

¿Qué puede enseñar a los economistas la termodinámica y la biología?

Nicholas Georgescu-Roegen

(de F. Aguilera Klink, V. Alcántara (Comp.), *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Fuhem e Icaria, 1994, pp.188-198).

Edición electrónica revisada, 2011
CIP-Ecosocial

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

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

De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica

Federico Aguilera Klink y Vicent Alcántara (Comp.)

504.03:300.15
ECO

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

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

ECONOMÍA CRÍTICA. Coordinadora: Graciela Malgesini.

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

Instituciones colaboradoras:

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

Traducción de M^a Teresa Molina Ruso

© de esta edición:

ICARIA
Comte d'Urgell, 53
08011 Barcelona

FUHEM
Duque de Sesto, 40
28009 Madrid

Primera edición: noviembre, 1994
ISBN: 84-7426-231-3
Dep. Legal: B.33.999-1994

Edición electrónica revisada, 2011
CIP-Ecosocial

**¿QUÉ PUEDE ENSEÑAR A LOS ECONOMISTAS LA TERMODINÁMICA
Y LA BIOLOGÍA?***

NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN

* Publicado originalmente en *Atlantic Economic Journal*, V, Marzo 1977, pp. 13-21.

Si quisiera resolver de una manera sencilla mi grato deber de dirigirme a esta audiencia de colegas profesionales, os aconsejaría simplemente que obtuvierais la respuesta a mi pregunta leyendo al menos la introducción de la famosa memoria escrita en 1824 por Sadi Carnot, un joven oficial del Cuerpo Francés de Ingenieros, y releendo con un nuevo propósito otro famoso trabajo, *La Teoría del Desarrollo Económico* de Joseph Schumpeter. Pero de esta forma, habríais tenido que esperar mucho tiempo, el tiempo necesario para abrirse paso con dificultad a través de mucho material para llegar vosotros mismo a la respuesta. Alternativamente, os podría haber remitido a mis propios trabajos —especialmente a mi reciente *Energía y mitos económicos: Ensayos sobre Economía Institucional y Analítica*—. Esto violaría la regla sacrosanta de que nadie puede aconsejar sus propios libros como lectura obligatoria. Además, alguien podría haber dicho que de esta forma os habría incitado a llevar a cabo un camino aún más pesado aunque, por supuesto, me habría sentido obligado a defenderme a este respecto.

Sólo queda la tercera parte alternativa, que, sin embargo, no constituye una oferta ligera tras un ligero postre. Se trata de decirnos, dentro del tiempo que tengo asignado, lo que he podido averiguar mediante mis propias preguntas y exploraciones durante los últimos veinte años.

Permitidme empezar con la termodinámica, una rama de la física relativamente nueva si la comparamos con la astronomía, la mecánica o la óptica. Sus semillas se encuentran en la memoria de Carnot (1). En dicha memoria, Carnot —en contraste con muchos físicos de aquel tiempo que estaban interesados principalmente en asuntos celestiales— se formuló a sí mismo una cuestión bastante pedestre: ¿Qué eficiencia podría tener una máquina de vapor? Por este motivo hace más de diez años lo llamé el primer econométra verdadero (4, p. 92; 5, p. 276). Entre muchas ideas perdurables, probó que la eficiencia de cualquier máquina, de cualquier proceso de este tipo, tiene un límite teórico que es menor que el 100% y que, además, en la práctica nunca se puede conseguir (un punto que muchos de nosotros, que seguimos hablando del poder ilimitado de la tecnología, deberíamos tener en mente).

Desarrollos posteriores revelan que la verdad es mucho más dura. Todos nosotros conocemos el viejo refrán «no existe una comida gratis». Por ello los economistas han intentado comunicar la idea de que normalmente por cada desembolso debe haber un ingreso equivalente. A largo plazo, los libros de cualquier empresa deben cuadrar, dólar a dólar. Barry Commoner tomó prestado ese refrán y lo estableció como la cuarta ley de la ecología (2). La idea es mala. Los libros de ecología nunca cuadran. No se llevan en dólares, sino en términos de materia-energía, y en estos términos siempre terminan con un déficit. De hecho, cada trabajo, de cualquier clase, hecho por un organismo vivo o por una máquina, se obtiene a un coste mayor del que ese trabajo representa en los mismos términos. Para poner un simple ejemplo, la energía aprovechable de una caldera de una máquina de vapor va en tres direcciones: una parte se convierte *exactamente* en el trabajo deseado de la máquina, una parte se disipa por el trabajo para vencer el rozamiento, y una parte es transferida al enfriador.

