

LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ENERGÍA Y SUS CONEXIONES CON ECONOMÍA Y GEOPOLÍTICA

Juan E. Malo Arrázola

J.A. Emilio Menéndez Pérez

Profesores del Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN

El consumo energético de la Humanidad es elevado e intensivo en carbono, habiendo sobrepasado los límites razonables por el impacto ambiental a escala global que se está generando. Así lo muestra su alta participación en la huella ecológica de la Humanidad, y ésta, entendida como superficie virtual apropiada para el uso humano, nos permite reflexionar sobre la relación entre ecosistemas y geoestrategias enfocadas a la ampliación de áreas de influencia para utilizar recursos y eliminar residuos. Debería por tanto avanzarse hacia un cambio de modelo energético, tanto en los diseños tecnológicos, como en la búsqueda de nuevos planteamientos económicos respecto a él. Frente a esa necesidad, los poderes energéticos y económicos proponen soluciones que mantienen el actual esquema, apostando por la extracción de los hidrocarburos no convencionales y la agroenergía, acciones que incrementarán de forma significativa nuestra huella ecológica y la expansión territorial de nuestro impacto. En estas páginas se hace una breve revisión de esas opciones de respuesta convencional, y de las propuestas de avance en otras líneas de ciencia y tecnología para cambiar las formas de consumo energético que nos puedan llevar hacia otro modelo menos agresivo.

INTRODUCCIÓN

Vivimos en una sociedad cuyo consumo energético ha alcanzado una magnitud exorbitante, reflejo fiel de la elevada demanda de todo tipo de recursos. Consumimos anualmente 12.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep); cifra del mismo orden de magnitud que la energía contenida en toda la producción primaria de la Tierra, estimada en alrededor de 50.000 millones de tep. Pero esa producción, la biomasa nueva disponible en el planeta, es el combustible del ecosistema global, más allá de nuestra capacidad para tasarla en unidades que nos resulten familiares. Esta simple comparación en términos energéticos basta para apuntalar una primera reflexión, nada novedosa por otra parte: rozamos (o superamos ya claramente) los límites del equilibrio natural de nuestro planeta. Además, la extracción y el consumo de energía conllevan múltiples impactos ambientales que, en su conjunto, modifican nuestro entorno natural y alteran radicalmente los ciclos de funcionamiento de los ecosistemas.

Para perfilar el dibujo completo, aunque no nos extenderemos en ello, es necesario indicar que la energía incide profundamente en el sistema económico y social de los países. En España gastamos a día de hoy el 5% de nuestro Producto Interior Bruto (PIB) en la compra a terceros países del petróleo y gas natural que consumimos, con un precio de referencia de poco más de 100 dólares por barril de petróleo (\$/bbl). Como llamada de atención, en los meses iniciales de esta Crisis, con mayúsculas, que hoy vivimos se llegó a 147 \$/bbl.

ENERGÍA, HUELLA ECOLÓGICA Y GEOESTRATEGIA

Para reflexionar sobre el binomio energía-medio ambiente humano, resulta útil tomar la huella ecológica como parámetro sintético de valoración de la incidencia del hombre en el ecosistema en que

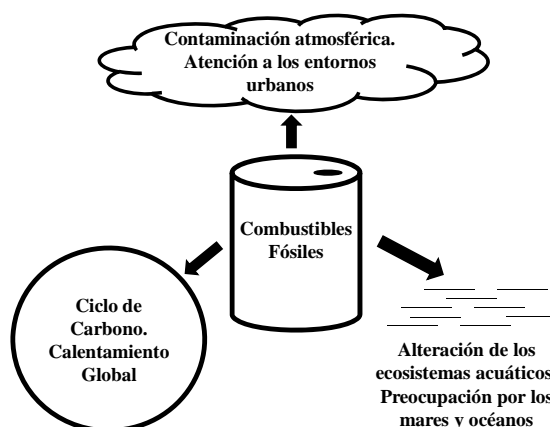
interactúa. Aquella es la superficie que necesitamos para abastecernos de recursos naturales y eliminar, o degradar, los residuos de nuestras actividades. Hablamos, pues, de un concepto de superficie virtual que tomamos para hacer posibles nuestras actividades, incluyendo el abastecimiento energético y otros tipos de necesidades. La Humanidad ha competido a lo largo de su Historia por los espacios y los recursos, competencia que invitamos a interpretar en términos de ese concepto de superficie virtual, la huella ecológica. Esta interpretación apunta además hacia un esquema nuevo en la geopolítica global, enfocada al abastecimiento de recursos y a la disponibilidad de sumideros para los residuos. En un contexto en el que cada país ó área geográfica quiera posicionarse para no quedar relegado en la carrera por el desarrollo en que estamos inmersos, la perspectiva en términos de huella ecológica es cuando menos preocupante.

