

# LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL

---

JOSÉ M. NAREDO  
ÓSCAR CARPINTERO

---

La civilización industrial, al utilizar el razonamiento monetario como guía suprema de la gestión, resalta la dimensión creadora de valor o utilidad, pero cierra los ojos a los deterioros que origina sobre su entorno físico o social. La propia noción de «medio ambiente» no es más que un fruto de la cortedad de miras del enfoque económico ordinario. Éste, al circunscribir su reflexión al universo de los valores monetarios, origina un medio ambiente inestudiado, compuesto por recursos naturales, antes de ser valorados, y por residuos artificiales, que también carecen de valor.

Estamos así en presencia de un instrumental teórico que gobierna la gestión sin procesar de modo sistemático la información completa sobre el funcionamiento de dicha gestión y su incidencia sobre el medio; de un instrumental que registra sólo el coste de extracción y de manejo de los recursos naturales, pero no el de reposición, favoreciendo así el deterioro de éstos; de un instrumental que privilegia las desigualdades sociales y territoriales a través de esa abstracción social que es el dinero y sus ramificaciones financieras.

Cuando una red analítica deja escapar un objeto de estudio caben dos posibilidades: una consiste en ampliar sucesivamente esa misma red con ánimo de conseguirlo; otra, en recurrir a otras artes que se estiman más apropiadas para ello. Ambas cosas están ocurriendo con la «cuestión ambiental». Por un lado está la llamada *economía ambiental*, que aborda los problemas de gestión de la naturaleza como externalidades a valorar desde el instrumental analítico de la economía ordinaria, que razona en términos de precios, costes y beneficios reales o simulados. Por otro está

la llamada *economía ecológica*, que considera los procesos de la economía como parte integrante de esa versión agregada de la naturaleza que es la biosfera y los ecosistemas que la componen, incorporando líneas de trabajo de ecología industrial, ecología urbana, agricultura ecológica, ..., que recaen sobre el comportamiento físico y territorial de los distintos sistemas y procesos.

Entre ambas ha surgido también una *economía institucional*, que advierte que el intercambio mercantil viene condicionado por la definición de los derechos de propiedad y de las responsabilidades y reglas del juego que el marco institucional le impone, tratando de identificar aquellos cuyas soluciones se adapten mejor al logro de objetivos de conservación del patrimonio natural o de calidad ambiental socialmente deseados.

---

### UN ENFOQUE INTERDISCIPLINAR

---

El bloque de artículos recogido en el presente número orienta sus variadas reflexiones desde el ángulo de las corrientes de la *economía ecológica*, denominadas *ecología industrial* y *urbana*, no desde el ángulo de la economía ambiental ni del mero conflicto industria-ciudad-medio ambiente o de la evaluación de los daños ambientales que tal conflicto ocasiona. Para evitar malentendidos, como los enfoques de la *ecología industrial* o *urbana* no son muy usuales en nuestro país, parece necesario precisar sus fundamentos, por contraposición a las preocupaciones ambientales ordinarias.

Aunque la noción de *ecología industrial* no puede decirse que sea nueva, ya que se encuentran antecedentes en la literatura científica de los años sesenta y setenta, el tema ha

## PRESENTACIÓN

---

resurgido con fuerza durante la década de los noventa, como punto de encuentro transdisciplinar que conecta ingeniería, termodinámica, ecología y economía (ecológica).

Puede decirse que fue durante la década de los noventa cuando, gracias a los trabajos desarrollados en varios institutos de investigación, como el Wuppertal alemán, el IFF austriaco o el World Resources estadounidense, se revitalizaron los trabajos de los pioneros alcanzando cierta madurez a finales del decenio con la creación de la primera revista científica destinada a la nueva disciplina (el *Journal of Industrial Ecology*, MIT Press, 1997); a la que siguieron numerosos encuentros y publicaciones que sirvieron para afianzar mejor la metodología del nuevo enfoque.

