

Fundamentos de la economía ecológica

José Manuel Naredo

(de F. Aguilera Klink, V. Alcántara (Comp.), *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Fuhem e Icaria, 1994, pp.231-252).

Edición electrónica revisada, 2011
CIP-Ecosocial

El **CIP-Ecosocial** es un espacio de reflexión que analiza los retos de la sostenibilidad, la cohesión social, la calidad de la democracia y la paz en la sociedad actual, desde una perspectiva crítica y transdisciplinar.

CIP-Ecosocial (fuhem.es/cip-ecosocial/)
C/ Duque de Sesto 40, 28009 Madrid
Tel.: 91 576 32 99 - Fax: 91 577 47 26
cip@fuhem.es

De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica

Federico Aguilera Klink y Vicent Alcántara (Comp.)

504.03:300.15

ECO

De la ECONOMÍA ambiental a la economía ecológica /
 Federico Aguilera y Vicent Alcántara, comp.
 Barcelona: ICARIA: FUHEM, 1994
 408 p; 21 cm. — (Economía crítica; 10)
 ISBN: 84-7426-231-3

1. Desarrollo sostenible. 2. Ecología humana. 3. Teoría económica.
 I. Aguilera, Federico. II. Alcántara, Vicente

ECONOMÍA CRÍTICA. Coordinadora: Graciela Malgesini.

Consejo Editorial: Mariano Aguirre, Alfons Barceló, Carlos Berzosa, Miren Etxezarreta, Valpy Fitzgerald, Graciela Malgesini, Ángel Martínez González-Tablas.

Instituciones colaboradoras:

Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid
 Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental (FIDA)

Traducción de M^a Teresa Molina Ruso

© de esta edición:

ICARIA
 Comte d'Urgell, 53
 08011 Barcelona

FUHEM
 Duque de Sesto, 40
 28009 Madrid

Primera edición: noviembre, 1994

ISBN: 84-7426-231-3

Dep. Legal: B.33.999-1994

Edición electrónica revisada, 2011

CIP-Ecosocial

FUNDAMENTOS DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA*

JOSÉ MANUEL NAREDO

* Ponencia presentada al IV Congreso Nacional de Economía, Desarrollo y Medio Ambiente. Sevilla 12/92.

Introducción

Las recientes preocupaciones por la salud del planeta Tierra han llevado a los economistas a interesarse por el lado más oscuro y pernicioso del proceso económico que quedaba al margen de sus prácticas analíticas y contables habituales: mientras éstas se centraban en los saldos positivos que mostraban la versión monetaria del proceso, esa economía de la física que es la termodinámica se afanaba en registrar las pérdidas o irreversibilidades inherentes a todo proceso físico, a la vez que esa economía de la naturaleza que es la ecología advertía que la productividad de los sistemas orgánicos ligados al proceso de fotosíntesis corre normalmente pareja a su inestabilidad.

Como ya he precisado en varias ocasiones, existen dos posibilidades de hacer que la gestión económica considere esa parte oscura de los procesos. Una, tratando de iluminar los elementos que la componen mediante prácticas de valoración que permitan aplicar sobre ellos el instrumental analítico habitual de los economistas que razona en términos de precios, costes y beneficios monetarios efectivos o simulados. Otra, adaptando a las exigencias de la gestión el aparato analítico de disciplinas que, como la ecología o la termodinámica, se preocupaban ya de aclarar lo ocurrido en esa parte oscura del proceso económico.

A mi modo de ver, los dos enfoques indicados deben complementarse para que la discusión económica pueda integrar los problemas que comporta la consecución de objetivos a plazos temporales, escalas y niveles de agregación distintos. Éste sería el objetivo del enfoque denominado «ecointegrador» en el capítulo 27 de mi libro *La economía en evolución*.¹ Enfoque que apuntaría a evitar la habitual disociación entre los planteamientos económicos y ecológicos «reconciliando en una misma raíz eco la utilidad propugnada por aquéllos y la estabilidad analizada por éstos». Y éste considero que debe ser el propósito de la llamada «economía ecológica» que incluye en su denominación los dos extremos a conciliar. No me parece oportuno extenderme aquí en describir los rasgos metodológicos que deberían caracterizar este enfoque, por contraposición a los de la economía estándar y sus derivaciones «ambientales», dado que ya lo hice en el último capítulo de mi libro antes citado. Pero creo que es imprescindible recordar algunos de los fundamentos del nuevo enfoque ecointegrador que afectarían al método, al instrumental... e incluso al propio estatuto de la economía, al sacarla del universo aislado de los valores de cambio en el que hoy se desenvuelve para hacer de ella una disciplina obligadamente transdisciplinar. Con lo cual el razonamiento económico dejaría de alimentar el oscurantismo de un conocimiento parcelario para contribuir a la reunificación del saber en torno a la problemática horizontal que la gestión plantea en las sociedades de hoy. Pero la ampliación y mayor relevancia del campo de lo económico demanda a su vez una mayor flexibilidad de enfoques: el enfoque económico estándar perdería así su pretendida generalidad, junto con la de los «equilibrios» y «óptimos» de él derivados, que pasarían a considerarse frutos particulares de los posibles

¹ J. M. Naredo, *La economía en evolución. Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*, Madrid, Siglo XXI, 1987.

escenarios físicos e institucionales que ahora serían objeto explícito de reflexión económica, en vez de seguir siendo tomados como algo ajeno a ésta.

La consecuencia lógica de este modo de razonar es que —como ya he indicado en otra ocasión²— el mercado deja de ser la panacea que, se suponía, debería garantizar por sí sola el «óptimo económico», para convertirse en un instrumento a utilizar sobre bases controladas para conseguir soluciones que se adapten a determinados objetivos o estándares socialmente acordados. Lo que empuja a abrir el universo hasta ahora aislado de lo económico a la realidad física, a sus modelos predictivos, a las opciones tecnológicas y a los procesos de negociación social, trasladando el centro de discusión económica desde el interior del mercado hacia informaciones e instituciones exteriores al mismo, con el consiguiente cambio de estatuto de la propia economía. La noción misma de sistema económico perdería el carácter absoluto que hasta ahora se le ha venido atribuyendo, para dar paso a planteamientos más modestos y flexibles: ya no se trata de describir y completar el sistema que —se suponía— rige en cada uno de esos mundos separados —físico, económico, etc.— sino de estudiar la infinidad de sistemas que podrían representarlos para utilizar aquellos que resulten más adecuados a los contextos y finalidades en que se enmarque su aplicación. No se trataría así de rechazar o de «falsar» la idea al uso de sistema económico, sino de relativizarla conectándola con los otros sistemas que informan sobre aspectos relevantes del proceso económico (incluido su lado oscuro antes mencionado). Lo cual nos llevaría a dejar de hablar de *el sistema económico*, en el sentido absoluto que lo hacen los manuales, para razonar más bien sobre una *economía de los sistemas* que ampliaría su objeto de estudio y desplazaría el centro de gravedad de sus preocupaciones, desde el sistema de los valores mercantiles hacia los condicionantes del universo físico e institucional que lo envuelven.

El objeto de estudio de la economía ecológica y su sistema de razonamiento

Aun a riesgo de ser repetitivo me parece obligado aclarar las diferencias en el objeto de estudio y la idea de sistema que separan a la economía ecológica de la economía estándar (más o menos medioambiental) reproduciendo para ello dos gráficos tomados de mi libro *La economía en evolución*, 1987.

El gráfico 1 muestra que aunque ambos enfoques económicos afirmen ocuparse de la gestión de lo útil y lo escaso, la economía ecológica considera que toda la biosfera y los recursos puedan ser a la vez escasos y de alguna manera (más o menos inmediata) útiles, tomando el conjunto U como objeto de estudio: la cadena sin fin de relaciones que registran los ecosistemas apoya la opinión de los practicantes de esa «economía de la naturaleza» del siglo XVIII cuando pensaban que desde la modesta lombriz de tierra, tan ponderada por Linneo, hasta el insecto más humilde, no carecían de utilidad, aunque también pudieran resultar molestas para el hombre.

Sin embargo, la economía estándar —como habían precisado sus formalizadores neoclásicos (Jevons, Walras, etc.)— sólo se ocupa de aquello que, siendo de utilidad directa para los hombres, resulte además apropiable, valorable y productible, tomando así, como objeto de estudio el subconjunto U_{davp}. Lo cual explica el diálogo de sordos que muchas veces se produce entre economistas y ecologistas: mientras que los primeros circunscriben su razonamiento al *oikos* más restringido de los valores de cambio, los segundos razonan

² J. M. Naredo, «Los cambios en la idea de naturaleza y su incidencia en el pensamiento económico», *Información Comercial Española*, noviembre de 1992.

sobre aquel otro más amplio de la biosfera y los recursos, con independencia de que sean o no valorados.