Se estima que a mediados del siglo pasado la huella ecológica de la Humanidad equivalía a una superficie virtual igual a la mitad de la de los continentes emergidos. En la década de los ochenta este parámetro alcanzó el valor de toda la superficie de tierra emergida, y en la actualidad es una cuarta parte mayor que la de los cinco continentes. A mediados del siglo pasado, la contribución de la energía a la huella ecológica era de aproximadamente el 25%, y en la actualidad supone la mitad de ésta. Las previsiones, si se mantiene el actual esquema económico y tecnológico, indican que a mediados de este siglo la huella ecológica de la Humanidad doblará la superficie de la tierra emergida y que el consumo energético representará tres cuartas partes de ella.

Nuestro modelo energético-económico es de un fuerte impacto ambiental y, frente a la necesidad de un cambio drástico de rumbo, las fuerzas económicas nos llevan a reafirmar nuestra atadura a él y a los defectos que conlleva. Figura nº 1.- Los dos aspectos concretos de mayor incidencia global de la utilización de energía son los cambios en los ciclos básicos que regulan el funcionamiento de la biosfera:

- Alteración significativa del ciclo del carbono, tema recurrente en los medios de comunicación pero hoy algo olvidado o tapado por la Crisis. El CO₂ proveniente del uso de combustibles fósiles, junto con otros gases de efecto invernadero -en particular CH₄ y N₂O, también ligados en parte a la industria energética- incrementan su concentración en la atmósfera y dan lugar al Calentamiento Global. El Cambio Climático afecta ya a la biosfera en su conjunto, a sus equilibrios y a las especies que en ella vivimos.
- Cambios en el ciclo del nitrógeno, con una mayor presencia de compuestos derivados de este elemento que proceden en buena medida del uso de energía. Las emisiones gaseosas derivadas de los procesos de combustión y el aumento del uso de fertilizantes nitrogenados, obtenidos gracias al uso de combustibles fósiles, redundan en un incremento de los productos nitrogenados que se acumulan en suelos y aguas. Este cambio altera las relaciones y equilibrios en la biodiversidad, terrestre y marina, y es un fenómeno menos conocido.

Figura 1. Visión rápida de los impactos de los usos energéticos en la bioesfera



Volviendo al sistema económico, los combustibles de uso directo suponen la mayor parte del consumo final de la energía -el 75% en el caso español-, y la electricidad una participación minoritaria, en torno al 15% en la media mundial -25% en nuestro país-. Una percepción social clásica, aún persistente, asocia el consumo energético mayoritariamente al sector industrial, pero eso ya no es así en muchos países. En España supone algo menos del 30%, mientras que el transporte de mercancías y la movilidad acaparan algo más del 40% del consumo final de energía. Esta realidad hace a la sociedad moderna y a su sistema económico muy dependientes del petróleo que suministra los combustibles para los vehículos. Combustibles que, previsiblemente, seguirán siendo durante décadas mayoritariamente derivados del petróleo, quizás sustituidos parcialmente por gas natural y agrocombustibles.

Además, las propuestas que surgen para salir de la crisis, y dar respuesta a esa falta de empleo, empujan en la misma dirección. El caso de España en general, y Madrid en particular, es paradigmático el intento de incrementar las actividades de ocio y turismo internacional, multiplicando la movilidad. No hace falta ahondar en el incremento del consumo energético que puede conllevar semejante opción. Este planteamiento, aumentar la productividad económica de un país atrayendo el consumo en ocio de los habitantes de otros, se da en buena parte del mundo, junto con el deseo de incrementar el comercio internacional (atrayendo en este caso a nuestro sistema productivo una fracción del consumo realizado en el país de origen). Ello conlleva un incremento en el movimiento de contenedores y graneles, primero entre puertos y a continuación en gran medida por carretera. En la prensa económica vemos con cierta frecuencia cómo se planean nuevos grandes puertos, el exterior de Coruña ó el de Tánger en nuestro entorno, por ejemplo, aunque las grandes terminales portuarias se ubican en la costa de Asia-Pacífico.

Estos proyectos son, metafóricamente, los tentáculos por los que extender virtualmente el territorio de un país para ampliar el territorio disponible para su huella ecológica. China y otros países asiáticos han favorecido el proyecto de ampliación del canal de Panamá, que previsiblemente será operativo en un par de años y permitirá el paso de barcos de 150.000 toneladas de registro bruto, más que duplicando la capacidad de transporte unitario actual. Además, lanzan propuestas para la construcción a través de América Central de nuevos canales, de circuito de agua en Nicaragua, o secos en Guatemala o Costa Rica. Se busca exportar productos manufacturados desde Asia-Pacífico, y recibir recursos naturales de países que miran al Atlántico: soja, mineral de hierro, gas y petróleo.

