

**Análisis económico de los costos  
externos ambientales de la  
generación de energía eléctrica**

Gonzalo Delacámara  
Diego Azqueta



NACIONES UNIDAS

**CEPAL**

**gtz**

Documento de proyecto

# Análisis económico de los costos externos ambientales de la generación de energía eléctrica

Gonzalo Delacámara  
Diego Azqueta



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

gtz

Esta investigación se ha desarrollado en el contexto del Programa de Cooperación entre el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ), a través de su agencia de cooperación Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) y la CEPAL, llamado "Modernización del Estado, desarrollo productivo y uso sostenible de recursos naturales", N° de proyecto: 2003.2179.4, ejecutado conjuntamente por la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, y la División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Ha sido realizado por el consultor Gonzalo Delacámara, profesor, investigador y Coordinador del Grupo de Economía Ambiental del Departamento de Fundamentos de Economía e Historia Económica de la Universidad de Alcalá (Madrid, España). Se concibe no como un documento individual sino como parte de una línea de investigación más amplia, cuya continuidad se hizo efectiva con la contribución previa de Diego Azqueta, catedrático, investigador y Director del Grupo de Economía Ambiental anteriormente mencionado.

Este trabajo ha sido revisado y supervisado por Hugo Altomonte, Jefe de la Unidad de Recursos Naturales y Energía de la División de Recursos Naturales e Infraestructuras y por José Javier Gómez, Oficial de Asuntos Económicos de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Los autores agradecen los comentarios de Joseluis Samaniego y Carlos de Miguel, Director y Oficial de Asuntos Económicos, respectivamente, de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL. Asimismo, los autores agradecen la valiosa contribución de Carlos Mario Gómez, profesor e investigador del Departamento de Fundamentos de Economía e Historia Económica de la Universidad de Alcalá.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen a las instituciones involucradas.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/W.115

Copyright © Naciones Unidas, febrero de 2007. Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N. Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

# Índice

<b>Resumen</b> .....	5
<b>I. Introducción</b> .....	9
A. La generación de energía eléctrica: producción de bienes y males .....	9
B. El análisis económico de los costos externos ambientales de la generación de energía eléctrica .....	11
C. Síntesis de la metodología .....	12
<b>II. El valor de las externalidades como insumo para la planificación energética (sostenible)</b> .....	15
A. La disponibilidad de recursos energéticos y la dependencia energética .....	16
B. Las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia de la producción y consumo de energía .....	18
C. La transición del modelo energético.....	19
D. La escasez económica: el papel de los precios del petróleo .....	21
E. Síntesis del contexto .....	27
<b>III. Aspectos conceptuales del análisis económico de costos externos ambientales</b> .....	29
A. El bienestar como anclaje de la reflexión .....	29
B. El marco de análisis.....	33
C. La dimensión espacio-temporal de los impactos.....	38
<b>IV. El modelo simplificado de dispersión</b> .....	45
A. La necesidad de considerar la ruta completa del impacto .....	45
B. Un requisito básico de información: un modelo de dispersión de contaminantes ..	47
C. El modelo del mundo uniforme.....	49
D. Calibrado del modelo de análisis para España .....	52
<b>V. Resultados por categoría de impacto</b> .....	61
A. Las funciones exposición-respuesta: el nexo entre inmisiones y daños .....	61
B. Aumento de las tasas de morbilidad y mortalidad prematura de humanos .....	63
C. Pérdida de cosechas y productividad agrícola.....	67
D. Daños sobre materiales.....	71
E. Daños a ecosistemas: pérdidas de servicios ecológicos .....	72
F. Impactos asociados a categorías globales .....	76

---

<b>VI. Discusión y conclusiones: la conmensurabilidad de resultados por tecnología de generación eléctrica .....</b>	<b>85</b>
<b>VII. Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
A. Los recursos naturales en el crecimiento económico .....	93
B. El papel de la energía.....	94
C. ¿Por qué fomentar el uso de fuentes renovables de energía? .....	97
D. La lenta penetración (en el mercado) de las energías renovables .....	100
<b>Bibliografía .....</b>	<b>103</b>