Es evidente que el conjunto de los valores de cambio se puede ampliar a costa de los otros conjuntos, a base de valorar los bienes «libres» que carecían de valor. Y ello se consigue atribuyendo a alguien la propiedad sobre esos bienes (U_{da}) para que comercie con ellos y les haga adquirir un valor de cambio (U_{dav}). El hecho de que la propiedad inequívocamente definida sobre un bien sea la puerta de acceso a su valoración mediante la puja mercantil y, con ello, a su entrada en el reino de la teoría económica estándar, es algo que ya habían precisado autores como Senior y Walras hace más de un siglo y que al parecer han tenido que redescubrir los economistas contemporáneos de la mano de Coase, para dar lugar a una teoría económica de los derechos de propiedad que diga cuándo y cómo se debe abrir esa puerta a fin de que la valoración tenga unos efectos previamente definidos como favorables sobre los recursos (y residuos) a gestionar.

La economía (medio) ambiental, para aplicar su lógica coste-beneficio a los bienes «libres» que integran ese medio ambiente, tiene que empezar por valorarlos, ya sea implantando la propiedad y el mercado sobre ellos o simulando dicho mercado para imputarles valores teóricos apoyados sobre el cálculo de «costes de oportunidad», «precios sombra», «valores de contingencia», etc. Sin embargo, la economía ecológica ha de preocuparse, en primer lugar, de la naturaleza física de los bienes a gestionar y la lógica de los sistemas que los envuelven, considerando desde la escasez objetiva y la renovabilidad de los recursos empleados, hasta la nocividad y el posible reciclaje de los residuos generados, a fin de orientar con conocimiento de causa el marco institucional para que éste arroje ciertas soluciones y no otras en costes, precios y cantidades de recursos utilizados, de productos obtenidos y de residuos emitidos. Por ejemplo, con objeto de orientar de modo eficiente y «sostenible» la gestión del agua en un territorio, la economía ecológica empezaría por recabar información acerca del ciclo hidrológico y de los habitantes de ese territorio, para extraer después las recomendaciones oportunas sobre los derechos de propiedad y la normativa de uso del recurso, que afectarán a la parte del mismo sujeta a venta o facturación y a los precios, tasas, cánones o multas que se hayan de cobrar por el uso y deterioro del recurso.

Gráfico 1. Los objetos útiles y su relación con la idea usual de sistema económico

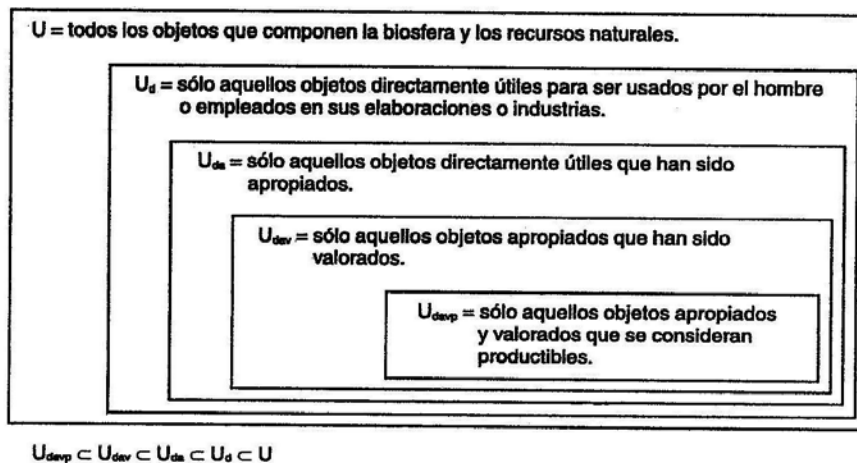
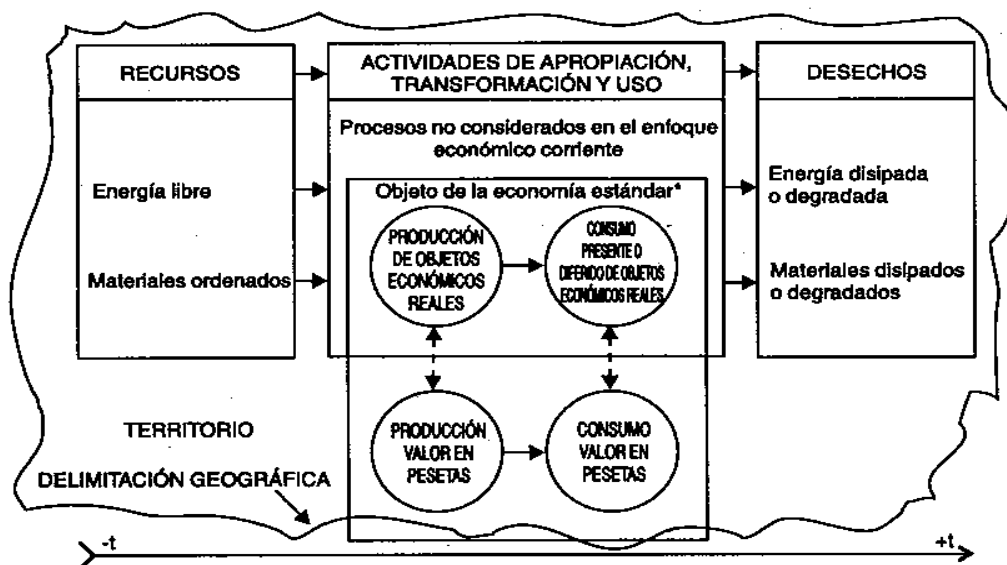


Gráfico 2. Objeto de estudio del enfoque eointegrador y su relación con el enfoque económico corriente**



* Los objetos económicos reales aparecen y desaparecen en el sistema en tanto lo hacen sus correspondientes valores de cambio. El sistema se rige por una ley de conservación del valor, según la cual Valor de Producción = Valor de Consumo (presente o diferido).

** Los materiales y la energía están sujetos a una ley de conservación, pero también a la ley de la entropía que contempla su degradación cualitativa e irreversible. El sistema de representación es desequilibrado y abierto.

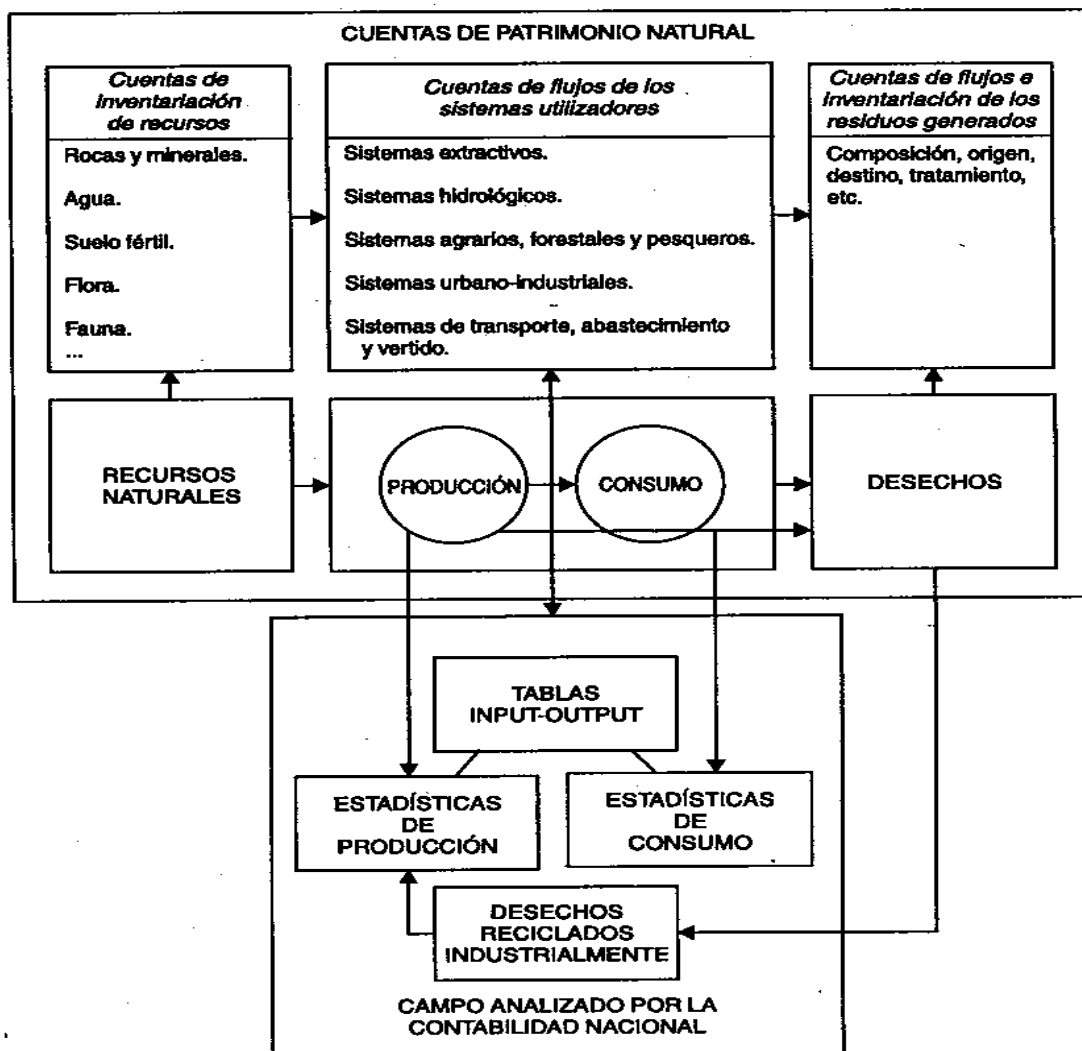
A la luz de lo anterior, el gráfico 2 presenta otra versión de ese objeto de estudio más amplio propio de la economía ecológica, en la que se muestra que el proceso económico recorre todos los conjuntos representados en el gráfico 1, alcanzando desde la existencia física de los objetos económicos en forma de recursos, antes de que hubieran sido valorados, hasta su existencia posterior en forma de residuos, cuando, por definición, hayan perdido su valor de cambio. Desde esta perspectiva física el proceso de producción ha de representarse a través de sistemas abiertos y dependientes de la energía y materiales que intercambian con su medio ambiente. Al igual que los procesos vitales a sus diversos niveles de agregación (la célula, el organismo, el ecosistema o la biosfera), este sistema de representación del proceso económico, se caracteriza por su desequilibrio permanente y su irreversibilidad respecto al tiempo. En el capítulo 27 de mi libro antes citado analizo las diferencias que separan a este tipo de sistema de aquel otro aislado y permanentemente equilibrado sobre el que razona la economía estándar, en cuyo interior nacen los objetos económicos, cuando la «producción» les infunde valor, y se extinguen, cuando desaparece su valor mediante el «consumo». Este proceso de valoración recae sobre una parte del proceso físico antes mencionado. Así, en el ejemplo del agua, sólo parte del ciclo hidrológico es objeto de tarificación y cobros monetarios. Sin embargo, el ciclo hidrológico constituye una unidad en sí mismo, cuyo comportamiento físico puede ser estudiado y modelizado.

