

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD BASADO EN LAS FUNCIONES FRONTERA: ESTUDIO TERRITORIAL DEL SECTOR ENERGÉTICO

ZAMORA SANZ, María del Mar

Departamento de Estadística, Estructura Económica y O.E.I.

Universidad de Alcalá

correo-e: mariam.zamora@uah.es

RESUMEN

Las evoluciones que muestran los comportamientos de las economías evidencian que, lejos de alcanzar el estado estacionario, existe una tendencia de crecimiento a largo plazo. A partir de esta realidad surge la necesidad de conocer cuáles son las causas de este crecimiento y cómo puede lograrse un mayor desarrollo de las economías lo que a su vez revierte en la cuestión de cómo puede actuarse sobre dicho crecimiento. En particular, y teniendo en cuenta las estructuras productivas de los países desarrollados, este tipo de análisis se muestra atractivo cuando se refiere al estudio del proceso de producción de la actividad energética en tanto que ésta se puede considerar un factor determinante no sólo del crecimiento industrial sino del conjunto de la actividad económica.

En este sentido, desde este trabajo se trata de aportar evidencia empírica acerca del análisis del comportamiento productivo del agregado energético estudiando la estructura de productividad del sector a través del estudio de las funciones frontera. En una primera aproximación se analiza el índice de Malmquist que permite cuantificar la aportación de los cambios de eficiencia y de los cambios técnicos. A continuación se completa el análisis con la estimación de fronteras estocásticas de producción basadas en el modelo de Battese y Coelli. El estudio se plantea a partir de una desagregación espacial que considera las unidades territoriales definidas a partir de las Autonomías.

Palabras clave: *Productividad, Malmquist, Funciones Frontera, Energía.*

1. Introducción

En este trabajo se realiza un estudio acerca del proceso de producción del sector energético en España analizando su estructura productiva a partir de una desagregación territorial de Comunidades Autónomas. Este sector ha sido tradicionalmente incluido en el agregado del sector industrial; no obstante, existen características específicas que aconsejan su estudio individualizado como un sector más de la economía y éste es el tratamiento que se ha elegido en esta investigación.

El análisis que aquí se presenta muestra un modelo de comportamiento, enmarcado en la teoría del crecimiento, que señala de modo más o menos explícito algunos factores determinantes de dicho crecimiento entre los que se recogen aspectos vinculados con la productividad.

Esta perspectiva teórica se desarrolla desde un enfoque empírico empleando técnicas de estimación de funciones frontera desarrolladas tanto desde un enfoque paramétrico como no paramétrico lo que permite un estudio detallado de la cuantificación del comportamiento productivo. Los resultados que aquí se muestran se han obtenido empleando esta doble línea de actuación. Por una parte, se muestra un análisis no paramétrico; por otro lado, se presenta una ordenación territorial en términos de eficiencia obtenida a partir de la estimación econométrica de una frontera estocástica de producción basada en un modelo de error compuesto.

Este análisis de la productividad total de los factores para el conjunto del sector energético estudia un periodo reciente de la economía española que se inicia con la incorporación de España a la Unión Europea y finaliza en los primeros años de este nuevo milenio. Se aborda el estudio del agregado de la productividad así como de los factores determinantes de la misma: progreso técnico y eficiencia.

Este sector atraviesa a lo largo del periodo examinado profundas reestructuraciones que llevan a una transformación desde un modelo de planificación a una casi total desregulación. Este cambio que se ha acompañado de trascendentes modificaciones en su estructura empresarial tiene sus efectos sobre la productividad y la eficiencia del conjunto del sector.

El periodo de estudio se inicia con la etapa que comienza con la incorporación de España a la Comunidad Europea, etapa que representa un ciclo económico bastante completo para el conjunto de la economía española. Por este motivo, y con el fin de poder comparar los resultados en las distintas fases del ciclo se hace un análisis desagregado para cada uno de ellas (periodos 1986-1993, 1994-2001).

La primera fase de análisis (1986-1993) comprende los años de finales del periodo de expansión económica que derivan en una crisis económica aguda alcanzando su punto culminante en 1993. Por su parte los años de la segunda etapa (1994-2001) se caracterizan como una fase de recuperación y expansión en la que, hacia la mitad del periodo, también se alcanzan elevadas tasas de crecimiento que se integran en un entorno de generalizada estabilidad a comienzos del nuevo milenio.

Junto a las anteriores características generales de la evolución económica, en el análisis de este sector hay que tener en cuenta que en él se enmarcan un conjunto de actividades sobre las que en los últimos años se está planteando un importante impulso innovador tanto a nivel público como privado. En este sentido hay que señalar los avances técnicos orientados al desarrollo de tecnologías que permitan reorientar la situación energética actual tratando de solucionar los problemas derivados de su producción, distribución y consumo desde una perspectiva de control del cambio climático, preocupación por el medio ambiente y estudio y aplicación de las energías renovables sin olvidar otros comportamientos como es la creciente demanda de electricidad que viene manifestándose en los últimos años y que condiciona en un alto grado la producción del sector.

Con estos objetivos el entorno energético del siglo XXI se plantea, según la *Agencia Internacional de la Energía*, la liberalización de los mercados energéticos con el objetivo de garantizar mayor competencia y diversificación de negocio; las actuaciones productivas en un entorno de globalización, que obligaría a las empresas a intervenir en cualquier parte del mundo; el reto de autosuficiencia energética frente a terceros países y la búsqueda de una solución de compromiso ante la incertidumbre que existe entorno a la energía nuclear.

Estos retos plantean a la Administración un apoyo financiero al sector que ya se inició en la década de los años ochenta con el Plan de Investigación y Desarrollo

Tecnológico Electrotécnico y con el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación que supuso la continuación del anterior. Igualmente, aunque en menor medida en tanto que no existe una política de investigación definida, desde la Unión Europea se han establecido Programas Marco de ayuda al medio ambiente y desarrollo sostenible así como de apoyo al sector nuclear.

El contenido de este trabajo se ha estructurado en torno a seis epígrafes básicos. En primer lugar se señala someramente algunos aspectos vinculados al concepto teórico de productividad y cómo este elemento, junto con el crecimiento, es uno de los factores determinantes del crecimiento económico. A continuación, se presenta un apunte metodológico acerca de las técnicas de análisis que se desarrollan en el análisis empírico; seguidamente se dedica un apartado a la base de datos que se ha construido para la aplicación a la realidad económica española y el marco teórico utilizado. En el quinto apartado se presentan y analizan los principales resultados empíricos obtenidos tras la medición regional de la productividad en el conjunto del sector energético. Se muestran las relaciones de producción que se establecen en cada una de las autonomías y cómo afectan a algunos aspectos inmateriales como los ya señalados progreso técnico y eficiencia. Para finalizar un epígrafe de conclusiones resume los principales resultados alcanzados.

2. La productividad y el crecimiento económico

El análisis de la productividad total de los factores en el sector energético constituye el tema centra de estudio de este trabajo. Dicha productividad se puede identificar como uno de los elementos que determinan el crecimiento de las economías si bien su actuación se encuentra ligada a otros factores como pueden ser, entre otros, el grado de utilización de los factores, el progreso técnico, la eficiencia o la estructura y el entorno empresarial.

Entre estos factores, el comportamiento de la productividad destaca como una de las variables clave para medir el crecimiento de las economías y más cuando este estudio se analiza desde una perspectiva de largo plazo; en este sentido se manifiesta Krugman al considerar que dicha productividad es una de las variables más importantes para medir el bienestar económico de una sociedad al señalar que *“la productividad no lo es todo, pero a largo plazo lo es casi todo”* (Krugman, 1991).

