

estos inputs para incrementar el rendimiento. Su investigación sobre 131 sistemas agrícolas seleccionados de diferentes países le permite demostrar una relación muy clara, establecida sobre un período de treinta años, entre el rendimiento expresado en kilocalorías por hectárea y el subsidio energético.

Así se evidencia un nuevo indicador del rendimiento, tomado de la termodinámica: la relación output energético/input energético. Permite medir el número de calorías útiles, fruto de la acción de un sistema productivo para cada caloría absorbida en calidad de input. En el caso de este último tipo de calorías, además de a las requeridas de forma directa nos referimos también, evidentemente, al conjunto de las calorías directa o indirectamente necesarias para producir los diferentes factores que absorbe el proceso productivo.

Con este enfoque se hacen patentes dos fases de evolución perfectamente diferenciadas, según se trate de estudios pioneros o de estudios recientes —por lo general, publicados a partir de 1985.

1. *Los estudios pioneros evidencian la amplitud y la rapidez de un decremento de los rendimientos* que los indicadores tradicionales camuflaban.

El primer estudio, que ya es un clásico, lo realizó D. Pimentel sobre la producción estadounidense de maíz entre los años 1945 y 1970³⁸.

La evaluación del output energético, representado por un volumen de producción dado, se realiza aplicando la tasa de conversión de 1800 kilocalorías para 1 libra de maíz³⁹.

La determinación del input es más espinosa. Implica que se evalúen las kilocalorías necesarias para la reproducción de los trabajadores (para su alimentación en particular); para fabricar la maquinaria y para el carburante que estos equipos consumen; para producir abonos y pesticidas; para el riego, el secado, la electricidad, la calefacción, el transporte, las semillas... Por apartados, el autor especifica los distintos métodos de cálculo que aplica. En el Cuadro subsiguiente se agrupan los resultados a los que llega para los cinco lustros estudiados.

Observamos que, en 1945, una aportación de 925.000 kcal por acre¹ suministraba una producción de 3.427.000 kilocalorías, siendo de 3,70 la relación output/input. Cada kilocaloría invertida generaba pues 3,70 kilocalorías útiles.

En 1970, una inversión de 2.896.800 kcal permitía obtener una producción de 8.164.000 kcal; por lo tanto, la tasa de rendimiento era de tan sólo el 2,8.

Por consiguiente en esos veinticinco años, aun cuando el rendimiento en peso por unidad de superficie hubiera aumentado de 52,25 a 81,0 bus-

¹ 1 acre = 0,405 hectárea.

INPUTS ENERGÉTICOS (KILOCALORÍAS) EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ

Inputs	1945	1950	1954	1959	1964	1970
Mano de obra	12.500	9.800	9.300	7.600	6.000	4.900
Maquinaria	180.000	250.000	300.000	350.000	420.000	420.000
Combustibles	543.400	615.000	688.3000	724.500	760.700	797.000
Nitrógeno	58.000	126.000	226.800	344.400	487.200	940.800
Fósforo	10.600	15.200	18.200	24.300	27.400	47.100
Potasio	5.200	10.500	50.400	60.400	68.000	68.000
Semillas	34.000	40.400	18.900	36.500	30.400	63.000
Riego	19.000	23.000	27.000	31.000	34.000	34.000
Insecticidas	0	1.100	3.300	7.700	11.000	11.000
Herbicidas	0	600	1.100	2.800	4.200	11.000
Secado	10.000	30.000	60.000	100.000	120.000	120.000
Electricidad	32.000	54.000	100.000	140.000	203.000	310.000
Transporte	20.000	30.000	45.000	60.000	70.000	70.000
Total inputs	925.000	1.206.400	1.548.300	1.889.200	2.241.900	2.896.800
Rendimientos en maíz	3.427.200	3.830.400	4.132.800	5.443.200	6.854.400	8.164.800
Rendimientos kcal						
Inputs kcal	3,70	3,18	2,67	2,88	3,06	2,82

hels^m, es decir: en un 55%⁴⁰, la relación output energético/input energético había disminuido en un 25%. Detrás de la euforia de los rendimientos crecientes despuntaba así una pérdida significativa de la eficacia de los esfuerzos realizados para obtener tales rendimientos. Merced a la relación output/input quedaban demarcados los límites de los resultados a los que ya cabe aspirar si se recurre a los métodos de la agricultura intensiva. Entonces se perfilaba la noción contraria de los rendimientos decrecientes.

Cuando Steinhart⁴¹ generaliza el enfoque energético al conjunto del sistema agrícola y alimentario de los Estados Unidos para el período 1940-1970, los resultados se tornan quizá más espectaculares todavía. Ello se debe a que la propia ampliación del campo de análisis permitía detectar mutaciones inscritas fuera del marco de la explotación estrictamente entendida.

El objetivo del autor consistía en evaluar, a escala nacional, la totalidad de los consumos energéticos necesarios para satisfacer la demanda de alimentos de la población estadounidense. El conjunto de los inputs lo configuran pues los gastos energéticos de los tres sectores que contribuyen a cubrir las necesidades de los destinatarios: la explotación agrícola, las industrias alimentariasⁿ y el sector doméstico.

^m 1 bushel = 56 libras = 25,4 kilos.

ⁿ Incluyendo almacenamiento y transporte.

La industrialización de toda la cadena agroalimentaria⁴², la incorporación de nuevas técnicas para la conservación y distribución de los productos, los nuevos hábitos culinarios en los hogares (congelados, ultracongelados, platos cocinados, alimentos a base de carne), el equipamiento en neveras, congeladores, electrodomésticos varios, han incrementado notablemente el gasto energético de los tres polos mencionados.

No nos sorprenderemos, por lo tanto, ante el hecho de que el subsidio energético hubiera experimentado una tasa de crecimiento anual del 3,3%, duplicando prácticamente la tasa del consumo alimentario.

De este modo, al término del período estudiado la relación input energético/output energético⁴³ ha desvelado un fenómeno imprevisto, aún más llamativo que aquél que podía evidenciar el análisis ceñido a la explotación: no sólo se ha duplicado en treinta años (la eficacia del aparato agro-industrial ha caído entre tanto al 50%), sino que además hay que invertir ya casi 10 kcal como promedio para obtener una sola kilocaloría bajo la forma de alimento.

Una comparación a un plano más general nos reserva otras sorpresas:

- la productividad energética de las agriculturas desarrolladas se muestra bastante más endeble que la de las agriculturas llamadas primitivas: mientras que en el caso de éstas últimas la inversión de 1 kcal fósil suministra de 5 a 50 kilocalorías alimentarias, las primeras deben asignar entre 5 y 10 kilocalorías de input para conseguir 1 kilocaloría de output.

No obstante, A. Puntí señala que la cantidad de energía que conviene destinar a la mera reproducción del trabajo humano (de cualquier otro factor, añadimos nosotros), lo cual equivale a decir: la amortización del recurso, aumenta en función del desarrollo. El autor demuestra entonces —y este dato relativiza el alcance de las comparaciones internacionales directas— que si los procedimientos, desde el punto de vista energético, de los países desarrollados resultan menos eficaces que los aplicados en los países en vías de desarrollo, sin embargo se ajustan mejor al nivel de progreso en que se utilizan. Cabe afirmar lo mismo de los países en vías de desarrollo y de los procedimientos que aplican: por consiguiente, a cada nivel le corresponde una tecnología energética en consonancia (A. Puntí: *Some limits of the energy values in natural resources accountancy*, coloquio «Ecological Economics», Barcelona, 1987).

- En términos comparativos, la productividad energética de los cultivos no supera las cotas de los ecosistemas naturales. Los cultivos producen tanta energía como las biocenosis de climas similares. Aunque crezcan más rápidamente, las hojas de las especies cultivadas suelen ser estacionales, lo cual implica que los cultivos hagan una utilización menos eficiente de la

energía solar que los ecosistemas, que funcionan permanentemente. Como promedio mundial, su rendimiento fotosintético (0,25%) y su productividad en materia (4 toneladas por hectárea y año) no llegan a los valores de 0,33% y 5 toneladas por hectárea que arrojan los ecosistemas forestales⁴³.

2. Los estudios recientes amplían nuestros conocimientos.

Las evaluaciones eco-energéticas, pese a haber proliferado⁴⁴, aún no reciben la atención debida por parte de los economistas: las llevan a cabo preferentemente los ingenieros, sobre todo los agrónomos.

Las revisiones que versan sobre el período previo a 1973 confirmaban las conclusiones de los estudios pioneros y los rendimientos energéticos decrecientes habían llegado a adquirir prácticamente el rango de una ley ineluctable. No es que fuera una consideración errónea, pero las cosas se nos presentan hoy con un carácter más complejo del que en un principio se presumía. En este punto, como en tantos otros, el progreso técnico —sobre todo tratándose del papel en auge desempeñado por lo inmaterial— puede contrarrestar la vigencia de una ley que, sin embargo, se ha visto confirmada cuando se estudia por separado cada vía de desarrollo tecnológico. Los resultados de las investigaciones que se centran en el período posterior a la crisis de la energía de 1973, publicados en el curso de los años ochenta, han puesto de relieve nuevas evoluciones que no resulta lícito ignorar y que se adecúan perfectamente con el cambio de la relación: consumo energético /desarrollo, aspecto al que ya nos hemos referido en el plano internacional.

Así, en el caso de la agricultura francesa, S. Bonny (INA-PG) ha destacado la sucesión de dos fases evolutivas claramente diferenciadas:

- de 1959 a 1977, la intensidad energética (inversa de la productividad energética) crece, como promedio, un 3,8% anual;
- de 1977 a 1989 en cambio, la intensidad energética disminuye en un 1,6% anual y las productividades energéticas aumentan por el contrario.

La autora atribuye esta inversión de la situación a una utilización más amplia de los procedimientos informáticos, que generan un empleo más eficaz de los inputs materiales y energéticos, una gestión más acertada y una reducción de los residuos. «Tales perspectivas, comenta, han inducido además a que se considere una tercera revolución agrícola basada en la información y en el control de los procesos de lo viviente (biotecnologías), abandonando el recurso a

⁴² La tesis doctoral de Sylvie Faucheux nos propone al respecto un balance completo y razonado (S. Faucheux: «L'articulation des évaluations monétaires et énergétiques en économie». Universidad París I, 1990).

En lo que concierne de forma más concreta a España, consúltese J. M. Naredo y P. Campos: «Los balances energéticos de la agricultura española» y «La energía en los sistemas agrarios», Agricultura y Sociedad, n.º 15, abril-junio, 1980. También remitimos al estudio de F. Bel y A. Mollard: «Agricultura, energía y reproducción de la Naturaleza», que se publicó en el número monográfico de la revista Agricultura y Sociedad anteriormente citado.

⁴³ Invertiendo los términos en que Pimentel utiliza la relación, evidencia pues cuantas kilocalorías de input se precisan para producir 1 caloría de output.

los productos químicos y la explotación de los recursos no-renovables, pilares básicos en la segunda revolución agrícola» (Bonny, S.: *Evolution de l'intensité énergétique de l'agriculture française et d'une culture, le blé, entre 1955 et 1985*, INA, Grignon, octubre 1988; Bonny, S., y Dauce, P.: *Les nouvelles technologies en agriculture, une approche technique et économique*, Cahiers d'Economie et de Sociologie rurales, INRA-ESR n.º 13, 1989).

¿Qué enseñanzas cabe extraer de tales verificaciones?

La caída de las productividades energéticas a medida que van intensificándose los esfuerzos de producción, en el supuesto de que se acuse, traduce entonces la futilidad de las empresas humanas? La aparición de una «tasa de rendimiento» inferior a la unidad, que refleja el momento en que se inyecta en el aparato productivo más energía de la que se obtiene bajo la forma de producciones, ¿acaso significa que se traspasa el umbral de lo absurdo? No es eso:

— las energías gastadas y las que se obtienen difieren radicalmente, puesto que las primeras se presentan bajo una forma que no puede satisfacer directamente las necesidades humanas; las segundas cumplen, por el contrario, los requisitos para satisfacer dichas necesidades. Por lo tanto, no tacharemos de absurdo el gasto de 10 kilocalorías no-asimilables para obtener 1 kilocaloría que sí lo es;

— por otro lado, la posibilidad de cubrir las exigencias alimentarias de una población no se mide con el rendimiento energético de los sistemas de cultivo, sino a través de la producción total en función del número de habitantes. Los sistemas primitivos con una alta productividad energética se caracterizan por su baja productividad per cápita o por unidad de superficie. Ya sabemos que ésta se incrementa con el aporte de subsidios energéticos (Slesser). Por lo tanto, es «racional» gastar energía —aún a costa de rendimientos decrecientes— a fin de obtener un incremento de las producciones per cápita o por unidad de superficie.

Lo que nos revela el análisis eco-energético y no recogía ningún otro indicador es que un proceso de crecimiento energético no puede proseguirse indefinidamente. Mientras el aparato productivo tuvo ocasión de desarrollarse desbrozando nuevas tierras de cultivo, el rendimiento por unidad de superficie constituía el indicador privilegiado con el que estimar las perspectivas de crecimiento de las producciones.

Según E. Pisani, sin embargo, a un incremento considerable de las necesidades mundiales aún por producirse le corresponden unas extensiones cultivables que suman la superficie equivalente al 12% de las tierras emergidas y que no tendrán mucho margen para ampliarse: «Por lo tanto, será mediante la evolución de las técnicas y de los modos de explotación como el hombre se verá abocado a satisfacer sus necesidades, en vez de por la conquista de nuevas fronteras, inexistentes en los tiempos actuales» (*Pour une agriculture marchande et ménagère, op. cit.*, 1994).

A partir del momento en que el patrimonio de los bienes raíces se manifiesta como un capital limitado con pocos visos de ampliarse⁴, los profugos aún factibles proceden básicamente de los métodos intensivos.

El rendimiento energético se convierte entonces en el indicador apropiado para prever mejoras alcanzables, a la espera de que, en un futuro, los nuevos indicadores pertinentes se desplacen hacia el campo de la informática.

b) *En el sector industrial*, el análisis eco-energético permite evaluar la eficacia real de los sistemas productivos en comparación con la eficacia teórica de los procesos termodinámicos sobre los que se asientan.

S. Berry, de la Universidad de Chicago, estimó (1992) en 32 millones de kilocalorías el gasto energético requerido para la producción de un vehículo de 1,5 toneladas Comparada con el gasto teórico de 6 millones de kilocalorías, que sería el de un sistema termodinámico funcionando al optimum, esta inversión energética evidencia un derroche de 26 millones de kilocalorías (el 81% del gasto real), que representa el coste de las ganancias en rapidez del proceso productivo.