El gráfico 2 recoge este solapamiento entre la versión física y monetaria del proceso de producción, en el que las actividades de apropiación, transformación y uso de los recursos

naturales van revalorizando los productos mediante la «producción», y desvalorizándolos mediante «consumo» intermedio o final.

El gráfico 3 muestra cuál sería la información necesaria para hacer operativo el enfoque de la economía ecológica en un determinado territorio: haría falta información inventarial sobre las dotaciones de recursos, sobre el comportamiento de los sistemas de utilizadores de esos recursos y sobre los residuos generados, detallando la forma en que se acumulan, dispersan o reciclan, incidiendo de nuevo sobre los recursos. La modelización de los flujos físicos de los sistemas utilizadores conectaría con la información relativa a sus contrapartidas monetarias, recogidas en las estadísticas económicas corrientes, agregadas en las contabilidades nacionales, tal y como recoge el gráfico 3.

Gráfico 3. Estadísticas necesarias para una planificación de los recursos naturales y su relación con las estadísticas económicas usuales



La extensión del registro patrimonial a recursos no reproducibles lleva a mostrar la insuficiencia de considerar el proceso económico desde el prisma exclusivo de la producción (de valor) si queremos asegurar que los valores añadidos o rentas que se obtienen como saldo puedan destinarse íntegramente al consumo sin que ello entrañe un empobrecimiento de sus titulares, tal y como sugirió Hicks hace tiempo.³ Junto a la noción del uso de producción, que ignora el origen físico de los procesos, la noción de amortización aparece también como único mecanismo para evitar la degradación del patrimonio de los agentes económicos: éstos deben establecer unas reservas monetarias que compensen el coste del desgaste de sus activos físicos para asegurar su reposición cuando lleguen al final de su vida útil. El problema estriba en que muchos de los recursos patrimoniales que los fisiócratas incluían en parte bajo la denominación de bienes de fondo, no son renovables o productibles, no pudiendo por lo tanto reponerse.

En el caso particular de una empresa, este problema se resuelve asegurando, en su contabilidad privada, que la venta de sus productos le permita amortizar el valor monetario de los bienes de fondo adquiridos. Una vez consumidos estos bienes de fondo no reproductibles, la empresa podrá trasladar así su actividad a otros recursos, sin quebranto de su patrimonio medido en términos monetarios. Sin embargo, si se amplía la escala del razonamiento al nivel estatal o incluso planetario, los límites objetivos que comportan las dotaciones de bienes fondo disponibles hacen inadecuados los principios que inspiraban el razonamiento y el registro contable propios de la empresa privada. La noción de amortización pierde su sentido para atajar procesos de degradación patrimonial que se muestran globalmente irreversibles. En estos casos, el destino de los bienes fondo a registrar debe apuntar más bien a su conservación y mejora y no hacia su consumo. Tal sería el caso del suelo fértil o de cualesquiera otros elementos constitutivos de los ciclos de materiales que mantienen la vida en la Tierra. Asimismo, sólo cabe paliar globalmente la pérdida patrimonial que supone la extracción y el consumo de metales, o de cualquier otro stock no renovable, desarrollando su conservación y reciclaje, y no mediante su simple amortización en dinero. Es decir, sólo complementando los ciclos de materiales hasta asegurar que los residuos se conviertan en recursos, se puede evitar la profunda asimetría que acusa un sistema económico que registra flujos de renta supuestamente renovables apoyados en el consumo o deterioro físico de stocks no reproductibles.

Sobre la «sostenibilidad» de los sistemas

Hoy día el objetivo de empujar la economía de las sociedades humanas hacia bases más «sostenibles» es asumido con generalidad en los documentos de los organismos y agencias internacionales con competencias económicas, a la vez que la «economía ecológica» se define como la «ciencia de la gestión de la sostenibilidad»⁴. La «sostenibilidad» o viabilidad en el tiempo de un sistema viene marcada por sus intercambios con el entorno físico, que como hemos visto escapan a la red analítica usual de los economistas. Precisamente por eso, la economía trata de extender ahora su objeto de reflexión —y de valoración— hacia aquellas partes del proceso físico de «producción» (y gasto) que no eran tenidas en cuenta.

Una gestión que además de ser económica pretenda ser «sostenible» ha de preservar el sistema considerado de estados críticos derivados tanto de falta de recursos como de excesos de residuos. Ello teniendo en cuenta que los residuos generados dependen de los

³ John R. Hicks, *Value and Capital*, Oxford University Press, 2ª Ed. 1946.

⁴ Cfr. *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*, compilado por Robert Constanza, Nueva York, Columbia University Press, 1991.

recursos utilizados en los procesos, por lo que la preocupación por la viabilidad de un sistema debe abordar conjuntamente ambos extremos.

El hecho de que la Tierra sea un sistema abierto en energía, pero cerrado en materiales —salvo el fenómeno afortunadamente poco importante de los meteoritos—, unido a que, por lo general, resulta bastante más fácil convertir materiales en energía que energía en materiales, hace que la gestión de éstos sea a largo plazo el problema económico más delicado, tanto desde el punto de vista de los recursos, como de los residuos, aunque, como más adelante se expone, la mayor entropía o desorden referente a los materiales está relacionada (a través de la fórmula de Gouy-Stodola) con el aumento de la temperatura ambiente originado por la contaminación térmica que trae consigo el uso de los combustibles fósiles disponibles en la corteza terrestre, siendo el «calentamiento global» y el «agujero» en la capa de ozono las expresiones actuales más preocupantes del deterioro de la habitabilidad del planeta relacionadas con las dos caras de la irreversibilidad antes mencionadas.