PROPUESTAS DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL

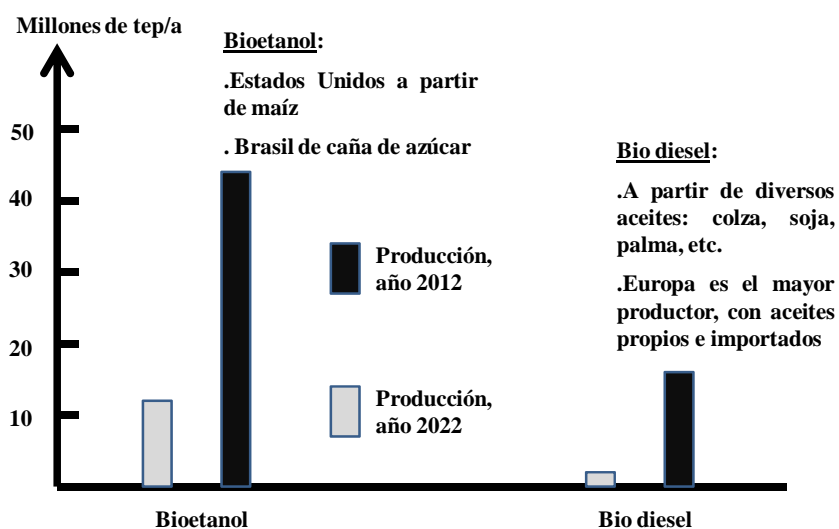
Viendo estas perspectivas, el consumo de combustibles, para la movilidad y el transporte, seguirá creciendo y podemos asegurar que desde ese lado de nuestro modelo social y económico estamos atrapados en el petróleo. Algo más del 80% de la energía primaria proviene de los combustibles fósiles, siendo el petróleo convencional el primer aporte durante las últimas décadas, complementado con el gas natural. El carbón, antes en horas bajas, incrementa ahora su participación en el cuadro global ante la previsión de una reducida disponibilidad de petróleo. Veamos qué nos proponen el poder energético y el económico frente a esa previsión, y cuáles pueden ser sus consecuencias en relación con la demanda real y virtual de espacio; y atendamos además a los peligros que ellos conllevan:

- Aumento en la extracción de crudo en aguas profundas, con un incremento en el riesgo de accidentes y vertidos. Hace tres años vimos las imágenes de lo acontecido en el Golfo de México tras una rotura en el sistema de perforación a 1.500 m de profundidad. Ahora se piensa en trabajar bajo láminas de agua mayores y en mares con condiciones meteorológicas complejas como la costa del Atlántico Sur, frente a Brasil ó Argentina, ó el Océano Ártico.
- Ampliación del uso de crudos pesados. Los petróleos ligeros, de fácil transformación en derivados de buena calidad como gasolinas ó gas oil, se localizan en gran medida en Oriente Medio, entorno progresivamente complejo y difícil para garantizar el abastecimiento. El

interés por otros hidrocarburos crece y hoy las contabilidades globales de reservas incluyen crudos pesados, antes no incluidos como petróleo convencional. Se trata de hidrocarburos de alta viscosidad y con elevado contenido en metales y azufre localizados fundamentalmente en la cuenca del Orinoco, Venezuela, y en otros países de América del Sur. El refinado de esos crudos es difícil, y los derivados que se obtengan ó bien serán de peor calidad, más contaminantes, o habrán pasado por procesos de limpieza profunda que los harán más caros. Si aumenta el uso de combustibles sucios para la automoción y transporte, las atmósferas de las ciudades no mejorarán, en particular las de países pobres y medios donde previsiblemente primará el precio de la energía frente a la calidad del aire.

