

LA SIMULACIÓN DEL EQUILIBRIO GENERAL COMO VÍA DE VALORACIÓN DE POLÍTICAS MEDIOAMBIENTALES EN EL SECTOR ELÉCTRICO CANARIO

La necesidad de reducir emisiones de CO₂, consecuencia del Protocolo de Kyoto, hace que la intervención estatal sea necesaria para forzar al mercado a asumir los costes sociales y medioambientales de la producción eléctrica actual. Una vía de acción es el uso de políticas que promuevan sistemas de producción más limpios: un mayor uso de energías renovables. Con el fin de minimizar el coste de cambio de sistema es conveniente un estudio ex-ante de las políticas aplicables. El alto coste que la insularidad repercute al sistema eléctrico convierte a las Islas en un escenario privilegiado para su estudio.

Beatriz Medina Warmburg

Kyoto Protocol's commitments call for CO₂ emission reducing measures. Governmental intervention can help the market to account the, actually ignored, social and environmental cost that the actual electricity generation system entails. One way to achieve CO₂ emission reductions is to apply clean production system policies, leading to increas the use of renewable energy sources. In order to minimize the cost of change of the electricity generation system an ex-ante analysis of applicable policies is convenient. The cost enhancing insularity makes islands a privileged analysis scenario for renewable energy applications.

PRESENTACIÓN

¿Cómo puede la intervención estatal en el mercado eléctrico canario colaborar a la consecución de los objetivos de Kyoto al menor coste y con la menor distorsión del mercado posible?

INTRODUCCIÓN

La ratificación por Rusia en Octubre de 2004 del Protocolo de Kyoto ha llevado a su entrada en vigor el 16 de Febrero de 2005. Para España, como miembro de la Comunidad Europea, firmante del mismo, los compromisos de Kyoto son ahora vinculantes. En dicho protocolo la Comunidad Europea se compromete a reducir, en el periodo 2008-2012, en un 8% sus emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a las emisiones de 1990. En la Decisión del Consejo 2002/358/CE, que ratifica el

Protocolo de Kyoto, se establecen además las cuotas a cumplir por cada uno de los miembros de la Comunidad. Dada la relación positiva entre desarrollo económico y nivel de emisiones, se ha permitido a los países más débiles de la Comunidad, incluso, elevar sus emisiones respecto al año base, conllevando un endurecimiento de las condiciones para los países cabeza de la Comunidad.

En este sentido se ha permitido a España un incremento de emisiones de un 15%. El problema radica en la inadecuada previsión e insuficiente actuación llevada a cabo por industria y gobierno desde que se firmó y posteriormente ratificó el Protocolo. Esto ha llevado a que España, dado su fuerte crecimiento económico, superara ya a principios de 2004 en más de un 38% las emisiones de 1990 (Cascaer, Gómez 2004). En consecuencia, los sectores industria-

La ratificación por Rusia en Octubre del 2004 del Protocolo de Kyoto ha llevado a su entrada en vigor el 16 de Febrero de 2005

Los sectores industriales afectados se ven ahora ante un tremendo dilema: tener que reducir drásticamente sus emisiones y salvaguardar su crecimiento y competitividad

les afectados se ven ahora ante un tremendo dilema: tener que reducir drásticamente sus emisiones y salvaguardar su crecimiento y competitividad.

Uno de los gases de efecto invernadero con mayor impacto, no tanto por su potencial de calentamiento relativo, sino por su inmenso nivel de emisiones, es el dióxido de carbono (CO₂). Sus emisiones proceden de reacciones químicas con componentes orgánicos, como es la combustión de productos fósiles. El sector eléctrico, gran emisor de este tipo de gases, productor de un producto genérico, como es la electricidad, tiene una amplia capacidad de reducción de emisiones. La utilización de fuentes de energías renovables es una vía de generación eléctrica que teóricamente podría llevar a un sistema con nivel de emisiones cero. En la práctica son múltiples los impedimentos de un sistema eléctrico basado 100% en energías limpias, tanto a nivel económico, como técnico.

El sector eléctrico, gran emisor de este tipo de gases, productor de un producto genérico, como es la electricidad, tiene una amplia capacidad de reducción de emisiones

El uso intensivo de energías renovables permite, no solo cumplir con los objetivos de reducción establecidos, sino que comporta la reducción de otros contaminantes con efectos negativos tanto a nivel local, como global, conllevando efectos sociales y medioambientales positivos. En general, los sistemas convencionales de generación eléctrica causan numerosas externalidades cuyos costes no son asumidos por los productores, sino por individuos particulares o la sociedad en general, ajenos a los procesos de producción y, por tanto, ajenos a los procesos de decisión sobre las tecnologías a ser empleadas en la generación eléctrica. En este entorno es donde la intervención estatal debe asumir una función correctora, llevando a que el contaminador pague y asuma como suyos dichos costes.