Habida cuenta que los organismos, en general, y los hombres muy particularmente, necesitan degradar energía y materiales para mantenerse en vida, el único modo de evitar que ello redunde en un deterioro entrópico de la Tierra pasa por articular esa degradación sobre el único flujo de energía renovable que se recibe, el procedente del sol y sus derivados, manteniendo un reciclaje completo de los ciclos de materiales, tal y como ha ejemplificado ese fenómeno tan particular de la fotosíntesis, que permitió el desarrollo de la biosfera y de la especie humana. En efecto, las plantas verdes utilizan la energía irradiada por el sol para complicar la estructura de materiales ya existentes, convirtiendo, pudiéramos decir, aquella energía luminosa en energía de enlace de sistemas más complejos. Tres hechos hacen especialmente interesante y ejemplar, desde el ángulo de la gestión de recursos, la transformación de materiales y energía que se opera en el caso de la fotosíntesis. Uno es que la energía necesaria para añadir complejidad a los enlaces que ligan a los elementos disponibles procede de una fuente que a escala humana puede considerarse inagotable, asegurando así la continuidad del proceso. A la vez que tal utilización no supone un aumento adicional de la entropía en la Tierra, sino la desviación hacia los circuitos de la vida de una energía que de todas maneras iba a degradarse. Otro, no menos importante, es que los convertidores que permiten la transformación de la energía solar en energía de enlace —las plantas verdes— se reproducen utilizando para ello esa misma fuente renovable, sin necesidad de recurrir a energías derivadas de desorganizar los stocks de materiales existentes en la Tierra y originar problemas de contaminación. El tercero es que los desechos vegetales, tras un proceso de descomposición natural, se convierten en recursos fuente de fertilidad, al incorporarse al suelo en forma de humus, cerrándose así el ciclo de materiales vinculado al proceso.

Lo anterior nos sitúa en condiciones de responder a la pregunta de si puede una economía «sostenible» usar «recursos no renovables» y, en caso afirmativo, cómo tendría que usarlos. Si por «recursos no renovables» se entienden los stocks de materiales existentes en la corteza terrestre, la respuesta sería inequívocamente afirmativa. Respecto al «cómo» usarlos, el ejemplo de la biosfera indica que un sistema puede desarrollarse a largo plazo utilizando los materiales existentes en la corteza terrestre: la clave de este funcionamiento viene sintetizada por Margalef, cuando indica que el flujo de energía solar mueve los ciclos de materiales lo mismo que la corriente de agua hace girar la rueda del molino. Así, la vida humana, al igual que la de los otros organismos que componen la biosfera, ha de apoyarse, por fuerza, en los materiales existentes en la corteza terrestre. La cuestión estriba en que la economía de los hombres sepa aprovecharse de la energía solar y sus derivados renovables para cerrar los ciclos de materiales, posibilitando que los residuos se conviertan otra vez en

recursos y evitando el progresivo deterioro de la corteza terrestre que actualmente se opera por dispersión de recursos y contaminación de residuos.

Rasgos esenciales del comportamiento físico de la civilización industrial

A partir de la llamada «revolución industrial» las sociedades humanas desarrollaron su economía sobre bases completamente opuestas a las que acabamos de enunciar: al apoyarse masivamente en el uso (y deterioro) de stocks de determinados materiales concentrados en la corteza terrestre, sin preocuparse de devolver a estos materiales su calidad de recursos, se originaron a la vez problemas de escasez y de contaminación, acelerando la entropía de la Tierra. Es el caso de las reservas de combustibles fósiles y, sobre todo, de petróleo y gas natural, contenidas en la corteza terrestre (con una energía equivalente a quince y cinco días, respectivamente, de radiación solar sobre el planeta), que se extraen a un ritmo de unos 10.000 millones de toneladas anuales, cuya combustión está originando los problemas de contaminación y cambio climático de todos conocidos. Y lo es también el de la extracción de rocas y minerales no energéticos (apoyada en esos combustibles fósiles) que alcanza unos 20.000 millones de toneladas anuales⁵ exigiendo un movimiento de tierras que supera ampliamente los 25.000 millones de toneladas. De esta manera, la intervención humana sobre la corteza terrestre, orientada a la extracción de materiales energéticos y no energéticos, supera en importancia a la de cualquier agente geológico, duplicando en tonelaje al arrastre de sedimentos de todos los ríos del mundo, cifrado en unos 16.500 millones de toneladas.⁶ El cuadro 1 ilustra la composición del enorme flujo de materiales que el hombre extrae de la corteza terrestre.

Cuadro 1. Extracción mundial estimada de minerales seleccionados, 1990

<i>Mineral</i>	<i>Producción¹</i> <i>(miles de toneladas)</i>
Metales	
Mineral de hierro	960.000
Aluminio	18.000
Cobre	8.920
Magnesio	8.600
Zinc	7.300
Cromo	3.784
Plomo	3.350
Níquel	949
Estaño	216
Molibdeno	114
Titanio	102
Plata	15
Mercurio	6
Metales del grupo del platino	0,3
Oro	0,2

⁵ Fernando Pla, «El estado actual de la tecnología minera», Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Madrid, 1991.

⁶ John E. Young, «La Tierra convertida en una gran mina» en *La situación del mundo en 1992*, Ed. Lester Brown, Washington, Worldwatch Institute, 1992 (traducción española de Eds. Apóstrofe, Barcelona).

Minerales no metálicos		
	Piedra	11.000.000
	Arena y grava	9.000.000
	Arcillas	500.000
	Sal	191.000
	Roca fosfata	166.350
	Cal	135.300
	Yeso	99.000
	Carbonato sódico	32.000
	Potasa	28.125
Carbones		
	Turba	250.000
	Lignito	1.500.000
	Hullas y antracitas	3.500.000
Hidrocarburos		
	Petróleo	3.000.000
	Gas natural MM m ³	1.900.000
TOTAL APROXIMADO		30.000.000

1. Todos los datos excluyen el reciclaje.

FUENTE: Fernando Pla, op. Cit. Y John E. Young. « La tierra convertida en una gran mina», en La Tierra en 1991, Washington, Worldwatch Institute, 1992.

Los «movimientos de tierras» ligados a las actividades extractivas (que alcanzan, así, entre 35 y 40 mil millones de toneladas anuales) no sólo superan ampliamente en tonelaje a la producción agraria mundial, sino que empuñan también la importancia de los ciclos vitales de carbono y de materia seca originados en el conjunto de la biosfera mediante la fotosíntesis (podemos cifrar la producción primaria de carbono y de materia seca en unos 61 y 105 mil millones de toneladas anuales, respectivamente). La sola extracción de combustibles fósiles, además de superar anualmente en toneladas la producción de alimentos, contiene una energía que multiplica por 14 la contenida en éstos, mostrando que la especie humana es la única que utiliza una energía exosomática muy superior a la ingerida en forma de alimentos. Precisamente el uso exosomático de la energía ha permitido acrecentar, hasta los niveles antes mencionados, la extracción y el transporte horizontal de materiales, rompiendo con los esquemas de funcionamiento de los ecosistemas naturales (en los que predomina el transporte vertical) y originando los problemas de contaminación de todos conocidos (al decir de Margalef, la contaminación es una enfermedad del transporte).

Por último, hay que subrayar el desigual reparto que se observa a escala mundial en el uso de materiales y energía. Así, mientras que para la media mundial se usan al año unas 6 toneladas per cápita de materiales extraídos de la corteza terrestre, el estadounidense medio viene a utilizar entre 25 y 30. Y en lo referente al uso de los productos energéticos comercializados, es conocido el dato de que Estados Unidos, con un 5% de la población mundial, consume el 30% de las disponibilidades mundiales de estos productos, originando el mayor consumo de los países ricos un déficit de materias primas minerales y energéticas que se cubre con cargo a los países del «tercer mundo»: éstos exportan muchos más minerales de los que importan y lo contrario ocurre con el mundo industrializado y muy particularmente con Japón y, en segundo lugar, con los países de la UE. El cuadro 2 muestra el particular peso que tienen ciertas sustancias minerales en las exportaciones de algunos países y, con ello, en la salud de sus economías monetarias.

Cuadro 2. Participación de los minerales en el valor de las exportaciones totales, países seleccionados, finales de la década de los ochenta 1

<i>País</i>	<i>Mineral(es)</i>	<i>Participación (porcentaje)</i>
Botswana	diamantes, cobre, níquel	89
Zambia	cobre	86
Liberia	mineral de hierro, diamantes	60
Jamaica	bauxita/alúmina	58
Zaire ²	cobre, diamantes	57
Chile	cobre	50
Togo	fosfatos	50
Perú	cobre, zinc, mineral de hierro, plomo, plata	45
Mauritania	mineral de hierro	41
Papúa-Nueva Guinea	cobre	40
Bolivia	zinc, estaño, antimonio, tungsteno	35
Guayana	bauxita	33
África del Sur	oro	30

* La lista de minerales ha sido preparada según el orden del valor total de las exportaciones.

** 1985-1986.

FUENTE: Los datos de Zaire fueron tomados de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), *Handbook of International Trade and Development Statistics* (Nueva York: Naciones Unidas, 1990); el resto, del Fondo Monetario Internacional (FMI), *International Financial Statistics*, agosto de 1991; FMI, *International Financial Statistics Yearbook* (Washington, D.C.: 1990).

La vertiente oscurantista del medioambientalismo en boga

Una vez precisada cuál es la base material de la sociedad industrial, hay que advertir que, mientras la extracción de minerales energéticos y no energéticos se alimenta mutuamente, acelerando una espiral de deterioro que empuja a marchas agigantadas a la Tierra hacia niveles más entrópicos, los precios de estos minerales han caído notablemente durante la última década desalentando el ahorro y el reciclaje y desplazando las preocupaciones de los economistas desde la «energía» y los «recursos naturales» hacia «la contaminación» y el deterioro del «medio ambiente».