Las enseñanzas de la filosofía de la ciencia nos indican que cabe definir mejor una disciplina atendiendo a sus enfoques y su campo de aplicaciones, que recurriendo a enumeraciones directas de su objeto de estudio. Precisemos así que los enfoques de la *ecología industrial* no son otros que los de la ecología misma, esa «biología de sistemas» de la que nos habla Margalef, y que su campo de estudio son los sistemas industriales o urbanos considerados como parte integrante de la biosfera. Así, frente a la costumbre de separar al hombre, a la industria o a la ciudad de la naturaleza que los envuelve, considerada ésta a modo de medio ambiente, la *ecología industrial* o *urbana* parte de la hipótesis contraria: integra los sistemas industriales o urbanos en su entorno biofísico y territorial para analizar su coevolución. Las preocupaciones «ambientales» corrientes, al considerar separadamente las actividades humanas, pretenden minimizar su «impacto» sobre el «medio ambiente» a base de reducir o corregir los resultados «contaminantes» de las mismas, pero no acostumbran a razonar sobre el conjunto de los procesos.

Por el contrario, la *ecología industrial* o *urbana* no centra su atención sólo en los residuos sino también en el conjunto del metabolismo de los sistemas objeto de estudio y en su interacción con los otros sistemas, ya sean éstos más o menos «naturales» o monetarizados. En este esfuerzo analítico se trata de dilucidar hasta qué punto los flujos de materiales y energía sobre los que reposa el funcionamiento ordinario de dicho metabolismo son compatibles con los ecosistemas biológicos. Los daños ambientales o los residuos no son aquí tratados como «externalidades»

del sistema, a valorar ocasionalmente, sino como parte de su funcionamiento «normal».

El objetivo de la *ecología industrial* es gestionar los sistemas en términos de eficiencia y de compatibilidad a escala de los ecosistemas con los que interaccionan a los distintos niveles de agregación, así como prever su posible evolución mediante simulaciones, evitando tanto el catastrofismo como la tecnolatría tan corrientes hoy día. Por eso, los artículos que siguen se centran más en el metabolismo de los sistemas que en sus impactos contaminantes, y en la descripción y el análisis cuantitativo en vez de en el ambientalismo político habitual, más proclive a encubrir que a subrayar los daños ambientales mediante políticas de «imagen verde».

## ANÁLISIS ECOLÓGICO-INDUSTRIALES

---

Pero, para que la meta de la sostenibilidad no quede en agua de borrajas, habrá que promover desde instancias públicas este tipo de análisis ecológico-industriales, a pesar de que la realidad internacional en general y la de nuestro país en particular no hayan sido hasta ahora —salvo excepciones— muy proclives a ello. Así lo atestigua, por ejemplo, para el caso de España, el frustrado empeño institucional por dar un empujón a la información ambiental de base con la creación, en 1986, de la Comisión Interministerial de Cuentas Nacionales del Patrimonio Natural.

Parece oportuno rescatar brevemente este antecedente, habida cuenta que, en los más de quince años transcurridos desde entonces, apenas se ha avanzado en la sistematización de las estadísticas ambientales para ayudar al conocimiento del metabolismo de nuestra economía, siendo lo realizado más por el tesón y perseverancia de una serie de investigadores que de manera particular, o apoyados por algunas instituciones, han intentado paliar esa laguna cada vez mayor.

En todo caso, al recaer ahora sobre este episodio, es posible concluir lo siguiente: sin la ayuda de una Contabilidad del Patrimonio Natural como la que en su día propuso la Comisión, pero que no llegó a cuajar, España perdió una oportunidad para convertirse —con un coste económico pequeño en comparación con el gasto efectuado en la elaboración de otro tipo de estadísticas menos ventajo-

sas— en país de referencia (junto a Francia, Alemania, Noruega o Canadá) en el conocimiento de los flujos de energía, materiales y residuos que recorren el metabolismo económico. Sin embargo, se optó por renunciar a una mejor y mayor información para ayudar en la toma de decisiones públicas sobre la gestión de los recursos naturales.