Los dos últimos elementos constituyen el déficit de la operación; la energía disipada por el razonamiento y la trasladada al enfriador ya no serán nunca más aprovechables por el hombre para obtener trabajo. Como Lord Kelvin apuntó hace tiempo, estas energías están «irrevocablemente perdidas para el hombre, y por lo tanto ‘gastadas’, aunque no *aniquiladas*» (14, p. 125). Así pues, ésta es la cuarta ley de la ecología —e implícitamente, del proceso económico: hagamos lo que hagamos dará como resultado un déficit en términos de materia-energía— (4, p. 95; 5, p. 279).

Existe una excepción importante que sólo se puede ignorar a costa de un duro castigo. La ley que acabamos de enunciar no se aplica al proceso de adquirir conocimiento *fructífero*. Ahora está de moda identificar conocimiento con información e insistir en que la información se puede medir mediante la fórmula presentada por Claude Shannon en la Teoría de las Comunicaciones (es decir, de la transmisión de señales, con significado o sin él). Ocurre que esta fórmula también se usa en física para medir la cantidad de materia-energía no aprovechable de un sistema. Sobre esta base, ahora muchos autores mantienen que cualquier conocimiento se mide por la cantidad de materia-energía aprovechable consumida (convertida en materia-energía no aprovechable) para llegar a él. Esto significa, por ejemplo, que la cantidad de información contenida en la ley de la gravedad de Newton se mide por la cantidad de materia-energía consumida por su autor en descubrirla. Así, esa ley representaría un mayor o menor conocimiento, según que Newton hubiera tenido un metabolismo biológico más rápido o más lento —lo cual es una conclusión completamente absurda— (5, Ap. B). Esta postura nos lleva de nuevo a los libros de balance. A pesar de la imposibilidad de medir el valor del conocimiento, está fuera de duda que cualquier descubrimiento fructífero —el de la familiar rueda, por ejemplo— ha ahorrado a la humanidad una cantidad de materia-energía aprovechable inconmensurablemente mayor que la consumida en el proceso hasta llegar a él.

Algunos economistas —Alfred Marshall (11, p. 63) entre ellos— señalaron que el hombre no puede crear ni materia ni energía. El hombre, decían, sólo puede crear utilidades. Pero en lo que hemos fracasado es en preguntarnos cómo incluso esta última proeza es posible si la materia-energía no puede aniquilarse ni crearse. No nos hemos planteado esta cuestión simplemente porque nuestra epistemología fundamental es totalmente mecanicista. Jevons, podríamos recordarlo, se propuso con orgullo construir la nueva ciencia económica como «la mecánica de la utilidad y del egoísmo» (9, pp. 11, 21). *Ex post*, podríamos desear que Jevons, así como los otros dos gigantes en este campo —Walras y Pareto— no hubieran tenido tanto éxito como tuvieron en transformar la economía política en una hermana de la mecánica, en una «ciencia físico-matemática» (15, p. 71).

A causa de su completo éxito, se le dice al principiante en las primeras sesiones de iniciación que el proceso económico es sólo un movimiento circular que se sustenta por sí mismo y que es autosuficiente entre los sectores de la producción y del consumo. Un tiovivo que, como todas las cosas mecánicas, también puede ser visto como un movimiento circular en dirección contraria, desde el consumo hacia la producción. Este es el concepto del proceso económico si miramos sólo lo que ocurre al dinero, aunque incluso las muestras de poder adquisitivo —billetes y monedas— finalmente quedan inservibles y se deben reemplazar por otras nuevas. No se puede imaginar ni mayor ni más fatal fetichismo con respecto al dinero.

Después de cualquier interrogatorio a fondo, hemos de admitir que todas nuestras explicaciones de los fenómenos económicos son en esencia mecanicistas. Cuando la oferta o la demanda se desplazan hacia arriba o hacia abajo, el mercado también varía, pero éste siempre vuelve a la misma posición si la curva vuelve también a su antigua posición. La

teoría económica que apreciamos no permite que ningún cambio deje su marca en el proceso económico, sea el cambio una sequía, una inflación o una crisis bursátil.