La idea anterior se muestra avalada por el gran interés que ha alcanzado el estudio de la productividad, así como la utilización de términos vinculados, dicho interés se manifiesta en un amplio número de trabajos que estudian cuestiones que ligan el crecimiento y la productividad. No obstante, en todos ellos se muestra como cuestión latente qué es lo que se esconde bajo el término de productividad. Esta cuestión ya fue señalada por Abramovitz quien a mediados del siglo pasado reflexionó acerca de la relación que existe entre la productividad y el desconocimiento que se tiene sobre el proceso productivo cuya productividad se analiza. Esta reflexión le llevó a señalar que “*La productividad es una medida de nuestra ignorancia sobre las causas del crecimiento económico*” (Abramovitz, 1956).

Sin embargo, y a pesar de esta identificación, sí existe consenso al admitir que las mejoras de productividad son uno de los factores fundamentales que afectan al crecimiento económico, y por tanto a los niveles de vida y al bienestar de las sociedades por lo que resulta interesante conocer características relativas a dicho crecimiento en tanto que “... *el único modo en que se puede lograr un crecimiento continuo y a largo plazo de los niveles de vida es aumentando la productividad...*” (Krugman, 1991).

Una aproximación al estudio de algunas de estas características se basa en el análisis de dos de los elementos que se analizan e interpretan en este trabajo: la eficiencia y el progreso técnico como factores determinantes de la productividad.

La necesidad de definir el término productividad así como las continuas referencias que se hacen a este término muestran que se trata de un concepto que en la literatura es impreciso, ambiguo y, por tanto, difícil de acotar, pero que, sin embargo, su especificación y delimitación resulta imprescindible ya que condiciona en gran medida la cuantificación del concepto y la determinación de los factores que influyen y limitan su comportamiento. De entre todas las ideas y definiciones que se encuentran en la literatura acerca de este concepto se puede apuntar como definición la siguiente idea. La productividad es una variable relativa a la capacidad de los factores de producción para obtener un determinado producto, englobando esta capacidad diversos elementos que no son directamente explicados por los factores productivos, por lo que en cierto modo dentro de la misma se

está incorporando una medida de la falta de conocimiento o ignorancia acerca de las auténticas características, tanto materiales como inmateriales, de los procesos productivos.

3. Análisis cuantitativo de productividad basado en un enfoque frontera

El modelo de análisis de productividad que se analiza en este trabajo se desarrolla a partir del denominado enfoque frontera que cuantifica la distancia que separa a las unidades productivas de la frontera de producción eficiente. Esta metodología, frente a los tradicionales estudios basados en los números índice y más concretamente en el residuo de Solow (1957), introduce en el estudio del crecimiento otros aspectos no estrictamente cuantitativos sino que vinculan a factores de carácter cualitativo ligados a la eficiencia del proceso de producción y que en cierto modo facilitan la identificación de las fuentes de crecimiento de la economía.

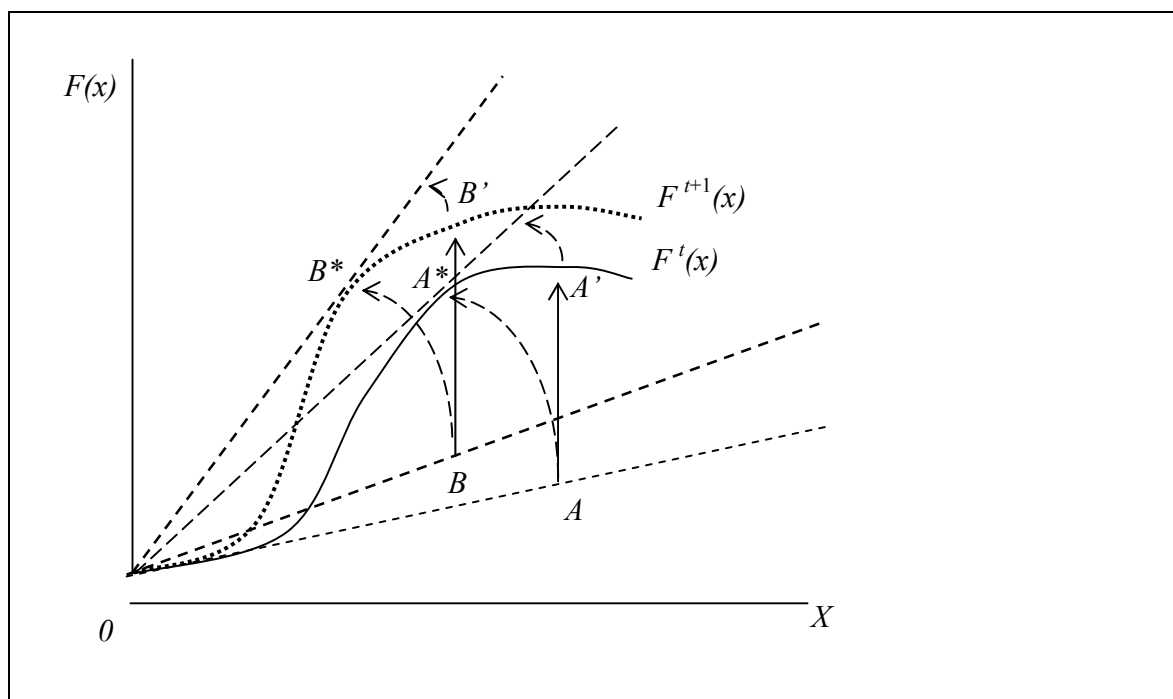
Además a partir de esta línea de trabajo es posible también identificar ciertos elementos determinantes del crecimiento económico que permiten mejorar el conocimiento de este residuo cuya magnitud tiene como origen tres factores: cambio técnico, cambios en la eficiencia y cambios en los factores de producción lo que reduce los errores que se derivan de las medidas que identifican cambios productivos con cambios técnicos.

Esta opción metodológica, desarrollada a partir de los denominados modelos frontera, incluye el posible comportamiento ineficiente de las unidades de producción analizadas. La idea en que se basan estas técnicas plantea la comparación entre la producción realmente obtenida y una producción ficticia o virtual que sería posible obtener empleando la misma cantidad de factores pero actuando bajo criterios de máxima eficiencia productiva que serán identificados bien a partir de comparaciones de eficiencia o bien por relaciones de productividad. Dicha comparación se puede realizar a partir de un enfoque paramétrico o no paramétrico e igualmente desde una perspectiva determinista o alternativamente con una especificación estocástica según se caracterice de un modo u otro el proceso productivo.

Los desplazamientos de las unidades productivas tienen su interpretación en términos de aproximación de dicha unidad de producción a la frontera que viene definida a partir de las máximas producciones con idénticas cantidades empleadas de factores. En este

caso dichos desplazamientos tienen su origen en cambios en la eficiencia de la unidad analizada. Igualmente se pueden considerar los desplazamientos de la propia frontera que en este caso se derivan de las mejoras tecnológicas. Estas mejoras suponen avances en la tecnología disponible lo que ocasiona un desplazamiento de la función frontera—presencia de cambio técnico— que se pueden acompañar también de un desplazamiento de las producciones de cada una de las autonomías que orientan su producción de modo que buscan aproximarse a dicha frontera eficiente. Este último desplazamiento generalmente refleja la variación de la productividad global causada por alteraciones en el factor trabajo ya que éste es el insumo más susceptible de modificaciones. En concreto los cambios en el factor empleo se vinculan a aspectos relacionados con el aprendizaje, la experiencia, la difusión de conocimiento en la aplicación de la tecnología, las mejoras en la gestión y organización de los recursos, el desarrollo de políticas de incentivos empresariales, etc. En definitiva, aquellos aspectos que no están directamente ligados con el progreso técnico pero sí lo están con el modo o manera más o menos eficiente con que éste se lleva a cabo (eficacia en la aplicación de los modos de producción).