- Explotación de arenas bituminosas, obtenidas mediante minería a cielo abierto en bosques del norte de Canadá, que ya suponen casi el 2% del petróleo extraído en el mundo. La extracción por procesos químicos de las mismas deja un gran volumen de lodos contaminados, más de 3 m³ por cada barril (159 l) de petróleo obtenido. Estos residuos quedan almacenados en balsas con riesgo de llegar a los acuíferos o a los ríos de esas cuencas que desembocan en el Ártico.
- Extracción de gas natural, y también petróleo, de los yacimientos de esquistos con hidrocarburos. Es la tecnología de la fracturación hidráulica de aquéllos, con reactivos químico-físicos, para facilitar el flujo de los hidrocarburos hacia los pozos de extracción. Las características de los yacimientos, y el área reducida que puede abarcarse en torno de cada fractura, hace que se precisen más perforaciones que en una extracción convencional. En superficie habrá un gran número de centros de perforación, que en profundidad darán lugar a una actividad difícilmente controlada con previsibles efectos contaminantes para los acuíferos de los reactivos empleados y los compuestos orgánicos que se liberen. Ésta es una opción puesta en marcha en grandes áreas de Estados Unidos, cuencas gasífera de Marcellus y petrolífera de Dakota, con fuerte crítica ambiental. En España ya hay propuestas al respecto, con expectativas de actuar sobre yacimientos de pequeño volumen de reservas, e incertidumbres de su incidencia ambiental en los acuíferos, del valle del Ebro y quizás otros lugares.

Figura 2.- Avance en una década de la producción de agrocombustibles



Fuente.- Elaboración propia con datos de BP Statistical Review

El bioetanol es básicamente un producto americano, allí se emplea más la gasolina. El bio diesel tiene de momento un destino mayoritario en Europa y China, aquí se utiliza más el gas oil; estos países tienden a importar aceites de América del Sur y África.

- Extensión de los cultivos energéticos, agrocombustibles que ya representan una producción equivalente al 1,5% de la extracción mundial de petróleo. Figura nº 2. Es una realidad que se

extiende básicamente por América, de la cual todos parece que vamos a participar. En principio son productos más limpios, en contenidos de azufre y metales, que los derivados del petróleo, pero el problema surge de la agricultura que los soporta. Primero se extendió la producción de bioetanol para sustituir a la gasolina, obtenido en Brasil de caña de azúcar y en Estados Unidos a partir de maíz, y destinado a los mercados interiores. Posteriormente se extendió el uso de aceites vegetales para obtener un sustituto del gasoil, con el cultivo de palma africana, soja, y en menor medida colza, girasol o jatrofa. Actualmente, Europa y China aparecen como demandantes de estos productos, y las tierras de cultivo se encuentran en Asia Suroriental, América Central y del Sur, y, previsiblemente a corto plazo en África. De este modo la frontera agrícola avanza, se deforestará más, y lo hará una agricultura estructurada en monocultivos mecanizados con amplio uso de agroquímicos y fuerte incidencia en la biodiversidad. El previsible empobrecimiento de los suelos, la afección a los acuíferos y los problemas sociales asociados a esta nueva agricultura son otras facetas que no abordamos en este ensayo.

En todo caso, lo que nos propone el poder energético y su modelo económico es un conjunto de acciones que avanzan, en cierta medida de forma silenciosa, hacia una ampliación del área utilizada para la provisión energética de cada país, a fin de colonizar la superficie imprescindible para acomodar su huella ecológica. Así, ocultos entre la diversidad de hechos socio-políticos que nos rodean, los caminos energéticos planificados traen consigo efectos ambientales a veces no percibidos de forma clara, que demandan (o deberían demandar) de la sociedad y de la Universidad en particular respuestas que es preciso estudiar y elaborar, y que previsiblemente han de afectar a nuestro modelo de vida.

UN CAMBIO NECESARIO

En primer lugar, en la línea de lo que esta publicación nos recuerda con frecuencia, debiéramos fomentar el conocimiento multidisciplinar de nuestro modo de vida, sus características y consecuencias. Las energéticas y económicas por un lado, y las interrelaciones de la ecología y el medio ambiente humano por otro. Aparecen así dos líneas de trabajo, la profundización en el conocimiento científico, con investigación y estudios especializados, y la necesidad de la difusión de una cultura científica amplia. Divulgar los hechos y conocimientos científicos, y relacionarlos entre sí.