## Resumen

### El consumo tendencial de energía

Todas las previsiones indican que la demanda de energía primaria crecerá intensamente, como ya ha venido haciendo en los últimos años. Lo hará igualmente, si bien a un ritmo algo menor, la demanda de energía eléctrica. Todo sugiere que la mayor parte de ese incremento se cubrirá con combustibles fósiles lo que, al mismo tiempo, ocasiona un aumento relevante de las emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad se sabe que el confort, basado en el uso intensivo de combustibles fósiles, tiene un precio: las consecuencias asociadas al calentamiento global. De hecho, éste sería suficiente para justificar una modificación drástica del modelo energético. Sin embargo, da la sensación de que la crisis energética se precipitará porque el petróleo, en gran medida la base del sistema económico, comenzará a agotarse muy pronto, al menos en términos de escasez económica (mucho más relevante que la escasez absoluta, expresada en términos físicos).

La energía afecta cada aspecto de nuestras economías y de nuestra vida diaria. Los problemas asociados al aumento de los costos en la obtención de energía y el descenso en la disponibilidad de recursos energéticos primarios, son diversos: a medida que el costo de la energía crece (previsiblemente a tasas de dos dígitos), crecerá el costo de todo lo demás.

### La transición del modelo energético

En este contexto, de cara a minimizar el daño ambiental relativo a los beneficios del consumo de energía, un sistema energético menos perjudicial o la transición al mismo, exigirán una mayor presencia de fuentes renovables en la matriz de generación. Es aquí donde el análisis económico muestra que los costos ambientales de la generación de energía eléctrica a partir de centrales hidroeléctricas, térmicas o nucleares (en menor medida), podrían indicar la conveniencia de sustituir estas tecnologías convencionales (tanto en términos de generación como de potencia instalada), incluso antes de que la escasez de recursos primarios fósiles sea un problema real. De hecho, las políticas públicas orientadas a reducir los impactos ambientales negativos de la producción y el consumo de combustibles fósiles tienen un efecto análogo al de incrementos en el precio que reflejen la escasez económica: en ambos casos resulta conveniente explorar las

posibilidades de nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia, reduzcan la contaminación y sustituyan los combustibles fósiles. Normalmente se recurre a la fijación de estándares ambientales, el diseño de impuestos sobre el combustible o la emisión, subsidios o primas para las energías renovables, inversiones para la diversificación del *mix* de generación y esquemas de intercambio de derechos de emisión. Algunos de estos instrumentos han tenido cierto éxito en Estados Unidos y la Unión Europea. ¿Será suficiente, sin embargo, con los esfuerzos para aumentar la eficiencia en usos finales, introducir energías renovables y quién sabe si capturar y secuestrar carbono? ¿En qué sentido depende la introducción de las renovables de la liberalización o la reestructuración (integración) de los mercados?

En síntesis, parece evidente que la diversificación de la matriz de generación eléctrica (es decir, la transición hacia energías renovables), se producirá no ya por la obiedad de que el agotamiento de los combustibles fósiles se producirá en algún momento, por lejano que sea, sino por el previsible aumento de los costos de acceso a esos recursos energéticos. Las razones no son sólo tecnológicas sino de orden geopolítico. Pueden pasar décadas, pero el horizonte parece claro. En tanto que las decisiones de planificación energética están determinadas, en gran medida, por los precios relativos, los combustibles fósiles tendrán previsiblemente todavía una presencia notable (se trata de combustibles relativamente baratos, provistos por un denso tejido de minas, yacimientos, ductos, refinerías, estaciones para repostar combustible, plantas de generación, redes de transporte terrestre, depósitos y vehículos). Si la escasez se da a tasas superiores a las esperadas o los precios de estos combustibles aumentan, artificialmente, la transición será más rápida. De hecho, parece evidente que la voluntad política y el apoyo financiero necesarios no se darán salvo que los ciudadanos (y sus gobiernos) se hagan conscientes de que los beneficios del consumo de combustibles fósiles no compensan los efectos negativos de la dependencia de estos combustibles sobre la salud humana, los cultivos, algunos inmuebles y el medio natural.