Gráfico nº 1: Variación de la Productividad Relativa de los Factores de t a $t+1$



Adaptación de Álvarez Pinalla (2001).

Dichos desplazamientos es habitual representarlos a partir de un gráfico que muestra diferentes aspectos de las estructuras productivas. En concreto, y tal y como se plantea en el gráfico anterior, una estructura productiva caracterizada por el punto A puede compararse con una unidad eficiente A' o con la unidad, también eficiente, de máxima productividad A*, en cualquiera de los casos siempre se realiza una comparación de la actuación real de la unidad productiva con respecto a un óptimo definido a partir del total de las unidades que participan en la definición de dicha frontera. La relación entre unas y otras queda definida a partir de una función distancia que muestra en qué proporción debería alterarse la producción para alcanzar cualquiera de estas producciones virtuales y máximas.

Considerando el efecto de un avance tecnológico que supone un desplazamiento de la función de producción desde t a $t+1$ se puede obtener que, como consecuencia de esa traslación, se produce una alteración de las estructuras productivas con lo que identificaremos una nueva unidad productiva caracterizada ahora como B que igualmente puede compararse con B' y B* generando otras distancias. Estas distancias se formulan con respecto a cualquiera las tecnologías de referencia t o $t+1$. Matemáticamente se expresan a partir de la siguiente relación,

$$D_o^t(x^t, y^t) = \min\{\theta : (y^t/\theta) \in P(x^t)\} = \min\{\theta : (x^t, y^t/\theta) \in T^t(x^t, y^t)\} \quad \theta > 0 \quad \text{que}$$

definen el menor crecimiento posible del vector de productos —dada una cantidad concreta de factores— que permita obtener la máxima producción posible porque garantice que, con ese incremento, la actividad analizada consigue situarse sobre la función de producción considerada que en este caso queda representado a través de la tecnología del periodo t $T^t(x^t, y^t)$.

De este modo se está considerando que la distancia que separa a una DMU de la frontera de máxima producción (*best frontier*) incorpora un cierto grado de ineficiencia basado en el concepto de Farrell (1957) quien consideraba que existía eficiencia cuando no era posible producir más con la misma cantidad de factores. De este modo la ineficiencia se define como el incremento potencial del valor de producción observado -discrepancia entre el nivel actual de producción respecto al máximo técnicamente alcanzable situado en la frontera-. Dicho incremento se mide respecto al máximo valor que se puede obtener y que es definido por la frontera.

En la descripción de este análisis se está considerando un enfoque o medida orientadora de output en tanto que se toma como referencia la producción que se obtiene con un nivel dado de factores y la mejora se orienta hacia un incremento de dicho producto. Alternativamente se podría orientar el estudio desde un enfoque input sin más que pasar a considerar como referencia las cantidades empleadas de factores por distintas unidades de producción que obtienen el mismo nivel de output. En este caso la mejora se orienta hacia la disminución de factores dado un objetivo de producción.

Para medir cada una de estas distancias se pueden utilizar dos opciones u orientaciones metodológicas basadas en la medición de la función frontera si bien en uno de los casos (índice de Malmquist) no es necesaria la estimación paramétrica de la función de producción. Para el cálculo empírico de estas distancias se tiene en cuenta la siguiente relación que liga la producción real obtenida con la producción frontera a través de la

$$\text{ecuación } F^t(x^t) = \frac{y^t}{D^t(x^t, y^t)}.$$

3.1. Enfoque no paramétrico: índice de Malmquist

La alternativa no paramétrica, índice de Malmquist, plantea la comparación entre las distancias que acabamos de identificar para lo cual se utiliza la técnica de programación matemática conocida como DEA (Análisis Envolvente de Datos). Con este índice se obtiene una descomposición de los cambios de productividad en dos factores: cambios de eficiencia y cambio técnico a nivel individual. En concreto esta desagregación es útil para lograr los fines que se han planteado en este trabajo y que son el análisis del comportamiento sectorial de la productividad total de los factores desde un enfoque regional.

La formulación de este índice responde a distintas expresiones analíticas entre las cuales se puede señalar la siguiente relación que vincula las distancias que separan la observación i en el tiempo $t+1$ y esta misma distancia respecto a la función en t .

$$M_O^{t,t+1}(x_i^t, x_i^{t+1}, y_i^t, y_i^{t+1}) = \frac{D_O^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{D_O^t(x_i^t, y_i^t)} \left[\frac{D_O^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{D_O^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \frac{D_O^t(x_i^t, y_i^t)}{D_O^{t+1}(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2}$$

En esta expresión el subíndice O hace referencia a una perspectiva *orientadora de output* en tanto que las distancias a la frontera se especifican como modificaciones en el producto obtenido empleando una cantidad concreta de factores.

La primera parte de la igualdad, el cociente, $\left\{ \frac{D_O^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{D_O^t(x_i^t, y_i^t)} \right\}$, muestra el efecto *catching-up* o cambio en la eficiencia técnica entre el periodo t y el periodo $t+1$. Es decir cuantifica el acercamiento de las unidades productivas a la frontera de referencia. Este efecto será superior a la unidad cuando se producen mejoras en la eficiencia productiva. Si la unidad productiva que se está analizando se sitúa en ambos periodos sobre la función de producción, este término será igual a la unidad lo que indicará que el cambio productivo se debe únicamente a un movimiento de la frontera de producción.

Por su parte el término entre corchetes, $\left[\frac{D_O^t(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})}{D_O^{t+1}(x_i^{t+1}, y_i^{t+1})} \frac{D_O^t(x_i^t, y_i^t)}{D_O^{t+1}(x_i^t, y_i^t)} \right]^{1/2}$ refleja el cambio técnico o desplazamiento de la tecnología entre los periodos t y $t+1$. En esta formulación el desplazamiento de la frontera se está representado como un índice de Fisher —media geométrica de dos cocientes de distancias—. Si no existe desplazamiento de la frontera, este término será igual a la unidad y los cambios de productividad tendrán su origen únicamente en cambios en la eficiencia de las unidades productivas en ambos periodos.

Si el índice general es superior a la unidad el cambio revela un crecimiento productivo; en caso contrario, si el resultado es inferior a uno se señalan retrocesos o pérdidas de productividad. Estos resultados pueden venir determinados por los valores parciales obtenidos en cada uno de los factores si bien lo habitual es que los cambios productivos sean originados por una mezcla de cambios en la eficiencia y desplazamientos de la frontera.

3.2. Enfoque paramétrico: estimación de fronteras estocásticas de producción

La alternativa al análisis no paramétrico se basa en la estimación econométrica de una función de producción. Dicha estimación se puede plantear desde la perspectiva de frontera determinista o bien planteando una frontera estocástica. En este apartado se realiza

el estudio de la eficiencia empleando técnicas de análisis econométrico basadas en las funciones de producción frontera de naturaleza estocástica, también llamadas fronteras estocásticas de producción o modelos de error compuesto. Dicho factor de ineficiencia se estudia ahora incluido en la especificación del modelo productivo a través de una relación paramétrica.