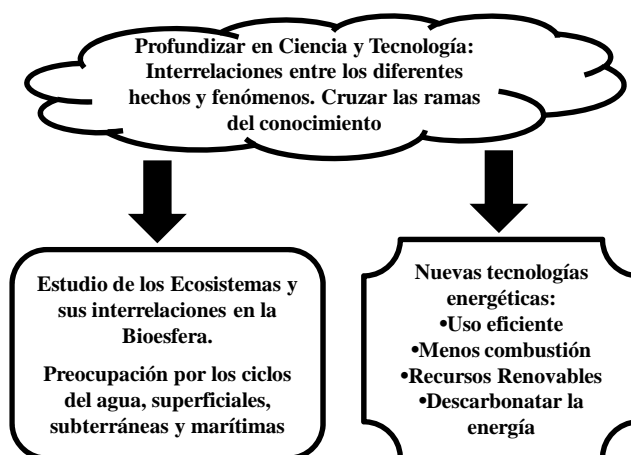
En el estudio y conocimiento de nuestro entorno vital hemos de prestar más atención a una visión amplia de la biosfera, a los ciclos que en ella se dan y a su interrelación con los ecosistemas en que vivimos. Estamos en un momento en que en toda Europa, y en España en particular, se clama por no perder la ciencia y la investigación, o mejor dicho la asignación de recursos para que sigan siendo elementos vivos. Aquí surge un campo amplio y necesario de trabajo. Hay que hacer una llamada especial a todo lo que es el conocimiento y líneas de investigación en los ciclos del agua y sus reservorios, en particular el más grande, los océanos, de los cuales debiéramos saber mucho más. Dependemos de los océanos y, dado su volumen y superficie ocupada, cualquier alteración (u oportunidad) por pequeña que nos parezca de sus aguas puede cambiar significativamente los ciclos de vida.

Concordantemente, la preocupación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC, dirige progresivamente más llamadas de atención hacia la acidificación del agua del mar y su efecto sobre ecosistemas corales ó de manglar. Añadiríamos, además, la necesaria investigación sobre formas de reducir la huella ecológica para soportar una misma calidad de vida, por formar ésta la otra parte de la ecuación.

Estamos ante la necesidad de realizar cambios en el modelo energético actual, hoy basado en el carbono de los combustibles fósiles, y en un consumo, individual ó colectivo, que asumimos como normal pero es exagerado. Actualmente el límite al consumo lo marca únicamente el coste que supone la compra de productos energéticos finales, combustibles y electricidad, ó el beneficio que reporta su uso para determinada actividad económica. Este modelo, sin embargo, se apoya como hemos visto en

ampliar el área disponible para nuestra huella ecológica, pero la sostenibilidad de esta opción resulta más que discutible vista la relación huella ecológica/superficie del planeta.

Figura 3. Preocupación por la Ciencia, la Investigación y la Tecnología



Más allá de todo el esfuerzo realizable en reducir la intensidad energética de nuestras actividades, el cambio a un modelo energético bajo en carbono sugiere la necesidad de utilizar fuentes que ya conocemos ó intuimos, pero que requieren una investigación profunda en diferentes campos. Figura nº 3. Todos ellos apuntan hacia un mayor uso de electricidad en detrimento de los combustibles de uso final, y en la búsqueda de sistemas de producción eléctrica que no dependan de los combustibles fósiles. Se pueden citar algunas de esas líneas:

- Desarrollo de las energías renovables de amplia aplicación: eólica y solar, con esquemas de conexión gestionables a la red eléctrica.
- Nuevas tecnologías de energía nuclear más seguras y no conexas con la línea militar. Incluye las que apuntan al posible uso del torio como combustible ó a los reactores de transmutación.
- Investigación y conocimiento crítico de las posibles líneas de bioenergía, tanto para la obtención de combustibles líquidos, que ya ve posible, como de hidrógeno, que aparece más lejana.
- Sistemas químicos ó físicos de almacenamiento de electricidad. Con alta capacidad de carga y fácil respuesta ante las variaciones de la demanda, que sirvan para aumentar la eficiencia del sistema energético en su conjunto.
- Vehículos de tracción eléctrica, bien sea con baterías ó mediante celdas de combustible que empleen hidrógeno.
- Desarrollo de materiales adaptados a los esquemas energéticos anteriores y a sus diferentes aplicaciones, campo en el que los científicos deben trabajar (ya lo hacen) antes del desarrollo de ese nuevo esquema energético para hacerlo posible.

Estos cambios, incluido el paso progresivo hacia esquemas de mayor participación de la electricidad en el consumo final de energía, se enfrentan a dos grandes dilemas. En primer lugar, desde la visión de incremento continuado de la huella ecológica del ser humano, el avance debe realizarse sin aumentar (o tendiendo a disminuir) la superficie virtual de utilización humana. De otro modo, las tensiones internacionales por conseguir el acceso a esa superficie vital es previsible que se multipliquen, especialmente si tenemos en cuenta que progresivamente nos quedamos sin más tierras para cultivar, fondos marinos por explotar... En segundo lugar, los cambios supondrán aumentos en el volumen de inversión monetaria reclamada por el sistema energético en un momento en que el dinero busca otros objetivos a más corto plazo. Este es un hecho que retardará la evolución hacia esquemas más sostenibles, y nos fuerza a vivir un periodo de transición que dará pie a quienes se aferran al modelo tradicional y a buscar soluciones de continuidad.