos países donde alguna de sus variables presenta un valor constante (cero). Por ello y con objeto de no recurrir a una ponderación subjetiva, se ha procedido a formar el indicador como una media aritmética simple de las variables seleccionadas convenientemente normalizadas.

Los resultados muestran que todos los países de la Euro Zona han mejorado progresivamente su diversificación energética en los últimos años, si bien, aquellos que se situaban como líderes, especialmente Francia y Reino Unido, han llevado a cabo un menor esfuerzo de mejora. Por lo que se refiere a España, el nivel de diversificación energética se encuentra en línea con el de los países de nuestro entorno, siendo destacable el esfuerzo hecho en los últimos años que nos ha permitido ganar algún puesto respecto a la media europea. Las variables donde España presenta sus mayores debilidades son el grado de cobertura de energía primaria y el grado de conectividad del sector eléctrico, mientras que sus fuertes están en el grado de diversificación de la energía primaria, el peso de las importaciones de gas natural licuado y la proporción de la electricidad propia, que se produce con energías autóctonas (renovables y nucleares) sobre el total.

(*) Las opiniones presentadas en este trabajo corresponden exclusivamente a sus autores. Agradecemos las valiosas aportaciones, observaciones y discusiones mantenidas con Javier Muñoz y Antonio Moreno-Torres sobre este trabajo.

NOTAS †

- [1] «Un indicador de la dependencia exterior y diversificación energéticas: una aplicación para España». Boletín Económico, Banco de España, Septiembre (2010).
- [2] BANCO CENTRAL EUROPEO (2010). Energy markets and the euro area macroeconomy, Occasional Paper Series, n.º 113, junio.

- [3] Son aquellas fuentes energéticas (petróleo, gas, carbón, nuclear y renovables) disponibles en la naturaleza, antes de su transformación en un producto o servicio energético apto para su consumo final.
- [4] Se ha utilizado la clasificación de la OCDE de riesgo-país, que está disponible desde 1999, manteniéndose el valor de dicho año para los anteriores. 0 indica país completamente seguro y 7 país de alto riesgo.
- [5] Se ha valorado calcular un índice de cobertura de la demanda eléctrica, definido como el cociente entre la demanda punta y la capacidad instalada, si bien, al final se ha tenido que desestimar su inclusión por no poder obtenerse datos, o bien de lo primero o bien de lo segundo, para determinados países y determinados años en el periodo bajo estudio, haciendo inviable su cálculo homogéneo.
- [6] El Consejo Europeo de Barcelona del año 2002 estableció como indispensable para la construcción de un mercado eléctrico comunitario la consecución de un objetivo de interconexión del 10% ya para el año 2005 evaluado en capacidad de importación sobre pico de demanda. Años después, el objetivo en el caso español está aún lejos de cumplirse por las dificultades en el desarrollo de interconexiones internacionales.
- [7] Esta metodología es la propuesta en los citados trabajos de Matea y Gil (2010) y el BCE (2010) «Energy markets and the euro area macroeconomy», *Occasional Paper Series*, n.º 113, junio.
- [8] «Index os U.S. Energy Security Risk» (2010). Institute for 21st Century Energy. U.S. Chamber of Commerce
- [9] Eurostat sólo proporciona datos homogéneos de PIB en corrientes para todos los países que actualmente integran la Zona Euro desde 1995.

BIBLIOGRAFÍA †

- AVEDILLO, M., y MUÑOZ, M. A. (2007): «Seguridad energética en España. De la percepción a la cuantificación», *Boletín Económico de Información Comercial Española*, n.º 2928, diciembre, pp. 43-47.
- BANCO CENTRAL EUROPEO (2010): «Energy markets and the euro area macroeconomy», *Occasional Paper Series*, n.º 113, junio.
- CUADRAS, C.M. (2012): «Nuevos métodos de análisis multivariante». CMC Editions.
- MATEA, M. LL. y GIL, M. (2010): «Un indicador de la dependencia exterior y diversificación energéticas: una aplicación para España». *Boletín Económico, Banco de España*, Septiembre.
- OCDE (2005): «Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide», *Statistics Working Paper*, STD/DOC 3.
- PEÑA, D. (2002): «Análisis de datos multivariantes». McGraw-Hill.
- U.S. CHAMBER OF COMMERCE (2010): «Index os U.S. Energy Security Risk». Institute for 21st Century Energy.