Este golpe de péndulo ha revalorizado la función de las unidades administrativas encargadas de paliar el deterioro del «medio ambiente», pero también las ha distanciado de las causas de este deterioro, que hay que buscar en el tratamiento que se está dando a los «recursos». Así, es sintomático que las competencias de los organismos encargados del «medio ambiente» sean por completo ajenas a las de aquellos otros que se ocupan de la extracción, transformación y uso de los materiales y la energía que condicionan ese «medio ambiente».

Los informes y agendas de organismos internacionales que han desembocado en la reciente conferencia de Río sobre «medio ambiente y desarrollo», atestiguan el desplazamiento indicado propiciando una curiosa esquizofrenia intelectual: mucha

preocupación por atajar la contaminación y la pérdida de diversidad, penalizándola según el principio de «quien contamina paga», y mucha desatención por la extracción y el bajo precio de los recursos que la originan. Lo cual da también lugar a un doble lenguaje entre un mundo industrial que constituye el principal consumidor y beneficiario de los bajos precios de las materias primas de las que es importador neto y un tercer mundo cuya situación económica se ha hundido, junto con los precios de sus exportaciones, al que se aconseja ahora el «desarrollo sostenible» y la frugalidad para restablecer el equilibrio financiero de sus maltrechas economías.

Precisamente esta ponencia se sitúa a contracorriente de ese «medioambientalismo» en boga, para evitar el doble lenguaje y la esquizofrenia intelectual mencionadas. Hay que superar el oscurantismo hacia el que nos arrastran la especialización y los enfoques parcelarios, adoptando un planteamiento económico amplio, que enjuicie en su globalidad los flujos de energía y materiales sobre los que se apoyan las sociedades actuales, desde los recursos, hasta los residuos, desde el «tercer mundo» hasta la metrópolis del capitalismo «maduro». Avanzar por este camino exige analizar conjuntamente la evolución de los costes físicos y de los valores monetarios que se generan a lo largo del proceso económico y disponer de criterios que permitan medir y corregir la asimetría que se observa entre ambos.

Evaluación monetaria y costes físicos inherentes a los procesos de producción

Como señalaba en mi artículo con A. Valero «Sobre la conexión entre termodinámica y economía convencional»,⁷ si en todos los procesos físicos, cualquiera que sea su naturaleza se pierde energía utilizable, es razonable pensar que la función del coste exergético⁸ pueda ser una base objetiva para medir los costes físicos de producción. Nótese —precisábamos entonces— que no estamos diciendo su precio o su valor sino los costes medidos en unidades de recursos empleados. Ello daría pie a una reformulación de la Economía, que permitiría cuantificar, a la luz del Segundo Principio de la Termodinámica, problemas relacionados no sólo con el coste y con la eficiencia, sino también con la dispersión y deterioro de nuestros recursos naturales, la evolución del medio ambiente hacia temperaturas más elevadas y con composición más dispersa, el problema del ahorro de recursos por reciclado, la valoración más objetiva y a diferentes niveles de agregación de los efectos nocivos de la producción y del consiguiente aumento de residuos, cada vez más y más acelerado, etcétera. Bien lo atestigua la Ley conocida en Termodinámica con el nombre de Gouy-Stodola, que dice que la irreversibilidad generada en el proceso vale $I=ToSg$, siendo To la temperatura ambiental y Sg la generación de entropía, de desorden medio en términos termodinámicos del proceso. Esta ley recoge el gran conflicto fáustico al que se enfrenta una sociedad industrial apoyada sobre el uso y la dispersión de ciertas concentraciones de materiales contenidos en la corteza terrestre: a mayor irreversibilidad generada por los crecientes y desenfadados procesos «productivos» realizados por el hombre, mayor será la temperatura ambiental, originada por la contaminación térmica, y/o mayor la creación de desorden, es decir, mayor la dilución de materiales en la tierra, el agua y el aire.

Pero a la vez que el enfoque termodinámico registra las irreversibles pérdidas y los costes físicos en que van incurriendo las elaboraciones productivas, el enfoque económico estándar va registrando las ganancias monetarias derivadas de la revalorización de los productos que constituyen la finalidad del proceso (finalidad que la termodinámica sólo

⁷ *Información Comercial Española*, junio-julio, 1989.

⁸ Se emplea el término exergía para designar la energía disponible.

refleja parcialmente, en términos de baja entropía, escapándose esa otra meta más de fondo que Georgescu-Roegen define como el «disfrute de la vida»).

A riesgo nuevamente de ser repetitivo retomaré del artículo que acabamos de citar una presentación resumida de los rasgos formales y las unidades de medida sobre los que toman cuerpo las dos versiones del proceso económico que estamos comentando.

a) Enfoque termodinámico del proceso de «producción»

Nomenclatura

F Recursos utilizados en el proceso.

P Producto obtenido en el proceso.

I Irreversibilidad total o degradación total originada por el proceso.

L Pérdidas de calidad interna.

R Residuos generados.

Unidades

Las unidades de F, P e I deben ser energéticas y vinculadas, por tanto, al Sistema Internacional de Unidades y no unidades monetarias. Para ello se utiliza el concepto de «exergía», que es una medida objetiva que equipara todas las potencialidades termodinámicas de un flujo físico. Su valor es objetivo respecto de unas condiciones ambientales dadas y es independiente del aprecio que se tenga por un tipo u otro de manifestaciones material o energética.

Ecuación básica representativa del proceso

$$F - P = L + R = I \quad [1]$$

Postulado: $F > P$ o $I > 0$

Como la irreversibilidad debe ser siempre positiva, dada la definición termodinámica de rendimiento o eficiencia:

$$e = P/F$$

tenemos que: $0 < e < 1$.

Es decir, en virtud de la Segunda Ley de la Termodinámica, la eficiencia absoluta de todos los procesos físicos siempre está comprendida entre cero y uno.

b) Enfoque económico estándar del proceso de «producción»

Nomenclatura

CI Recursos utilizados en el proceso (o consumos intermedios).

PR Producto obtenido en el proceso.

VA Valor añadido en el proceso

Unidades

CI, PR y VA deben medirse en las mismas unidades monetarias y no en unidades físicas.

Ecuación básica representativa del proceso

$$PR - CI = VA \quad [2]$$

$$\text{Postulado: } PR > CI \text{ o } VA > 0$$

La única acepción concreta y medible que se da en economía al término «producción» se refiere a la producción de valores monetarios. El proceso así denominado debe arrojar, por tanto, valores añadidos positivos, y, si esto no ocurriera, se estima que el proceso en cuestión carece de viabilidad económica.

Siendo $PR > CI$ y definiendo la rentabilidad monetaria de un proceso como

$$r = PR/CI$$

se postula que en los procesos económicos viables: $r > 1$.

c) Conexión formal entre ambos enfoques

1) Supongamos que [1] y [2] se refieren a aspectos físicos y monetarios de un mismo proceso.

2) Supongamos que los recursos utilizados F y el producto P en [1] coinciden exactamente con los que son objeto de valoración monetaria en [2].

3) Supongamos que se conoce el precio de las unidades físicas de los recursos introducidos y de los productos obtenidos en el proceso, expresadas todas ellas en las mismas unidades (por ejemplo, calorías), como se puntualizó en el epígrafe a).

4) Supongamos que no existen más costes monetarios que los derivados de las unidades físicas introducidas en el proceso.

Considerando, para simplificar, un único flujo físico de recursos utilizados y un único flujo de producto (medibles, por ejemplo, en calorías), con precios p_F y p_P , respectivamente, tenemos:

$$\begin{aligned} PR &= P \cdot p_P \text{ como, según [2], } PR > CI \\ CI &= F \cdot p_F \text{ tenemos que } P \cdot p_P > F \cdot p_F \\ &\text{y que } p_P / p_F > F/P \quad [3] \end{aligned}$$

o, en otras palabras, el proceso de «producción» en el enfoque económico estándar exige que la relación entre el precio de una unidad de producto y el de una unidad de gasto sea mayor que el número de unidades físicas de recursos requeridas para obtener una unidad de producto; o, dicho de otra manera, que la revalorización unitaria del gasto monetario supere a la pérdida física por unidad de producto; o, también, que la ganancia de calidad alcanzada en el proceso, medida en términos monetarios, compense la dispersión generada en términos físicos.

El cumplimiento de la condición [3] también puede expresarse diciendo que

$$1 > e > p_F / p_P$$

es decir, la eficiencia termodinámica

$$(e = P/F)$$

ha de ser mayor que la relación entre el precio del recurso y el del producto. La expresión [3] en cualquiera de sus manifestaciones puede presentarse como el teorema de conexión entre las dos versiones del proceso de «producción» que nos ofrecen la Termodinámica y la Economía estándar.