Respecto a ello, no puedo evitar recordar un chiste que, como alumnos de segundo grado en mi pueblecito natal, solíamos contar sobre una fábrica de salchichas de Chicago. La historia contaba que en esa fábrica los cerdos entraban por un lado y las salchichas salían por el otro. Un día olvidaron añadir las especies. No es una catástrofe, solíamos decir. Toda la fábrica se puso al revés; las salchichas malas entraban y todos los cerdos salían vivos. Entonces se añadieron las especies y la máquina se puso en marcha de nuevo hacia delante. Esta vez las salchichas salieron con especies, como tenía que ser. Nos moriríamos de risa, como niños, al pensar que hacemos que el oyente crea que la tecnología americana puede mover todas las cosas hacia atrás y hacia delante según su voluntad. Pero siendo niños como éramos, ciertamente sabíamos la simple y suprema verdad que tal forma de deshacer las cosas no es nunca posible. Entonces yo no podía esperar que un día aprendería que la disciplina económica se fundamenta en este tipo de movimientos de péndulo.

Sin embargo, hay algunas circunstancias atenuantes para la adoración filosófica de la mecánica por parte de los fundadores de la escuela moderna de economía. En astronomía, la mecánica había hecho maravillas. Pensad en Urbain Leverrier y John Couch Adams, que descubrieron el planeta Neptuno, no explorando el firmamento con un poderoso telescopio, sino con la punta de sus lápices tras diversas series de cálculos. Hoy en día sería difícil para cualquiera imaginar la alegría que esta proeza causó tanto entre científicos como entre filósofos. ¡Sería un sueño para un economista ser capaz de sentarse en su escritorio con papel y pluma y algunos datos (todos los cuales Jevons esperaba que estarían disponibles algún día próximo) y ser capaz de calcular la posición que una determinada acción bursátil del firmamento del mercado de valores tendrá mañana, o incluso mejor, dentro de un año!

Pero debido a este sueño, la ciencia económica se ha convertido gradualmente en el lugar de juego de muchos, interesados principalmente en ejercicios matemáticos sin relevancia más allá del papel en el que se hacen. El resultado final es que las matemáticas han alejado casi totalmente a la economía de la verdadera tarea de pelearse a brazo partido con los hechos. Para estar seguros, uno siempre encuentra las irrelevantes elucubraciones matemáticas precedidas por alguna explicación de la clase de las que recuerda la poesía «El Matemático Enamorado», de William Rankine (12, p. 5), quizás el ingeniero mecánico más brillante de la Inglaterra del siglo XIX.

«Hagamos que x signifique belleza e y cultura.
 z , Fortuna —esto es esencial—
«Hagamos que L sea amor» —dijo nuestro filósofo—
«Entonces L es una función de x , y , z ,
«Del tipo conocido como potencial»
«Ahora integremos L respecto a dt ,
«(en donde t significa tiempo y persuasión);
«Entonces, dentro de los límites adecuados, esto es fácil de ver,
«La integral definida *Matrimonio* debe ser:
«(Una demostración muy precisa).»
El dijo: —«Si el asombroso curso de la luna
se puede predecir mediante el álgebra
los afectos femeninos pronto se deben someter a ella.»
Pero la dama se fugó con un gallardo dragón,
Y lo dejó asombrado y afligido.

La epistemología mecanicista es responsable de un pecado aún mayor de la economía moderna, el de la total ignorancia del papel que juegan los recursos naturales, en el proceso económico. Hablamos de «tierra», efectivamente, pero sólo en el sentido Ricardiano, es decir, como el arquetipo de un factor de producción del tipo fondo (stock) (5, Ch. IX; 6, Ch. 4, 5). A pesar de ello toda la historia, pasada y presente, prueba sin la menor duda que el control sobre los recursos naturales ha sido la fuerza conductora de los grandes movimientos de personas y de todos los conflictos entre naciones.

Que el proceso económico está inseparablemente ligado al medio ambiente material es obvio. Pero por qué debe la gente luchar por los recursos naturales arriesgando sus vidas no es cuestión sencilla. El hecho de que la dotación de recursos naturales que puede utilizar la humanidad sea finita no es suficiente por sí mismo como explicación. También necesitamos las enseñanzas de la termodinámica.