Gyftopoulos compara (1974) la eficiencia energética de varios sistemas de producción contraponiendo su gasto bruto en energía libre (Gross Free Energy Requirement, GFER) con el gasto mínimo teórico de los procesos termodinámicos. Demuestra que la productividad energética de las industrias metalúrgicas (consumo efectivo: 4,16 veces el mínimo termodinámico) supera con creces la productividad de la industria del aluminio (7,6 veces), la de las refinerías de petróleo (10 veces) y sobre todo la de la fabricación de papel (140 veces).

M. Slesser demuestra (1975) que las previsiones a largo plazo alusivas a la eficacia termodinámica de los procesos de producción se sitúan en unos márgenes de precisión que no consiguen alcanzar los estudios análogos sobre los precios. En el caso de los abonos nitrogenados, por ejemplo, el mínimo termodinámico teórico está en 18 MJ por kilo aproximadamente⁵ para un proceso que entonces sería lentísimo. La urgencia de adoptar ritmos más rápidos en orden a establecer dispositivos de precalentamiento, enfriamiento, intercambiadores de calor, etc..., eleva el mínimo tecnológico concebible a 2,5 veces el mínimo teórico: es decir, a 45 MJ.

B. Dessus, en su Atlas de las energías ya citado, pone de manifiesto que, desde estos trabajos pioneros, el rendimiento energético de las industrias ha mejorado sin cesar:

— cuando se refiere a los grandes productos intermedios (aceros, cemento, vidrio, cartones, abonos, etc...), el consumo energético requerido para fabricarlos decrece constantemente a un ritmo entre el 0,5% y el 2% anual, dependiendo de los productos: se necesitaba 0,8 tep en 1950, en Francia, para producir una tonelada de acero; en 1990, en cambio, bastaba 0,55 tep. Suecia se limita a 0,2

⁵ Precio muy superior al valor de la leña en el mercado, que entonces era de 64 dólares por acre.

tep. La producción de una tonelada de aluminio exigía 5 tep en 1950 y en 1990 bastaba con 3,4 tep. Las vigas de acero de alta resistencia que se utilizan hoy para reponer otras en la Torre Eiffel pesan tres veces menos que las sustituidas...

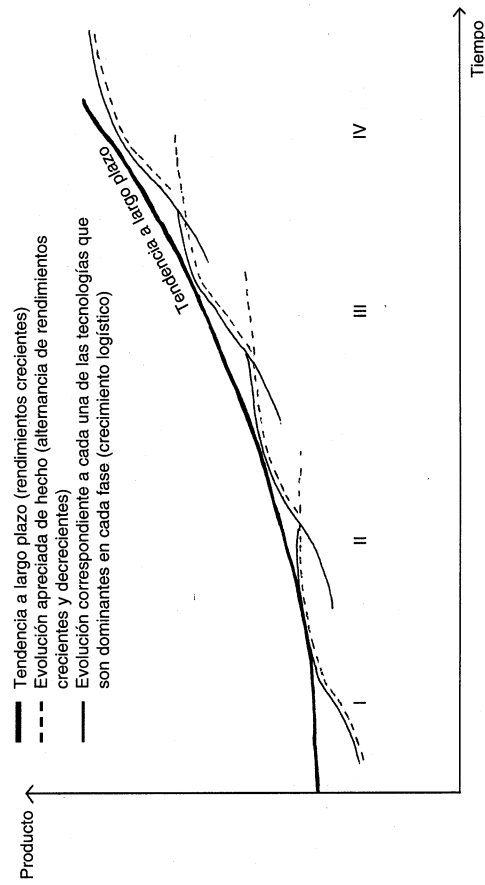
— cuando se trata de productos complejos, J.-P. Lepoivre (mencionado en el Atlas) destaca lo siguiente:

- la producción de una vivienda de 110 m² exige un 20% menos de energía en 1990 que en 1970. Por aquellas fechas no se aplicaban las técnicas de aislamiento, que consumen casi tanta energía como la obra de construcción: pero estas técnicas nuevas permiten dividir luego por tres los gastos de calefacción;
- la fabricación de un automóvil requiere en la actualidad un 40% menos de energía que en 1950.

Si Francia hubiera seguido estando equipada, en la década de los noventa, con las tecnologías al uso en la primera mitad del siglo, consumiría 2,5 veces más energía per cápita de la que gasta en nuestros días.

La gran dispersión de los rendimientos energéticos de algunos equipos destinados a funciones idénticas prueba que son factibles nuevas mejoras. Así, en el caso de los frigoríficos, el consumo energético por litro y día varía hasta el punto de duplicarse.

Una disminución de los rendimientos energéticos no señala los límites de la producción potencial, sino los límites de un modo concreto de producir. Con preferencia a cualquier otro indicador, este decrecimiento expresa que no se progresa indefinidamente sin cambiar el modo de producción. El tránsito de un sistema técnico a otro suaviza las restricciones y desplaza los límites sin suprimirlos. Pero la disminución de las productividades energéticas, a propósito de la cual cupo preguntarse, durante un tiempo, si no traducía la futilidad de cualquier empresa humana, es sencillamente un fenómeno transitorio contrarrestado por una tendencia a largo plazo hacia la eficacia creciente jalonada de progresos tecnológicos.



El gráfico precedente evidencia cómo una sucesión de crecimientos logísticos puede traducirse en una alternancia de las productividades energéticas crecientes o decrecientes, a la vez que propicia un aumento constante de las productividades en el largo plazo de las evoluciones históricas.

Aquí como en otros casos, la creatividad humana se mide continuamente con el reto de lo real. Seguirá ocurriendo igual en el futuro: mientras se afianza la productividad de lo inmaterial, se dibuja en el horizonte la perspectiva de unas producciones alimentarias sin el soporte del suelo. Quizá con ello se eliminen las restricciones de las superficies cultivables al precio de una revolución fantástica en el ámbito de la relación de los hombres con la naturaleza.

Cuando la intensificación energética haya agotado sus efectos, ¿no pertenecerán al campo informático los indicadores pertinentes?

En un plano más general, y sin caer en un determinismo energético, se comprueba que el despilfarro creciente en las cadenas agroalimentarias obedece a problemas de localización y de especialización de las actividades. Esto se verifica tanto a nivel mundial como nacional o regional. A escala nacional sobre todo, el fenómeno en auge de la concentración urbana, promovido por una división del trabajo dada, genera unos costes (de transporte, almacenamiento de los alimentos, eliminación de los residuos, así como de restitución de fertilizantes a la tierra) que provocan un gasto energético cuya magnitud impulsa a Illich⁴⁸ a denunciar, en términos de productividad, su signo inverso.

Tales estimaciones abonan unos criterios muy válidos, susceptibles de orientar los esfuerzos para ahorrar energía así como de guiar las elecciones tecnológicas o las políticas de desarrollo.

Constituyen la prueba de que los cálculos energéticos, necesarios teóricamente, se salen del campo de los buenos propósitos y del discurso general para pisar el terreno de las realidades prácticas.

3. La contabilidad de la eco-esfera

Cabe profundizar más y considerar la elaboración articulada de una auténtica contabilidad de la eco-esfera.

El factor humano, por ejemplo, representa un patrimonio de energía y de información cuya productividad se asienta en un gasto de la primera, en unos determinados saberes y en un estado de salud suficiente. Cualquier utilización del producto destinada a:

- compensar la pérdida energética asociada al trabajo,
 - mantener el nivel de conocimientos,
 - o velar por la salud,
- equivale entonces a una simple amortización, análoga a la que viene protagonizando hasta aquí el factor técnico.

En lo que atañe a la nutrición, somos actualmente capaces de estimar el gasto energético diario que corresponde a cada tipo de esfuerzo: 2.400 kcal para el administrativo o el oficinista, 3.500 kcal para el montador mecánico electricista o el cartero, de 4.200 a 4.500 kcal para el minero dependiendo de las condiciones de la producción, etc...⁴⁹ Conocemos además el aporte en energía y en diferentes nutrientes incluido en cada alimento⁵⁰. Por último, estamos en situación de determinar, por categorías socio-profesionales, la ración alimentaria desglosada en calorías, proteínas, lípidos, glúcidos, calcio y diversas vitaminas, así como la dieta «ideal» correspondiente.

En cuanto a la educación y a la salud, podemos establecer —lo mismo que cabe hacer en otras áreas— el gasto energético que implica la prestación de servicios por parte de estos sectores.

Conviene entonces diferenciar, igual que se procede en el caso del capital, entre lo que es una mera compensación del deterioro y de la obsolescencia y lo que es mejora o crecimiento del recurso. Desde esta vertiente, las indemnizaciones por accidente (de tráfico o laboral, por ejemplo), los gastos por la atención sanitaria o por la transmisión del saber se relacionan con la amortización. La investigación, los adelantos médicos o la producción de nuevos conocimientos figurarán en la partida de los ingresos.

Los recursos naturales representan, conforme a lo ya indicado, unos stocks energéticos cuantificables.

El primer tipo de recursos, los renovables, se ajustan a unos ritmos de crecimiento (los bosques, los seres marinos) o de renovación (el ciclo del agua) conocidos en términos aproximados y evaluables energéticamente. Cualquier extracción realizada en el respeto a estos ritmos (por consiguiente, compatible con la perdurabilidad del recurso) puede calificarse de producto neto. Cualquier rebasamiento, en cambio, constituye una «retención del stock» que conviene restar del flujo bruto.

El segundo tipo de recursos, los no-renovables a escala de los tiempos humanos, se van agotando progresivamente. Desde que los hombres existen, sin embargo, está asegurada la perdurabilidad de las producciones en virtud de un fenómeno de relevo de los recursos tradicionales por parte de los novedosos. La dimensión de las extracciones que se estiman compatibles con las alternancias venideras ha de valorarse como una amortización. Desde una perspectiva contable, ésta última desempeña un papel análogo al del flujo de renovación que hemos reseñado. Se trata sin duda de una previsión sujeta a error y revisable mientras la evolución se perfila. Con todo, es preferible a la ignorancia supina sobre el vencimiento de los plazos y sus repercusiones.

En lo que concierne al *capital*, único factor al que la amortización suele aplicarse, los métodos nos resultan ya familiares. Únicamente habría que introducir un simple cambio de unidad.

Por consiguiente, merecerá propiamente la consideración de renta, «susceptible de ser consumida sin alterar la fuente que la genera», aquella parte del flujo que supera el conjunto de los gastos de reproducción.

Ello implicará probablemente *que se elaboren dos tipos de contabilidades*:

- un sistema a escala de cada país, que se base en la vigencia de una unidad común a la esfera económica y a la biosfera objetivamente definida, invariable en el tiempo y en el espacio, que contemple el conjunto de los flujos mercantiles o no-mercantiles y que se centre en la reproducción de todos los factores;

- una evaluación de lo que aporta cada país al colectivo humano, que integre las extracciones realizadas a costa de los recursos ajenos, dentro del límite, o no, de los flujos de reproducción. Bajo esta óptica, cabe suponer:

- que tras los Productos Nacionales sobresalientes se enmascaran extracciones a expensas de otros países. Se evidenciaría así la correlación entre la riqueza de los primeros y la penuria de los segundos. De tal situación se inferiría la falta de solidaridad de los más poderosos respecto de la colectividad humana;

- en el polo opuesto, si computamos la totalidad de las amortizaciones como acabamos de definir las, las países subdesarrollados exportadores de excedentes no cubrirían sus propios gastos de reproducción y tendrían unos Productos Nacionales de signo negativo.

Como cualquier sistema, éste debería basarse en un repertorio de acuerdos aceptables e implicaría la resolución de varias dificultades técnicas. Con todo, nos interesa destacar que no choca contra ninguna imposibilidad intrínseca.

Se están llevando a cabo estudios en dicha dirección. Así, el modelo ECCO (Enhancement of Carrying Capacity Options), elaborado a instancias de la UNESCO por Jane King y Malcolm Slesser (Universidad de Edimburgo), representa, en términos energéticos, el conjunto de los recursos productivos y de los flujos económicos de un país o territorio. Relacionando dinámicamente crecimiento demográfico, desarrollo económico y necesidades en materia de recursos, se ocupa de definir cuantos habitantes puede albergar un espacio (se contempla el nivel de vida y de actividad de los mismos) sin agotar los recursos productivos ni degradar el entorno natural. Este modelo se ha aplicado en Kenia, Tailandia, Zimbabue, Isla Mauricio y China (cfr. UNESCO: *Modelling for population and sustainable development*, editado por A. J. Gilbert y L. C. Bradt, Routledge, Londres y N. York, 1991).

A partir de la década de los ochenta se han alcanzado nuevos logros en la búsqueda de indicadores o de sistemas contables inscritos en la zona de intersección entre las esferas natural y económica.

– **Los indicadores medioambientales**, como los que ha elaborado la Dirección del Medio Ambiente de la OCDE (OCDE: *Indicateurs de l'Environnement*, documento de referencia n.º 4, París, 1991). Se trata de:

- indicadores de resultados: son unos indicadores de flujos que miden las presiones sobre el medio ambiente que originan diversas contaminaciones (por ejemplo, medida de la DBO: demanda biológica de oxígeno) o unos indicadores de concentración de stock que evalúan el estado del medio ambiente (calidad de las aguas, diversidad biológica...);
- indicadores sectoriales, que reflejan la evolución de determinados datos económicos (tamaño del parque automovilístico, por ejemplo) en relación con la evolución de estructuras sensibles (transporte, energía, agricultura) o que permitan calibrar la eficacia de diferentes medidas políticas (cfr. el excelente trabajo de J.-Ph. Barde: *Economie et politique de l'environnement*, PUF, 1992).

– **Las Cuentas del Patrimonio Natural** (INSEE: *Les Comptes du Patrimoine Naturel*, col. INSEE, serie n.º 137-138, 1986):

- cuentas de elementos, que recogen en unidades físicas, mediante los flujos de entrada y salida, el paso del stock natural o stock final de un recurso natural;
- cuentas de ecozonas, que reflejan la evolución cualitativa y cuantitativa de zonas ecológicas definidas según un enfoque afín al concepto de ecosistema;
- cuentas de agentes, que traducen a unidades físicas, o monetarias, el impacto de los agentes en el medio natural.

Estas cuentas se interrelacionan gracias a otras de enlace y entroncan con la contabilidad nacional mediante unas cuentas satélites.

