

AGUA Y ENERGÍA DESDE LA PERSPECTIVA DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Diego Azqueta

Departamento de Fundamentos de Economía e Historia Económica

Universidad de Alcalá

El análisis económico puede proporcionar, entre otras muchas cosas, una cierta ayuda a la hora de decidir qué cantidad de un bien producir, cómo hacerlo, y cómo distribuir lo producido de forma que se logre con ello maximizar el bienestar social: es decir, garantizar que el conjunto de necesidades que con su consumo se satisfacen son aquellas que la sociedad valorada en mayor medida.

Agua y energía son, en este sentido, dos bienes esenciales para la vida.

En el caso del agua, si prescindimos del agua de lluvia, y de algunos servicios ecológicos, recreativos y paisajísticos proporcionados por las distintas masas hídricas, el agua de riego o el agua de boca son bienes enteramente económicos: el agua ha de ser captada, transportada y, en su caso, tratada y depurada convenientemente para poder ser utilizada. Otro tanto puede decirse de la energía.

Desde el punto de vista del análisis económico, estos dos bienes poseen algunas características comunes de gran importancia para la resolución óptima del problema de su producción, distribución y consumo. En efecto, tanto agua como energía son producidas con base en los recursos que proporciona la naturaleza. En el caso del agua, el medio hídrico en general; en el caso de la energía, elementos como los combustibles fósiles y nucleares, productos cultivados, el viento, el sol, etc. Esta dependencia del medio natural conlleva una cierta dependencia, asimismo, de variables geográficas, más acusada en el caso del agua que en el caso de algunas energías, pero en cualquier caso relevante. En segundo lugar, y esta es una característica compartida con un gran número de bienes y servicios, su producción y distribución genera una serie de impactos ambientales no desdeñables. Se produce por tanto una doble relación de dependencia entre la producción de estos bienes, y el medio natural que la soporta, que obliga a contemplar sus implicaciones para la sostenibilidad del proceso en el largo plazo. Ahora bien, es con relación a este campo de la sostenibilidad donde aparece una diferencia significativa entre estos dos casos. En efecto, mientras que desde el punto de vista del agua el problema se plantea en el contexto de un sistema cerrado (la cantidad de agua existente en el planeta ha permanecido prácticamente invariable en el transcurso del tiempo), desde el punto de vista de la energía, en algunas de sus formas, el sistema es abierto: el sistema cuenta con una fuente inagotable de energía, al menos en tiempo histórico, externa al mismo. Ahora bien, esta última posibilidad, junto con el hecho de que si bien la cantidad total de agua en el planeta es finita, su composición puede ser marginalmente modificada, es la que obliga a plantear la producción y distribución de

agua y energía como un problema de producción conjunta, con una serie de implicaciones ambientales que no pueden ser desconocidas.

Energía y medio ambiente

Los impactos ambientales asociados a la producción, distribución y consumo de ambos bienes han sido objeto de una serie considerable de estudios. En el caso de la energía, es mucho el trecho que se ha recorrido para tratar de introducir las implicaciones ambientales de sus distintas modalidades de producción, en el proceso de toma de decisiones con respecto al mismo. Quizá el ejemplo paradigmático de lo que estamos diciendo sea el Proyecto ExternE original de la Unión Europea, que, a través de un modelo que combina el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con la senda de impacto, cuantificaba monetariamente los impactos ambientales de los distintos ciclos de generación de energía eléctrica (<http://www.externe.info/>). Este modelo, que en España fue desarrollado por el CIEMAT (1997), ha conocido sucesivos desarrollos y ampliaciones, y ha sido, asimismo, aplicado al sector del transporte, tanto de personas como de mercancías. La estructura del mismo, en ambos casos, es bien conocida, y consiste en una serie de submodelos conectados entre sí. En el caso de la energía eléctrica, éstos serían:

- En primer lugar, y una vez identificada la central de producción de energía eléctrica, su emplazamiento y la tecnología utilizada, un primer modelo que identifique el vector de sustancias contaminantes producidas en el proceso, utilizando para ello la metodología del ACV. En el caso del proyecto ExternE este inventario fue el proporcionado por el programa Sima Pro.¹
- En segundo lugar, un conjunto modelos de dispersión que informen sobre la diseminación de dichas sustancias a lo largo de los distintos medios receptores: aire, agua y suelo. A nivel europeo, el más utilizado es el modelo de dispersión conocido como *EcoSense 3.0* (Krewitt *et al.*, 1995),²
- En tercer lugar, un Sistema de Información Geográfica que indique las características relevantes del territorio afectado por la dispersión de estos contaminantes, primarios y secundarios. El mencionado Eurogrid (véase nota anterior).
- Conocida la composición de los distintos agentes receptores en el territorio afectado (personas, cultivos, infraestructuras y bienes inmuebles, masas de agua, espacios protegidos, etc.), es posible traducir los distintos impactos ambientales producidos

¹ SimaPro® 5.1 es un software (producido en 1990 por PRé – Product Ecology - *Consultants*, que incluye información sobre inventarios de emisiones basada, fundamentalmente, en las 96 bibliotecas del ETH-ESU del Zurich *Eidgenössische Technische Hochschule* (ETH).

² Ecosense es, de hecho, el resultado de combinar dos elementos: una base de datos que incluye todos los sistemas receptores potencialmente afectados, así como sus principales características, *EUROGRID*; y, en segundo lugar, dos modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos: el modelo de pluma gaussiana para contaminantes locales (ISC: *Industrial Source Complex Model*, desarrollado por la *Environmental Protection Agency*, EPA, de los EE.UU.; y el *Windrose Trajectory Model* (WTM) para contaminantes locales (Derwent y Dollard, 1988),

por la modificación de las cargas contaminantes en la correspondiente serie de daños, aplicando las correspondientes funciones exposición-respuesta.

- Finalmente, estos daños ambientales así identificados (cambios en las tasas de mortalidad y morbilidad de la población, pérdida de diversidad biológica, pérdida de cultivos, deterioro de bienes muebles e inmuebles, cambio climático) son monetizados con ayuda de los métodos que el análisis económico proporciona para la valoración de intangibles.

La información obtenida una vez recorrido todo este proceso proporciona una información sumamente útil para determinar las ventajas e inconvenientes de las distintas formas de producir energía eléctrica, su emplazamiento óptimo, el mix ambientalmente más adecuado en cada momento para hacer frente a la demanda, etc. Como ya se ha apuntado, un modelo similar está siendo desarrollado para las distintas modalidades de transporte.

Como puede fácilmente comprobarse, y exceptuados algunos impactos ambientales globales (cambio climático, adelgazamiento de la capa de ozono), la mayor o menor severidad de los daños depende del emplazamiento geográfico de la fuente emisora en cuestión, sea fija (una central térmica) o móvil (un autobús). No es lo mismo que la central esté emplazada en las proximidades de un gran núcleo urbano, que en un sitio poco densamente poblado; no es lo mismo que el autobús circule en el interior de una gran ciudad, que entre dos ciudades: si bien las emisiones son las mismas, el daño es muy distinto puesto que, en un caso afecta a personas, y en el otro a cultivos. De ahí la importancia de las variables *espaciales* en la decisión sobre el emplazamiento idóneo de las plantas productoras, teniendo en cuenta también las necesidades de distribución y sus propios impactos.