ANEXOS

ANEXO 1

La idea básica del análisis factorial (existen numerosas referencias, muy didácticas y amplias resultan las de Peña (2002) y Cuadras (2012)) consiste en que las relaciones que se puedan dar entre un conjunto de indicadores son el resultado de una estructura latente más simple, en la que un reducido número de variables inobservables afectan a las series observadas. Estas variables se llaman factores comunes o, simplemente, factores y se suele asumir que cada uno de ellos es independiente de los demás.

No obstante, esta representación es una aproximación, ya que los factores no pueden explicar toda la variabilidad de las series observadas. El elemento residual se denomina factor específico o factor idiosincrásico. Estos elementos se presumen independientes tanto respecto a los factores comunes como entre sí.

Si denotamos por x_{it} , el valor de la variable i -ésima en la observación t , por f_t el valor del factor común (inobservable) en el período t (simplificando para el caso de un solo factor), y por u_{it} el elemento específico o idiosincrásico que recoge la variabilidad del indicador i -ésimo que no ha sido explicada por el factor común, el modelo se puede representar:

$$x_{it} = \lambda_i f_t + u_{it}$$

Siendo λ_i la carga de la variable en el factor común, que cuantifica la sensibilidad de la misma respecto a cambios experimentados en el factor.

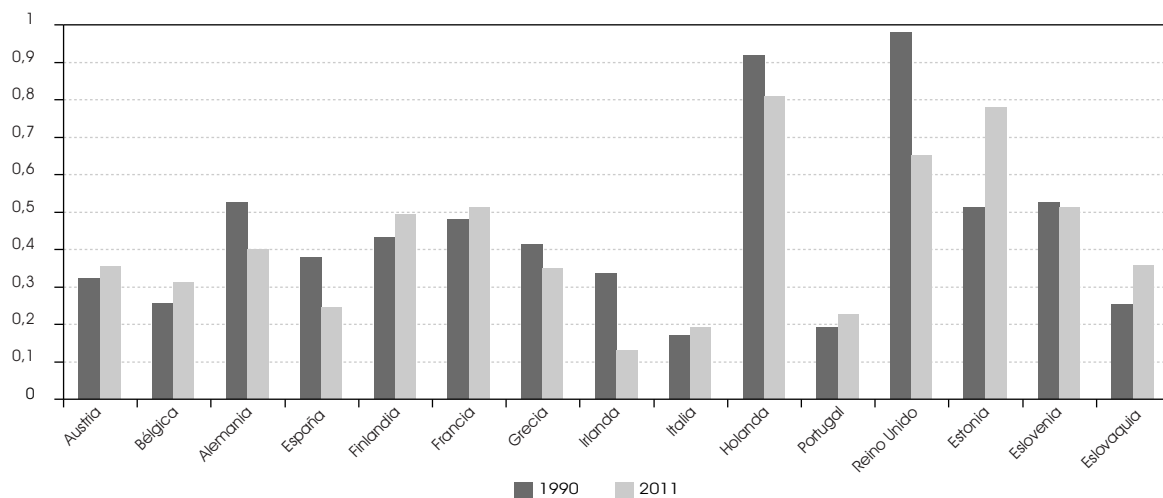
Una vez obtenidos los factores, el peso de cada variable en el indicador agregado sería igual a la suma del cuadrado de su carga factorial en cada uno de los factores, dividida por la varianza explicada por los factores (1). Con el procedimiento descrito, se seleccionan dos factores (2), que explican, como mínimo el 70% de la varianza de los datos (en el caso español la variabilidad explicada alcanza el 90%).

[1] Un mayor detalle sobre esta metodología viene recogido en el manual de la OCDE "Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide" (2005)

[2] Acorde al manual y en línea con lo que es la práctica estándar, se han seleccionado aquellos factores que cumplen simultáneamente los tres criterios siguientes: tienen un autovalor asociado mayor que 1; individualmente explican, como mínimo, un 10% de la varianza de los datos; y conjuntamente, al menos, un 60% de la varianza de los datos.