El sector eléctrico, dado su alta importancia estratégica, como motor

de desarrollo, fundamental para la economía del país y el bienestar social, ha estado siempre altamente regulado. La intervención estatal ha sido siempre notoria, existiendo en la actualidad un entramado de subvenciones e impuestos que han llegado a significar barreras a la introducción de energías renovables. Para conseguir alcanzar eficientemente los nuevos objetivos de intervención estatal, se hace necesario el estudio global del sistema de intervención y la interacción de las medidas existentes y a introducir.

El Protocolo de Kyoto reconoce que el diseño de la ruta de reducción de emisiones ha de seguir el principio de eficiencia económica. Las islas pueden contribuir en gran medida a su consecución. Su aislamiento como su escala, junto a una alta dependencia exterior, supone un alto coste para la economía local, especialmente en la generación eléctrica. En el caso de no estar conectados al sistema eléctrico continental, su sistema de generación independiente tiene notorios perjuicios económicos:

- La imposibilidad de aprovechar economías de escala conlleva que los costes de generación por kWh sean mayores.
- Los costes de inversión se ven triplicados con respecto al ámbito continental dado su aislamiento y limitados recursos, haciendo indispensable un alto nivel de importaciones, asociado a un alto coste de transporte (FED, 2000).
- La dependencia de productos fósiles importados conlleva, además, el riesgo de desabastecimiento, como un considerable drenaje de recursos.
- En pro de la seguridad de servicio tanto los sistemas de generación como de abastecimiento de inputs han de estar sobredimensionados.

· Suelen verse sujetos a regulaciones nacionales, que no se adaptan a las singularidades del sistema eléctrico insular, distorsionando el mercado.

Si además tenemos en cuenta que, a causa justamente de su aislamiento, las islas suelen ser base de sistemas ecológicos singulares, altamente sensibles, las externalidades de la generación eléctrica a partir de productos fósiles se ven incrementadas, conllevando el incremento del coste exógeno del sistema eléctrico.

El uso intensivo de energías renovables, recursos locales generalmente abundantes en islas (FED, 2000), reduce considerablemente muchos de los riesgos mencionados, teniendo una mucho mejor posición competitiva en el mercado insular que en el continental.

A todo lo anterior debemos añadir que la insularidad provoca una mayor interdependencia entre los distintos sectores económicos locales, así como relaciones exteriores más fácilmente identificables. Esto se ve agudizado en el sector eléctrico, sistema aislado, por lo que las islas se convierten en un territorio muy interesante para el estudio de políticas económicas sobre dicho sector y para analizar sus repercusiones, sus efectos sobre otros sectores y sobre las importaciones y exportaciones, sirviendo de laboratorio para el estudio de diferentes políticas económicas.

EQUILIBRIO GENERAL EN MIXED COMPLEMENTARY PROGRAMMING (MCP)

En modelos de equilibrio general, las familias obtienen ingresos a partir de ceder factores productivos a las empresas. Con estos ingresos las familias acuden al mercado de bienes para saciar sus necesidades. Las empresas, utilizando estos factores y los procesos productivos a su alcance, producen bienes que ofertan en el mercado. Pero, ¿cómo casan la

demanda y la oferta de los distintos bienes para alcanzar un equilibrio? ¿Cómo deciden las familias qué bienes comprar, a qué precios, qué factores productivos vender y a qué precio? ¿Cómo deciden las empresas qué factores productivos adquirir, qué procesos tecnológicos utilizar y qué productos fabricar? Un modelo de equilibrio general aplicado intenta dar respuesta a todas estas cuestiones, teniendo en cuenta todas las interacciones entre las decisiones de unos y de otros agentes. Esencialmente, calcula los precios que consiguen que los mercados estén en equilibrio.

Mediante la formulación MCP (*Mixed Complementary Programming*), partiendo de las tablas *input-output*, el modelo de equilibrio puede representarse como un sistema de ecuaciones no lineales con restricciones de desigualdad. Este tipo de modelos permite introducir los efectos que la intervención estatal tiene sobre los costes de producción que pueden llevar a la sustitución de tecnologías, en este caso de generación eléctrica. De esta forma, nuevas tecnologías poco o no empleadas podrían, en la nueva situación de mercado, ser económicamente interesantes, llegando a sustituir a las tecnologías utilizadas hasta este momento.