Agua y medio ambiente

Como se apuntaba más arriba el agua, en la mayoría de sus usos, también es un bien económico que debe ser producido: captado, transferido, tratado y, en muchos casos, depurado. Los paralelismos con el caso de la energía son evidentes: la “producción”, en el sentido apuntado más arriba, de agua, también tiene unos impactos que influyen sobre el propio medio natural que la proporciona. A pesar de que no exista en el caso del agua un modelo de valoración de estos impactos como el proporcionado por ExternE, las herramientas necesarias para llevar a cabo esta operación están ahí, y han sido utilizadas, si bien con menos profusión en algunos estudios de caso. El marco básico en el que se encuadran estos análisis no es otro que el Análisis Coste-Beneficio (ACB). Siendo el agua un bien escaso y, por tanto, teniendo usos competitivos, el ACB ayuda a comparar los beneficios sociales derivados de los distintos usos del agua, con los costes sociales derivados de proporcionarla con una determinada calidad y regularidad. Estos costes y beneficios sociales no sólo recogen los estrictamente *financieros* sino también los *económicos* y, por supuesto, los *ambientales*.³ Es decir, el agua de riego, por ejemplo, no sólo proporciona un beneficio financiero al agricultor que la utiliza, sino que genera empleo, tanto directo como indirecto e inducido (beneficio económico), y

³ El lector interesado en profundizar sobre las diferencias entre el ACB financiero, el económico y el social, puede consultar Azqueta (2007, cap. 6).

eutrofiza distintas masas de agua por el aporte de nutrientes que arrastra una vez utilizada (coste ambiental).

Agua y energía: un problema de producción conjunta

Cada vez es más evidente que, tanto directa como indirectamente, el agua es un insumo necesario en la producción de energía y la energía es asimismo necesaria en la producción de agua. A modo de ejemplo, y sólo para resaltar lo más evidente:

- El agua es necesaria, directamente, en la producción de energía en varias de sus formas, desde la más evidente, la hidroeléctrica, hasta la necesaria para la refrigeración de distintas plantas productoras de energía eléctrica.
- Es asimismo necesaria para la producción de combustibles, tanto “bio” (el agua necesaria para irrigar los cultivos), como convencionales (el agua inyectada en los pozos y yacimientos).

Por otro lado, la energía es necesaria para producir agua susceptible de ser utilizada económicamente. Al igual que en el caso anterior, bastarán un par de ejemplos elementales:

- Energía necesaria para captar, bombear, tratar, distribuir y depurar el agua en muchos de sus usos.
- Energía necesaria en los procesos de desalación.
- Energía necesaria para producir los insumos necesarios para depurar las aguas residuales.

Todo esto es bien conocido, pero quizá el punto en el que convenga poner el énfasis es en el hecho de que los impactos ambientales que esta producción, tanto de agua como de energía, generan en cada caso, afectan de forma cruzada la frontera de posibilidades de producción de la otra. Quizá el caso más evidente sea el impacto del cambio climático, uno de cuyos principales causantes es la producción y consumo de energía, sobre la dotación de agua dulce, la regularidad de sus flujos y su distribución geográfica. Pero, ciertamente, no es el único.

Agua, energía y eficiencia económica

La producción económicamente eficiente tanto de agua como de energía ha de tener pues en cuenta los siguientes elementos:

- En primer lugar el valor social derivado del uso de dichos bienes: es decir, el valor que la sociedad otorga a las necesidades cubiertas con el uso y la disposición del bien, tanto directa como indirectamente. En otras palabras, el agua y la energía sirven no sólo para satisfacer necesidades humanas directamente (alumbrarnos, beber), sino también indirectamente (desplazar a las personas y a las cosas, cultivar). A todo se añade que la dotación de estos dos bienes puede ayudar a generar empleo,

fijar población en un determinado territorio evitando la desertización, conseguir divisas, etc.

- En segundo lugar, ha de compararse este valor social asociado a la producción del bien y su puesta a disposición para un determinado uso, o conjunto de usos, con el coste social de proporcionarlo en dichas condiciones. Coste social que recoge tanto los recursos reales destinados directa e indirectamente a su producción y distribución, como el coste de oportunidad del recurso natural utilizado para ello (agua, combustibles fósiles) y las externalidades negativas, ambientales y sociales, asociados a esta producción y distribución. La comparación de estos dos valores permitirá aproximar, en primer lugar, el valor de la cantidad socialmente óptima que debería producirse de dichos bienes.
- Derivado de lo anterior, el analista contará con una información muy relevante para priorizar unos usos sobre otros, en función del respectivo beneficio social asociado a cada uso en particular.
- Finalmente, y también como corolario del ejercicio anterior, se contará con parte de la información necesaria para decidir cómo producir y distribuir de forma socialmente eficiente los bienes (agua, energía) objeto de consideración.