En el caso general de m flujos de recursos $F = [F_1 \dots F_m]$ y de n flujos de productos $P = [P_1 \dots P_n]$ con m y n precios, respectivamente.

$$P_F = \left\{ \begin{array}{c} p_{F1} \\ p_{Fm} \end{array} \right\} ; p_P = \left\{ \begin{array}{c} P_{p1} \\ p_{pn} \end{array} \right\}, \text{ la expresión } P \cdot p_P > F \cdot p_F$$

mostraría la desigualdad entre los dos escalares resultantes de los dos productos matriciales

$$P \cdot p_P = \sum_{i=1}^n P_i \cdot p_{pi}$$

$$P \cdot p_F = \sum_{i=1}^m F_i \cdot p_{Fj}$$

De un modo general, la expresión

$$P \cdot p_P > F \cdot p_F$$

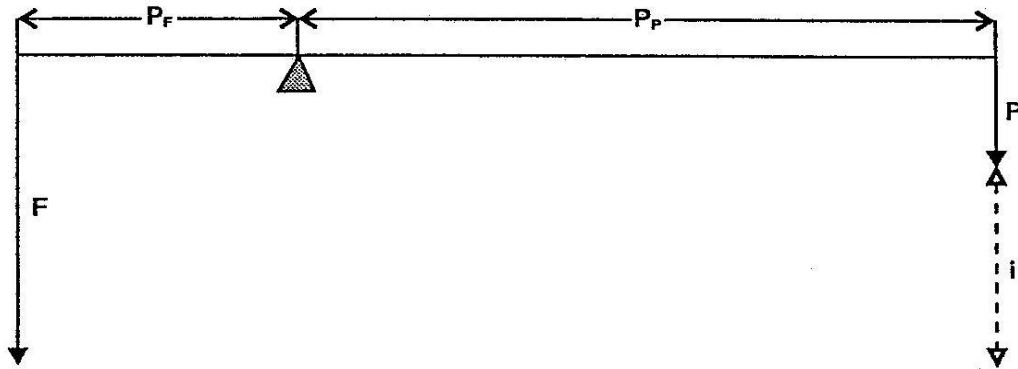
es la condición de la existencia misma de «producción» en el enfoque económico estándar: por definición, el valor total (en términos monetarios) de los productos obtenidos ha de ser mayor que el valor monetario total de lo gastado en el proceso. O, lo que es lo mismo, ha de producirse una revalorización monetaria (media ponderada) de las unidades físicas introducidas en el proceso, que supere el valor (medio ponderado) de las pérdidas físicas que se han ido produciendo a lo largo del mismo en virtud de la Segunda Ley de la Termodinámica.

La expresión [4] muestra un claro isomorfismo con aquella relativa al equilibrio de la palanca: si atribuimos a P y F el papel de fuerzas y postulamos que $P < F$, la condición de viabilidad económica del proceso exigiría que los precios, ejerciendo el papel de brazos de palanca, invirtieran el desequilibrio entre P y F a favor del producto medio en términos monetarios, haciendo que $P \cdot p_P > F \cdot p_F$

El gráfico 4 ofrece una representación del mencionado isomorfismo de la palanca que indica que para que «salgan las cuentas» de un determinado proceso productivo, según el enfoque económico estándar es necesario que el punto de apoyo de la palanca se desplace hacia el lado de los recursos (F) de modo que la diferencia entre los brazos (precios) incline la situación a favor del producto (P) a pesar de su menor peso físico. Este desequilibrio, que explica la obtención de valores añadidos y márgenes positivos, se opera en la vida económica corriente porque muchos de los recursos utilizados en el proceso se toman

gratuitamente (es decir, a precio cero) o a precios muy inferiores a los de las unidades físicas de producto, a la vez que los residuos se penalizan poco, evitando cargar los costes de un posible reciclaje sobre los individuos o empresas que los generan.

Gráfico 4



Además, hay que recordar que, una vez utilizados los productos, la sociedad acaba desechándolos, por lo que a la postre también los productos se acaban convirtiendo en residuos, como indicaban los gráficos 2 y 3. Por ello, al final del proceso la ecuación resultante no es $F = P + I$ sino $F = I$. Es decir, extraemos materiales y energía de la naturaleza en forma concentrada (o sea, con exergía o con baja entropía) para obtener productos que finalmente devolvemos a la naturaleza de forma degradada, diluida (o sea, sin exergía). Por lo que el análisis no sólo debe abrirse hacia el tratamiento de los recursos antes de haber sido captados, transformados y valorados, sino hacia su posterior degradación y pérdida de valor, considerando su existencia física como residuos. Porque si admitimos que la finalidad última del proceso económico es, o debe ser, el disfrute de la vida, precisamente por eso debemos preocuparnos de analizar los efectos de la degradación originada, para reducirla en la medida de lo posible y de lo económicamente razonable.

Dos son los caminos por los que el instrumental económico convencional puede ser utilizado para reducir la emisión de residuos. Uno, a través de medidas que eleven el precio de los recursos más contaminantes, para desanimar su uso y/o favorecer una utilización más eficiente reduciendo en ambos casos los residuos originados. Otro, penalizando con el pago de derechos, tasas, etc., los resultados contaminantes de los procesos, o exigiendo completarlos con fases de restauración o reciclaje. Es decir, uno, incidiendo sobre el origen del proceso para forzar el ahorro y la mayor eficiencia en el uso de los recursos más problemáticos e incentivando su sustitución por otros más abundantes (y menos contaminantes); y otro, incidiendo sobre las consecuencias no deseadas del proceso, al exigir pagos o responsabilidades a los causantes del deterioro «ambiental». La primera forma de proceder actuaría desplazando hacia la derecha el punto de apoyo de la palanca representada en el gráfico 4, al elevar los precios de determinados recursos con relación a los de los productos. La segunda forma de proceder incide facturando o gravando los residuos e incrementando así los costes monetarios y recortando el valor añadido resultante.

Hay que insistir en que el «milagro» de la obtención de saldos monetarios positivos de valores añadidos y ganancias, cuando la versión física de los procesos recoge pérdidas, reside en que la valoración monetaria que se opera a lo largo del proceso sobrevalora notablemente el producto con relación a los recursos y, por supuesto, no acostumbra a penalizar los residuos.⁹ Tener bien claro que la naturaleza de los valores añadidos y rentas que se obtienen en la presente civilización industrial arranca de la muy escasa valoración de los recursos, y casi nula penalización de los residuos, es fundamental para saber que el problema de la contaminación no puede resolverse por el mero hecho de gravarla o facturarla, como sugieren afirmaciones tales como que el «calentamiento global» es resultado lógico de estar utilizando la atmósfera como sumidero a precio cero. Sin negar el interés de posibles instrumentos que graven la contaminación, hay que advertir que su generalización engrosaría las arcas de las administraciones o empresas de los países más ricos, mientras que, por ejemplo, el aumento del precio del petróleo redundaría más en beneficio de los países exportadores del «tercer mundo». Por otra parte, la decisión de cobrar derechos o tasas por la combustión, llevada al extremo, afectaría a todos los individuos de la especie humana e incluso de especies animales, habida cuenta que la respiración es una forma de combustión. El problema estriba en que la aplicación generalizada del principio «quien contamina paga», generalmente propuesto por los economistas (lo mismo que una revalorización generalizada de los recursos), daría al traste con casi todos los «valores añadidos» positivos que sirven de base al análisis económico habitual, recortando la esfera de la producción a la escala de un «producto neto fisiocrático» que el desarrollo de la sociedad industrial ha reducido a la mínima expresión. De hecho, esta sociedad se sostiene gracias a la existencia de un mundo no industrial al que utiliza como fuente adicional de recursos y como sumidero de residuos.

En este contexto, por mucho que se extiendan las aplicaciones puntuales del instrumental de la microeconomía convencional para imputar valores monetarios a las «externalidades» medioambientales y a los recursos naturales «no renovables», difícilmente aportarán soluciones operativas para lograr un intercambio más sostenible de las sociedades humanas entre ellas y con su entorno físico. En los capítulos 19 y 24.II de mi libro *La economía en evolución*, señalé las limitaciones que comporta este tipo de aplicaciones. Y su auge reciente en medios académicos, auspiciado por la mayor demandada de las administraciones públicas, se ha encargado precisamente de ofrecer una mayor evidencia empírica de estas limitaciones, originando una literatura crítica digna de mención.¹⁰ Esta literatura resalta la inconveniencia de seguir planteando (y resolviendo) el tema en el universo aislado del valor, o, como indicábamos al principio, de seguir considerando el mercado como panacea, a la vez que muestra la conveniencia de utilizarlo como instrumento. Pero ¿cuál ha de ser la información física que guíe este instrumento? ¿Cuáles las señales objetivas que informen el marco institucional y la subjetividad humana que interviene en la configuración de los precios, costes y cantidades de recursos (y de residuos) movilizados? ¿Qué criterios objetivos pueden orientar la valoración de ese enorme flujo de materiales que se extrae de la corteza terrestre y que constituye la causa primordial de los males ecológicos de la actual civilización? El siguiente apartado de este artículo precisa la metodología que estamos aplicando para responder a la última de las preguntas indicadas, en

⁹ Recordemos también que el caso de la energía solar y sus derivados sería el único en el que la naturaleza renovable y no contaminante del recurso justifica que se le atribuya un precio cero y que no se penalice una dispersión que de todas maneras se produciría en estado natural. A la vez que en la mayoría de las aplicaciones de esta fuente, si bien, finalmente, $P = I$, también $I = F$ en la medida, por ejemplo, que la descomposición convierta a la materia orgánica en fuente de fertilidad.