En concreto la función de producción que se plantea estimar corresponde a la especificación planteada por Cobb-Douglas (1928), cuya aplicación empírica está ampliamente probada en este tipo de estudios. La formulación de esta ecuación de producción incluye un término referido al parámetro tecnológico que representa la tasa de crecimiento del producto por unidad de tiempo y que se muestra como una estimación del cambio técnico neutral —progreso técnico neutral en el sentido de Hicks—. El modelo teórico se corresponde con la siguiente especificación en la que en el término aleatorio se recoge de modo indirecto el comportamiento eficiente,

$$Y_{it} = f(X_{jit}; \beta_{jt}; \varepsilon_{it}) \quad i=1, \dots, 17; j = 1986, \dots, 2001$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$$

$$u_{it} \geq 0$$

En esta ecuación el término de perturbación o error del modelo ε_{it} está compuesto por dos elementos de naturaleza aleatoria. El primero de ellos, v_{it} es una perturbación aleatoria simétrica que recoge el ruido estadístico y se supone que sigue las especificaciones habituales de los modelos econométricos, esto es una distribución en un vector normal esférico — $N(0, \sigma^2)$ —. Por su parte el segundo elemento, u_{it} muestra una perturbación aleatoria no negativa que recoge la ineficiencia técnica de acuerdo a distintos parámetros de comportamiento.

En concreto en este trabajo se plantea la estimación del modelo propuesto por Battese y Coelli (1992 y 1995) quienes consideran un modelo de eficiencia variante en el tiempo. Esta especificación permite dotar de una amplia flexibilidad a la estructura del término de eficiencia incorporando un término de tendencia relativo al cambio tecnológico. La estimación de la función frontera se plantea bajo dos enfoques o supuestos *i*) frontera invariante en el tiempo *ii*) frontera variante en el tiempo. Además, en cada una de ellas se

distinguen distribuciones específicas acerca del término de eficiencia: *i*) distribución semi-normal *ii*) distribución normal truncada con media μ .

La combinación de cada uno de estos supuestos nos lleva a configurar las siguientes especificaciones frontera que identificamos como modelos M1.0 a M1.4.

- Modelo 1.0: Modelo de frontera estocástica eficiente

$$Y_{it} = f(X_{it}; \beta) \exp(v_{it}) \quad v_i \rightarrow N(0, \sigma_v^2)$$

- Modelo 1.1: Modelo de eficiencia variante en el tiempo distribuida según una semi-normal.

$$Y_{it} = f(X_{it}; \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) \quad u_{it} = \eta_{it} u_i = \left\{ \exp[-\eta(t-T)] \right\} u_i$$

$$v_{it} \rightarrow N(0, \sigma_v^2) \quad u_i \rightarrow |N(0, \sigma_u^2)|$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)}$$

- Modelo 1.2: Modelo de eficiencia variante en el tiempo según una normal truncada con media μ .

$$Y_{it} = f(X_{it}; \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) \quad u_{it} = \eta_{it} u_i = \left\{ \exp[-\eta(t-T)] \right\} u_i$$

$$v_{it} \rightarrow N(0, \sigma_v^2) \quad u_i \rightarrow |N(\mu, \sigma_u^2)|$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)}$$

- Modelo 1.3: Modelo de eficiencia no variante en el tiempo ($\eta = 0$) con una distribución semi-normal,

$$Y_{it} = f(X_{it}; \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) \quad u_{it} = u_i$$

$$v_{it} \rightarrow N(0, \sigma_v^2) \quad u_i \rightarrow |N(0, \sigma_u^2)|$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)}$$

- Modelo 1.4: Modelo de eficiencia no variante en el tiempo distribuido según una normal truncada en μ ,

$$Y_{it} = f(X_{it}; \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) \quad u_{it} = u_i$$

$$v_{it} \rightarrow N(0, \sigma_v^2) \quad u_i \rightarrow |N(\mu, \sigma_u^2)|$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)}$$

La estimación de cada una de estas estructuras permite identificar distintos patrones de eficiencia territorial cuya adaptación a la realidad productiva de la industria ha sido contrastada empleando las técnicas estadísticas habituales en este tipo de casos.

En los modelos anteriores los supuestos referidos al término de eficiencia hacen referencia a la forma funcional del mapa de eficiencia. Dicho mapa permitiría identificar uno patrones de eficiencia u otros según cuál sea la forma de la distribución *empírica*.

No obstante, siguiendo el trabajo de Battese y Coelli (1992), se pueden contrastar en las especificaciones anteriores los siguientes supuestos referidos tanto a la variabilidad del término de eficiencia a través del tiempo, como a la especificación de la distribución del término de eficiencia. En concreto las hipótesis que se plantean son,

$$H_0 : \mu = \eta = 0 \quad H_0 : \eta = 0 \quad H_0 : \mu = 0 \quad H_0 : \eta = 0 \quad H_0 : \mu = 0$$

$$(\mu = 0) \quad (\eta \neq 0) \quad (\mu \neq 0) \quad (\eta = 0)$$

4. Especificación de la Base de Datos

Los modelos frontera que se analizan en este trabajo consideran una función de producción con los factores clásicos capital y trabajo a los que se añade, como factor de consumos intermedios, una variable indicadora de los consumos energéticos. Como ya se ha señalado se introduce además en el modelo la variable de tendencia temporal con objeto de incorporar el factor tecnológico.

La delimitación de las actividades vinculadas al sector energético es la que realiza el Instituto Nacional de Estadística y que comprende la totalidad de actividades identificadas

en las secciones C –Industrias Extractivas- y E –Producción y Distribución de energía eléctrica, gas y agua- de la CNAE-93.

La información estadística empleada comprende un conjunto de datos, con estructura de panel, que contiene información desde 1986 a 2001 para las diecisiete autonomías españolas. Dicha información procede de distintos fuentes y organismos por lo que ha sido necesario un exhaustivo trabajo de sistematización que deriva hacia un proceso de *corrección y homogeneización* de los datos. En dicho proceso se han adaptado las distintas clasificaciones a la nomenclatura de Naciones Unidas, NACE-CLIO R44 empleando la información del Directorio Central de Empresas (DIRCE), facilitada por el INE, para construir las series corregidas definitivas.

En concreto, el producto obtenido, medido como Valor Añadido Bruto, y el factor trabajo, contabilizado a partir del número de empleados, están disponibles en la base de datos de Hispatat que ha sido facilitada a partir del Proyecto Hispalink. Los datos de stock de capital que se han empleado se obtienen de la base de datos del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE) publicados por la Fundación BBVA. Finalmente, la información referida a los consumos intermedios ha sido facilitada por la Secretaría de Estado de Economía de la Energía y de la PYME.

Estas series de stock de capital, cuya información desagregada solo está disponible hasta 1998, se han ajustado aplicando la metodología de Box-Jenkins (modelos ARIMA) y a partir de dichos modelos se ha obtenido, como valores de predicción, la información de los últimos años analizados.

5. Características productivas del sector energético español

Este apartado, siguiendo la estructura expositiva presentada en el epígrafe que resume la metodología de las funciones frontera, comprende dos partes claramente diferenciadas. En la primera de ellas se muestran la estimación no paramétrica que permite determinar el crecimiento productivo empleando la metodología denominada Análisis Envoltante de Datos (DEA). En una segunda parte se desarrolla la estimación de un modelo de producción de frontera estocástica a partir de un modelo de error compuesto que permite un análisis de los distintos niveles de eficiencia regional en este sector.