Una primera aplicación parcial, en 1986, de esta contabilidad rica y compleja (¿en exceso?) ha carecido de continuidad en Francia hasta la fecha. Lo lamentamos, por tratarse de un ámbito donde interseccionan muy particularmente la esfera natural con la económica. En otros países, sin embargo, se ha mantenido viva esta línea de trabajo. Véanse, por ejemplo, las aportaciones al seminario sobre *Environmental accounting for decision-making*, OCDE, París, 26-27 septiembre de 1994, entre los que figuran la monografía *Spanish water accounts (summary report)*.

– **Las contabilidades llamadas «verdes»**, cuyo objetivo es enriquecer y corregir las evoluciones de las contabilidades nacionales y proponer nuevos agregados, tales como:

- el PIB ajustado al medio ambiente: PIB clásico –gastos de los hogares y de las administraciones (eventualmente, de las empresas) en materia de protección medioambiental;
- el PIB sostenible: PIB ajustado – coste de los daños;
- el PIB sostenible neto: PIB sostenible –consumo de capital fijo artificial– consumo de capital natural.

Esta vía está dando lugar a debates, investigaciones activas y propuestas diversas: R. Huetting (Instituto de Estadística de los Países Bajos), S. El Serafi (Banco Mundial), P. Barthelemy, C. Stahner y J. Van Tongeren (Departamento de Estadística de las Naciones Unidas).

– **Los indicadores de desarrollo humano** (IDH) elaborados en el marco del programa de las Naciones Unidas (PNUD). Se trata de un indicador multidimensional que completa y corrige los Productos Nacionales, introduciendo unas variables humanas referidas a las esperanzas de vida, a la alfabetización y al grado de satisfacción respecto a las necesidades básicas (económicas, pero también de libertad, de seguridad, medioambientales...). Este indicador, aún sin perfeccionar, se publica regularmente desde 1991.

C) El acoplamiento entre medidas energéticas y evaluaciones monetarias

Por importantes que sean las «consecuencias» que entrañe, en el propio seno de la actividad económica, la utilización de un sistema de medida concebido en términos energéticos, éste no puede aspirar a la universalidad, según puntualizamos anteriormente. Aunque resulte indispensable a la hora de expresar los fenómenos de la biosfera y muy operativo para desvelar ciertos mecanismos económicos que camuflan los indicadores tradicionales, no suplantarán al precio en todas sus funciones. Surge entonces un problema de acoplamiento entre dos instrumentos de naturaleza distinta, pero igualmente necesarios para el economista.

La unidad de la ciencia económica exige, en efecto:

- que se cotejen y articulen debidamente dos modos de evaluación orientados hacia unos objetivos diferentes, pero complementarios;
- que se hagan patentes las posibles modalidades del tránsito entre dos lenguajes establecidos en (y «para») dos niveles distintos de organización.

El segundo problema será el que nos ocupe por ahora⁵¹.

1. Un callejón sin salida: la conversión de las unidades

Basándose en el hecho de que la moneda, soporte de toda transacción económica, circula en el sentido opuesto a la energía, Odum⁵² asegura que puede pasarse de la una a la otra; es decir, calcular la contrapartida monetaria de una kilocaloría («el ratio moneda/flujo equivale al precio») o al revés, calcular la contrapartida en kilocalorías de una unidad monetaria («el valor monetario de la energía es proporcional al trabajo ahorrado por la utilización de esta energía, y no a la energía propiamente dicha»).

La relación: Renta Nacional/ cantidad total de energía fósil consumida, en los Estados Unidos, pone de manifiesto que cada dólar producido requiere unas 10.000 kcal⁵³, o expresado a la inversa, que cada 10.000 kcal alcanzan, como promedio, un valor monetario de 1 dólar.

A este «precio», el coste por la reforestación de un acre de bosque centenario se eleva a 590.000 \$⁵⁴, y el valor del árbol (también centenario), a 3.000 \$⁵⁴.

El mismo cálculo de estimación daría en Francia un precio de 5.600.000 F por hectárea de bosque y de 11.250 F por el árbol.

No obstante, por ingenioso que resulte el método, el indicador propuesto, fruto de la combinación de dos instrumentos, acumula las deficiencias de ambos: la incapacidad de la medida energética para reflejar las tensiones del mercado y la variabilidad del precio en el tiempo y en el espacio.

Desde el punto de vista económico.

El precio de base de la kilocaloría es sólo una media nacional, que se ha determinado sin asumir las diferencias de productividad energética entre los sectores. De hecho, el equivalente monetario de la kilocaloría no es homogéneo, por lo que sólo una simplificación discutible nos llevará a aplicar la misma tasa de conversión a todos los productos.

Esté indicador, al igual que su componente monetario, adolece de inestabilidad:

- en el tiempo, debida a la inflación o a la modificación de las variables del mercado,

- y en el espacio, debida a las discrepancias en materia de productividad energética entre las naciones. La kilocaloría francesa, por ejemplo, «vale» dos veces menos que la americana.

Por consiguiente, el indicador no permite establecer comparaciones ni entre períodos temporales, ni entre áreas geográficas distintas.

Por otra parte, ¿no es un contrasentido aplicar valores diferentes a realidades idénticas, como es la energía desarrollada por el agua en su función depurativa, que obviamente es la misma en Francia que en los Estados Unidos?⁵⁵

A veces no podrá definirse el equivalente en dinero de la energía salvo al precio de unos malabarismos ante los cuales nos quedamos perplejos. Pensemos en el caso concreto de las obras de arte, cuyo interés para el consumidor en nada se relaciona con la cantidad de kilocalorías que se invirtieron para crearlas. Sobre el particular, Odum nos propone que consideremos la energía consumida por los admiradores de las obras artísticas a fin de adquirir la cultura que les permite apreciarlas. El procedimiento es tan relevante como lo son ciertos esfuerzos por extender la vara de medir del mercado más allá de los límites de la esfera económica.

⁵⁵ En realidad Leontief considera también la hipótesis en la que cada rama asume sus propias actividades descontaminadoras y carga los costes correspondientes en sus precios de venta.

Desde el punto de vista energético.

Al tratar igual a todas las kilocalorías, al margen de sus caracteres o de su origen, el sistema parece prescindir del segundo principio de la termodinámica. Es un disparate sumar kilocalorías animales, vegetales y fósiles, o comparar un artefacto de fabricación industrial con un patrimonio cultural.

¿No se ha incurrido acaso en el absurdo desde los planteamientos iniciales, en la premisa consistente en fijar un precio desde un gasto en energías fósiles no-renovables, para aplicarlo a unas energías gratuitas e indefinidamente renovables, como la energía solar, en el caso del bosque anteriormente reseñado?

2. Las vías de la progresión: la evaluación monetaria del coste de las restricciones físicas

Más comedido en sus pretensiones, pero con un enfoque sin duda menos cuestionable nos parece el método consistente en traducir a términos monetarios las repercusiones que entraña, en el propio seno de la actividad económica, el respeto a ciertas normas físicas que exige la reproducción del medio natural.

El discurso sobre las normas físicas no se aparta del discurso energético que hemos mantenido hasta aquí. En efecto, la materia se expresa en términos energéticos; ciertas regulaciones de orden cualitativo, como la autodepuración de los entornos naturales, también son expresables en kilocalorías, como ya vimos a propósito del agua, por ejemplo.

En este nuevo enfoque, la kilocaloría no se convierte en dólar, ni el dólar en kilocaloría. Cada flujo, cada stock se expresa en el ámbito de su esfera, en su unidad correspondiente. El economista, no obstante, se esfuerza por valorar –con el objetivo de gestionarlo– el coste monetario de las decisiones que atañen al medio ambiente. Así, lo físico y lo monetario no se absorben ni se funden en una especie de unidad híbrida. Subsisten y dialogan, y el economista aprende a navegar en los lenguajes del uno y del otro.

La primera iniciativa importante en este tema corrió a cargo de W. Leontief⁵⁶. Aplicó sus matrices de relaciones intersectoriales al cálculo del coste *monetario* en concepto de respeto a una restricción *física* introducida en el modelo.

Al describir la producción de residuos como un suceso concomitante a la actividad económica, se infiere que:

- esta producción debe considerarse como un output del aparato productivo, al mismo nivel que los bienes, mercancías y servicios demandados por los consumidores;
- «la interdependencia técnica, al vincular las cantidades de los productos deseables y no-deseables, puede ser descrita mediante un sistema de coeficientes técnicos análogo a aquél con el que se analiza la interdependen-

dencia estructural existente entre las distintas ramas de producción y de consumo». Por ejemplo, si en un modelo bisectorial la industria produce 0,5 gr de un contaminante sólido por metro de textil fabricado y la agricultura 0,20 gr por celemin de trigo, estas dos cifras servirán de base para el cálculo de los correspondientes coeficientes técnicos, anotados en la partida «Contaminación».

Si el aparato económico se ve impelido a refrenar el volumen de sus residuos subordinándolo a una norma que le obliga a unas emisiones por debajo de lo que es su volumen habitual, habrá de dotarse de un conjunto de actividades encaminadas a la corrección de este plus de contaminantes, que cabe considerar como una rama particular que ocasionará la apertura de una partida especial¹. Esta rama, a su vez, producirá una cantidad de residuos determinada y, para funcionar, absorberá una parte de los productos suministrados por los restantes sectores, así como trabajo. Conociendo los correspondientes coeficientes técnicos, al igual que con una matriz tradicional, estaremos en condiciones:

- de «calcular el impacto sobre las producciones de los sectores de la reducción del volumen de los contaminantes que pasan a los destinatarios finales»;
- o de determinar «en cuánto debe cambiar el nivel de la industria descontaminadora cuando se modifica la demanda final de bienes agrícolas y manufacturados, si se quiere mantener constante la suma de los residuos tóxicos sin eliminar».

Los inputs de la actividad descontaminadora, sin hacer caso omiso del input trabajo, configuran el coste de dicha actividad para la ciudadanía del país del que se trate: «el precio p3 (coste por eliminar un gramo de contaminante) debe llegar a cubrir, una vez pagados los inputs que provienen de otras industrias, el valor añadido V3. Este último equivale, por supuesto, al desembolso que han requerido los factores primarios, como el trabajo que la industria de lucha contra la contaminación ha debido emplear directamente».

Conociendo el precio de los inputs, podemos expresar ya qué carga supone esta eliminación de residuos tóxicos para la economía. En el ejemplo que maneja Leontief y que se resume en el Cuadro subsiguiente, dicho coste se eleva a 101,8 \$ (de los que 33,94 son imputables a la industria y 67,86 al trabajo); es decir, el coste es de tres dólares por gramo de residuos tóxicos eliminados.

En 1971, Leontief comenzó a presentar en Ginebra los primeros resultados cuantitativos alusivos a la economía americana, partiendo de 5 con-

¹ 1 julio= 1 vatio/segundo.
1 megajulio (MJ) = 1 millón de julios.
1 kWh= 3,6 MJ.

taminantes atmosféricos y en el marco de un desglose de las actividades en 90 ramas. Algunos años más tarde, se lanzaba a analizar a escala mundial 28 grupos de países respectivamente desglosados en 45 sectores productivos y en función de 30 contaminantes⁵⁷.

TABLA INPUT-OUTPUT DE LA ECONOMÍA NACIONAL
(El exceso de contaminación es eliminado por la industria específicamente creada para tales efectos)

Inputs y outputs contaminantes	Sector de output			Suministro final a los hogares	Totales
	Sector 1 Agricultura	Sector 2 Industria	Anticontaminación		
Sector 1 Agricultura (celemines)	26,12 (\$ 52,24)	23,37 (\$ 46,74)	0	55 (\$ 110,00)	104,50 (\$ 208,99)
Sector 2 Industria (metros)	14,63 (\$ 73,15)	7,01 (\$ 35,05)	6,79 (\$ 33,94)	30 (\$ 150,00)	58,43 (\$ 292,13)
Contaminante (gramos)	52,25	11,68	= 33,93	30 (pagado para eliminar 33,93 gr de contaminante)	
Trabajo (Año/hombre)	83,60 (\$ 83,60)	210,34 (\$ 210,34)	67,86 (\$ 67,86)	0	361,80
Total	\$ 208,99	\$ 292,13	\$ 101,80	\$ 361,80	

Del modelo podremos extraer todo lo que éste se halla en la tesitura de suministrar únicamente si no perdemos de vista la noción clara de cuáles son sus límites.

Unos, tradicionales, dependen de su concepción general:

- centrado en las actividades de producción y de consumo, y dejando fuera de su campo los análisis sobre el empleo, la distribución, la balanza exterior, etc..., el método sólo propone la reconstitución parcial de la economía. Se muestra incapaz de explicar, por sí mismo, el conjunto de los problemas que una política medioambiental plantea a un país;
- la hipótesis de constancia de los coeficientes técnicos lleva a desestimar las posibilidades de las intervenciones que, más allá de la mera reducción de los residuos, desencadenarían los procesos de reciclaje o de transformación (reconvirtiendo una parte de los residuos en nuevos inputs para determinados sectores), cuyo objetivo consistiría en modificar los coeficientes en cuestión;

- las relaciones estudiadas son lineales: el coste por reducir la contaminación, expresado en gramos de materia, se supone fijo al margen del nivel inicial de contaminación, mientras que, en realidad, este coste se dispara con el grado de pureza que exige el medio;
- por último, este coste no debería confundirse con el de los daños que la contaminación provoca en el entorno donde se desarrolla.

En cuanto a los límites que dependen del modo en que el modelo entiende el medio ambiente:

- en un plano general, es útil en el caso de los vertidos no-localizados (emisión de CO₂ en la atmósfera, por ejemplo) y convendría regionalizarlo;
- su campo se ciñe a las fronteras de la esfera económica. Sólo contempla los costes inscritos en dicha esfera, obviando el conjunto de las acciones que perpetran los residuos en el medio ambiente donde se propagan;
- únicamente integra el recurso natural en calidad de factor cuya reproducción es aconsejable salvaguardar.

Tal como se presenta —indudablemente precisa de notables mejoras—, parece sin embargo desbrogarle al economista, condenado ya a manejarse con las leyes de dos universos diametralmente distintos, uno de los caminos que podrá tomar a la hora de traducir, en términos operativos y a escala de la actividad económica, los imperativos que le dictan las necesidades de reproducción de la biosfera.

Muchos autores se han esforzado, respetando la filosofía del método, en ampliar sus límites⁵⁸. Nuestro objetivo en estas páginas se ha centrado en deslindar sus principios.

Por último, en importantes estudios sectoriales a una escala más reducida, se han hecho esfuerzos para traducir en términos monetarios las funciones de coste ligadas al respeto de los diferentes niveles de calidad del medio⁵⁹.

El economista no se halla pues totalmente inerte ante el inmenso interrogante que le plantea la toma en consideración de las regulaciones del universo físico-insoslayables a estas alturas.