Así, de haber prosperado la iniciativa, España podría haber participado activamente en los debates que durante el decenio pasado permitieron dar cuerpo a instrumentos clave de la ecología industrial como la Contabilidad de Flujos Materiales. Han sido los desarrollos en este campo los que han arrojado nueva y clarificadora luz sobre varios aspectos controvertidos de las relaciones economía-naturaleza, permitiendo terciar, con conocimiento de causa, en cuestiones tan debatidas como la sostenibilidad de las economías industriales. La información aportada por los nuevos enfoques ha servido para relativizar los indicadores de sostenibilidad derivados del cuadro macroeconómico ordinario —más o menos modificados «ambientalmente»— poniendo el acento en la importancia del tamaño o escala representado por el sistema económico dentro de la biosfera, y en la capacidad de aquél, tanto para abastecerse de recursos renovables como para cerrar los ciclos de materiales convirtiendo los residuos en nuevos recursos aprovechables.

De igual modo, la ecología industrial y el seguimiento de los flujos de energía y materiales proporcionan elementos de interés para discutir la veracidad de algunas hipótesis, como la de la «desmaterialización» —y su corolario en forma de «Curva de Kuznets Ambiental»—; esto es, la posibilidad de que gracias a la eficiencia tecnológica y la terciarización sea posible seguir creciendo económicamente reduciendo la utilización de recursos naturales. Lamentablemente, los resultados de la ecología industrial a escala nacional no dan muchas esperanzas para alimentar un discurso de estas características, como así lo demuestran para el caso español varios de los trabajos presentados en esta monografía.

#### LA REALIDAD ECONÓMICO-AMBIENTAL DE ESPAÑA

Efectivamente, el presente número recoge las principales aportaciones que, desde este punto de vista, han tratado de enfocar la realidad eco-

nómico-ambiental española en los últimos años. Y haciéndolo, además, desde varias perspectivas donde encuentran acomodo, tanto los análisis desde el ángulo nacional de la economía española en su conjunto como desde la dimensión regional, urbana, o sectorial, dando pie también a algunas aportaciones que sitúan la reflexión en el plano internacional.

Así las cosas, parecía oportuno que antes de entrar en los estudios empíricos de detalle introdujera el tema **Joan Martínez Alier**, autor pionero en las formulaciones de la *economía ecológica* y buen conocedor de los enfoques y el instrumental de sus distintas corrientes y aplicaciones, con un artículo que resume acertadamente tanto el contexto histórico en que se ha desarrollado la idea de metabolismo socioeconómico, como las referencias a los principales autores pioneros que se preocuparon porque la ciencia económica asentara sus bases sobre un mejor conocimiento de los flujos de energía y materiales que recorrían la economía de los diferentes territorios. En este sentido las viejas aportaciones e intuiciones de científicos como Podolinsky, Soddy, Geddes se han visto complementadas y enriquecidas recientemente con las contribuciones de varios equipos transdisciplinares que, afincados en Alemania, Austria y Estados Unidos, han revitalizado el estudio del metabolismo socioeconómico a escala nacional e internacional.

Después de este artículo panorámico, el número continúa con un bloque de trabajos centrados en el metabolismo de la economía española desde el punto de vista nacional. El primer texto, de **Óscar Carpintero**, aborda la evolución de este metabolismo desde el punto de vista de los *inputs* (domésticos e importados) de recursos naturales, observando la evolución a largo plazo de los Requerimientos Totales de Materiales y llamando la atención sobre las servidumbres ambientales que ha conllevado el crecimiento económico en España durante el último medio siglo.