EL MERCADO ELÉCTRICO CANARIO

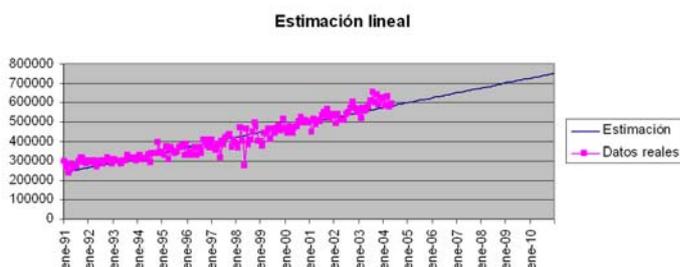
La Demanda:

Controlar el crecimiento de la demanda es fundamental. En el periodo 1991-2001 su incremento medio anual ha sido de 6,2% (ISTAC, 2004), siendo la media española y europea un 4 y un 1%, respectivamente (Reich, 2002). De seguir esa tendencia, de 2003 a 2012, el incremento respecto de la demanda actual sería de un 72%. Sólo controlando la demanda los efectos de políticas de promoción de energías renovables pueden llevar a la sustitución de tecnologías existentes y no sólo a cubrir el incremento de ésta.

El Protocolo de Kyoto reconoce que el diseño de la ruta de reducción de emisiones ha de seguir el principio de eficiencia económica

Los modelos MCP permiten introducir los efectos que la intervención estatal tiene sobre los costes de producción que pueden llevar a la sustitución de tecnologías, en este caso de generación eléctrica

Como parte de este mayor crecimiento radica en la aún baja intensidad eléctrica canaria, políticas encaminadas a la adquisición de elementos eléctricos más eficientes deberían llevar a mayores resultados, a menor coste que a nivel peninsular, donde se supone una mayor necesidad de sustitución de elementos útiles que de su nueva adquisición.



Gráfica 1. Crecimiento del consumo eléctrico en Canarias. Fuente: ISTAC

Controlar el crecimiento de la demanda es fundamental

Primordial es también la incorporación del consumidor en el proceso de cambio, pues es éste el que finalmente decide que producto adquiere. Campañas de concienciación han de llevar a modificar la escala de valores del individuo, modificar su apreciación del objeto a ser adquirido, convirtiéndole en menos sensible al precio, valorando económicamente aspectos no monetarios como el impacto medioambiental del bien en cuestión. En muchos casos basta con cambiar la apreciación temporal del gasto, pues gran parte de las medidas de incremento de eficiencia resultan más económicas, si se considera la vida útil del producto. Es el menor coste de adquisición el que lleva al consumidor a adquirir el bien de menor eficiencia energética.

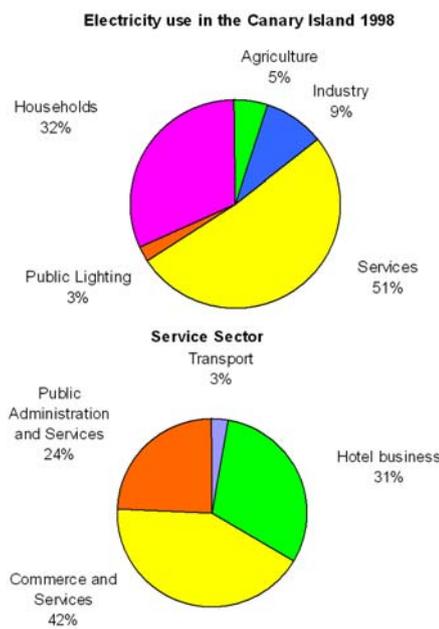
De más compleja solución es el control del efecto que el incremento poblacional está teniendo sobre la demanda.

Tecnologías y fuentes de energía:

Las tecnologías de generación eléctrica se pueden clasificar en función de la energía primaria que convierten en energía eléctrica,

agrupadas en función de la perdurabilidad de su tipo de fuentes en renovables y no renovables. No son tanto las tecnologías empleadas las que definen el carácter limpio o no de la electricidad generada, sino la energía primaria utilizada, pues en el caso de utilizar biomasa la tecnología no varía significativamente de aplicaciones para materiales fósiles.

El interés de transformar toda energía primaria en energía eléctrica estriba en la versatilidad de su uso, en ser un producto limpio y fácilmente transportable. En los procesos de transformación de la energía primaria a la energía eléctrica, la energía puede pasar por varias formas que pueden ser utilizadas directamente para cubrir necesidades energéticas. En toda transformación, como expresa la segunda ley de termodinámica, se sufren "pérdidas de energía": parte de la energía se convierte en energía no útil, como calor de baja intensidad. Es por ello que, cuanto menor sea el número de transformaciones necesarias para cubrir una cierta necesidad, mayor será la eficiencia final obtenida, o lo que es lo mismo, para cubrir esa necesidad es necesario menos energía primaria.



Gráfica 2. Segmentación del consumo eléctrico canario según el usuario final

Consecuentemente, otro nivel de acción en pro de reducir el nivel de emisiones es minimizar el número de transformaciones necesarias para cubrir todo uso energético.