La existencia de unidades comunes a los fenómenos del mercado y a los de la biosfera, como la emergencia de unas vías que permiten enlazar sus correspondientes indicadores, reflejan, a un nivel contable, la posibilidad técnica de integrar ambos universos.

Por trascendental que parezca esta demostración, no por ello es un fin en sí misma. El problema no reside en la expresión numérica de los procesos, sino en la organización de las acciones humanas, cuya coherencia con los procesos naturales es menester asegurar.

La cuantificación nos revela que un esfuerzo emprendido en esta dirección desembocará en el hallazgo de los instrumentos necesarios. Ahora bien, no nos aclara nada sobre la orientación propiamente dicha de tal esfuerzo.

El tema estriba pues en descubrir si la reflexión sistémica nos servirá para disponer de algunos principios de organización socioeconómica gracias a los cuales se conseguirá la ineludible integración de la esfera del mercado en la biosfera.

Notas generales

¹ C. E. Shannon, «A mathematical theory of communication». *Bull. Syst. Tech.* J. 27, 1948.

² *Teoría de la información de Shannon*.

Hemos definido la cantidad de información que conlleva un suceso como una función decreciente de su probabilidad de acontecer.

Por consiguiente, si N acontecimientos, que consideraremos en principio como igualmente probables (probabilidad $1/N$), fueran posibles, la cantidad de información aparejada a la aparición de cualquiera de ellos sería una función decreciente de $1/N$ y una función creciente de N . Cuando consideramos no una, sino dos experiencias independientes que comportan respectivamente N_1 y N_2 acontecimientos equiprobables, la probabilidad de que suceda un emparejamiento concreto de acontecimientos es una función decreciente del producto $N_1 \cdot N_2$.

Así, en el cuadro subsiguiente, donde $N_1 = 3$ y $N_2 = 4$, la probabilidad de aparición de un tándem dado $y_2 z_3$, por ejemplo, será igual a: $1/N_1 \cdot N_2 = 1/12$.

N_1 resultados posibles

z	y	y_1	y_2	y_3
z_1		$y_1 z_1$	$y_2 z_1$	$y_3 z_1$
z_2		$y_1 z_2$	$y_2 z_2$	$y_3 z_2$
z_3		$y_1 z_3$	$y_2 z_3$	$y_3 z_3$
z_4		$y_1 z_4$	$y_2 z_4$	$y_3 z_4$

N_2 resultados posibles

Cuanto más elevado sea el producto $N_1 \cdot N_2$, más baja será la probabilidad de que haya un emparejamiento y , por lo tanto, mayor será la cantidad de información H que nos suministre. Entonces podremos escribir:

$$H = f(N_1, N_2) = f(N_1) \cdot f(N_2) \text{ (función creciente)}$$

Ahora bien, N_1 y N_2 pueden ser sustituidos por su logaritmo. Al elegir la base 2 por razones de comodidad que más adelante explicaremos, podemos escribir:

$$H = \log_2 N_1 + \log_2 N_2$$

Si pretendemos expresar la fórmula anterior con relación a las probabilidades de aparición $1/N_1 = p(1)$ y $1/N_2 = p(2)$, de los sucesos:

$$H = -\log_2 p(1) - \log_2 p(2).$$

Siendo válida esta fórmula cualquiera que sea el número de experiencias independientes consideradas, escribiremos a propósito de un mensaje x :

$$H(x) = -\log_2 p(1) - \log_2 p(2) - \log_2 p(3) - \dots \log_2 p(n)$$

No obstante, no podemos atribuir a cada probabilidad el mismo peso de no ser que nos hallemos en una situación donde todos los acontecimientos equiprobables suceden como promedio un mismo número de veces.

Si abandonamos dicha hipótesis de equiprobabilidad, tendremos que considerar el hecho de que los acontecimientos más probables (por lo tanto, portadores de menor información cada vez que se producen) sucederán como promedio un mayor número de veces que los restantes:

— un acontecimiento seguro aparecerá sin duda con una probabilidad 1. Pero en cada aparición conllevará una información nula; por consiguiente, la información que nos suministrará será:

$$1 \times 0 = 0$$

— un acontecimiento imposible nos aportaría una información total, pero jamás se producirá, por lo que de hecho nos suministrará una información nula;

— entre estas dos situaciones extremas, la información $\log_2 p(i)$ contenida en un acontecimiento deberá ser ponderada por su probabilidad de aparición; esto nos dará:

$$H(x) = -p(1) \cdot \log_2 p(1) - p(2) \cdot \log_2 p(2) - \dots - p(n) \log_2 p(n)$$

o bien, formulado en términos más generales:

$$H(x) = -\sum p(i) \cdot \log_2 p(i)$$

Siendo igual a 1 la suma de las probabilidades, la función $H(x)$ representa la media de la información aparejada a cada acontecimiento. Pudiendo ser el acontecimiento la aparición de un símbolo en un mensaje, la cantidad total de información transmitida por éste último será pues igual al producto de $H(x)$ por el número de símbolos que comporta.

³ L. Von Bertalanffy, *Théorie générale des systèmes*. Dunod, 1972.

⁴ H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information*. Hermann, 1972, pág. 15. Es necesario precisar que la fórmula de Shannon se estableció a propósito del problema de la comunicación (C. E. Shannon y W. Weaver, *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana, Illinois, 1949) en la vertiente de la codificación, con la ayuda de símbolos, de una información emitida por una fuente y transmitida a un destinatario mediante un canal.

⁵ H. Atlan, *L'organisation biologique...*, op. cit., pág. 18-19.

⁶ L. Couffignal, *Concept*, 1965, pág. 351, citado por E. Morin, *La Méthode*, t. I, pág. 306. Sobre la relación entre la termodinámica, la información y la biología, cfr. asimismo J. Tonnelat, *Thermodynamique et biologie*. Maloine, t. I, 1978; t. II, 1979.

⁷ L. Brillouin, *La science et la théorie de l'information*. Masson, París, 1959.

⁸ H. Atlan, *L'organisation...*, op. cit., pág. 178-179. En un artículo posterior, A. Danchin se manifiesta contrario a la asimilación entropía-desorden, neguentropía-orden. Insiste en el hecho de que la entropía puede generar orden. Pero cabe preguntarse si esta controversia no se basa en un malentendido: en especial nadie niega que un fenómeno entrópico (la radiación solar) esté en el origen y sea la fuente de la evolución hacia una mayor complejidad (A. Danchin, «Entropie et ordre biologique», *La Recherche*, sept. 1978, pág. 788).

⁹ J. de Rosnay, *Le Macroscopie*. Seuil, 1975, pág. 131. El término se propone, según indica el autor, por analogía con la bioenergética o «estudio global de los balances energéticos de la célula».

¹⁰ J. P. Deleage, N. Sauger-Naudin, C. Souchon (París VII), «Réflexions méthodologiques sur l'analyse énergétique des systèmes agricoles et agroalimentaires». Comunicación presentada en el coloquio del GERMES, Arc-et-Senans, sept. 1977.

¹¹ R. Lindermann, «The trophic-dynamic aspect of ecology», *Ecol.* 23, pág. 399-418, 1942. H. T. Odum, *Energy, power and society*. J. Wiley, N. York, 1971; «Energy, Ecology and Economics», *Ambio* 2, 1973, pág. 220-227.

¹² El rendimiento es aún más débil en los medios acuáticos, dado que el agua absorbe o refracta una importante cantidad de energía: se sitúa entre el 0,1% y el 0,4%. El caso de los Silver Springs es excepcional, puesto que se trata de manantiales calientes (situados en Florida), con un alto rendimiento fotosintético.

¹³ El balance energético de un animal se expresa por la ecuación siguiente:

$$I = NA = PS = R$$

donde

I = Alimentos ingeridos.

NA = Alimentos no asimilados expulsados en forma de desechos.

PS = Producción secundaria de tejidos animales (ganancia de peso, por ejemplo).

R = Respiración (por la que se mide la cantidad de energía utilizada por el animal para mantener su funcionamiento).

La relación $PS + R/I$, denominada *rendimiento de asimilación*, mide la cantidad de energía efectivamente utilizada por el animal tras haber eliminado los residuos.

La relación PS/I , llamada *tasa de asimilación*, que mide la producción de tejidos con relación a los alimentos asimilados, es evidentemente la que más interesa a los ganaderos.

El tránsito del laboratorio a la naturaleza requiere que tengamos en cuenta factores suplementarios, tales como la pirámide de las edades de las poblaciones animales (los jóvenes se caracterizan por una producción secundaria notablemente más elevada que los adultos), las modalidades de la reproducción (de ritmo estacional, por ejemplo), su mayor o menor velocidad, etc. Cfr. Dreux, op. cit.; o Dajoz, op. cit., págs. 279-343.

¹⁴ Los continentes y los océanos representan, respectivamente, el 29% y el 71% de la superficie del planeta.

¹⁵ Este porcentaje calculado sobre la insolación total no debe confundirse con el que hemos establecido anteriormente a partir de las 400.000 kcal efectivamente absorbidas cada día por metro cuadrado de suelo. Las evaluaciones que hemos recogido aquí son las de P. Duvigneaud («L'écologie, science moderne de synthèse». Bruselas, Ministerio de Educación Nacional y de Cultura). Las estimaciones de algunos autores norteamericanos, más optimistas, sitúan en torno a las 140 · 10⁹ toneladas la producción de materia orgánica (Dajoz, op. cit., pág. 314).

¹⁶ El margen puede parecer enorme. No olvidemos, sin embargo,:

— que algunas agresiones localizadas llegan a tener unas repercusiones considerables;

— que, con una tasa que se duplica anualmente cada diez años, estas industrias invertirían sólo 60 años en absorber, en el caso de que fuera posible, la totalidad de la materia orgánica que se crea en el planeta.

¹⁷ R. Dajoz, *Précis d'écologie*. Dunod, 1974, pág. 319.

¹⁸ A. y P. Ehrlich, *Population...*, op. cit., pág. 100.

¹⁹ De acuerdo con D. O. Hall, profesor del King's College en la Universidad de Londres, podrían alcanzarse unas tasas de transformación del 10%, en virtud de las cuales cualquier energía utilizada en Gran Bretaña —alimentación, así como combustible y energía— se obtendría a partir de una superficie de únicamente unas 8.500 millas cuadradas, lo cual supone menos de la décima parte de la extensión total del país. En los Estados Unidos, dado su nivel mucho más elevado en necesidades energéticas, pero siendo también más baja su densidad de población y más intensa la radiación solar, se lograría el mismo resultado a partir de un 1,5% del territorio. D. O. Hall, «Photobiological Energy Conversion». Texto publicado por la sección británica de la International Solar Energy Society. *The Sun at Work*, vol. n.º 1, julio 1974.

G. Leach, del Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo de Londres, matiza más la cuestión («Energy Futures - Wide open to change and choice», *Ambio*, vol. 5, n.º 3, 1976, págs. 108-116). Ahora bien, las estimaciones de este autor no empañan el valor del ejemplo que, a título meramente ilustrativo, traemos aquí a colación sobre las perspectivas imaginables para la humanidad.

Sobre el enriquecimiento de las cadenas alimentarias en el medio acuático, cfr. los trabajos del Dr. Bombard.

²⁰ S. A. Podolinski (1850-1891): autor darwinista que fue uno de los primeros divulgadores del marxismo en Ucrania. Engels evoca aquí un artículo que apareció en 1881 en el periódico italiano *La Plebe*. «El socialismo y la Unidad de las fuerzas físicas».

²¹ Marx y Engels, *Letras sur les sciences de la Nature*. Ed. Sociales, 1974, págs. 109-112. En efecto, Engels estima que, debido a la entropía, es imposible que el hombre produzca trabajando más kilocalorías de las que absorbe. La plusvalía no puede demostrarse pues por esta vía. Entonces no disponía de la noción de *energía de amplificación*, en torno a la cual sin embargo diserta a veces: «Es evidente, suponiendo que la persona en cuestión se alimente de forma normal, que el montante de proteínas y de grasas que obtenga de la caza o de la pesca sea independiente de la cantidad de estas mismas sustancias que la persona en cuestión ingiere».

En una carta posterior (15 de octubre de 1888) dirigida a N. Fransevitich, un escritor ruso que trajo los tres tomos de *El Capital*, Engels enfoca la alimentación desde el punto de vista de la reconstrucción energética de las fuerzas del trabajo y habla del «agotamiento del organismo de resultados de la pro-

longación de la jornada laboral y ... la cantidad de energía potencial, bajo la forma de alimentos, necesaria para compensar esta fatiga». Añade con muy buen criterio: «una dieta que produzca calorías no es suficiente; también habrá de incluir proteínas» (*Letras*, pág. 117).

El nombre de Engels se repite más que el de Marx en este contexto porque el segundo confiesa lo siguiente: en tales cuestiones, «me atengo siempre a tus planteamientos» (4 de julio de 1864).

²² Entre los primeros trabajos notables sobre el análisis de los flujos energéticos en las sociedades humanas, citaremos:

— W. B. Kemp, que estudia una sociedad esquimal: «The flow of energy in a hunting society», *Scientific American*, 224, 1971, págs. 105-115.

— R. A. Rappaport, que estudia un grupo primitivo en Nueva Guinea: *Pigs for the ancestors*. New Haven, Yale University Press, 1968; «The flow of energy in an agricultural society», *Scientific American*, 224, 1971, págs. 117-132.

— E. Cruz de Carvalho y J. Vieira da Silva, *The cunene region: ecological analysis of an agricultural system*. Social change in Angola, Munich, 1973, págs. 145-192. Y en particular:

— H. T. Odum, *Energy, Power and Society*, J. Wiley, N. York, 1971; «Energy, ecology and economics», *Ambio* 2, 1973, págs. 220-227.

— D. Pimentel, «Food production and energy analysis», *Science*, nº 11, 1973, págs. 443-449.

— J. B. Steinhart y C. E. Steinhart, «Energy use in the U.S. food systems», *Science*, nº 184, 1974, págs. 307-315;

— J. Lizot, «Economie primitive et subsistance», *Libre* 4, PRP, Payot, 1978.

²³ «No podemos aventurarnos aritméticamente más que en el caso de las ramas de la producción más primitivas: caza, pesca, ganadería, agricultura... En el campo de la industria, cualquier tipo de cálculo se interrumpe indefectiblemente... La medida del valor energético de un marfil, de un tornillo o de una aguja de coser... es intrínsecamente imposible» (19 de diciembre de 1882). Engels se equivocaba en este último punto, pero ¿no es ya sorprendente que planteara el problema en tales términos?