El sector energético en España se caracteriza por una insuficiente producción de energía que le hace depender del exterior; asimismo, a nivel interno se aprecia una concentrada estructura empresarial que le ha llevado, en los últimos años, a la adopción de medidas de reestructuración empresarial con la finalidad de mejorar la eficiencia global del sector. Las medidas adoptadas se han orientado con criterios de mayor racionalidad económica, políticas de liberalización y de regulación que, como después señalaremos, han mostrado sus efectos positivos sobre la actividad productiva.

El cálculo del índice de Malmquist aplicado al sector energético español revela comportamientos productivos y de eficiencia del sector que se pueden interpretar desde distintas ópticas con mayor o menor desagregación territorial y temporal. Dichos índices identifican crecimientos de productividad para valores superiores a la unidad mientras que si éstos son inferiores a uno revelan una pérdida de productividad. Este análisis se puede realizar desde una perspectiva espacial y temporal identificando en cada caso los distintos factores determinantes de la productividad total de los factores (PTF): cambio técnico (CT) y eficiencia técnica (ET).

Desde una perspectiva agregada se aprecia una tendencia general con crecimientos positivos tanto en la productividad total de los factores como en el factor de cambio técnico mientras que el término de eficiencia actúa como rémora al crecimiento en la mayor parte de los años. Estos crecimientos, entre 1986 y 2001, se cifran en un 3% de media para los avances técnicos y el 2,6% para las ganancias de productividad siendo bastante más acusados en la primera etapa en la que se alcanzan los mayores ritmos de crecimiento en el sector coincidiendo con las primeras regulaciones del sector y la fase de generalizada crisis económica que se desarrolla en España.; este ritmo de expansión se modera con los inicios de recuperación económica de mediados de los noventa.

Tabla 1: Eficiencia técnica, Cambio técnico y Productividad total de los factores para el agregado territorial en el sector Energía

Año	Eficiencia Técnica	Cambio Técnico	Productividad Total de los Factores
1986-1987	0,976	1,044	1,019
1987-1988	1,058	1,023	1,082
1988-1989	0,993	1,059	1,052
1989-1990	0,995	1,030	1,024
1990-1991	0,897	1,109	0,995
1991-1992	0,947	1,078	1,020
1992-1993	1,005	1,077	1,082
1993-1994	1,099	0,930	1,021
1994-1995	0,979	0,958	0,937
1995-1996	1,109	0,924	1,024
1996-1997	0,919	1,190	1,093
1997-1998	1,056	0,952	1,005
1998-1999	1,109	0,925	1,026
1999-2000	0,844	1,165	0,984
2000-2001	1,009	1,031	1,040
1986-2001	0,997	1,030	1,026
1986-1993	0,980	1,060	1,039
1994-2001	0,999	1,016	1,015

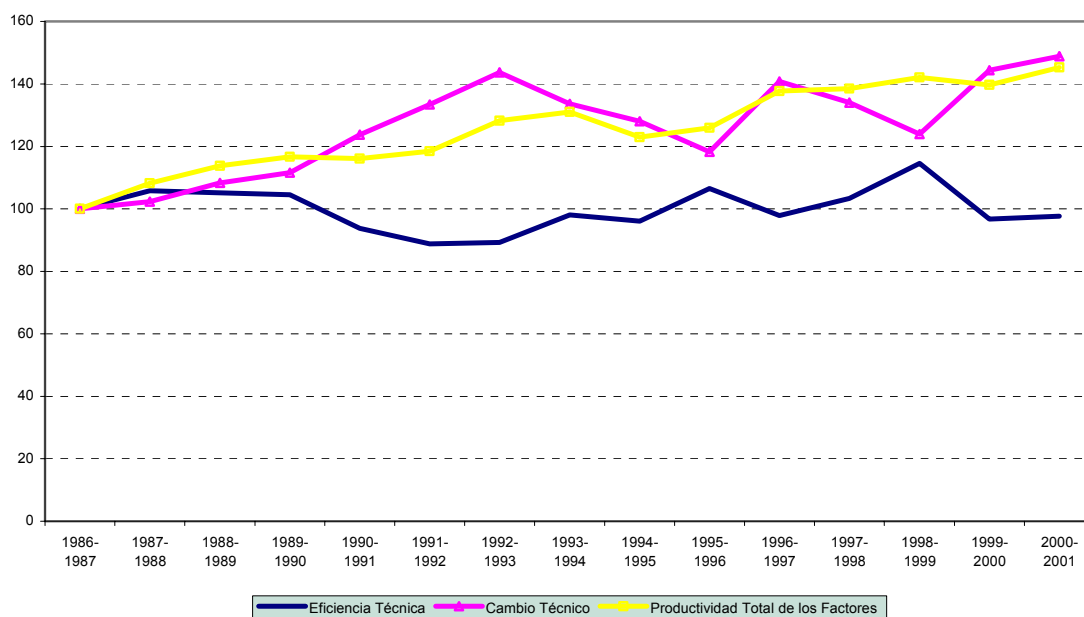
En cualquiera de los periodos incluidos en el análisis se aprecia cómo la ineficiencia técnica supone una limitación al crecimiento con índices anuales medios de eficiencia técnica que condicionan a la baja el crecimiento de la productividad total de los factores.

Detallando los comportamientos en cada uno de estas etapas es manifiesto el crecimiento del cambio técnico que consigue, a pesar de las pérdidas de eficiencia que se alcanzan, aumentos generalizados en la productividad total de los factores. Por su parte, durante los años de expansión económica no se aprecian unos patrones tan marcados si bien, aunque a tasas más moderadas la productividad continúa su ritmo de crecimiento.

Para el factor de eficiencia la evolución del crecimiento evidencia cómo los efectos regulatorios mejoran dicho crecimiento a partir de los primeros años de la década de los noventa.

Dichos patrones se reflejan gráficamente en la figura adjunta en la que se pone de manifiesto, a partir de comienzos de la década de los noventa, la tendencia alcista de la productividad y de la eficiencia que se acompaña en algunos momentos de avances técnicos también significativos.

Gráfico 2: Tendencias de crecimiento del agregado del sector eléctrico



El estudio territorial se ha realizado también desde una perspectiva agregada para el total de los años estudiados y, en el caso de la eficiencia detallando estos comportamientos de modo anualizado.

Otra de las posibilidades del índice de Malmquist se refleja en los resultados de la tabla adjunta en la que se registran los indicadores de eficiencia año a año para cada una de las autonomías. Estos resultados califican las regiones como eficientes, desde un punto de vista técnico, cuando los coeficientes obtenidos son iguales a la unidad. En caso contrario, para valores inferiores a uno, se identifican comportamientos ineficientes; es decir indican que en esas autonomías con las mismas cantidades de factores empleados, la producción obtenida, podría incrementarse puesto que así sucede en otras regiones.

La evolución de la actividad energética durante los últimos dieciséis años permite caracterizar las autonomías del País Vasco, Navarra, Galicia, Cataluña y La Rioja como regiones que muestran, en lo relativo a la producción energética, un comportamiento eficiente continuado a lo largo de cada uno los años. Junto a estas regiones, Asturias, Castilla La Mancha y Madrid se identifican como las autonomías más ineficientes con lo que se manifiesta que, actuando de un modo más eficiente, con las mismas cantidades de factores productivos se podrían alcanzar niveles de producción muy superiores a los logrados.