También se detallan las mutaciones sufridas por el propio metabolismo económico español en las décadas pasadas, provocando la transición desde una economía de la «producción» asentada sobre la extracción de recursos renovables y abastecedora del resto del mundo, a una economía de la «adquisición», sustentada en la captación masiva de recursos no renovables y receptora neta de materias primas, capitales y población. El cálculo

de indicadores como los Requerimientos Totales de Materiales permite, además, terciar en la polémica sobre la supuesta «desmaterialización» de las economías industrializadas, mostrando la existencia de una dependencia muy acentuada entre expansión del PIB y utilización de recursos naturales, de tal suerte que la posición de España en dicha polémica no va a ser precisamente la de corroborar esa tendencia.

### LA HIPÓTESIS «DESERNEGETIZADORA»

---

De forma complementaria con el anterior trabajo, pero centrándose más en el consumo de energía, el artículo de **Jesús Ramos-Martín** realiza un análisis de largo período sobre la evolución de la intensidad energética de la economía española entre 1960 y 2000, discutiendo la validez de la hipótesis «desenergetizadora» a través de la comparación de los resultados desde tres perspectivas diferentes y no equivalentes. Por un lado, un análisis convencional que rastrea la tendencia del consumo energético primario respecto del PIB y que en general se presenta como creciente. Sin embargo, un segundo análisis evolutivo basado en los diagramas de fases muestra que esa relación creciente no es lineal ni continua sino que ofrece determinados «saltos», sugiriendo que los cambios provocados se suceden en forma de movimientos entre «puntos atractores» donde los valores de la intensidad energética se fijan en torno a unas cifras concretas. Así, a las fases de cierta estabilidad (alrededor de los puntos atractores) les siguen fases de transición (como saltos entre distintos puntos atractores). Será en la explicación de estas fases donde aparece la tercera aproximación o evaluación integrada, que describe el desarrollo económico y el metabolismo energético en paralelo a través de unidades económicas y biofísicas, teniendo en cuenta los diferentes niveles jerárquicos sectoriales e institucionales, en especial, los hogares.

Pero si los trabajos de Carpintero y Ramos-Martín se centran sobre todo en la vertiente de los recursos que entran a formar parte del sistema económico como *inputs*, el artículo de **Jordi Roca** y **Emilio Padilla** investiga las relaciones anteriores desde el punto de vista de los residuos (*output*), concretamente respecto a las emisiones atmosféricas en España entre 1980 y 2001. Aparte de discutir la solvencia que, desde el punto de vista teórico y de la evidencia empírica, «avalaría» la hipó-

tesis de la Curva de Kuznets Ambiental, este trabajo aporta datos concluyentes que permiten rechazar dicha hipótesis para casi todos los contaminantes considerados, excepto el dióxido de azufre y el monóxido de carbono.

Por tanto, tampoco parece que en el caso de los residuos atmosféricos el crecimiento económico por sí mismo haya representado una garantía de una reducción de la contaminación. Desgraciadamente, los incumplimientos no sólo se producen desde el punto de vista más o menos teórico, sino que, como subrayan los autores, las tendencias apuntadas han alejado considerablemente a España del cumplimiento de sus compromisos firmados internacionalmente con relación al Protocolo de Kyoto, doblando en apenas siete años el incremento del 15% en las emisiones de gases efecto invernadero que dicho acuerdo le permitía hasta 2012.

Descendiendo en la escala espacial, el segundo bloque de artículos salta desde la dimensión nacional a la regional y urbana, entrando en el detalle del metabolismo de regiones y municipios concretos de nuestro territorio. Abre este apartado un trabajo de **José Manuel Naredo** y **José Frías** en el que actualizan hasta 2001 su estudio pionero sobre el metabolismo de la conurbación madrileña desarrollado a mediados de los ochenta. Las cifras aportadas muestran claramente que las exigencias de energía, materiales y territorio, así como la consiguiente generación de residuos se han expandido a tasas muy superiores al crecimiento de la población. La dinámica explosiva de algunos flujos importantes como los energéticos, asociados a un modelo de transporte que drena importantes recursos y territorio, da una imagen muy alejada de la «desmaterialización» a la que podría haber conducido la transformación del sector industrial en la actividad económica madrileña. Como apuntan los autores, este lugar lo ha venido ocupando ahora el negocio inmobiliario, interesado en la nueva construcción que ha ordenado el territorio según un modelo succionador de grandes cantidades de energía, materiales y suelo.