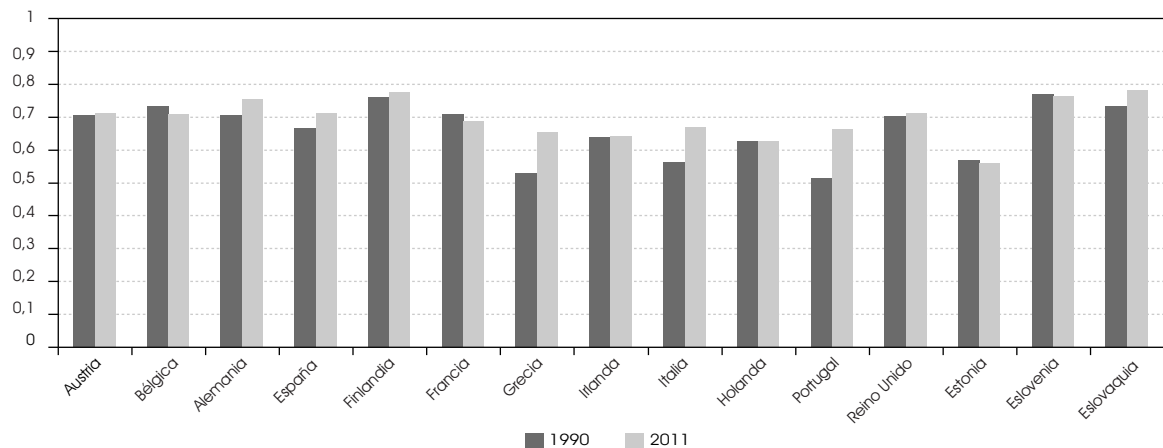
ANEXO 2

Gráfico A1. Grado de cobertura de energía primaria por países



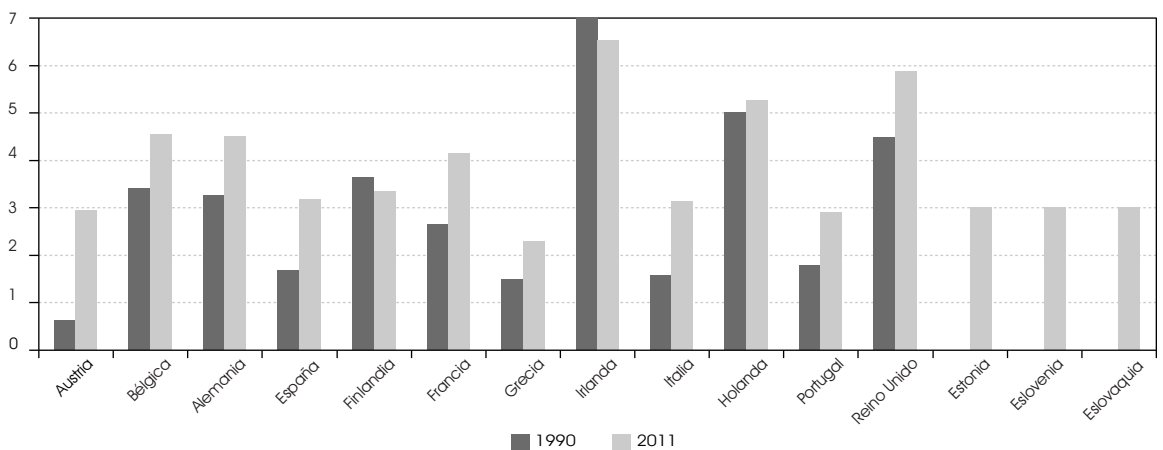
FUENTE: elaboración propia

Gráfico A2. Grado de diversificación de la energía primaria por países



FUENTE: elaboración propia

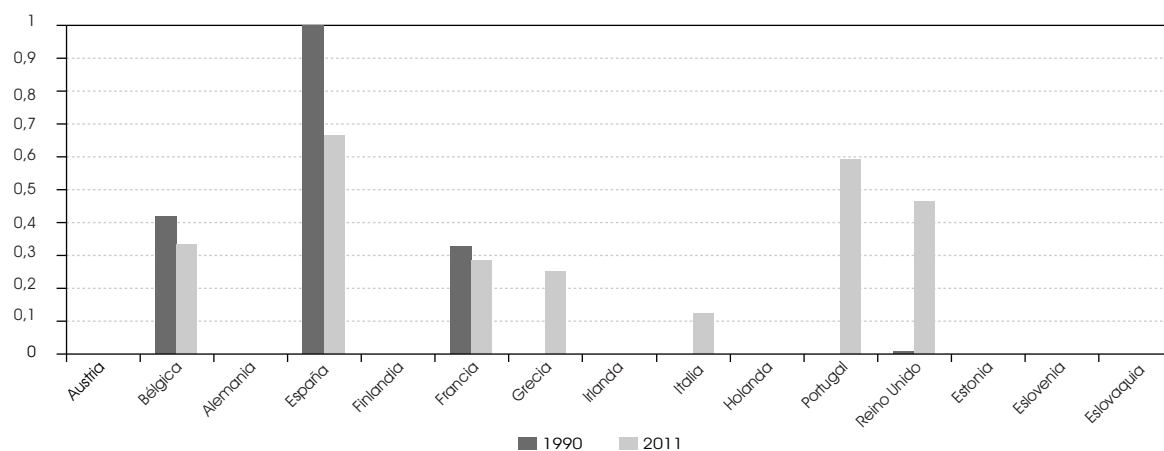
Gráfico A3. Vulnerabilidad potencial de las importaciones por países