Tabla 2: Indicadores anuales de Eficiencia Técnica

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Andalucía	1	1	0,969	0,855	1	1	1	1
Aragón	0,568	0,49	0,518	0,52	0,595	0,617	0,619	0,639
Asturias	0,281	0,259	0,281	0,261	0,244	0,235	0,255	0,258
Baleares	1	0,983	0,917	0,958	1	1	0,958	0,94
Canarias	0,804	0,776	0,777	0,744	0,773	0,758	0,745	0,644
Cantabria	0,6	0,658	0,577	0,656	0,839	0,798	0,849	1
Castilla La Mancha	0,252	0,221	0,26	0,385	0,235	0,241	0,221	0,242
Castilla y León	0,62	0,702	0,693	0,789	0,733	0,723	0,713	0,532
Cataluña	1	1	1	1	1	1	1	1
Extremadura	1	1	1	1	0,58	0,62	0,587	0,54
Galicia	1	1	1	1	1	1	1	1
La Rioja	1	1	1	1	1	1	1	1
Madrid	0,301	0,28	0,29	0,267	0,321	0,309	0,26	0,278
Murcia	0,901	0,872	0,91	0,902	0,956	1	1	1
Navarra	1	1	1	1	1	1	1	1
País Vasco	1	1	1	1	1	1	1	1
C.Valenciana	0,702	0,63	0,702	0,749	0,697	0,706	0,691	0,688

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Andalucía	1	1	1	1	1	1	1	1
Aragón	0,543	0,532	0,532	0,53	0,484	0,646	0,611	0,751
Asturias	0,275	0,247	0,233	0,212	0,237	0,249	0,246	0,274
Baleares	1	1	1	1	1	1	1	0,898
Canarias	0,838	0,607	0,839	0,804	0,853	0,822	0,716	0,78
Cantabria	0,825	0,752	0,757	0,997	0,84	0,836	0,874	0,906
Castilla La Mancha	0,272	0,332	0,346	0,314	0,365	0,396	0,367	0,35
Castilla y León	0,663	0,893	0,89	0,693	0,747	0,782	0,758	0,796
Cataluña	1	1	1	1	1	1	1	1
Extremadura	1	1	0,74	0,6	0,72	0,863	0,745	0,644
Galicia	1	1	1	1	1	1	1	1

La Rioja	1	1	1	1	1	1	1	1
Madrid	0,282	0,303	0,387	0,365	0,433	0,404	0,33	0,358
Murcia	1	0,931	1	1	1	0,875	0,785	0,642
Navarra	1	1	1	1	1	1	1	1
País Vasco	1	1	1	1	1	1	1	1
C.Valenciana	0,728	0,479	0,406	0,395	0,411	0,337	0,331	0,447

Continuando con el análisis territorial, y considerando ahora el total del periodo, en lo relativo al factor de eficiencia se aprecia un comportamiento eficiente en bastantes de las regiones españolas pero en el que el peso de las ineficientes consigue que para el conjunto del periodo y del territorio nacional el saldo neto califique a este sector como ineficiente en su conjunto siendo Murcia la región que alcanza las más altas cuotas de ineficiencia con pérdidas del 4,1% anual de media.

En el estudio agregado para el conjunto de los dieciséis años analizados destacan el aumento de la productividad experimentado por las regiones españolas a excepción de Asturias, Comunidad Valenciana y La Rioja. No obstante esta *aparente* pérdida productiva debe ser matizada ya que estas regiones representan pautas de eficiencia que responden a distintos patrones. Por un lado cabe señalar La Rioja como autonomía con comportamientos eficientes en cada uno de los años si bien se aprecia una leve caída en su proceso de incorporación tecnológica (0,3% de media anual) que es el causante de la pérdida productiva. Por su parte en Asturias y la región Valenciana el factor responsable de la caída en productividad es el término de eficiencia técnica cuyas pérdidas son bastante significativas.

Tabla 3: Eficiencia técnica, Cambio técnico y Productividad total de los factores en el sector Energía. Desagregación territorial (1986-2001)

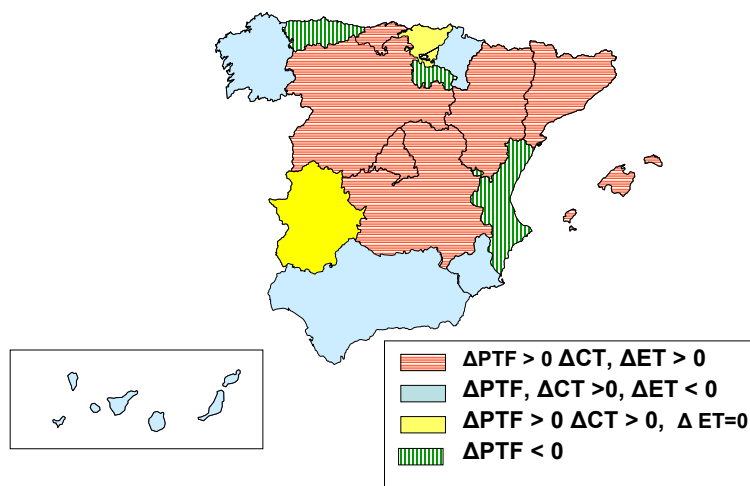
	Eficiencia Técnica	Cambio Técnico	Productividad Total de los Factores
Andalucía	0,996	1,033	1,030
Aragón	1,003	1,027	1,030
Asturias	0,970	1,027	0,996
Baleares	1,028	1,016	1,044
Canarias	0,997	1,026	1,023
Cantabria	1,023	1,038	1,062

Castilla La Mancha	1,018	1,031	1,050
Castilla y León	1,016	1,038	1,055
Cataluña	1,005	1,028	1,034
Extremadura	1,000	1,013	1,013
Galicia	0,977	1,055	1,031
La Rioja	1,000	0,997	0,997
Madrid	1,014	1,016	1,031
Murcia	0,969	1,043	1,011
Navarra	0,978	1,029	1,007
País Vasco	1,000	1,049	1,049
C.Valenciana	0,952	1,041	0,991
Media (1986-2001):	0,997	1,030	1,026

El análisis regional que se muestra en la tabla anterior referida a la descomposición de la productividad total de los factores para el conjunto del periodo y para cada una de las autonomías revela para el resto de las autonomías que el factor de eficiencia también actúa como rémora del crecimiento productivo; se advierten pérdidas de eficiencia en un amplio conjunto de autonomías y en las que existen ganancias éstas son mucho más moderadas que las experimentadas por el término de cambio técnico lo que matiza el crecimiento productivo regional del sector.

Igualmente en la tendencia general expansiva que manifiesta la productividad se aprecian distintos ritmos liderados por Cantabria y Castilla y León que duplican el crecimiento medio del 2,6%, si bien hay que destacar la existencia de un amplio núcleo de autonomías con crecimientos superiores a las del conjunto nacional (Andalucía, Aragón, Baleares, Cantabria, Castilla La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Galicia y País Vasco muestran crecimientos de productividad superiores a la media del sector)

Gráfico 3: Distribución territorial del comportamiento productivo



El análisis comparativo entre el primer y segundo periodo permite apreciar un mantenimiento en la ordenación de las regiones atendiendo a los crecimientos experimentados por la productividad total de los factores y el cambio técnico. Así la región de mayor ganancia productiva durante los primeros años, Galicia, continúa abanderando el incremento productivo en la segunda etapa y lo mismo ocurre, aunque desde una posición más moderada, con Castilla y León. Por su parte, las regiones de Asturias, Baleares Extremadura y La Rioja experimentan un escaso crecimiento en la productividad total de los factores tanto en un periodo como otro y que, por tanto, las consolida como las regiones de menor crecimiento productivo. No ocurre así con Madrid que experimenta un notable avance en la productividad total de los factores.