En Canarias la generación eléctrica convencional se basa en la utilización de fuel, combustionado mediante diversas tecnologías, coloquialmente conocidas como vapor, diesel y gas. El orden seguido refleja la disminución de la eficiencia económica y de conversión energética, así como el incremento de su velocidad de respuesta a variaciones temporales de la demanda e impacto medioambiental por kWh producido. En la actualidad se está introduciendo un nuevo proceso: ciclo combinado. Incorpora turbinas de gas en línea con la tecnología de vapor, aprovechando tanto el calor contenido en sus gases de escape, como materia no totalmente combustionada del primer proceso en el segundo. Gracias a ello, la eficiencia total se ve incrementada. Esta tecnología, a su vez, facilita la introducción de un nuevo material fósil como es el gas natural, que permite una combustión más limpia.

Generalmente, las energías renovables se clasifican según su fuente primaria en eólica, hidráulica fluvial o marina, solar (PV o térmica), geotérmica o biomasa. El mayor problema de un mayor uso de energías renovables radica en la intermitencia de muchas de estas fuentes. Esto requiere o bien del apoyo de la producción convencional o de alguna forma de almacenamiento de energía, que sirva de herramienta para casar la producción con la demanda en cada momento. A la hora de analizar el potencial de cada una de las fuentes hay que diferenciar entre potencial teórico, técnico y económico. Si bien teóricamente existe un potencial de energía oceánica en las islas, dado el desarrollo técnico actual de explotación de este tipo de energías, en fase experimental mayoritariamen-

te, su explotación técnica se ve considerablemente reducida. Si además tenemos en cuenta los costes en que se incurren para su explotación, su potencial económico puede llegar a ser nulo. En este sentido políticas encaminadas a I+D conllevarían un incremento del potencial técnico y económico futuro, conllevando generalmente otros beneficios sociales, como la creación de puestos de trabajo cualificados y propiedad intelectual. Las Islas Canarias gozan de un alto potencial de energías renovables sobre todo gracias a su alto potencial de energía eólica, pero también solar, dos fuentes altamente intermitentes. La diferencia en la explotabilidad de ambas fuentes radica principalmente en el coste de sus tecnologías. Mientras los costes de las turbinas eólicas han descendido paulatinamente hasta convertirla en competitivas, los altos costes de las alternativas solares de generación eléctrica requieren especial apoyo. Si bien, en las islas hay un potencial teórico y técnico de biomasa, su previsible alto coste de recolección dada la orografía insular, así como el alto coste del agua que restringe la opción de cultivos energéticos, convierte a la biomasa, a gran escala, en económicamente inviable. La necesidad de asegurar un suministro suficiente y estable requeriría el apoyo de importaciones de biomasa, perdiéndose la posibilidad de autosuficiencia energética y dependiendo, al igual que con el petróleo, de la evolución mundial del precio de la energía primaria. Respecto a la energía geotérmica, para que una planta geotérmica sea actualmente viable es necesaria una alta entalpía (>180°C), así como una producción mínima de 10-12 MW (Bicudo, Martins, 2003). Si bien estas condiciones podrían darse en Lanzarote y La Palma la clasificación de zonas protegidas de las áreas en cuestión condiciona su explotabilidad. En cuanto a la energía hidráulica, a parte de la pequeña explotación existente en la isla de La Palma, su explotación sólo es previsible como

El interés de transformar toda energía primaria en energía eléctrica estriba en la versatilidad de su uso, en ser un producto limpio y fácilmente transportable

forma de almacenamiento de energía, como se ha planteado para la isla de El Hierro en su proyecto de 100% RES.

La obligación, establecida por ley, del mercado eléctrico español de adquirir toda energía renovable producida podría llegar a crear problemas tanto técnicos como económicos, si fuentes de energía renovables intermitentes llegan a alcanzar un cierto nivel de penetración. A nivel técnico es necesario establecer el límite máximo de penetración de cada energía renovable, en función de su intermitencia, asegurando la estabilidad del sistema. A nivel económico el problema surgiría en el momento en que la producción renovable superase estos límites, pues implicaría un coste innecesario al sistema al desaprovecharse la energía generada y pagada.

Mercado nacional - canario:

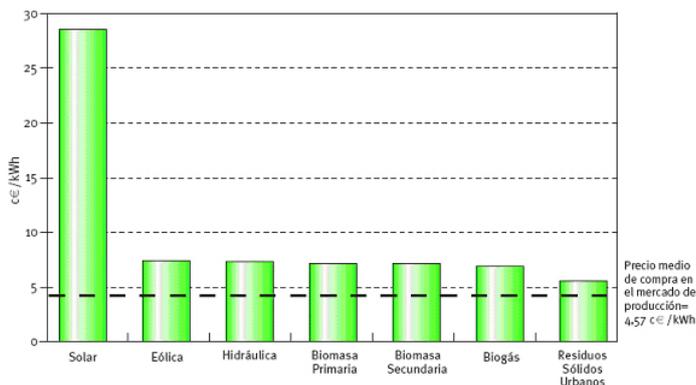
El mercado eléctrico canario está subrogado al sistema eléctrico nacional, pero incorporando soluciones a la idiosincrasia de las islas. En síntesis, existen dos regímenes diferentes para los productores, el general y el régimen especial para productores de energías alternativas. El proceso de decisión del productor eléctrico a partir de energías no renovables se basa en la minimización de costes de producción. Dado que el coste de producción es mayor que a nivel peninsular, tanto