A la verdad elemental de que la materia-energía no puede ser ni creada ni destruida, la termodinámica añade que la materia-energía se está degradando continuamente desde una forma disponible a una no disponible, independientemente de si la vida está presente o no y, por lo tanto, con independencia de si la usamos para obtener trabajo o no. Esta es la quinta esencia de esa ley que tiene el formidable nombre de ley de la entropía, sobre la cual vamos a tener noticias cada vez más frecuentemente (si atendemos a la inclinación que sigue la literatura). La ley simplemente dice que la entropía, entendida como un índice relativo de la energía no disponible en un sistema aislado,¹ aumenta constantemente.

Muchos físicos ven la ley de entropía como la ley suprema de toda la existencia (3, p. 74). Sin embargo, curiosamente, esta ley tiene un fundamento antropomórfico. Este fundamento requiere la distinción entre materia-energía *disponible* y *no disponible*, una distinción que sólo puede realizar un intelecto humano según las necesidades e intereses propios del hombre. Un espíritu puro o un intelecto proveniente de un mundo con un modo de vida distinto al nuestro posiblemente no podría llevar a cabo tal distinción, pues carecería de base para ver la diferencia entre las dos cualidades de materia-energía que nosotros percibimos.

La distinción entre estas categorías separa lo que tiene valor económico —materia-energía disponible— y lo que no tiene valor —materia-energía no disponible—, es decir, residuos en un sentido termodinámico.² Los residuos en este sentido consisten, por ejemplo, en los gases de escape de un automóvil o en las partículas de oro esparcidas en innumerables alfombras en el mundo. Sin embargo, no es sólo por este motivo por el que la termodinámica es fundamentalmente una física del valor económico, como Carnot estableció que era (4, p. 92; 5, p. 272).

Uno quizás podría pensar que el calor disipado por fricción o el transferido al enfriador podría de alguna forma volver a la caldera y así ser utilizado de nuevo para obtener trabajo. Ese calor no ha sido aniquilado, ¿no es cierto? Si esto fuera posible, podríamos usar la

¹ Uno no debería encubrir los aspectos complejos de la noción de entropía; pero para el propósito presente, la definición que se da arriba es suficiente. El concepto en traje de gala carece de representación intuitiva y es tan embrollado que, de confiar en algunos expertos, incluso no lo entienden bien todos los físicos (5, p. 147).

² Un residuo en el sentido ordinario puede contener sólo poca materia-energía disponible, si tiene algo. Tal desperdicio consiste principalmente en basura y desechos —«garbo-junk» como propuse llamarlo— que todavía representa energía disponible, pero con una forma inservible (vidrio roto, herramientas fragmentadas, etc). El garbo-junk se puede reciclar; la materia-energía no disponible no se puede reciclar (7).

misma materia-energía una y otra vez, tal y como aparentemente podemos usar los billetes y monedas en nuestras transacciones corrientes.³ ¡Qué bonito sueño, de nuevo, no tener que explotar continuamente las entrañas de la tierra para obtener materia-energía! Lamentablemente, la termodinámica nos despierta de este sueño para conducirnos a la cruda realidad. La degradación de la materia-energía disponible se produce no sólo continuamente, sino también irrevocablemente.⁴ Es imposible aspirar los gases de escape de un automóvil desde otro carburador y conducir con él otra vez. Eso sería equivalente a tener una milagrosa fábrica de salchichas como la de la historia de mi niñez. La naturaleza, con o sin nosotros, mezcla y revuelve las cosas ordenadas convirtiéndolas en desorden, y no tenemos medios para deshacer esta degradación entrópica.⁵ Toda la existencia se mueve en una sola dirección —en contraste con los fenómenos puramente mecánicos que se pueden mover igualmente hacia delante o hacia atrás, o de atrás a delante—. Por supuesto, es esencial añadir que sólo en relación al torrente de nuestra consciencia⁶ tiene sentido la proposición «la entropía aumenta constantemente». No tiene sentido hablar de aumento en el tiempo si no tenemos bases para averiguar cuál de los dos momentos va «primero».