FUENTE: elaboración propia

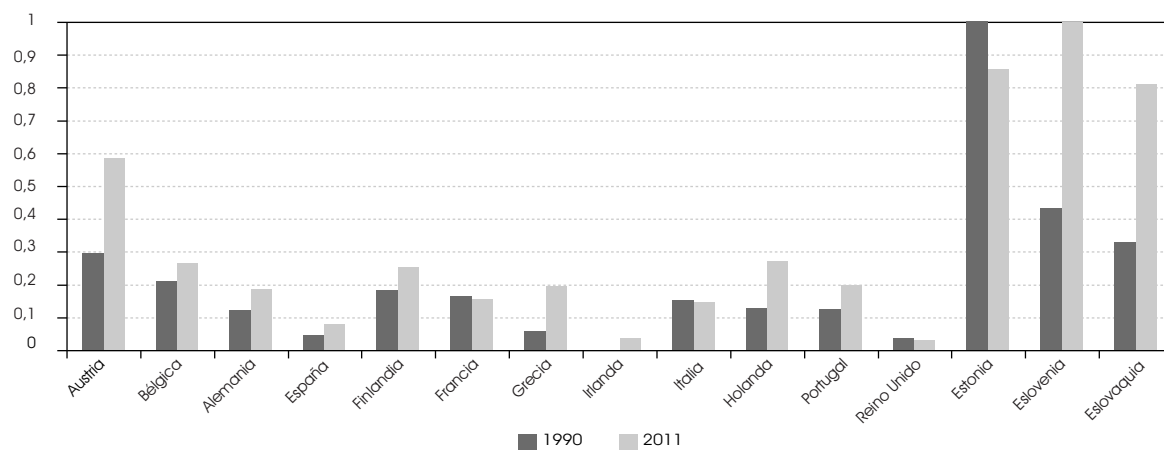
ANEXO 2 (Continuación)

Gráfico A4. Peso de las importaciones de gas natural licuado (GNL) sobre el total de las importaciones de gas natural, por países



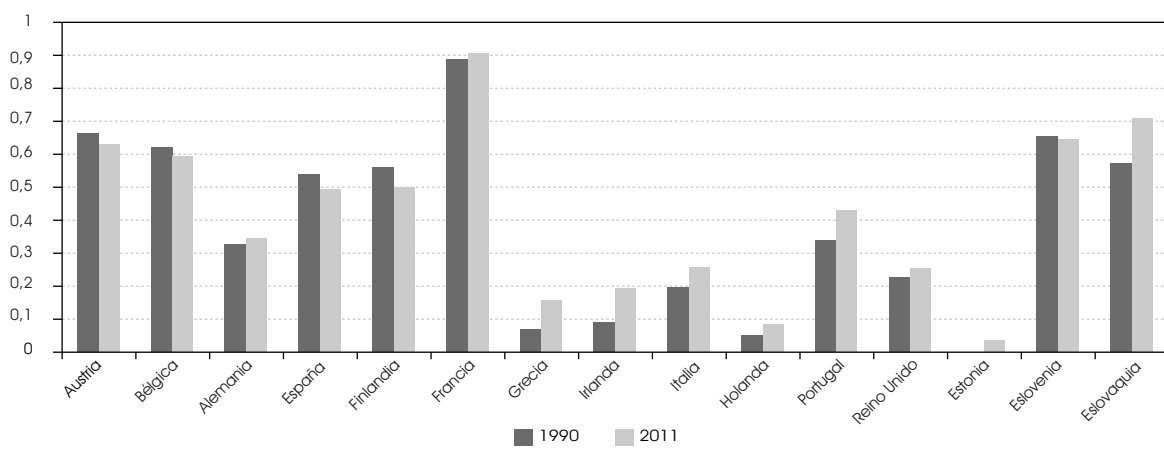
FUENTE: elaboración propia

Gráfico A5. Grado de conectividad del sector eléctrico por países



FUENTE: elaboración propia

Gráfico A6. Proporción de la electricidad propia, que se produce con energías autóctonas (renovables y nucleares) sobre el total, por países



FUENTE: elaboración propia