¹⁰ Vid. W. David Eberle y F. Gregory Hayden, «Critique of Contingent Valuation and Travel Cost Method for Valuating Natural Resources and Ecosystems», *Journal of Economic Issues*, Vol. XXV, nº3, sept. 1991.

una investigación en curso.¹¹ Ello con ánimo de mostrar que la mayor amplitud del enfoque eointegrador (o, si se quiere, ecológico) reclama también la elaboración de una teoría económica mucho más amplia de la que ofrecen los manuales de la economía estándar (incluida la «medioambiental»).

Criterios económicos para la evaluación del coste físico de las sustancias contenidas en la corteza terrestre (como guía útil para orientar su valoración monetaria)

A mi juicio, la principal laguna teórica que dificulta la posibilidad de abordar en su raíz la gestión conjunta de los recursos y los residuos es la falta de criterios para ordenar, atendiendo a su coste físico, ese enorme flujo de materiales que se extrae de la corteza terrestre y de desvelar las profundas asimetrías que hoy se observan entre costes físicos y valores monetarios, que alimentan la «insostenibilidad» y la desigualdad propias de la civilización que nos ha tocado vivir. La elaboración de los criterios antes mencionados exigiría:

1.º Superar la confusión entre costes y precios, a la que nos induce el cálculo monetario habitual, y analizar los costes energéticos de los procesos, observando cómo se elevan exponencialmente a medida que la calidad de las materias primas decae. El gráfico 5 ejemplifica esta relación en el caso de la obtención de metales a partir de minerales con distintas leyes. Pero a la vez, este cálculo del coste físico viene «contaminado» por el uso particularmente eficiente que brindan los recursos concentrados o la exergía hoy disponibles en la corteza terrestre.

2.º. En segundo lugar, para evitar esa «contaminación» habría que llevar este tipo de análisis más allá de los actuales costes físicos (y monetarios) de extracción, concentración y transporte a partir de los yacimientos hoy disponibles en la corteza terrestre, con objeto de iniciar el razonamiento a partir del «medio ambiente muerto» o nivel de máxima entropía hacia el que tiende nuestro planeta.¹² De esta manera calcularíamos para cada sustancia objeto de extracción y de comercio el coste físico que exigiría elevarla desde el nivel de máxima entropía hasta las leyes medias que presentan los yacimientos actuales, tal y como se ejemplifica en el gráfico 6. Este coste físico inicial K_0 , o coste «natural», sería aquel en el que tendría que incurrir una supuesta generación futura que tuviera que partir del estado de máxima entropía, para obtener la sustancia i en las condiciones en las que hoy se presenta en los yacimientos en explotación.

3.º El cálculo de los costes físicos se proseguiría, a partir de este coste inicial o «natural» de las sustancias, a lo largo de los distintos procesos productivos. El coste físico K así obtenido en cada estado del proceso se relacionaría con el precio p al que se van facturando los materiales y productos. El gráfico 7 ilustra esta relación denotando la profunda asimetría que se observa en nuestra sociedad entre los costes físicos y las valoraciones monetarias, al cargarse el grueso de la facturación o, si se quiere, de los «valores añadidos» en las últimas fases de elaboración y comercialización. La bisectriz del gráfico señalaría la senda que tendrían que seguir los precios a partir de los K_0 si el proceso de valoración se mantuviera en estricto paralelismo con los costes físicos.

¹¹ En colaboración con Antonio Valero, doctor en ciencias químicas (catedrático de la ETSII de la Universidad de Zaragoza) y con Antonio Ortiz, doctor ingeniero de minas, entre otros.

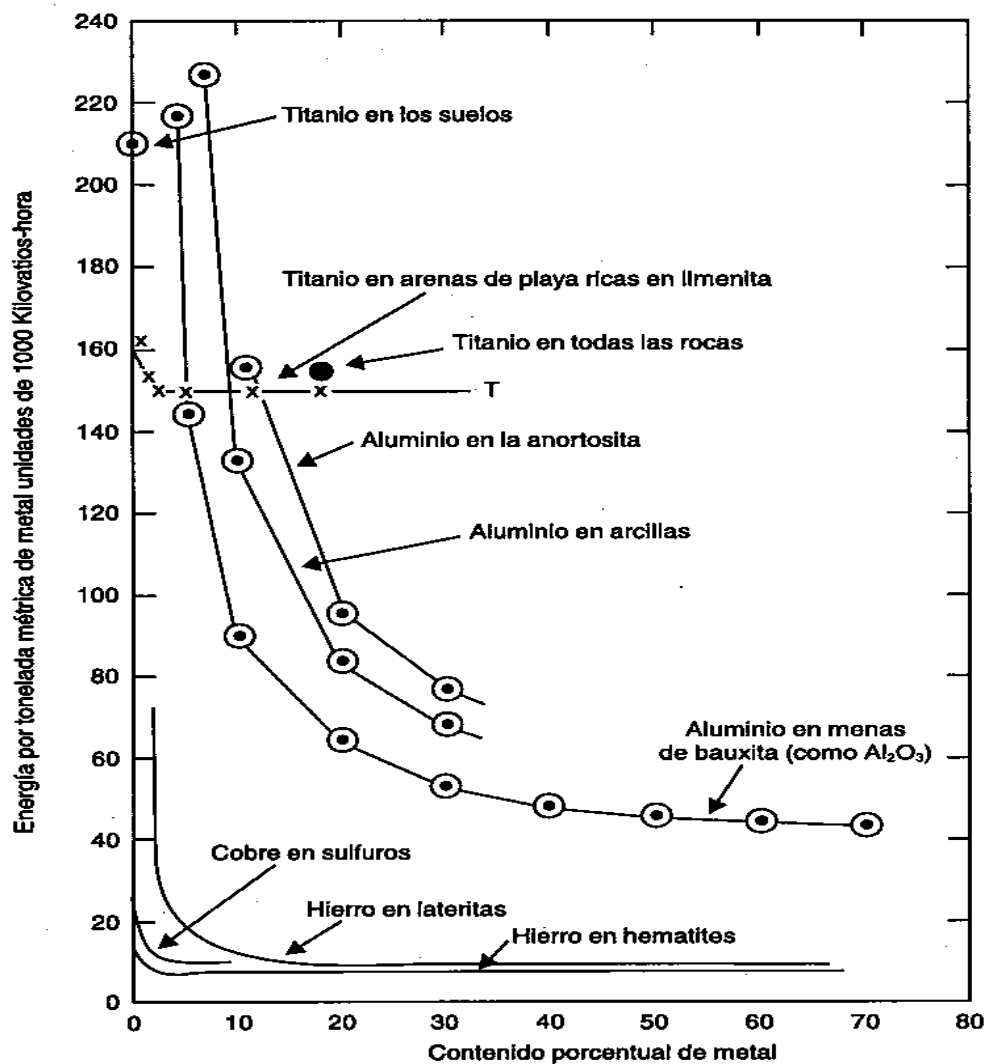
¹² Entre la literatura que informa sobre la composición de ese «medio ambiente» muerto, estamos utilizando el trabajo de Joachim Ahrendts, «Die Exergie chemisch reaktions fähiger Systeme» (1977) VDI-Verlag GMBH Dusseldorf, VDI-Forschungsheft 579, 39 pp.

4.º Por último el gráfico 8 recoge un intento de formulación analítica y gráfica de las curvas que relacionan actualmente el coste físico con los precios, mostrando la asimetría antes mencionada, que induce precisamente a seguir apoyando la civilización actual sobre la extracción y la dispersión contaminante de stocks de sustancias contenidas en la corteza terrestre, despreciando las posibilidades que brinda una mayor utilización del flujo solar y sus derivados.