En este problema de determinación conjunta (cuánto, cómo y para qué producir agua y energía) juegan un papel muy relevante, como se ha apuntado anteriormente, las variables espaciales: el decidir dónde.

Eficiencia económica, seguridad alimentaria e independencia energética

Ahora bien, la eficiencia en este caso, tanto económica como ambiental, choca con dos graves obstáculos.

Vayamos por partes.

Una vez tomados en cuenta tanto las posibilidades técnicas como los costes de transporte y distribución, ampliar el área de estudio que se toma como punto de partida para resolver el problema de la producción óptima de ambos bienes, permite reducir los costes totales de la misma (financieros, ambientales y sociales). Permite, en otras palabras, buscar para la producción de energía eléctrica, por ejemplo, aquel emplazamiento en el que, debido a la existencia de agentes receptores menos vulnerables en cantidad y en calidad, los daños ambientales sean menores. Restringir el territorio sobre el que ha de solucionarse el problema de seleccionar el emplazamiento óptimo, supone prescindir de alternativas geográficas potenciales con un coste social de producción y distribución inferior.

Esto es cierto, por supuesto, para aquellos usos de la energía y del agua que suponen su consumo directo.

Cuando de lo que se trata, sin embargo, es del *uso indirecto* de ambos bienes, un nuevo elemento viene a añadirse al planteamiento anterior: la posibilidad del intercambio de bienes: el agua es necesaria para producir arroz, y la energía es necesaria para producir

aluminio, pero tanto el arroz como el aluminio pueden producirse localmente, o pueden importarse.

El *comercio internacional* abre una perspectiva totalmente nueva en este contexto, pues permite plantear el problema de la producción, y consiguiente especialización, tanto de agua como de energía, en un contexto global, que es sin duda el más adecuado desde el punto de vista medioambiental. En efecto, a la vista tanto de las implicaciones ambientales de la producción de agua y energía, como de las necesidades recíprocas en la producción de ambas, prescindir de esta perspectiva constituye una restricción poco aconsejable en el camino de la eficiencia económica. El análisis económico va poniendo a punto una serie de herramientas e instrumentos que permiten ilustrar, si bien por ahora a un nivel todavía incipiente, estas limitaciones. Es el caso de la huella ecológica, por un lado, y el agua virtual, por otro.

- La *huella ecológica* es, hoy por hoy, un concepto más intuitivo que científico que, sin embargo, permite identificar algunas direcciones de progreso interesantes. En efecto, como recordará el lector, la huella ecológica es una medida que trata de sintetizar el consumo que hace la unidad de estudio analizada (una persona, una región, una empresa) de los servicios de la biosfera, tanto como oferente de recursos naturales, como en su función de depósito de residuos. Para ello, el consumo de recursos incorporados en la producción y consumo de un bien, así como los residuos que se generan a lo largo de este proceso, se reducen a una unidad de medida común (una hectárea de tierra de productividad media) a través de la introducción de una serie de supuestos simplificadores. Es mucho todavía el camino que queda por recorrer hasta diseñar una metodología rigurosa y científicamente aceptable en este sentido. Sin embargo la idea es no sólo atractiva, sino realmente necesaria, y las primeras aproximaciones que se han hecho de este indicador permiten atisbar algunas direcciones de cambio necesarias para conseguir la sostenibilidad ambiental. Un aspecto relevante para el propósito de estas líneas lo constituye el hecho de que, en las primeras aproximaciones al cálculo de la huella ecológica, el componente energético explica prácticamente la mitad de su valor.⁴
- El concepto de *agua virtual* es muy similar en su estructura al de la huella ecológica: podría hablarse incluso de una *huella hídrica*. Trata de descubrir, mediante un Análisis de Ciclo de Vida, la cantidad de agua necesaria, directa e indirectamente, para producir un determinado bien o servicio: la cantidad de agua que incorpora. De esta forma permite conocer, por ejemplo, la cantidad de agua que un determinado país intercambia con el resto del mundo a través del comercio internacional: su “balanza de agua”.