La expansión más significativa se produce en Aragón que, de ocupar el antepenúltimo lugar en una ordenación del incremento de productividad total de los factores durante el primer periodo, pasa a ocupar posiciones destacadas en el crecimiento productivo de la etapa 1994-2001 convirtiéndose en la segunda autonomía de mayor expansión.

El estudio del progreso técnico en este sector pone de manifiesto la existencia de un conjunto de autonomías en las que no se hace una apuesta clara por dicho factor de crecimiento productivo: Baleares, Extremadura, La Rioja y Madrid permanecen estancadas a lo largo de los dos periodos con los ritmos de ganancia productiva más bajos del conjunto de autonomías. No obstante, con respecto a la dinámica del conjunto nacional se aprecia un significativo avance de la comunidad riojana que reduce de forma significativa la distancia que la separaba de la autonomía de mayor progreso técnico. En el extremo opuesto Galicia lidera durante las dos etapas los mayores rendimientos en el cambio tecnológico.

Tabla 4: Ranking(*) territorial de Eficiencia técnica, Cambio técnico y Productividad total de los factores en el sector Energía (1986-1993 y 1994-2001)

	ET	CT	PTF	ET	CT	PTF
Andalucía	8	11	9	12	6	10
Aragón	16	6	15	1	13	2
Asturias	15	15	14	14	8	14
Baleares	12	12	13	7	15	11
Canarias	12	7	12	6	12	8
Cantabria	3	7	4	8	4	7
C. La Mancha	4	16	7	4	5	3
Castilla y León	8	4	5	5	7	5
Cataluña	7	5	6	13	11	12
Extremadura	11	13	11	15	15	16
Galicia	1	1	1	2	2	1
La Rioja	5	17	17	10	17	13
Madrid	10	13	10	3	14	4
Murcia	2	10	3	17	1	15
Navarra	17	9	16	9	9	9
País Vasco	5	3	2	10	2	6
C.Valenciana	14	1	7	16	10	17

(*) el indicador 1 identifica la posición de liderazgo.

Por su parte la Comunidad Valenciana invierte su posición relativa entre un periodo y otro abandonando una situación de importante crecimiento, fundamentalmente en lo que se refiere al factor de incorporación tecnológica, hacia otros emplazamientos más moderados en la clasificación. La tendencia contraria se registra en Murcia que pasa a liderar las ganancias de cambio técnico en la etapa de 1994-2001.

El crecimiento de la productividad total de los factores es menor durante los años de recuperación y expansión económica lo que permite a una amplia mayoría de regiones españolas reducir las distancias que las separaba de Galicia, región de mayor aumento productivo tanto en el primer como en el segundo periodo. Este comportamiento es difícil de calificar en cuanto que afecta a regiones con distintos ritmos de crecimiento productivo, no obstante algo que sí se puede destacar es el esfuerzo de algunas regiones para mejorar de forma significativa su posición relativa con respecto a la región más productiva. Este avance merece destacarse en el caso de Aragón, Navarra, La Rioja y Madrid.

Junto al análisis de los índices de Malmquist se ha realizado una estimación de la frontera estocástica de producción que permite obtener, a partir de los residuos del modelo, unos indicadores de los niveles de eficiencia regional de los que se pueden deducir patrones de comportamiento similares entre las distintas autonomías.

Dicho estudio se basa en un modelo teórico denominado de error compuesto que responde a la siguiente especificación de la función frontera estocástica bajo la siguiente formulación de función de producción de Cobb-Douglas,

$$\log Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \log L_{it} + \beta_2 \log K_{it} + \beta_3 \log E_{it} + \beta_4 t + (v_{it} - u_{it})$$

En esta ecuación el término que señala la variable dependiente Y_{it} recoge el Valor Añadido Bruto de la Comunidad Autónoma i en el año t ; por su parte, los factores productivos considerados son los inputs primarios capital y trabajo y los consumos energéticos que incorporan la información relativa a los consumos intermedios. Se añade además en la ecuación el componente tecnológico como indicador del progreso técnico. Finalmente se cierra el modelo incluyendo la perturbación aleatoria a través de un término de error compuesto que como es habitual en los modelos de frontera estocástica se representa como $(v_{it} - u_{it})$ donde el factor v_{it} es la perturbación aleatoria habitual en los modelos econométricos y u_{it} es una perturbación aleatoria no negativa que recoge la ineficiencia técnica de acuerdo a distintos parámetros de comportamiento.

Este modelo de producción se ha estimado bajo el supuesto de rendimientos constantes y no constantes de escala y se han comparado las ordenaciones de eficiencia obtenidas pudiendo concluir que, bajo los modelos seleccionados, dichas ordenaciones son

equivalentes ante uno y otro de los supuestos. La elección de la estructura final se ha realizado empleando métodos estadísticos basados en el contraste de razón de verosimilitud lo que lleva a elegir un modelo frontera particular en el que se aprecia una estructura de eficiencia que permanece constante en el tiempo y para la que se han estimado los siguientes resultados,

Tabla 5: Estimaciones^(*) de los parámetros en el modelo de frontera estocástica

Empleo	Energía	Capital	Progreso Técnico	Situación del truncamiento
0.1455 (0.000)	-0.0019 (0.933)	0.2235 (0.000)	0.0189 (0.000)	0
σ_u^2	σ_v^2	$\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$		
30.621	304.903	0.99573		

(*)Entre paréntesis se muestran las probabilidades del estadístico t de significación individual

De la estimación anterior se deduce que el parámetro relativo al progreso técnico es estadísticamente significativo en el periodo analizado (1986-2001) mostrando un avance tecnológico del 1,89% anual. Igualmente las elasticidades muestran una alta participación del capital en el proceso productivo, el producto incrementa un 22% ante variaciones del 1% en el factor capital; por su parte el incremento derivado del factor trabajo es más moderado alcanzando la cifra de 14,5%.

La segunda parte de la tabla muestra las estimaciones de las varianzas de los términos de error que resultados de la estimación en este sentido se estima la varianza tanto del término de eficiencia (σ_u^2) como del término de error (σ_v^2) lo que permite calcular la proporción del término de error compuesto del modelo que es explicado por dicho término de eficiencia; en este sentido se aprecia que el componente de eficiencia representa un elevado porcentaje del término de error compuesto, mientras que las fluctuaciones aleatorias que quedan fuera del control de la unidad de producción son prácticamente despreciables de lo que se deduce que una parte importante de las diferencias entre los niveles del producto de las distintas autonomías tienen su origen en la ineficiencia con que se desarrolla dicho proceso productivo.

Por tanto, estas diferencias productivas favorecen el que existan autonomías que con los mismos empleos de capital, trabajo y consumos intermedios obtengan distintos niveles de producción, lo que por otra parte favorece la tesis de que la estimación de funciones medias de producción, en lugar de las funciones frontera que aquí se están estimando, introduce sesgos en tanto que admiten que la totalidad del término de error es un elemento exógeno y fuera del control de las unidades de producción.

Junto con estas reflexiones la estimación de la frontera estocástica permite la estimación de un factor de eficiencia regional que cuantifica los niveles de eficiencia durante el conjunto del periodo analizado (1986-2001) y del que se deduce una ordenación territorial en términos de dicha eficiencia.