²⁴ J. P. Deleage, N. Sauger-Naudin y C. Souchon (CEGERNA y Laboratorio de Ecología de la Universidad de París VII), *Reflexions méthodologiques sur l'analyse éco-énergétique des systèmes agricoles et agro-alimentaires*. Informe presentado al Coloquio del Grupo GERMES, Arc-et-Senans, sept. 1977.

²⁵ J. P. Deleage, N. Sauger-Naudin y C. Souchon, *Reflexions...*, pág. 16.

²⁶ J. de Rosnay, «La croissance organique et l'environnement urbain», *Rev. Critique*, nº 19, 1977. Montreal, Québec.

²⁷ M. Slessor, «Accounting for energy», *Nature*, vol. 254, 20 marzo 1975, pág. 171.

²⁸ El ejemplo que aporta M. Slessor es el del consumo neto de energía en el caso de la fabricación de botellas de plástico o de botellas de vidrio. La cantidad de energía que pueden restituir las primeras mediante combustión después de uso debe deducirse de la que exigieron durante su proceso de fabricación. Las de vidrio, en cambio, no restituyen nada y el consumo bruto exigido por el proceso de fabricación equivale a su consumo neto.

²⁹ Chapman et al. (*Energy Policy*, Londres, sept. 1977) nos indican también a qué nivel quedó establecido el ERE, entre 1963 y 1972, para las principales fuentes de energía en Gran Bretaña:

	1963	1968	1971-72
Carbón	0,047	0,042	0,042
Gas	0,48	0,390	0,23
Petróleo	0,23	0,132	0,11
Electricidad	3,54	3,192	2,98

³⁰ Según la FAO, la producción agrícola prácticamente se duplicó (índice 184) entre 1950 y 1971, mientras que la producción per cápita aumentaba en más de un 20%. La creación de una variedad de trigo de tallo corto permitía triplicar los rendimientos, provocando un esfuerzo de investigación sistemática para lograr variedades con un alto rendimiento y desencadenando la Revolución verde. Cfr. J. C. Lavigne, «Dix ans de révolution verte», *Economie et Humanisme*, nov.-dic. 1977; H. de Farcy, «Pourra-t-on nourrir les hommes de l'an 2000?», *Projet*, julio-agosto 1974.

³¹ Estimaciones del Club de Roma, presentadas en los Encuentros Ecológicos de Dijon (abril 1977) por M. Guernier, miembro del Club. Cfr. B. Desaignes, *La planification de l'environnement*. Tesis, París I, 1977, pág. 5.

³² Los rendimientos americanos de 23 Qm/ha y en especial los franceses, que llegaron a los 47 Qm/ha, parece que abonan comparativamente unas posibilidades muy prometedoras de incremento para la media mundial. Son cifras tomadas de B. Walluis, «Perspectives et Stratégies céréalières internationales», Crónicas de actualidad Sedeis, 31 diciembre 1975.

³³ R. Mac Namara, entrevista en *Le Monde*, 4 de marzo de 1975.

³⁴ 120 kg de nitrógeno, 60 kg de potasio y la misma cantidad de fosfato para las variedades de trigo con un alto rendimiento; 140 kg de nitrógeno y 80 kg de potasio y de fosfato, mientras que las variedades tradicionales tienen un rendimiento decreciente a partir de los 60 kg de elementos nitrogenados (J. C. Lavigne, art. cit.).

³⁵ El número de los espárcimientos de los pesticidas puede llegar hasta 12 en los arrozales con variedades de alto rendimiento (J. C. Lavigne, art. cit.).

³⁶ Los fosfatos, los nitratos, los abonos potásicos sustituyen al estiércol. Los insecticidas y los herbicidas protegen las cosechas contra sus enemigos habituales. Toda una población mecánica de tractores y de equipos agrícolas desbancan al hombre, al buey y al caballo. «El petróleo y la electricidad reemplazan también al calor y la luz del sol en el secado del forraje y en la climatización de los establos artificiales que permite la cría intensiva del ganado». Cfr. J. de Rosnay, «Production agricole, un bilan énergétique qui se détériore», *La Recherche*, nº 47, julio-agosto 1974.

³⁷ M. Slessor, Universidad de Strathclyde, *J. Sci. Fd. Agric.* 24, 1193, 1973; y «Energy Analysis in policy Making», *New Scientist*, 328, nov. 1973.

³⁸ D. Pimentel y L. E. Hurd, profesores del New York Stall College of Agriculture and Life science, «Le gouffre énergétique de l'agriculture occidentale», *Science*, nov. 1973.

³⁹ D. Pimentel, nota 8, artículo citado en la nota precedente.

⁴⁰ En el período comprendido entre 1909 y 1971, los rendimientos de maíz por acre se elevan de 26 a 87 bushels, es decir en un porcentaje del 234% (D. Pimentel).

⁴¹ J. S. Steinhart y C. E. Steinhart, «Energy use in the U.S. food system», *Science*, 184, 307, 1974.

⁴² Cfr. L. Malassis, «L'économie agro-alimentaire», *Economie Rurale* (Revista de la Sociedad francesa de Economía Rural), nov.-dic. 1977. Un ejemplo tomado de este autor: «la patata es un producto agrícola transferido a Europa desde la América precolombina, pero las patatas chips, los copos de avena, las patatas congeladas y similares... son unos productos agro-industriales típicos».

⁴³ Ph. Dreux, *Prévis...*, op. cit., págs. 177 y 180.

⁴⁴ Hasta los años setenta al menos, los países en vías de desarrollo han incrementado globalmente sus producciones mediante la ampliación de las superficies cultivables. Por ejemplo, en la India, tales extensiones se han duplicado entre 1961 y 1971 (pasando de 11 a 22 millones de hectáreas).

Según la FAO, en Asia meridional..., en algunas regiones del Extremo Oriente, en el Oriente Medio y en el Norte de África, así como en determinadas regiones de América Latina y del resto de África... no queda prácticamente posibilidad alguna de ampliar la superficie de las tierras cultivables... En América latina y en el África subsahariana, todavía hay enormes posibilidades para crear nuevas tierras cultivables, pero acondicionarlas entrañaría un precio tan elevado que se ha considerado más rentable intensificar el rendimiento de las zonas que actualmente se explotan» (FAO, «Provisional indicative World plan for agricultural development», 1970, I, 41).

Todavía puede entonces contarse con las posibilidades que deparan los incrementos en las cosechas, que siguen siendo muy grandes, particularmente en los países en vías de desarrollo, pero también sabemos que las mismas no son ilimitadas.

⁴⁵ Estas evaluaciones han servido de base para los cálculos de D. Pimentel encaminados a determinar el coste energético de la maquinaria utilizada en la producción de maíz.

⁴⁶ Gyftopoulos and Associates, *Potential fuel effectiveness in industry*. Ballinger, Cambridge, Massachusetts, 1974.

⁴⁷ M. Slessor, «Accounting for energy», art. cit., pág. 32.

⁴⁸ Cfr. especialmente I. Ilich, *Energie et équité*, op. cit. Para un intento de evaluación económica, véase J. Beauvais, *Le coût social des transports parisiens*, op. cit.

⁴⁹ P. Cazamian, *Leçons d'ergonomie industrielle*, op. cit., pág. 33.

⁵⁰ L. Randoin, *Tables de composition des aliments*. Lanore, 4.ª ed., 1971.

⁵¹ El primer problema será tratado en el capítulo II. Demostraremos que las unidades sirven para definir a nivel de la biosfera un conjunto de normas que deben respetarse a nivel de la esfera económica como si fueran restricciones ineludibles.

⁵² H. T. Odum, *Energy power and society*, op. cit.; «Energy Ecology and Economics»; art. cit.

Desarrollamos aquí un razonamiento y no nos proponemos ser exhaustivos. Por tal motivo bordearemos una serie de estudios muy importantes cuyo análisis sería obligatorio en un manual, como los que Ayres y Keynes han dedicado a los *salvos de materias primas* cfr. R. U. Ayres y A. V. Kneese, *Production, consumption and externalities*. *Amer. Ec. Rev.*, junio 1969; «Pollution and environmental quality» en Perloff (ed.), *The Quality of urban environment*. Washington, 1969; A. V. Kneese, *Economics and the environment*. Penguin Books, 1977.

⁵³ Según J. de Rosnay («Croissance organique...», art. cit., 1977), se obtendrían: 21.000 kcal-dólar en 1963,

17.000 en 1970, 15.000 en 1972 y 10.000 en 1977.

⁵⁴ H. T. Odum estima en 40 kcal/m²/día la cantidad de energía fotosintética absorbida por un bosque, es decir: 59 · 10⁶ kcal por acre y por año.

Puesto que el bosque alcanza su plenitud en 100 años, la cantidad total de energía necesaria para permitirle que llegue a este estadio es pues de 59 · 10⁸ kcal.

Al precio de 1 dólar por 10.000 kcal, el valor por reforestar el acre de un bosque centenario se eleva entonces a 590.000 dólares, una cifra muy superior al valor mercantil del bosque talado, que es del orden de 64 dólares por acre. Se utiliza un procedimiento idéntico en otros casos: valor del parque recreativo de la Bahía del Corpus Christi en Texas, valor de una producción de trigo, etc...

⁵⁵ B. Desaignes, *La planification de l'environnement*, op. cit., pág. 215.

⁵⁶ Para una exposición detallada, sencilla y clara del método, del que aquí sólo nos cabe resumir la orientación, cfr. W. Leontief, «L'environnement et la structure économique». *Analyse et prévision*, T. XI, 1971, págs. 253-256.

⁵⁷ Cfr. ONU: «Brief outline of the United Nations study on the impact of prospective environmental issues and policies on the international development strategy», abril 1973.

W. Leontief: «Structure of the world economy, outline of a simple input/output formulation». *The Amer. Ec. Rev.*, diciembre 1974.

⁵⁸ Encontraremos un buen análisis en J. F. Noël, *Le Mode de traitement de l'environnement*, Tesis, París I, 1977; B. Desaignes, *La planification de l'environnement*. Tesis, París I, 1977.

Citaremos más específicamente a J. H. Cumberland, «Un modèle concernant les relations économiques de l'environnement», *Rev. Eco. du Sud-Ouest*. IERSO. Univ. Bx I, 1973; «A regional inter-industry model for analysis of development objectives». *Papers of the regional Science Association*, vol. XXVI, 1966, págs. 65-94; H. Daly, «On economics as a life science», *Journal of political economy*, vol. 76, n.º 3, mayo-junio 1968; W. Isard: «Some notes on the linkage of Socio-economic and ecologic systems», *Papers of the Regional Science Association*, vol. XXII, 1969, págs. 85-96; W. Isard y cols., *Ecologic-economic analysis for regional development*. N. York, Free Press, 1972; P. A. Victor, *Input-output analysis and the study of Economic and environmental interaction*. Columbia, 1971; *Economics of pollution*. Londres, Macmillan, 1972; *Pollution, economics and environment*. Allen and Unwin, 1973; Richardson, *Input-output and regional analysis*. Londres, 1972.

⁵⁹ Los dos estudios más importantes se refieren:

— a la remolacha azucarera: Löf y Kneese, «The economics of water utilisation in the beet sugar industry», *R.F.F.*, 1968;

— al petróleo: Clifford y Russel, «Residuals management in industry, a case study of petroleum refining», *R.F.F.*, 1973.

Capítulo segundo

LA ORGANIZACIÓN SOCIAL Y LA REPRODUCCIÓN

Introducción

El test del logro en la integración consistirá en el respeto, por parte de la esfera económica, de los mecanismos que rigen la reproducción de la biosfera.

Nuestro objetivo no apunta pues a disertar aquí sobre la felicidad humana, aun cuando se la equipare —y no estamos en esa tesitura— con el bienestar económico. Nos proponemos sencillamente destacar algunos principios de organización cuya observancia condiciona la reproducción de las sociedades humanas y de la biosfera en el tiempo. Sin dicha reproducción dejaría de plantearse el problema del bienestar porque ya no habría sociedad humana. A partir de ahí cada cual podrá trazar su peculiar concepción de la felicidad individual o colectiva.

A) *La elección de un tipo de organización se sitúa entre los modelos de la sociedad liberal y de la planificación*

La elección de un tipo de organización parece situarse entre dos polos:

- Del modelo de la sociedad liberal, que se asienta en los designios del mercado y que, desde un punto de vista teórico, propugna la descentralización;
- del modelo de la planificación autoritaria, donde todo se dirige desde un centro único de decisión.

El primer modelo, con su tesis de que el interés general deriva de la armonización espontánea de los intereses privados, potencia en la práctica las exigencias de rentabilizar y de acumular el capital. El segundo modelo, amén de las muchas restricciones que comporta, desemboca fatalmente en una gestión burocrática paralizante para el conjunto de las actividades humanas.

Por lo menos de forma clara en el caso de Francia, el sistema llamado «liberal» se rodea de un centralismo fáctico, lo cual genera una burocratización similar a la que impera en las economías de planificación estatal. Esta situación acumula entonces una doble serie de inconvenientes, que inciden:

— en la polarización del poder, que se distancia de los ciudadanos y les va resultando más ajeno a medida que se amplía el campo de las interdependencias;

— en el hecho de que los criterios de decisión, que proceden del mercado o de las exigencias de la acumulación, determinen a la postre todas las grandes opciones políticas o institucionales, elevando al rango de utilidad social lo que en realidad sólo representa una combinación de intereses materiales que son los propios de un subconjunto de la colectividad humana.

Nuestra reflexión se encaminará hacia la búsqueda de una vía que, sortando tales riesgos, permita conciliar bajo una óptica de reproducción social el mantenimiento de las coherencias de un sistema socioeconómico con la salvaguarda de los «grados de libertad» igualmente indispensables para la persistencia del mismo.

La cuestión planteada en los términos anteriores constituye el problema por antonomasia que resuelven espontáneamente los organismos vivos. Agrupaciones de células, situadas en un medio de menor complejidad —abocadas pues a sufrir la ley de la entropía— consiguen preservar su estructura y reproducirse gracias a su organización. Dicha organización, pese a las variaciones del medio, les permite asegurar a través de las generaciones la transmisión de sus caracteres y conservar su flexibilidad adaptativa, sin la cual todas las especies llegarían a extinguirse. En el caso que nos ocupa, el control constante de lo que es menester coordinar a fin de asegurar la perdurabilidad del sistema global se articula con las descentralizaciones y la acumulación de las reservas de variabilidad que se requieren para evolucionar en el tiempo.

Por consiguiente nos interesa sin duda aprehender los principios en los que se asienta la organización de tales sistemas. El peligro estriba en una especie de biologismo al cabo del cual descubriríamos las «virtudes» de una sociedad de células inconscientes, sometidas a los mecanismos de un todo que las absorbe.