## Hacia un energía eléctrica más limpia

Respecto a la estructura de los mercados, como factor determinante para las perspectivas de las fuentes renovables, cabe señalar algunas cuestiones. La primera es que el avance hacia mercados más competitivos parece haber venido acompañado de desregulación (algo que, en muchas ocasiones, va en contra del desarrollo de fuentes renovables). En sentido contrario, un mercado más competitivo debiera permitir, en teoría, que los productores con tecnologías renovables pudiesen diferenciar mejor su producto y apelar directamente a los consumidores que prefieren energía más limpia, incluso a cambio de un precio más alto. Parece esencial señalar, en todo caso, que en sentido estricto esta diferenciación no es tan sencilla (salvo en algunas excepciones): el productor sólo puede garantizar que el kWh se produjo de manera más limpia pero nunca que dicho kWh «limpio» se distribuyó al consumidor. El kWh que se sirve, a escala minorista, entró a formar parte de un *pool* mayorista y, por lo tanto, no puede diferenciarse en sentido alguno de aquél que se produjo con tecnología menos limpia (cuánto menos en términos estrictamente físicos). El consumidor puede estar dispuesto a pagar más pero nunca por consumir un kWh más limpio sino por su convicción de que el *mix* de generación progresivamente evolucionará, gracias a su contribución, hacia la producción de un kWh con mayor participación de tecnologías renovables. Por otro lado, un factor determinante en la penetración de las energías renovables es el tamaño del mercado: un mercado suficientemente grande (como el que pudiera resultar de los esfuerzos de integración en la región), contribuiría no sólo a aumentar la participación de las fuentes renovables en la matriz energética sino, a su vez, a reducir los costos de proporcionar energía renovable en el futuro.

## El marco de análisis económico de externalidades

El marco de análisis que se desarrolla en este trabajo se construye inicialmente sobre dos pilares asimétricos: el enfoque de la ruta de impacto (propio de la metodología del proyecto ExternE (EC, 1995a-e; 1998a-b), e implícito en la metodología de los modelos del mundo uniforme; Spadaro y Rabl, 1999a), y el análisis del ciclo de vida.

La metodología empleada tradicionalmente para el cálculo de costos externos se construye sobre la base de funciones de daño o rutas de impacto. La valoración, en ese contexto, parte del cálculo de emisiones (mediante la aplicación de métodos homogéneos que permitan comparaciones ulteriores), para avanzar, posteriormente, en la estimación del incremento en la concentración de los contaminantes en el medio. Finalmente, se integran en el marco del análisis económico los resultados obtenidos en términos físicos, producidos a partir de la explotación de los datos de referencia sobre emisiones y cargas ambientales, con el área de impacto (a partir de datos sobre la densidad y las características básicas de los diferentes medios receptores) para identificar exactamente aquellas categorías de impacto sobre las que habrán de centrarse los esfuerzos de valoración. En definitiva, este método (y sus variaciones) identifica todos los impactos producidos y los cuantifica en términos físicos, para asignar posteriormente valores en unidades monetarias y calcular el daño real (que, en términos económicos, será siempre el valor monetario de variaciones positivas o negativas de bienestar ante modificaciones de la calidad ambiental).

El análisis económico proporciona una serie de métodos para la valoración de intangibles que, por estar suficientemente contrastados y aceptados tanto en el mundo de la economía como en el de la judicatura, son de aplicación en este intento. Una vez determinado el impacto sobre los distintos agentes receptores, estos métodos modelizan el cambio en la función de bienestar individual que dicho impacto supone para los afectados: función de producción en el caso de las empresas (obteniendo, en este caso, una medida del excedente del productor) y función de producción de utilidad en el de las economías domésticas (excedente del consumidor). Basándose en las relaciones de complementariedad existentes en dichas funciones de producción entre el bien ambiental afectado (aire, agua, suelo, paisaje) y los bienes de mercado, estos métodos, aplicando la lógica de valoración subyacente al sistema de mercado, tratan de descubrir la disposición a pagar (DAP) de los afectados por evitar un cambio ambiental que les perjudica o por asegurar uno que les beneficia. El numerario (variable de referencia) al que quedan reducidos todos estos cambios en las funciones de bienestar individuales no es otro que el bienestar social, que al venir expresado en unidades monetarias, permite reducirlos a una unidad de medida común y comparable; conmensurable en un doble sentido. En primer lugar, entre los distintos impactos, ya que todos quedan expresados en una unidad de medida que refleja lo mismo: el cambio neto en el bienestar individual que cada uno de ellos supone. En segundo lugar, y trascendiendo el campo

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

[https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5\\_2276](https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5_2276)