Las curvas de trazos representadas en este mismo gráfico denotan el cambio que debería operarse en el proceso de valoración si de verdad se quisiera ajustar ésta a los costes físicos, como últimamente sugieren algunos economistas «medioambientalistas»: al K_0 habría que atribuirle un p_0 a partir del cual las curvas mudarían su concavidad actual por la convexidad. Llevada al extremo, esta mutación podría dar al traste con los saldos monetarios positivos de «valores añadidos» y «márgenes» a los que nos tiene habituados el análisis económico corriente, que resultan precisamente de inflar la valoración monetaria de los productos con relación a la de los costes físicos. Si no ocurriera así, el análisis económico recogería normalmente pérdidas, como lo hace el análisis termodinámico de los procesos. Una vez más volveremos a apreciar que los únicos procesos que podrían arrojar saldos físicos y monetarios positivos son los derivados de la energía solar, si ésta no se registra ni valora como recurso, lo que estaría justificado, habida cuenta que es el único bien que puede considerarse verdaderamente «libre».

Lo anterior apunta a ofrecer un marco de información física útil para «revisar» la actual asimetría entre los costes físicos y la valoración monetaria de las materias primas minerales y sus derivados, que es a la vez fuente de deterioro «medioambiental» y de desigualdad social entre «tercer mundo» y metrópolis industriales, o entre zonas de extracción y vertido y áreas de acumulación de capitales y productos. Esperamos que el marco analítico indicado sirva de apoyo a los cambios éticos e institucionales necesarios para inclinar los procesos de valoración a favor de una sociedad más «sostenible y solidaria».

Gráfico 5



FUENTE: *Costes energéticos de la producción de metales (Simplificado de V.I. Page y S.C. Creasey 1975, Jour. Research U.S. Geological Survey, vol. 3, n.º 1). Ref. Preston Cloud, El Cosmos, la Tierra y el Hombre, Madrid, Alianza Ed., 1981, p. 317.*

Gráfico 6

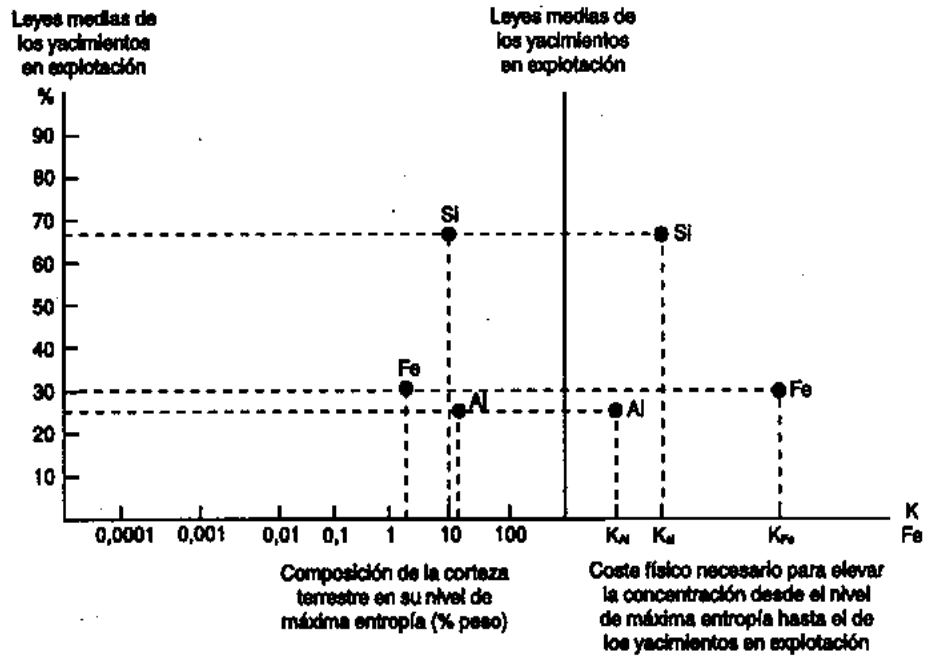
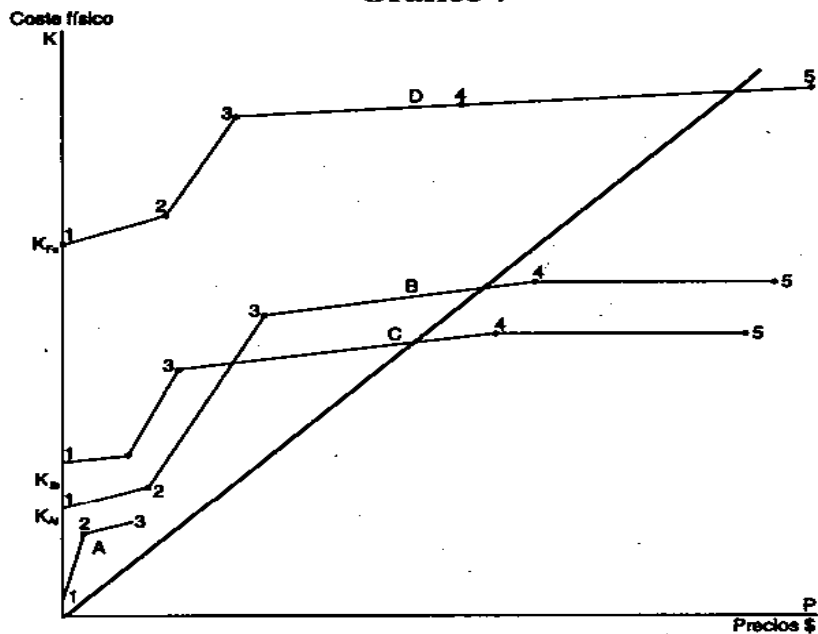


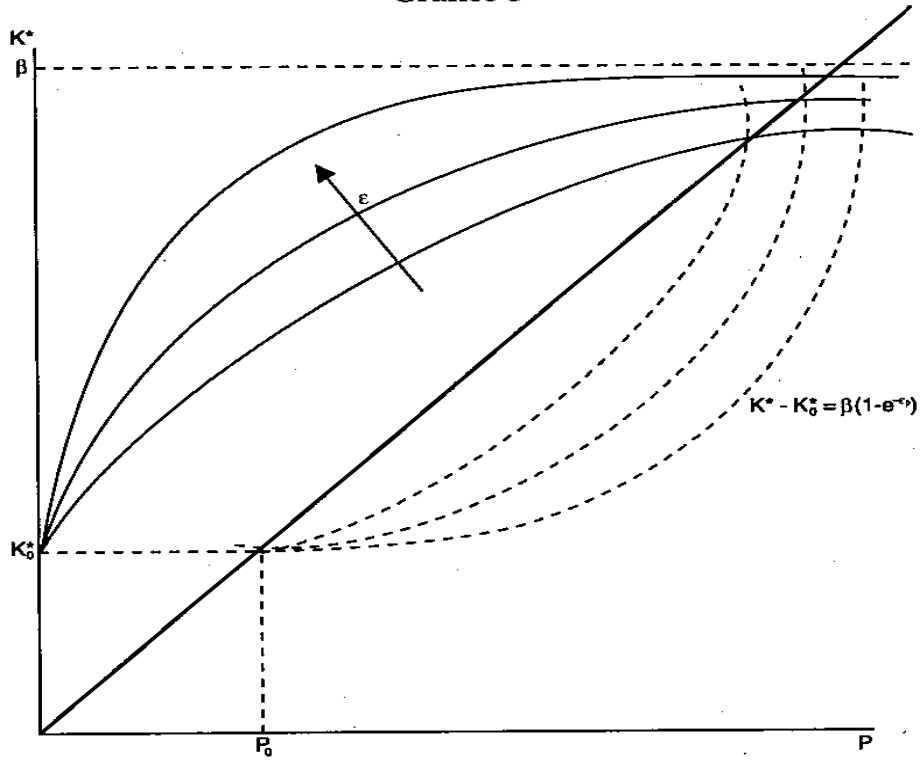
Gráfico 7



Proceso A: 1. Agua de mar. 2. Agua desalinizada. 3. Agua potable distribuida.
 Proceso B: 1. Bauxita. 2. Bauxita extraída y transportada. 3. Aluminio. 4. Producto primario. 5. Producto final.
 Proceso C: 1. Arenas silíceas. 2. Extraída y transportada. 3. Vidrio. 4. Producto final. 5. Minorista.
 Proceso D: 1. Mineral de Fe. 2. Extraído y transportado. 3. Hierro fundido. 4. Aceros. 5. Maquinaria.

FUENTE: J. M. Naredo, A. Ortiz, A. Valero, investigación en curso.

Gráfico 8



Siendo:

- K_0 = el coste «natural» (definido en el gráfico 6).
- β = el coste físico máximo actual con tecnología conocida.
- ϵ = elasticidad de la curva, que varía según el tipo de material.
- K^* = coste físico en el estado considerado.
- P = precio en el estado considerado.

FUENTE: J. M. Naredo, A. Ortiz, A. Valero, investigación en curso.