B) Legitimidad, condiciones de validez y límites del enfoque analógico

Debemos pues dilucidar previamente qué legitimidad, qué condiciones de validez y qué límites tiene el enfoque analógico que proponemos:

1. La cuestión de «la analogía»

La analogía no suele gozar de un gran prestigio en el campo económico. «Razonando analógicamente, escribía A. Marchal en 1952, los economistas cayeron en la tentación, a veces de manera inconsciente, de identificar la economía política con las ciencias físicas y mecánicas, luego

con las ciencias biológicas o fisiológicas, hasta el día en que se percataron de que la economía política era, simple y llanamente, una ciencia social y humana.

«El hecho de adoptar procedimientos al uso en una ciencia preexistente obedece a una inercia que ha tendido a eximir a los economistas de observar minuciosamente los fenómenos económicos, impulsándolos a una suerte de cientifismo estéril». Marchal ponía el broche de oro a su razonamiento valiéndose de la siguiente afirmación, en apariencia sensata: «El método de una ciencia depende de su naturaleza»¹.

Su crítica no era gratuita. Nos consta que se ha recurrido muchas veces a la analogía como una forma de arropar una representación a escala infantil² y que no resulta tan inocua como cabría presuponer de entrada. Steven Rose reproduce una lámina y su correspondiente comentario tomados de una enciclopedia para niños, publicada antes de la guerra, donde se equiparaba el organismo humano con una fábrica: «Imagina tu cerebro como la rama ejecutiva de una gran empresa: como verás por el dibujo, está distribuido en varios departamentos. Acomodado en su gran despacho en el servicio central, el Director General, tu yo consciente, dispone de unas líneas telefónicas que lo conectan con todos los departamentos. Cerca de ti, los principales ayudantes, los subordinados de los mensajes que llegan, visión, gusto, olfato, oído y tacto, etc...»³.

Es evidente que estos modelos propagan una filosofía social cuyos efectos son temibles por cuanto inciden en un nivel subliminal. «En el ejemplo seleccionado, la dirección está siempre mejor informada que los demás y acierta en todo, mientras que los cuadros superiores y medios, así como los obreros, saben mantenerse en el lugar que les corresponde. Si el dedo pulgar no le dice al cerebro lo que hay que hacer, ¿con qué derecho se pronunciará el trabajador ante su empleador?»⁴.

Pero en realidad sólo se trata de un símil.

La búsqueda de equivalencias puntuales, las aproximaciones exhaustivas entre la vida biológica y la vida social, tal como abogan por ellas Schaeffle, Lillienfeld, Worms y en cierta medida Spencer, «no constituyen la médula de la analogía, sino su epidermis» (J. Schangler)⁵.

Bastante más comedido al abordar el tema, Bertalanffy⁶ diferencia cuidadosamente entre:

— la búsqueda de «*similitudes superficiales*», que no guardan relación ni por sus causas ni por las leyes que las rigen», careciendo del más mínimo «valor científico». En tal caso hablaremos de *metáfora*.

— la *homología*, «donde los factores intervinientes son distintos, pero donde las leyes se repiten en el plano formal». Esta identidad de las leyes permite representar unos fenómenos diferenciados mediante unos modelos similares. Hace que «sea posible el isomorfismo entre las ciencias»;

— por último, el *isomorfismo* o «similitud estructural», que implica que, en un plano «real», el conjunto de los fenómenos observados presente unos rasgos iguales que se manifiestan por unos indicios de formación comparables. En el plano formal, dicha uniformidad permite recurrir a unos esquemas conceptuales idénticos.

Al poner el énfasis en la organización y en las relaciones que unen a los elementos en vez de en la naturaleza de éstos a la hora de caracterizar un sistema, el enfoque sistémico no lo vacía de materia, sino de sustancia. A partir de ahí nos proporciona el criterio gracias al cual separaremos las buenas «analogías» de las que no lo son. Se condenará el recurso a la simple metáfora; en cambio será lícito servirse de la homología o del isomorfismo; esto es, de la búsqueda de similitudes en las funciones, las relaciones y en definitiva, las leyes que definen diversos fenómenos. Desde esta perspectiva, como lo ha demostrado Marey⁷, la función de un tubo de goma encargado de regular un chorro de agua a presión puede equipararse con la función que desempeña una arteria en la circulación sanguínea. Una ley de crecimiento exponencial tendrá las mismas consecuencias numéricas sea cual fuere el objeto al que se refiere (poblaciones humanas, microbianas, o capital colocado a intereses compuestos...). La generalidad de las conclusiones a las que se llega permite ahorrar duplicidades en el redescubrimiento de principios análogos, fenómeno al que conduce la segmentación de las disciplinas.

Evidentemente, la analogía no es extensible. Ocurre como con la ley de Newton: el hecho de que se aplique al sistema planetario, a las mareas o... a las manzanas no significa que el sistema planetario, las mareas o las manzanas sean análogos en lo que atañe a todos los demás aspectos.

Así descubrimos que el razonamiento analógico no es patrimonio del enfoque sistémico frente a lo que sostienen algunos. En la búsqueda de similitudes generadoras de formalizaciones comunes ha gravitado siempre el progreso de las ciencias. Un modelo no deja de ser una analogía... no hay ciencia de no ser analógica.

La contribución específica de los planteamientos sistémicos no consistirá pues en la utilización de la analogía, sino en reflexionar sobre ella y sus aplicaciones legítimas o ilegítimas. En ningún otro enfoque se han delimitado con tal rigor las distintas connotaciones que puede encerrar un mismo término, ni denunciado los riesgos de lo que es metáfora a secas, a la que hasta entonces, sin embargo, se veían peligrosamente expuestos los demás enfoques, carentes de criterios.

Entre los límites mencionados se encuadra muy específicamente nuestro problema. No se trata, como lo hace Spencer, de asimilar la sociedad a un organismo que nace, crece, envejece y muere, sino de indagar cuál es la naturaleza y la disposición de las funciones con las que un sistema consigue preservar su coherencia y reproducirse en el tiempo.

2. Legitimidad de la analogía biológica

El segundo problema se refiere a la legitimidad de la analogía biológica. La elección de un modelo nunca es inocente: el modelo mecanicista no es más inocuo que el organicista... y viceversa.

El modelo mecanicista nos describe un juego que tiene lugar entre cosas inertes en un mundo inmóvil: las cantidades se equilibran por la acción de una fuerza, el precio; el hombre, reducido a las dimensiones de una simple molécula⁸, no interviene, adaptándose pasivamente a las condiciones del medio; al margen de cualquier iniciativa de los grupos, cuyo posible papel sólo sería nefasto, el interés social se logra por el juego del mercado que armoniza los intereses individuales. El equilibrio que se establece de este modo constituye un óptimo.

La identificación de este esquema teórico con el mundo real ratifica el reino de las cosas sobre los hombres y la aceptación fáctica de las hegemonías vigentes, pues se prescinde de los grupos...

El modelo organicista nos propone un universo en movimiento —la ley de la vida radica en la evolución, no en el equilibrio; un universo donde los individuos, solidarios y rivales a un tiempo, existen, calculan, se organizan, compiten, participando a la vez en las grandes funciones cuyo desempeño es condición necesaria para su supervivencia; en definitiva, un universo donde hay dominadores y dominados y donde la organización reviste capital importancia.

En cuanto a los procesos y a las funciones, la analogía con lo biológico es la que ha inspirado la tradicional división de la economía en cuatro ramas: producción, circulación, distribución y consumo. Esta división se la debemos a un autor tan poco sospechoso de biologismo como J.-B. Say: «Los grandes apartados de la economía social vienen determinados por su relación con los órganos que utiliza la sociedad para crear, distribuir y consumir los bienes... del mismo modo que los aparatos de la fisiología humana están configurados por los órganos que se relacionan con la nutrición, el crecimiento y el desarrollo del cuerpo humano⁸». Aunque a nivel de las correspondencias orgánicas la formulación de Say sea discutible en su li-

⁷ Cfr., por ejemplo, J. Rueff, quien sintetiza admirablemente este tipo de enfoque:

— «Una fuerza aplicada a una masa produce un movimiento caracterizado por su aceleración. La aceleración, para una misma fuerza, es mayor cuanto menor sea la masa. Ocurre igual con una demanda de un recurso determinado por el precio que interviene. Para una demanda, de un mismo importe en unidades monetarias, el precio será más alto cuanto más escasee el recurso. La cantidad ofrecida es pues un freno al alza de precios, del mismo modo que la masa opone resistencia al movimiento. En ambos casos, la inercia es proporcional a la cantidad de materias a la que se aplica la fuerza motriz». (*L'ordre social*, Génin, 1967).

— «Las leyes de la economía política... son totalmente comparables a las leyes de los gases: los individuos en economía política desempeñan el papel de las moléculas en la teoría cinética». (*Des sciences physiques aux sciences morales*, 1922).

teralidad, el énfasis recae en su orientación global sobre la analogía de la funciones.

Por último, un sistema económico se reproduce en el tiempo en virtud de unos mecanismos comparables a los que moviliza un organismo: dispone de un patrimonio y de unos stocks reguladores que le confieren un grado determinado de autonomía frente al medio. Del mismo modo que el código genético transmite al individuo toda la carga hereditaria de su especie, el código cultural de una sociedad transfiere sus contenidos de una generación a la siguiente. Su facultad de adaptarse a unas condiciones externas cambiantes nace de su grado de diversificación; su crecimiento exige la formación de excedentes energéticos, etc...

Si no nos queda pues más alternativa que la de optar por una analogía, nos orientaremos sin duda hacia la analogía biológica.

C) El enfoque sistémico

Ahora bien ¿nos decantaremos realmente por el modelo organicista en nuestro tema de estudio?

Si en nuestra búsqueda topamos primero con la biología, es porque la naturaleza de los problemas que esta ciencia investiga (la organización de los sistemas vivos que mantienen su estructura produciendo neguentropía) la ha impulsado a adelantarse a otras disciplinas en esta vía: «Hemos terminado por concebir el concepto de organización, constata J. Piaget, como el concepto angular de la biología»⁹.

Dicho concepto constituye el objeto propio del *enfoque sistémico*, que analiza las relaciones organizativas y los principios organizadores (finalización, jerarquización de los niveles, autorregulación, etc...) comunes al conjunto de los sistemas. Al proceder así, no se supedita a ninguna otra disciplina en concreto; «franquea los tres grandes ámbitos entre los cuales se proscribía, o no se concebía, una teorización compartida: lo físico, lo vivo, lo humano». De modo que, «a un determinado nivel de organización, ya no hay frontera entre lo físico, lo biológico y lo antropológico» (E. Morin)¹⁰. En realidad es la teoría de los sistemas la que consultamos a la postre a través de la biología.

No se trata por lo tanto aquí de organicismo, sino de «organizacionalismo». Efectivamente, *no somos partidarios de proyectar lo viviente como modelo de la organización social, sino de indagar por medio de qué principios de organización un sistema -el organicista, entre otros- se reproduce y evoluciona manteniendo su coherencia en un medio cambiante*. Lo único que sucede es que la biología se ha anticipado en la prospección de esta vía. Del enfoque definido en tales términos se infiere que no abogaremos por la formulación de un modelo único de organización; nos contentaremos con destacar un

conjunto de principios fundamentales cuya observancia armonice perfectamente con varios modelos concretos de organización.

El enfoque sistémico es ante todo un enfoque; es decir, un método para aprehender los hechos. Su objeto no estriba en expresar la esencia profunda de las cosas —a la ciencia actual le consta que es una meta inalcanzable^b—, sino en llegar a unos modos de representación que favorezcan la comprensión de lo real y una intervención más eficaz sobre los fenómenos. Un sistema no existe «per se». Es el observador quien lo construye a partir del momento en que define las variables que considera estratégicas y las relaciones que las vinculan. La visión que el observador nos plantea depende entonces tanto de su percepción como del objeto de su investigación. Por ejemplo, la organización de una célula se presenta bajo distintos aspectos en función de los colorantes que se utilicen y la naturaleza de éstos últimos varía según el objeto del estudio.

El método analítico preconizado por Descartes ha sustentado durante tres siglos el progreso científico porque éste se basaba entonces en el descubrimiento de las relaciones causales entre los componentes de la realidad. Dicha búsqueda aún no ha terminado de dar todos sus frutos y al método analítico —en el plano que lo caracteriza— le aguardan todavía grandes logros. Hoy sabemos que la aprehensión de lo singular no conduce a la comprensión de lo global frente a lo que creyeron los impulsores del método. El análisis más concienzudo de los corpúsculos elementales que componen un organismo, en lugar de desvelarnos el secreto de la vida, dilucidará sencillamente cuáles son los elementos químicos intracelulares (carbono, hidrógeno, etc...), por los que precisamente la materia viva no se diferencia de la materia inerte. Del mismo modo, no llegaremos a comprender el funcionamiento de una máquina observando pieza por pieza todos sus componentes al margen de cómo se conectan. Más que por la identidad de los elementos, aprenderemos algo al respecto por su forma de articularse, por la naturaleza de las relaciones que se establecen entre ellos.

El enfoque bosquejado en tales términos procede pues en sentido contrario al enfoque analítico: se parte de la finalidad del todo y se intenta comprender cómo determina ésta la organización de las partes y de los elementos que lo componen.

Así, la necesidad de asegurar la supervivencia del organismo explica los mecanismos de las grandes funciones vitales (digestiva, respiratoria, sexual, etc...); a un nivel inferior, la vigencia de cada una de estas funciones esclarece el funcionamiento y la articulación de los órganos que aseguran su cumplimiento al sincronizarse; a un nivel aún más elemental, el funcionamiento de un órgano permite comprender la misión de las células que lo configuran en virtud de su emplazamiento.

^b Matemos, no obstante, que si un modo de representación tiene validez, será por presentar una homología —o isomorfismo— con lo real.

A la recíproca, el comportamiento de cada uno de los componentes del sistema ilustra de qué manera conserva y reproduce éste su estructura.

Van aflorando así las nociones de totalidad, finalidad, relaciones y nivel de organización, en función de las cuales intentamos interpretar el mundo que nos rodea.

Se hace entonces patente que todo sistema —especialmente cualquier sistema vivo— asegura su reproducción en el tiempo gracias a que combina tres principios, cuyas implicaciones nos esforzaremos por concretar en el plano socioeconómico:

- un principio de interdependencia,
- un principio de jerarquización de las metas
- y un principio de mínima restricción acompañado de un feed-back en los controles, que se ejercen tanto en sentido ascendente como descendente.