mayor cuanto menor sea la isla en cuestión, el productor es compensado a año vencido, por el diferencial entre su coste de producción y el precio eléctrico resultante en el mercado eléctrico nacional. Esta cuantía es conocida como compensación extrapeninsular. El productor de energía renovable, a efectos reales, obtiene el precio medio del mercado eléctrico español del año anterior, incrementado en una prima en función de la fuente específica de energía. La gráfica 3 refleja los precios aplicados en 2002. El precio de la electricidad al consumidor viene establecido a nivel nacional, incorporando el precio de generación eléctrica más los costes del sistema eléctrico, que incluye entre otros el coste añadido de la producción por energías renovables y el coste añadido de la generación insular. Como resultado, el precio se ve afectado tanto por el crecimiento del mercado de energías renovables, como por variaciones en el coste de producción insular.

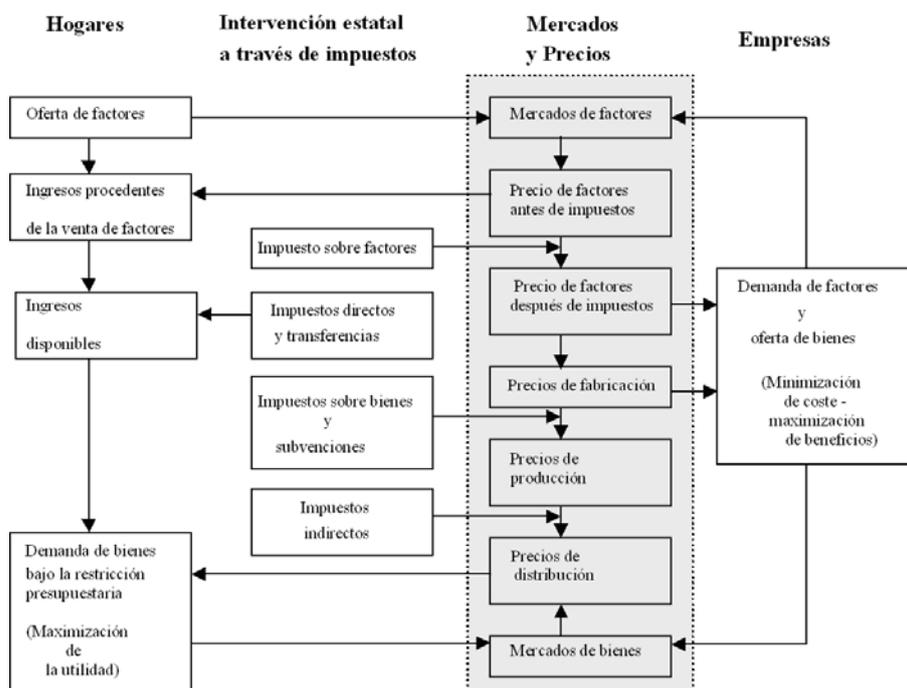
Políticas:

Uno de los instrumentos de intervención estatal más utilizados ha sido la política fiscal. La gráfica 4 refleja los distintos puntos de intervención posibles. En función del mercado en el que se aplique el impuesto sus resultados sobre la reducción de emisiones serán distintos, pues afectarán a distintos actores y sus decisiones particulares. Actualmente, también existen alternativas de políticas económicas intrínsecas a la reducción de emisiones:

- Impuestos sobre emisiones: El impuesto se impone sobre este *output* no tenido en cuenta en el mercado actual. Al imponerle un coste a estas emisiones, se consigue su incorporación al proceso de toma de decisiones de la empresa. Dado que el nivel de emisiones está relacionado con la eficiencia de conversión energética de las tecnologías empleadas es previsible que agudi-



Gráfica 3. Precios del mercado eléctrico español para las energías renovables en 2002 Fuente: IDAE (2004)



Gráfica 4. Estructura básica del modelo de equilibrio (Böhringer 1996, S. 36)

ce los elevados costes de producción de las islas menores, más dependientes de tecnologías menos eficientes. En consecuencia, este impuesto favorecerá la mayor introducción de energías renovables en estos sistemas.