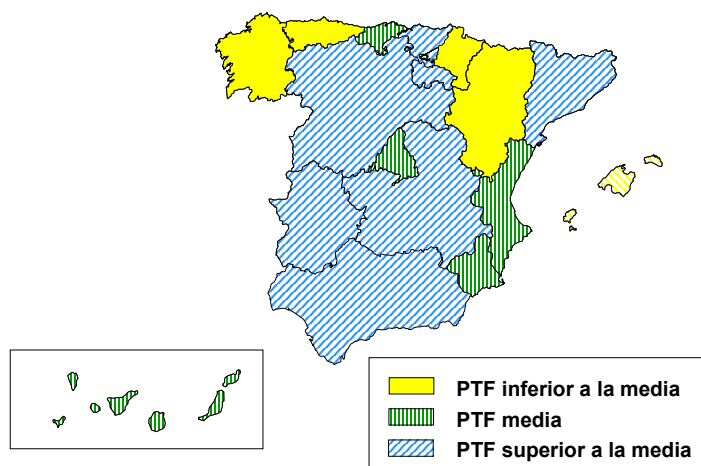
Tabla 6: Niveles de eficiencia regional en cada uno de los sectores contemplados en el análisis

Andalucía	Aragón	Asturias	Baleares	Canarias	Cantabria	C.La.Mancha	C. y León	Cataluña
0,9366	0,7777	0,8053	0,7312	0,8408	0,6257	0,8618	0,8805	0,94
Extremadura	Galicia	La Rioja	Madrid	Murcia	Navarra	País Vasco	C.Valenciana	
0,9027	0,5989	0,9895	0,8544	0,8591	0,657	0,9509	0,7944	

En conjunto se puede considerar un nivel elevado de eficiencia que se acompaña de una reducida disparidad regional, se aprecia que la región menos eficiente Galicia, con un patrón de eficiencia del 60%, no dista de modo significativo del nivel medio logrando una eficiencia muy superior a la media alcanzada por el conjunto regional.

Existen asimismo un amplio grupo de autonomías que se pueden identificar como muy eficientes en este sector, Andalucía, Cataluña, Extremadura, La Rioja y País Vasco lideran el comportamiento eficiente si bien junta a estas existen otro amplio grupo de regiones cuyo nivel de eficiencia supera también al nivel medio del sector.

Gráfico 4: Distribución territorial de los niveles de eficiencia



6. Conclusiones

Como cierre del trabajo se recogen las principales conclusiones en las que se destacan aspectos concretos de los resultados del análisis de productividad realizado. El primer aspecto que se debe realizar una reflexión es la problemática que se deriva al identificar los términos de productividad total de los factores, progreso técnico y eficiencia ya que si bien todos ellos hacen referencia al proceso productivo cada uno de ellos recoge aspectos concretos de dicho comportamiento por lo que se puede señalar que existe una grave incorrección al asimilarlos ya que se trata de términos que introducen características y matices que los hacen muy diferentes. En concreto, el factor de ineficiencia se muestra como una fuente alternativa y distinta del crecimiento de la productividad total de los factores, conclusión que se puede extraer tanto de la síntesis metodológica que se recoge en el apartado segundo del trabajo como de los resultados empíricos que revelan las características productivas del sector energético en España.

Acerca del comportamiento productivo del sector energético el análisis empírico revela la importancia del componente tecnológico sobre la evolución de la productividad total de los factores existiendo entre estas variables una correlación positiva mientras que el

factor de eficiencia se muestra como un componente que limita dicho crecimiento. Con carácter general se puede señalar que el proceso productivo de este sector actúa con patrones ineficientes tanto en el conjunto del periodo como en cada una de las dos etapas consideradas. Se puede concluir entonces que el componente tecnológico es un factor relevante y destacado en el análisis productivo mientras que el término de ineficiencia, como fuente alternativa de crecimiento que es, supone un freno a dicho crecimiento.

Desde una perspectiva territorial se pueden señalar diferentes patrones productivos; en conjunto se aprecia un crecimiento de la productividad total de los factores bastante generalizado si bien en dicha tendencia existen características diferenciales siendo el motor de dicho crecimiento en unos casos el término de eficiencia y en otros el progreso técnico.

En cuanto a los niveles de eficiencia se aprecia también una distribución territorial bastante homogénea logrando todas y cada una de las autonomías niveles de eficiencia superiores al 60% lo que hace que la diferencia entre las regiones líderes en eficiencia no disten en demasiada cuantía de las regiones calificadas como más ineficientes.

Bibliografía

1. Abramovitz, M. (1956): "Resources and output trend in the United States since 1870". *American Economic Review*, 46 (may).
2. Álvarez Pinilla, A. (Coordinador) (2001): *La medición de la eficiencia y la productividad*. Ed. Pirámide.
3. Battese, G.E., Coelli, T.J. (1992): "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India". *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp. 153-169.
4. Battese, G.E., Coelli, T.J. (1995): "A Model for Technical Inefficiency Effects in Stochastic Frontier Production Function for Panel Data" *Empirical Economics*, 20, pp.325-332.
5. Färell, M.J. (1957): "The Measurement of Productivity Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society (A general)*, 120, pp. 253-281.

6. García Delgado, J.L., Myro, R. y Martínez, J.A. (2001): *Lecciones de Economía Española*. Civitas Ediciones. Madrid.
7. Gumbau Albert, M., Maudos, J. (1996): “Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación frontera”. *Revista Española de Economía*, 13 (2), pp. 239-260.
8. Hispalink Proyecto de Modelización Regional Integrada. Varios años. Instituto de Predicción Económica L.R. Klein. Universidad Autónoma de Madrid. www.hispalink.org
9. Instituto Nacional de Estadística: *Directorio Central de Empresas DIRCE*, Madrid. Varios años. Disponible en la dirección electrónica: del Instituto www.ine.es.
10. Krugman, P. (1991): “*La era de las expectativas limitadas*”. Editorial Ariel, Barcelona.
11. Más, M., Pérez, F. y Uriel, E. (2003): “*El stock de capital en España y su distribución territorial (1964-2000)*”. Fundación BBVA. Bilbao.
12. Más, M., Maudos, J., Pérez, F., Uriel, E. (1994): “Disparidades regionales y convergencia en las Comunidades Autónomas”. *Revista de Economía Aplicada*, 4(II), pp. 129-148.
13. Maudos, J., Pastor, J.M., Serrano, L. (1998): “Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad”. *Revista Española de Economía*, 15 (2), pp. 235-264.
14. Muro, J. (1980): “*El cambio técnico como motor de la producción: Una aplicación a la agricultura española*” Universidad Complutense, Madrid.
15. Pedraja Chaparro, Francisco; Ramajo Hernández, J. y Salinas Jiménez, Javier (1999): “Eficiencia productiva del sector industrial: un análisis espacial y sectorial”. *Papeles de Economía Española*, 80, pp. 51-68.
16. Raymond, J.L. (1989): “Productividad de los factores y expansión del sector público en España”. Documento de Trabajo. Fundación Fondo para la Investigación Económica y Social, 40.

17. Secretaría de Estado de Economía de la Energía y de la Pyme. Dirección General de Política Energética y Minas “*Estadística de la Industria de energía eléctrica*” Varios años. De forma parcial esta información se encuentra en la dirección electrónica: <http://www.mineco.es/energia/>
18. Solow, R. M. (1957) “Technical change and the agrégate production function” *The Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312-320.