I. La interdependencia del todo y sus partes: la reproducción de la esfera económica es inseparable de la reproducción del medio natural

A) *El todo y sus partes*

Lo económico está inmerso en lo humano; constituye un subconjunto del mismo, inscrito a su vez en el ecosistema natural. Por lo tanto, consideraremos a la biosfera como «el todo» y a las sociedades humanas y a la actividad económica —en el seno de las anteriores— como unos simples subsistemas.

1. *Los niveles de organización*

Desde las moléculas elementales que configuran la célula hasta la inmensidad del cosmos se integran así, en un todo coherente, una infinidad de sistemas. Con relación al conjunto, cada uno de ellos constituye lo que se designa como un *nivel de organización* (H. Laborit) o como un tramo evolutivo, desde un enfoque más dinámico (J. Ruffié).

Quizá no resulte tan fácil efectuar la distinción de cada uno de los citados niveles como podría dejarlo entrever la imagen de las sucesivas inclusiones. Disponemos de múltiples criterios para ello: F. Jacob recurre al símil de las cajas ensambladas o de las muñecas rusas; H. Laborit opta por los diferentes niveles en los que la información-estructura se repliega sobre sí misma; K. Boulding se basa en el grado de complejidad de la organización; B. Walliser apela a las diversas modalidades de la autorregulación; J. Ruffié define sus niveles de integración en función del estadio evolutivo que re-

presentan, de su grado de complejidad y de la naturaleza de la información que son capaces de integrar...¹¹, etc... Ninguna de estas concepciones es verdadera o falsa per se: estructuración, complejidad, información, autorregulación, comparten muchos puntos de contacto. Su multiplicidad refleja la diversidad de las preocupaciones de los autores. Cabría criticarlas en el caso hipotético —no suele darse— de que pretendieran expresar una cualidad diferencial real «en sí misma», excluyendo a las demás concepciones.

Por consiguiente, desde una perspectiva más globalizadora, podemos definir los niveles de organización en base a la articulación de las finalidades cuya combinación condiciona la aparición y la existencia de un sistema. A nuestro juicio, tal enfoque resume el conjunto de las anteriores concepciones, dado que acepta explícitamente la relatividad de las posiciones de partida. En efecto, comprobamos que cualquier sistema es inseparable de una finalidad que se expresa a través de su(s) función(-ones). Esta(s) es (son) a la vez:

- el resultado de la combinación de un conjunto de funciones elementales que se situarán en un nivel de organización inferior;
- y combinada(s) con otras, el instrumento para que se cumplan una o más funciones que se situarán en un nivel superior.

Así, las células (nivel 1) combinan sus actividades en un órgano (nivel 2), cuya(s) función(-ones) asociada(s) con otras asegura(n) el desempeño de unas funciones de orden superior (sistema digestivo, respiratorio... nivel 3). Estas últimas, al sincronizarse, hacen viable la reproducción del organismo (nivel 4). El «rango» de cada uno de estos niveles depende, claro está, de los límites y del objeto del análisis: por un lado, el organismo puede estar integrado en varios sistemas y, por otro, cabe descender a un nivel microscópico en el propio interior de la célula.

Transferido al plano socioeconómico, este esquema puede depararnos unas estructuras muy diversas (el hombre-la empresa-el sector-la nación; o bien: el hombre-el barrio-la ciudad-la región, etc.) según el objeto de estudio.

Reencontramos aquí el ejemplo ya utilizado de la coloración de la célula.

Por otra parte —y ello supone una ventaja considerable—, en la medida en que un elemento (o un subsistema) participa en el desempeño de varias funciones, será localizable en varios niveles de organización: el hombre por ejemplo, instrumento de la actividad económica, es también el agente que combina los factores de producción y encarna el fin que justifica la movilización de los mismos. Hémos ante una característica ausente en los desglosos «topográficos», al estilo del acoplamiento de las muñecas rusas...

Al margen de sus consecuencias, todos los autores convienen en subrayar nuestra impotencia para aprehender un nivel de organización prescin-

diendo de todos los restantes. Desde la definición, que se fundamenta en la articulación de las respectivas finalidades, queda ya subsumida la interdependencia. Así, en el campo concreto de nuestro estudio, lo económico llega a satisfacer las necesidades humanas únicamente al precio de transformar el medio, al que además retornan los desechos de las actividades de producción y consumo. El estado del medio (clima, dotación en materia de recursos, etc.) condiciona a su vez la presencia, la naturaleza y el nivel de tales actividades. No podemos silenciar el papel de la organización social, ni el de los sistemas de valores y creencias, etc.

2. La visión reduccionista del economicismo

Todas las grandes escuelas económicas, cuando se topan implícita o explícitamente con el problema de la reproducción, reducen el fenómeno a la dimensión sucinta de los recursos del mercado.

Así ocurre, por ejemplo, en los modelos neoclásicos de crecimiento, donde F. Perroux destaca cómo, al elevar al rango de variables estratégicas únicamente a las que representan al dinero y al capital, se ven abocados a restringir el equilibrio de crecimiento «al ajuste de dos cantidades que simbolean los equilibrios del capital: la inversión y el ahorro»¹². En cuanto a Marx y Engels, ya indicamos el contraste que se abre entre la amplitud de sus preocupaciones por las ciencias de la naturaleza y la estrechez de los esquemas de la reproducción, de los que queda excluido el medio natural. En este último ámbito, el análisis de ambos autores soslaya el alcance que personalmente confieren al acto económico, pues se atienen a interpretar cómo funciona realmente el sistema económico objeto de su observación.

Nos corresponde entonces dirimir si la reproducción de la esfera económica es regulable al nivel de las fuerzas que se han tomado así en cuenta.

B) Las dos lecciones de la biosfera

Llegados a este punto, la biología nos depara dos enseñanzas cuyas correspondencias, en el plano de los sistemas socioeconómicos, pueden establecerse con facilidad.

1. Un sistema no equivale a la suma de las partes que lo integran

a) *Un todo es algo más*, en la medida en que el tránsito de la célula al organismo y al organismo se caracteriza por la presencia de funciones, propiedades y finalidades nuevas que no se manifestaron en los niveles anteriores. El

más minucioso análisis de una molécula no permite descubrir las funciones de la célula a la que pertenece, como tampoco nos desvela un examen detallado de la célula cómo asume su propia función el órgano donde ésta se emplaza, etc. En cada nivel «reencuentramos los mismos elementos del precedente, pero especializados y fuertemente integrados en un conjunto que constituye una especie de supraindividuo, dotado de nuevas cualidades. Cada peldaño parece pues revelarnos una información que no resonaba en el tramo inferior» (Ruffié)¹³. Si un nivel de organización resulta imprevisible al margen de los restantes, sus finalidades específicas se hacen en cambio patentes en el seno de su demarcación.

Ocurre igual en el plano socioeconómico. Aun cuando insista en las virtudes del método analítico presuponiendo «que se han desgajado grandes problemas en sus partes integrantes»¹⁴, Alfred Marshall admite luego que, «lo mismo que una catedral es algo más que las piedras con las que se ha levantado, y que una persona es algo más que un repertorio de pensamientos y sentimientos, la vida de la sociedad trasciende la suma de la vida de los individuos»¹⁵.

Tanto en las sociedades como en la biosfera, en efecto, cuando se franquea un umbral superior, se revelan propiedades, funciones, necesidades y finalidades nuevas que no se manifestaban en un nivel dado de organización.

Suponiendo que el individuo reaccione básicamente en términos de alegrías y penas, destacan otros factores a nivel del grupo, de la ciudad, de la región o del país. La elección de los equipamientos colectivos se apoya —conviene recordarlo— sobre unos datos distintos de las ventajas e inconvenientes percibidos a escala individual. El motivo estriba —lo comentamos ya en otro momento— en que los elementos para fijar un precio no se reúnen, en el caso de éstos, ni del lado de la oferta, ni del lado de la demanda.

Análogamente, variando ligeramente la perspectiva, los objetivos de los servicios comerciales, técnicos o financieros de una unidad de producción no se manifiestan en las funciones de preferencia de los individuos que los prestan; deben arbitrase a nivel de la empresa, cuyas perspectivas abarcan el conjunto de los datos del mercado (es decir, deben trascender la visión especializada de cada uno de los servicios). La estrategia del sector toma en cuenta unos imperativos globales que no afloran a nivel empresarial^c. El desarrollo económico a escala nacional exige con frecuencia una regresión de determinadas líneas de actividad^d.

^c La modernización del sector exigirá, por ejemplo, que se absorban o desaparezcan determinadas empresas consideradas como excesivamente desfasadas o mal ubicadas. No obstante, cada una de éstas proseguirá su lucha particular por sobrevivir o conservar su independencia.

^d La aparición del automóvil, por ejemplo, conlleva la regresión y la desaparición de los transportes en diligencia.

A lo anterior se añade la no-transitividad de las elecciones, inherente a todo tránsito de lo particular a lo colectivo. El todo supondría la suma de las partes si las elecciones efectuadas al nivel global derivaran necesaria y exclusivamente de las preferencias expresadas por los individuos. Ello implicaría que cada vez que una mayoría prefiera una primera opción (a) a una segunda (b), y ésta a una tercera (c), el resultado fuera en el plano global que una mayoría se decanta por (a) frente a (c). No obstante, la paradoja de Condorcet nos demuestra que no surge forzosamente dicha situación cuando el número de elecciones posibles supera a dos. En el caso que recogemos a continuación, donde las letras mayúsculas representan a los agentes y las minúsculas a las elecciones clasificadas según un orden de preferencias decreciente, resulta que si la opción (a) cuenta con dos elecciones previas a (b), y si la opción (b), a su vez, se antepone dos veces a (c), ésta última se prefiere, sin embargo, en dos ocasiones a (a).

A	B	C
(a)	(b)	(c)
(b)	(c)	(a)
(c)	(a)	(b)

Las elecciones no son transitivas¹⁶.

El arbitraje social que hará triunfar a (a) sobre (c), o a la inversa, no deriva pues de las preferencias expresadas por los subsistemas. En última instancia, hace intervenir finalidades que no son las que motivan a éstos últimos.

La parte de lo normativo —y la importancia de los juicios de valor inherentes al mismo— se amplía en función del crecimiento cuantitativo de la colectividad considerada. Admitiendo que el problema de la transitividad de las elecciones no se plantea en el caso de un individuo que persigue un objetivo claramente delimitado en base a un stock de informaciones dado, dicha propiedad resulta más discutible al nivel del equipo (grupo restringido que se define por compartir el objetivo y por detentar cada miembro informaciones diversas). Se la excluye totalmente de una colectividad más numerosa, como la nación, donde rivalizan unos sistemas de valores irreductibles que remiten a la visión que se tiene del hombre, de su papel en la sociedad y del futuro de la especie.

b) Sin embargo el todo es también, en cierto sentido, menos que la suma de sus partes.

Si a escala de lo vivo el organismo fuera siempre consciente del conjunto de los estímulos percibidos sensorialmente, si todas sus células le comunicaran la información íntegra que poseen, si la memoria no ejerciera, frente a la consciencia, una selección de los mensajes almacenados en el cerebro, cualquier conducta se tornaría inviable. El sistema entero se desplomaría bajo una avalancha de datos que desafiarían toda capacidad de tratamiento. No existe pues una comunicación absoluta entre lo que ocurre a

nivel del organismo y lo que ocurre en el conjunto de sus subsistemas, órganos o células. «De entre los treinta mil millones de células de Marco Antonio, ninguna sabe lo que sucede cuando le declara su amor a Cleopatra, y Marco Antonio ignora que está formado por treinta mil millones de células» (E. Morin)¹⁷.

Igual sucede en el plano socioeconómico. Las preocupaciones de los agentes, que varían al infinito, abarcan los campos más dispares. Por tal motivo —Adam Smith y Alfred Marshall nos lo expresan claramente—:

- la imagen del hombre que retiene la teoría se ciñe a la del tipo medio, que resume las tendencias más generales del comportamiento en un ámbito bien delimitado;
- el Estado no puede pretender que conoce mejor que los propios interesados cuáles son las aspiraciones de éstos.

Pero a la inversa, como acabamos de ver, hay preocupaciones que únicamente afloran al nivel colectivo.

Incluso en tal caso, la comunicación entre Marco Antonio y sus células dista de ser total: convendrá que lo recordemos a la hora de distribuir el poder de decisión entre los agentes.

2. La interdependencia entre la reproducción del todo y la de los subsistemas

Una segunda enseñanza de lo viviente se relaciona con la interdependencia entre la reproducción del conjunto y la de los subsistemas:

a) Cada uno de los niveles de organización definidos anteriormente constituye un sistema permeable respecto a los que lo engloban. Recibe de ellos la energía que le permite resistir a las fuerzas entrópicas del medio, así como los datos gracias a los cuales está constantemente informado sobre el estado de éste, con lo cual podrá acomodarse en consecuencia su propio comportamiento. De ello derivan dos implicaciones (E. Morin):

- las leyes de organización de lo vivo no son de equilibrio, sino de desequilibrio compensado o recobrado: *la conservación de la estructura* de un subsistema implica que del medio se extraiga energía, cuya organización servirá de contrapeso a los efectos de la entropía. *El desarrollo y la tendencia a una mayor complejidad* de las estructuras exige la disponibilidad de un excedente energético que se utilizará con tal propósito;

— la reproducción de cada sistema, a todos los niveles de organización, sólo puede asegurarse entonces mediante el conjunto de sus interrelaciones con el medio donde se inserta.

De este modo cada célula, cada órgano conservará su organización si el organismo total se halla a su vez en situación de preservar su estructura. A

la recíproca, éste obtiene dicho resultado gracias al adecuado funcionamiento de sus propios órganos. Si el organismo se desagrega, el conjunto de sus componentes está condenado a disolverse; si se interrumpe una función importante desempeñada por uno de los componentes, el organismo no sobrevivirá¹⁸.

b) La misma constatación se aplica a la reproducción de la esfera económica. En su condición de sistema abierto al contexto humano y natural, toma del mismo la energía que la hace funcionar y de rechazo soporta las alteraciones que haya introducido en el contexto. Su reproducción supone la reproducción de las esferas social y natural, sin las cuales no se sustentaría. Por consiguiente, no estará garantizada por la gestión racional de las fuerzas del mercado sin más. Una conclusión semejante rozaría penosamente la banalidad si no fuera porque el pensamiento económico se inscribe precisamente dentro de este corsé.