- **Licencias de emisión:** El límite de emisiones que este tipo de licencias temporales permite a cada empresa, provoca que incrementos de demanda tengan que ser cubiertos mediante tecnologías no contaminantes. La progresiva reducción del volumen de emisiones que permiten las licencias provoca que las inversiones del sector se encaminen a tecnologías renovables o reductoras de emisiones. Por la necesidad de cubrir sus emisiones por parte de los productores convencionales, nace un mercado de licencias de emisión entre los que se han decidido por cambiar sus sistemas de generación, reduciendo sus emisiones y los que continúan emitiendo lo mismo. De esta forma, al ser decisiones de mercado las que rigen el cambio, se consigue minimizar el coste de cambio para la industria generadora.

- **Certificados verdes:** En este caso se establece por ley bien el porcentaje de energía limpia que debe ser consumida por el consumidor final o bien el porcentaje de energía limpia que debe ser administrada por cada generador. En el primer caso, se crea un mercado de certificados entre productor de renovables y el distribuidor eléctrico que ha de abastecer a sus clientes con este porcentaje. En el segundo caso se crea un mercado de certificados entre productores de energías limpias y productores de energías emisoras. La diferencia sustancial con la licencia de emisión, es que los certificados verdes promueven un incremento de la producción de energías renovables, mientras que con la licencia se fomenta a su vez medidas de eficiencia en la generación convencional.

Un aspecto a tener en cuenta es el destino de los ingresos obtenidos mediante estos instrumentos. Estos ingresos pueden ser adjudicados al sector público en general, al sector sanitario y/o medioambiental público o ser repercutido al sector energético mediante otros instrumentos eco-

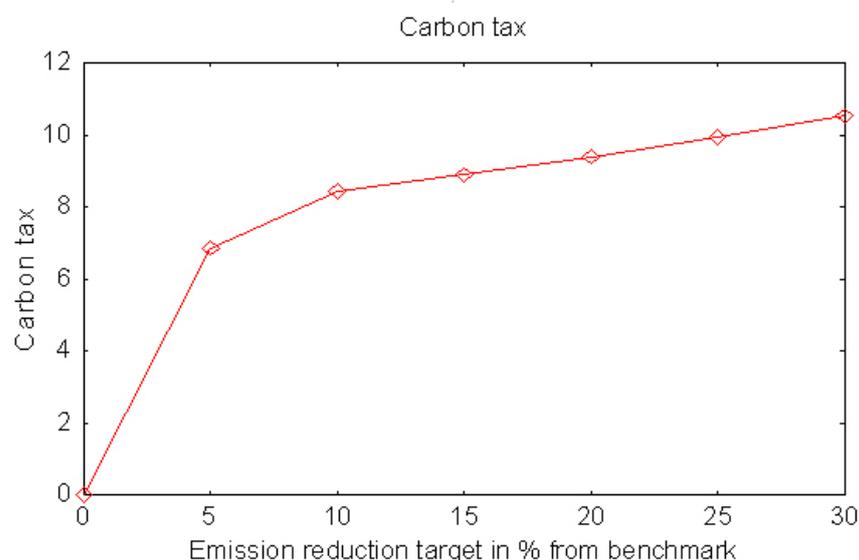
nómicos, como subvenciones de capital o de interés a inversiones en energías renovables.

MCP - MODELO CANARIO

El proyecto pretende la elaboración de un modelo de equilibrio general aplicado de la economía canaria poniendo especial énfasis en el sector de generación eléctrica con el fin de analizar políticas económicas sobre el sector que reduzcan las emisiones de CO₂, utilizando como base el modelo del Dr Christoph Böhringer (*Dep. of Environmental and Resource Economics ZEW, Mannheim*)

agrícola, de servicios e industrial. El sector eléctrico será considerado inicialmente como un mercado único, procediéndose luego a la creación de 6 mercados insulares independientes entre sí. Dado el tendido eléctrico existente entre las islas de Fuerteventura y Lanzarote se considera un único mercado para ambas. Las limitaciones de trasvase eléctrico de esta conexión son ignoradas, suponiendo que serán resueltas en algún momento.

Cada oferta, esté aglomerada o fragmentada, está formada por la producción renovable y



Gráfica 5. Decreciente del efecto reductor de emisiones a tasas impositivas crecientes

Las fluctuaciones existentes en la demanda requieren, tanto por razones técnicas, como económicas, la utilización de una combinación de tecnologías

presentado en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en Diciembre de 2002 durante el *Workshop* sobre "Economic Modeling - Energy Policy Analysis". Al tratarse de un modelo de simulación, dada la complejidad del mundo real, es conveniente proceder a la adaptación de un modelo genérico a un modelo progresivamente más real. Inicialmente se parte de un modelo con un producto eléctrico y un producto agregado, que representa el resto de la economía. Posteriormente se diversifica este último en tres sectores:

no renovable. En esta última, las plantas convencionales utilizan hasta tres tecnologías de generación diferentes. Esto es consecuencia, principalmente, de las fluctuaciones existentes en la demanda, que requieren, tanto por razones técnicas, como económicas, la utilización de una combinación de tecnologías. Lo cierto es que cada una de estas tecnologías está vinculada a diferentes niveles de eficiencias de conversión de energía primaria en energía final, del producto petrolífero a electricidad. En consecuencia, el consumo de fuel por kWh y,

consiguientemente, el nivel de emisiones de CO₂, es distinto para cada tecnología. La introducción de producción fragmentada por tecnologías en el modelo estará limitada a la obtención de datos de producción según tecnologías, haciéndose necesario en todo caso ignorar los efectos que la fluctuación de la demanda tiene sobre el tipo de producción. En cuanto al ciclo combinado se entiende como una nueva tecnología a ser introducida, dada su reciente introducción. Su introducción conlleva la posibilidad de sustitución de inputs entre el fuel utilizado actualmente y el gas natural, más caro, pero más eficiente en relación con las emisiones, creando un nuevo mercado de inputs. En cuanto a las energías renovables, su sector es un mercado joven y en crecimiento. Los costes de ciertas aplicaciones se hallan en una fase significativamente decreciente. Otras muchas aún están en fase de investigación y desarrollo, por lo que sus costes son muy altos y difícilmente generalizables. Dado que en el caso de obtenerse costes vinculados a estas tecnologías, estos no tienen en cuenta el coste añadido de la insularidad se ha optado por obtener información de origen de las empresas generadoras locales para las energías en explotación. Para las restantes, no queda otra opción que recurrir a información genérica. La biomasa ha sido descartada por la complejidad de introducir importaciones de un mercado mundial aún en desarrollo. La energía geotérmica y marina quedan a su vez descartadas dada la inexistencia de potencial para la primera y su alto coste para la segunda. La energía hidráulica tiene su mayor potencial en su función de almacenamiento de energía. Al introducir el almacenamiento

energético en el modelo se eliminan barreras técnicas a una mayor explotación de energías renovables intermitentes. Si bien su uso implica un coste añadido en inversión, así como por pérdidas de eficiencia energética, a cambio se obtiene la posibilidad de una mayor reducción de emisiones y los restantes perjuicios del sistema de generación actual. El modelo estará por tanto sustentado en la explotación de energía eólica y solar (fotovoltaica). El alto coste de la energía solar fotovoltaica no hace previsible que un alto grado de penetración de la misma. En cuanto a la eólica actualmente existe un límite legal del 12% según el PECAN (Gobierno de Canarias, 2002) aunque basándose en un estudio de la ULPGC (*European Comission*, 2003), dada la relativa constancia de los vientos a nivel canario, la penetración podría alcanzar hasta un 30% sin de-sestabilizar el sistema eléctrico. Ambas posibilidades serán estudiadas.

Dada la necesidad de satisfacer la demanda existente en cada uno de los mercados, teniendo en cuenta el sistema actual de generación, es lógico que el coste de producción de las islas menores sea más elevado y por consiguiente, las alternativas renovables se hallen en éstas en una posición más ventajosa. En consecuencia, hay que prever una mayor o más rápida penetración de energías renovables en las islas menores.

La mayor limitación a los resultados del modelo estará vinculada a la calidad de la información empleada. Los costes reales de producción de las distintas tecnologías a nivel de cada subsistema insular, así como la información desglosada de los costes de producción

Al introducir el almacenamiento energético en el modelo se eliminan barreras técnicas a una mayor explotación de energías renovables intermitentes

Hay que prever una mayor o más rápida penetración de energías renovables en las islas menores

para las distintas tecnologías tradicional de explotación son difíciles de conseguir. En un intento de minimizar estos efectos se ha optado por esperar a la próxima publicación de las nuevas tablas input-output canarias. La antigüedad y baja representatividad respecto al sector de energías renovables de las tablas del año 92, como la consiguiente complejidad de su actualización, desaconsejan su uso.

BIOGRAFÍA

BEATRIZ MEDINA WARMBURG

De educación bilingüe cursa el primer año de Ingeniería Superior de Telecomunicaciones y Electrónica en la Universidad Técnica de Munich, Alemania. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), especialidad de Finanzas. Prosigue sus estudios realizando los cursos de Doctorado de Economía en la ULPGC. Obtiene el título de Master en Economía por la ULPGC tras defender la tesina: "Modelos de Equilibrio General Aplicado: Análisis de actividades en el Sector Eléctrico". Ha obtenido recientemente el título de "Master in Environmental Management and Policy" del Internacional Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), Universidad de Lund, Suecia, tras defender en enero del 2006 su tesina: "Sustainable Energy for Islands: Opportunities versus Constraints of 100% Renewable Energy Systems".

E-mail: bmw@economistas.org

GLOSARIO

CO₂: Dióxido de Carbono

Electricidad "verde": electricidad generada a partir de energías primarias y tecnologías consideradas como no contaminantes/no emisoras de gases de efecto invernadero.