### LA SITUACIÓN EN EL PAÍS VASCO

---

Un período similar es el abarcado en el artículo de **Iñaki Arto Olaizola** sobre los Requerimientos Totales de Materiales en el País Vasco desde fina-

les de la década de los ochenta. Los datos de este trabajo ponen de relieve el peso determinante del sector industrial, lo que acarrea una elevada intensidad material de la economía vasca, que supera en más del doble la intensidad material media de la economía española. Cifras que emparentan al País Vasco con las principales economías mundiales en exigencia de energía y materiales, sobre todo gracias a las grandes cantidades de flujos ocultos que lleva asociada la extracción de minerales metálicos en su territorio.

Pero las semejanzas con algunas economías importantes no sólo afloran en cuestiones como la intensidad material. El País Vasco ofrece también una imagen muy acusada de dependencia exterior respecto de sus requerimientos totales, habida cuenta de que casi las cuatro quintas partes de los flujos físicos que entran en su territorio proceden del exterior; porcentajes más elevados que el de muchas de las más importantes economías industrializadas.

---

### EL PLANO MUNICIPAL

En un plano más municipal, y centrándose en las relaciones entre el metabolismo energético y la sostenibilidad, el artículo de **Ignacio Zabala** y **Alicia Valero** analiza pormenorizadamente los flujos de energía y costes ambientales de una selección de tres municipios tipo aragoneses en función de su tamaño, climatología y actividad socioeconómica. Teniendo en cuenta la actividad del sector residencial, del transporte y de las instituciones municipales, se analiza el comportamiento energético de los municipios relacionándolo con los hábitos de la población y detectando las ineficiencias más relevantes.

Con estos mimbres, se proponen una serie de medidas de ahorro en equipos y sistemas (materiales, agua, medios de transporte, calefacción, ...) con el fin de mejorar la eficiencia energética de

los núcleos urbanos que afectan a un variado abanico de actividades. Por otro lado, y de forma notable, los autores cierran el trabajo estimando el coste de la implantación de un modelo energético que incorpore estas medidas para los diferentes tipos de municipio, y el ahorro energético y económico asociado a cada medida a través de la construcción de las oportunas curvas de ahorro-inversión.

---

### EL IMPACTO DEL TELETRABAJO

Cierra este segundo bloque de artículos, con el que finaliza el primer volumen de la monografía, un texto de **Ángel Martínez, Manuela Pérez, M<sup>a</sup> Pilar de Luis** y **M<sup>a</sup> José Vela**, que analiza el impacto ambiental del teletrabajo sobre los núcleos urbanos. Es cierto que por su temática bien podría haberse situado en el apartado dedicado a la perspectiva sectorial, pero dada su dimensión urbana hemos preferido incorporarlo a este bloque. En efecto, después de una extensa revisión de la literatura disponible acerca de los ambiguos efectos ambientales (energéticos, sobre los desplazamientos, ...) del teletrabajo en sus dos acepciones (en casa y en oficinas satélites), los autores realizan una estimación monetaria del impacto ambiental, en términos de ahorro monetario, que produciría la introducción de esta modalidad laboral en la ciudad de Zaragoza.

En el segundo volumen de este número monográfico se completa, sin ánimo de exhaustividad, el panorama ofrecido en el primero, abordando la dimensión sectorial y la dimensión internacional de la discusión a través de un doble plano: enjuiciando la sostenibilidad ambiental a través del conocimiento del metabolismo económico en el ámbito planetario, y la discusión del actual marco legal para reconducir la situación económico-ambiental por derroteros más sostenibles.