Nuestras apreciaciones de lo que ocurre a nivel de la praxis agravan la crudeza de la constatación anterior. La racionalidad de la decisión se define en función de la acumulación y la rentabilización de un factor privilegiado: el capital. Todos los criterios de la inversión privada —el de la actualización de los beneficios descontados, por ejemplo— remite a esta única consideración y, según hemos comentado, las técnicas de elección de los responsables públicos —Análisis coste-beneficio, Racionalidad de las elecciones presupuestarias— a la postre desembocan en el mismo imperativo.

Cabría extraer conclusiones análogas de la observación de casi todas las economías planificadas, donde el objetivo de maximizar el rendimiento material a corto plazo equivale a traducir de forma singular una preocupación que se ve expresada por una variante de la maximización del beneficio; donde éste recobra carta de ciudadanía y donde, por último, los instrumentos de la decisión guardan una relación bastante estrecha con el modelo capitalista. Cada modo de producción, en definitiva, destila las jerarquías y los valores que le sirven para legitimar y favorecer su propia reproducción. Lo que venimos argumentando apunta a demostrar que la finalidad dominante de un todo (en nuestro caso, de la biosfera) engloba y

^e La imagen de las tres esferas adoptada aquí, cada una con su propia lógica, quizá induzca a suponer que este análisis soslaya el problema de las relaciones sociales, reemplazando el mecanismo del mercado, de cuño neoclásico, por otro mecanismo —sin duda más amplio— de base ecosistémica. La constatación, sin embargo, de que en el seno de un modo de producción un puñado de hombres consigue que toda la colectividad acate sus valores y su hegemonía presentados como una función de utilidad para ella, suscita la necesidad de aclarar cómo y por qué ha podido producirse este fenómeno. *Nuestro enfoque no prescinde, por lo tanto, de las relaciones sociales, sino que las encuadra e incita a profundizar en ellas.*

No hemos creído que fuera preciso insistir en este punto, ya que se trata de un análisis en el que otros muchos autores han abundado, sobre todo en línea con el pensamiento marxista y en unos términos que sólo nos hubiera cabido reproducir esquemáticamente. Por consiguiente, hemos optado por resaltar los aspectos concretos que las escuelas económicas, en su conjunto, han descuidado.

trasciende las finalidades de cada uno de sus componentes. No será pues partiendo de éstas últimas como garantizaremos el cumplimiento de la finalidad superior. En una formulación más directa: *la reproducción del capital no asegura la reproducción de la biosfera y será a nivel de ésta donde debamos situarnos para obtener el resultado pretendido.*

Nuestra propuesta plantea el problema de la interrelación que hay que establecer entre las respectivas finalidades de las tres esferas —económica, humana y natural—, en cuyo carácter indisoluble acabamos de insistir.

II. La articulación de las finalidades: la primacía de la utilidad social

Permanencia y cambio forman la pareja antagonista inherente a toda evolución.

Por un lado, en efecto, al considerarse la estructura de un sistema como «el conjunto de las propiedades, de las relaciones y de las combinaciones de sus componentes que, tanto teórica como empíricamente, cabe suponer constantes»¹⁹, la reproducción del sistema se asegurará si sus características básicas se repiten en el tiempo.

Por otro lado, en cambio, sólo perdura lo que se transforma. Cuando un sistema ha perdido sus reservas de variabilidad por haberse especializado al máximo y se ha sobreadaptado a las condiciones de su entorno, la mínima alteración en éste, como ya nos consta, lo condena a desaparecer. Así ocurre sobre todo con las especies cavernícolas, que son incapaces ya de sobrevivir a las variaciones de temperatura, luminosidad o humedad de su medio.

En un universo en evolución sólo perdurará pues lo que se transforma y sólo se transforma lo que comporta un mínimo de identidad²⁰. En tales términos definimos un juego que se desarrolla entre los límites de un grado de restricción (inmanencia) y de libertad (potencial de variabilidad) determinados.

Por ahora nos ceñiremos al primer miembro de este dilema.

A) La hegemonía de la finalidad del todo sobre la finalidad de los subsistemas: el principio de restricción descendente

Nuestras matizaciones previas sobre la especificidad de los fines, su jerarquización en el seno de un sistema y la no-transitividad de las elecciones conllevan unas consecuencias en el plano tanto biológico como de las sociedades.

1. *La regulación del todo no puede llevarse a cabo, desde abajo, por un nivel de organización inferior que funciona a tenor de sus propias finalidades.*

El núcleo de una célula, que contiene íntegra la dotación genética de un individuo, «podría dar lugar a una célula que desempeñe cualquier función. Si no ocurre tal, se debe a que sus potencialidades funcionales están inhibidas por determinadas moléculas que le impiden cumplir una función distinta a la que le compete por el órgano donde la célula, que tiene el núcleo, se halla emplazada» (Laborit)²¹. Situado en un contexto diferente, liberado de los anteriores inhibidores (y sometido a otros), el núcleo se muestra capaz de desplegar nuevas actividades: así, cuando se sustituye el núcleo del huevo fecundado de una rana, antes de la división celular, por el núcleo de una célula cualquiera, éste último funciona como lo habría hecho su predecesor y da lugar al nacimiento de una rana totalmente normal.

Si de la célula al individuo las finalidades de todos los subsistemas se van articulando de manera coherente, se debe a que, en condiciones normales, un juego complejo de restricciones^f, que se ejercen de arriba-abajo, limitan las conductas posibles, permitiendo sólo las que no obstaculizan la aparición de las finalidades de nivel superior en las que participan.

2. *La finalidad del conjunto prevalece entonces sobre las finalidades de los subsistemas y la finalidad de un nivel de organización «superior» subordina la de un nivel «inferior»*²².

Desde el momento en que una célula se desarrolla para sí misma hay cáncer. Y una antigua fábula nos relata lo que sucede cuando el estómago y los miembros funcionan uno y otros por su cuenta...²³.

La primacía de la utilidad social implica la preeminencia de lo político sobre lo económico. Esto significa que el proyecto colectivo no podrá reducirse sucintamente a la dimensión del mercado. Supone una visión global que baraja valores morales, metafísicos o religiosos, que rebasan ampliamente el ámbito de lo científicamente demostrable. La ciencia, que por necesidad examina las cosas desde un punto de vista específico (por consiguiente, parcial)²⁴, no puede pretender demostrar la validez o superioridad de una visión que afecta y compromete al hombre en su pluridimensionalidad.

No le corresponde a la economía, como tampoco a las demás disciplinas, pronunciarse al respecto. La economía ni siquiera puede demostrar *la obligatoriedad* de garantizar la reproducción social: esto depende de los pesos específicos que se asignen a las generaciones presentes y a las generaciones futuras²⁵.

Únicamente a partir del momento en que se acate dicho objetivo (elección normativa), le competirá al economista, a la luz de las aportaciones de las restantes ciencias, precisar con absoluto rigor las condiciones mínimas

^f Se utiliza pues aquí el término *restricción* en el sentido más neutro de la investigación operativa, como limitación de las elecciones posibles.

para su cumplimiento, así como los medios para asegurarlo al mínimo coste.

B) *La concepción del economicismo reduccionista: la ilusión de que el subsistema del mercado puede regularlo todo*

La concepción del economicismo reduccionista se sitúa en una perspectiva diametralmente opuesta. Postula que las sociedades humanas pueden regularse mediante uno de los subsistemas a su disposición: el mercado^g. Se le atribuye la capacidad para realizar la doble conmutación consistente en saltar de unos imperativos propios de un factor técnico inerte:

- a la reproducción de un medio viviente
- y a la satisfacción de las necesidades individuales o colectivas de los hombres.

Ahora sabemos lo indefendible que resulta esta doble pretensión.

1. *La lógica del mercado no puede asegurar la reproducción del medio natural*

El precio puede desempeñar su función de indicador de tensiones únicamente midiendo la escasez vigente. Cuando la perentoriedad se acusa, los tiempos para reparar el daño causado al medio resultan por lo general insuficientes. La economía, por lo tanto, tiene como objeto la previsión y la anticipación de las penurias.

La noción de «bien libre» explícitamente excluida del campo económico señala, bajo esta óptica, los límites del cálculo. La crisis medioambiental –contaminantes, ruptura de los ciclos, agotamiento de los recursos– tiene su origen en tales planteamientos.

Por otra parte, el hecho de que se encumbe la lógica del mercado permite inferir que, gracias a la misma, quedará explicada la lógica de la biosfera: lo que sea bueno para el mercado convendrá también al mundo natural. En la práctica totalidad de los modelos, una serie de funciones crecientes –casi siempre lineales y, sin excepción, continuas– relacionan en sus hipótesis secuencialmente, y de manera reversible, los volúmenes de producción con las emisiones tóxicas, éstas con la degradación del medio y

^g «La esfera económica», puntualizaremos en el caso de las sociedades industriales no-capitalistas cuando están de hecho gobernadas por los imperativos de la eficacia económica. Este es el caso de muchas economías llamadas socialistas (cfr. G. Duchêne, *Essai sur la logique de l'économie planifiée soviétique*, 1965-1975. París I, 1977).

dicho deterioro con una noción de coste social accesible en un momento dado. Se prescinde así —ya lo hemos subrayado— de los efectos y las reacciones propios de la biosfera: efectos de sinergia, de umbral, de amplificación y de irreversibilidad.

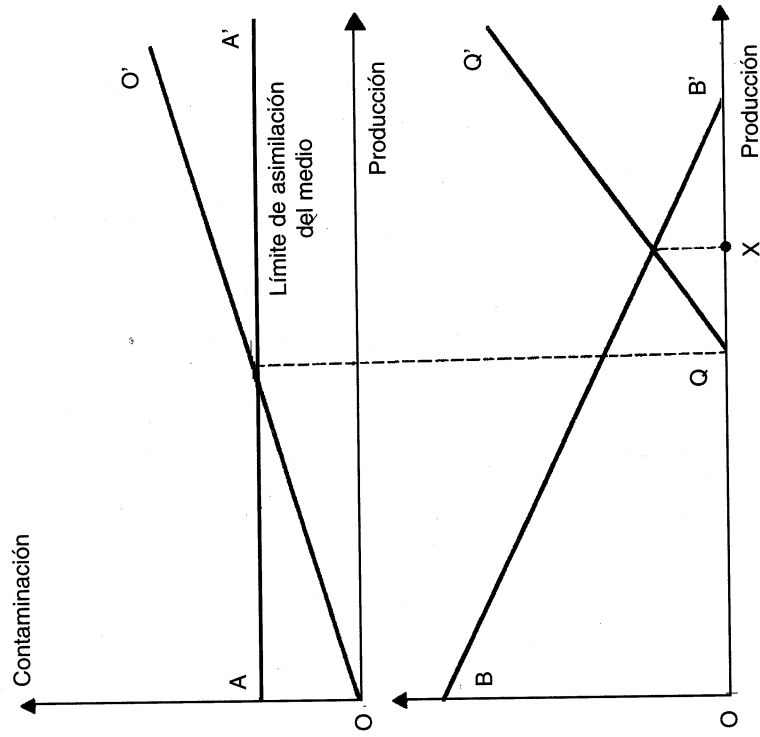
En todos los casos la ley de la naturaleza se contraponen a la ley económica. No hay puntos comunes entre la lógica de los valores mercantiles y los mecanismos de la materia, de la energía o de la vida. Por consiguiente, caeremos en el absurdo al definir una noción de contaminación óptima a partir de las ventajas e inconvenientes (apreciados en términos monetarios) correspondientes al estado del medio. Una política descontaminadora —se nos explica— mejora el bienestar de las poblaciones, pero grava a los productores. Es racional si —y sólo si— las ventajas que procura a los primeros superan el coste que ocasiona a los segundos.²⁶

El óptimo así definido mediante la igualación en el margen quizá tenga sentido, en una coyuntura determinada, desde un punto de vista estrictamente particular de la esfera económica. No obstante, ¿quién nos asegura que la tasa de contaminación resultante, llamada óptima, no produzca consecuencias a largo plazo, momentáneamente desapercibidas por los agentes, o que no rebasa las capacidades de autorregeneración del medio?

Inspirándose en los trabajos de D. W. Pearce, J.-Ph. Barde y E. Gerelli demuestran que puede «ser rentable contaminar más allá de la capacidad de asimilación del medio cuando los beneficios que se obtienen de las actividades contaminadoras (producción industrial, por ejemplo) superan las correspondientes desventajas en términos de agresiones medioambientales»²⁷. En el gráfico subsiguiente, el punto Q señala el límite a partir del cual el medio ha perdido ya la facultad de regenerarse y el punto X el límite hasta donde le interesa dilatar la contaminación al aparato económico.^h Dado que aquella no reviste un carácter alarmante ni entraña costes hasta no haber rebasado las facultades autodepurativas del medio, es obvio que la noción económica de contaminación óptima resulta incompatible con la reproducción de la biosfera: el óptimo económico de contaminación pasa por encima de las facultades de autorregeneración de la naturaleza.

El dato no nos sorprenderá, puesto que no existe ninguna correa de transmisión entre el cálculo de maximización y los mecanismos de reproducción. La naturaleza se desentiende del óptimo de Pareto.

^h En el gráfico, la recta AA' señala el límite a partir del cual se rebasa la capacidad de asimilación del medio; OO', la cantidad de contaminación determinada por cada volumen de producción; BB', los beneficios marginales decrecientes asociados a la actividad productiva (la pendiente de la recta se explica por el crecimiento de los costes marginales y el decrecimiento de los rendimientos marginales). La recta QQ' refleja los costes sociales marginales crecientes ligados a la producción y la contaminación. (J.-Ph. Barde y E. Gerelli, *Economie et politique de l'environnement*. PUF, 1977, págs. 120-21).



2. La lógica del mercado tampoco puede asegurar la reproducción del recurso humano: las insuficiencias del concepto de «capital humano»

La reproducción del recurso humano tampoco está asegurada.

En diferentes pasajes hemos insistido en lo excluyente que es el mercado. En definitiva, desbanca al hombre como realidad biológica, psicológica y social:

— en su realidad biológica: no se garantiza la satisfacción de las necesidades fisiológicas; postergado al capital, el hombre no es objeto de amorización; cualquier consumo que haga se contempla como una fracción del producto, incluso si queda por debajo del mínimo necesario para reponer el desgaste ocasionado por su participación en la producción. La prosperidad de un grupo de países tiene su contrapartida en la miseria de otros. En el propio seno de las economías más pujantes perduran y se desarrollan bolsas de pobreza. Con las estadísticas en la mano, H. Bartoli denuncia que el sistema productivo se encuentra todavía lejos de asegurar la satisfacción de las necesidades en alimentación, vivienda, sanidad o educación, en función de las cuales se definen los costes del factor humano: «el gran fenómeno social