Entalpía: Capacidad calorífica a presión y volumen constante

I&D: Investigación y Desarrollo

kWh: Kilovatio hora

MCP: *Mixed Complementary Programming*

MW: Megavatio

PV: Fotovoltáica

RES: *Renewable energy sources* - Fuentes de energías renovables

PECAN: Plan Energético de Canarias

BIBLIOGRAFÍA

Bicudo da Ponte, C.A., Martins Cabeças, R. P., SOGEO (2003): *Aproveitamento de recursos geotérmicos para a produção de electricidade de nos Açores*. Entregado por Electricidade dos Açores [EDA].

Böhringer, C., (1998), "The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modelling", *Energy Economics* 20 (1998) 233-248.

Böhringer, C., (2002), "Sustainable impact analysis: the use of computable general equilibrium models".

Boyle, Godfrey (2004). "Renewable Energy: Power for a Sustainable Future". Oxford: Oxford University Press.

Calero, R., Carta, J.A. (2004) "Action plan for wind energy development in the Canary Islands" *Energy Policy*, 32, 1185-1197.

Carcar, S., Gómez, C. (2004): Atrapados en los compromisos de Kioto. Madrid, EL PAIS, 8 de Febrero del 2004.

Consell Insular de Menorca, INSULA (1997). 1º European Conference on Sustainable Island Development: *Agreements - Minorca Commitments - European Island Agenda*. [Online] Available: <http://www.insula.org/publicpdf.htm> [2004, 25 May].

Commission Communication Com (97) 599 *final Energy for the Future: Renewable Sources of Energy - White Paper for a Community Strategy and Action Plan*.

European Commission, DG Tren, Contract N°: NNE5-2001-00950:100%RES-EI Hierro (2003). *Basic design of the system (wind hidro power station)* Handed out by Instituto Tecnológico de Canarias [Canary Islands Technological Institute].

European Commission (2003) *Intelligent Energy for Europe program 2003-2006* [Online] Available: http://europa.eu.int/comm/energy/intelligent/call_for_proposal_2003/doc/eie_detailed_description_of_key_actions_vs_1_dec03.doc [2004, September 18].

Ferris, M.C., Meerans, A., Rutherford, T.F., (1985), "Computing wardropian equilibria in a complementarity framework".

Ferris, M.C., Pang, J.S., (1995), *Engineering and economics applications of complementarity problems*, Department of Economics, University of Colorado.

Forum for Energy and Development [FED] (2000): *Renewable Energy on Small Islands - Second Edition*. http://www.re-islands.org/documents/re_second_edit.pdf.

Gobierno de Canarias (2002) "PECAN: Plan Energético de Canarias" [Online]. Available: <http://www.gobiernodecanarias.org/industria/> [2004, May 25].

Hache, Jean-Didier (2000). *The European Islands and their Governance: from The Nation States to The European Union*. *International Journal of Island Affairs*, Issue 9, 1, 13-20. [Online] Available: <http://www.insula.org/listjournals.htm> [2004, May 28].

Island 2010 Initiative (1999): *European Island RES Agenda*: <http://www.islandsonline.org/island2010/PDF/EI%20RES%20Agenda.pdf>.

Instituto Canario de Estadística (ISTAC) [Canary Islands' Statistical Institute] (2004). [Online]. Available: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/> [2004].

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la

Energía [IDAE] (2003) Boletín IDAE nº5 <http://www.idae.es>.

Intragilator, M. D. Mathematical Optimization and Economic Theory.

Mathiesen, L., (1977), *Marginal cost pricing in a linear programming model: a case with constraints on dual variables*, Scandinavian Journal of Economics.

Ministerio de Economía Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre la producción eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.

Ministerio de Economía Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para a actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Reich, D. (2002): *Handbook of Renewable Energies in the European Union*, Frankfurt am Main: Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Riera, P. (2001) Política económica ambiental. Economistas

Rutherford, T.F., (1995), *Extensions of Gams for complementarity problems arising in applied economics*, Journal of Economic Dynamics and Control 19, 1299-1324.

Rutherford, T.F., (2000), *Compensated own- and cross-price demand elasticities for separable nested CES Technologies*, Department of Economics, University of Colorado.

Secretariat ECSID (1997). *European Island Agenda*. 1º European Conference on Sustainable Island Development, Consell Insular de Menorca, INSULA, May 1997, 53-58. [Online] Available: <http://www.insula.org/publicpdf.htm> [2004, May 25].

Ter-Gazarian, A. (1994). *Energy storage for power systems*. London: Peter Peregrinus.

United Nations Development Programme, United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Energy Council (2000). *Energy and the challenge of sustainability. World Energy Assessment*. Washington D.C.: Communications Development Incorporated.

Patrocinador de esta investigación:

LA CAJA DE CANARIAS