Estas dos herramientas, una vez pulidas y refinadas, podrían constituir una excelente ayuda para resolver, de una forma globalmente sostenible y más eficiente, el problema de la producción de agua y energía, tratando de minimizar sus costes ambientales y sociales, y aprovechando las oportunidades que para ello proporciona el intercambio de bienes y servicios que ofrece el comercio internacional.

Es aquí, sin embargo, donde aparecen los dos obstáculos aludidos más arriba: la *independencia energética* y la *seguridad alimentaria*. Ambos se alzan en el camino de

⁴ Si bien de una forma indirecta: como la cantidad de tierra que sería necesario reforestar para absorber las emisiones de CO₂ generadas por la producción de energía eléctrica en sus distintas formas.

una mayor eficiencia económica, ambiental y social, debido a que restringen artificialmente el conjunto de posibilidades de elección. La seguridad alimentaria, por ejemplo, explica uno de los resultados más repetidos de los distintos estudios empíricos que se han llevado a cabo en el campo del agua virtual: que los países con estrés hídrico tienen una “balanza de agua” superavitaria: exportan agua a través del comercio internacional.

Ciertamente la búsqueda de la independencia energética es positiva cuando coincide con la eficiencia económica: cuando las nuevas fuentes de energía autóctonas, que sustituyen las importaciones, tienen un menor coste de producción y distribución, económico y ambiental. Pero no cuando éste no es el caso. Y lo mismo podría decirse de la seguridad alimentaria: si la producción local de alimentos, y su consiguiente distribución, conlleva unos menores costes totales (económicos, ambientales y sociales) que la importación de los mismos, la sustitución es un paso en la dirección adecuada. Pero no en el caso contrario. Conviene recordar, en cualquier caso, que si las opciones apuntadas (sustitución de alimentos y fuentes de energía importados por producción local) fueran más eficientes económica, social y ambientalmente, un Análisis Coste-Beneficio correctamente efectuado pondría esto de relieve, y no haría ninguna falta acudir a los argumentos basados en la independencia energética o la seguridad alimentaria.

Conclusión

Es necesario reconocer, por tanto, el precio pagado por la consecución de estos dos objetivos: una menor eficiencia económica y ambiental. Habrá ocasiones en las que tal precio se pueda pagar. En otras, sin embargo, cuando la búsqueda de la independencia energética o de la seguridad alimentaria pone en peligro el mantenimiento del *capital natural crítico*, será necesario buscar una solución al problema más compatible con la sostenibilidad.

Referencias:

- Azqueta, D. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. 2ª edición. Madrid, McGraw-Hill.
-
- Brown S.P.A. and H. G. Huntington (2008). Energy security and climate change protection: Complementarity or tradeoff? *Energy Policy*, 36 (9): 3510-3513.
- CIEMAT (1997) “ExternE National Implementation. Spain”, The European Commission, Non Nuclear Energy Programme JOULE III.
- Derwent, G.J. y Dollard, S.E. (1988) “Metcalf: On the nitrogen budget for the United Kingdom and north-west Europe”, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 114:1127-1152.
- Krewitt, W. , Trukenmueller, A., Mayerhofer, P. y Freidrich, R. (1995) “An integrated tool for environmental impact analysis”. En H. Kremers, W. Pilman (eds.) *Space and time in environmental information systems, Umwelt-Informatik aktuell*, Band 7. Marburg: Metropolis-Verlag; 1995.
-