Debido a la ley de la entropía, entre el proceso económico y el medio ambiente hay un nexo dialéctico. El proceso económico cambia el medio ambiente de forma irrevocable y es alterado, a su vez, por ese mismo cambio también de forma irrevocable. La humanidad se puede extinguir (como probablemente lo hará), pero no volverá a vivir en cuevas (o en los árboles) —si alguna vez vuelve a vivir— de la misma forma exacta en que lo hizo en el pasado. Para recordarlo, las curvas de oferta no son reversibles, como Marshall correctamente pensaba (11, p. 808); y como yo probé más tarde, no podemos ir de arriba abajo en la misma curva de demanda (4, pp. 171-83).

Volviendo a la biología, uno pensaría en primer lugar en Alfred Marshall. Ya que fue él quien en repetidos lugares habló de la economía como «una rama de la biología ampliamente interpretada» y nos advirtió que «La Meca del economista descansa en la biología más que en la dinámica económica» (11, pp. XIV, 772). Sin embargo, Marshall no siguió su propio llamamiento. Sólo existe el color peculiar de su método de exposición y su famosa comparación de las empresas de una industria con los árboles de un bosque.

Una interpretación del proceso económico en un estilo biológico es el mérito más destacado de Joseph Schumpeter, mérito que es aún mayor dado que nunca razonó a partir de la analogía. *Ex post*, podemos encontrar razonable al comparar los inventos y las innovaciones con las mutaciones biológicas, antes y después de la difusión. Aún así, Schumpeter no recurrió a este artificio. Simplemente describió el impacto de los inventos e innovaciones como tales en el proceso económico, de la misma forma en que un biólogo describe el papel que juegan las mutaciones en la evolución. Ni utilizó ilustraciones de la biología para explicar la diferencia entre aumento cuantitativo e innovación cualitativa, que anima su distinción entre crecimiento económico puro y desarrollo económico. «Añada sucesivamente tantos vagones correo como quiera, nunca resultará un ferrocarril» (13, p.

³ Digo «aparentemente» porque, como ya se apuntó, incluso estas muestras se consumen y finalmente se convierten en materia inservible.

⁴ La afirmación no es redundante. Los automóviles en un cruce giratorio se mueven continuamente de una posición a otra, pero no irrevocablemente lejos de cualquier posición (5, pp. 196-7).

⁵ ¿Quieres des-revolver un huevo revuelto? Mézclalo con comida de pollo y alimenta con ello a un pollo —dicen algunos. Pero ignoran muchos hechos: mientras tanto el pollo ha envejecido, parte de la comida y del huevo se han transformado en materia-energía no aprovechable, y alguna materia-energía adicional ha tenido el mismo destino. La cuestión es que no se puede violar la ley del déficit antes enunciada.

⁶ Me parece que no es necesario disculparse por el uso de este término, que está perfectamente claro y también ilumina con frecuencia asuntos filosóficos sutiles —si bien su uso resultó desagradable al menos a uno de mis comentaristas.

64n) es la forma incisiva mediante la cual Schumpeter razonó como biólogo sin abandonar el dominio propio de la economía.

Pero un hecho inadvertido prueba de forma sorprendente, y mejor que cualquier otra cosa, cuán esencialmente biológica era la visión de Schumpeter sobre el proceso económico.

Un importante artículo de fe Neo-Darwiniana es que las mutaciones son reversibles. El color del ojo de la *Drasófila* cambia adelante y atrás. Esta postura, sin embargo, tiene grandes dificultades en responder del hecho innegable de la irreversibilidad en la evolución. Schumpeter evitó cuidadosamente este callejón sin salida explicando que los cambios pequeños no representan innovaciones en el sentido que le daba al término.⁷ Ninguna innovación económica consiste en añadir un mostrador a una tienda o en ampliar el escaparate. Unos treinta años después, un biólogo eminente, R. Goldschmidt, se alzó contra el Neo-Darwinismo desde esta postura schumpeteriana (pero ignorando a su predecesor). Goldschmidt sostuvo que sólo la aparición exitosa de un monstruo —no una mutación insignificante— puede explicar la evolución (8, pp. 309-9). Y ciertamente, la primera locomotora representó un monstruo exitoso en relación a los viejos vagones de correo.

Mi propia razón para afirmar que la economía debe ser una rama de la biología interpretada de forma amplia, descansa en el nivel más elemental de la cuestión. Somos una de las especies biológicas de este planeta, y como tal estamos sometidos a todas las leyes que gobiernan la existencia de la vida terrestre. Efectivamente somos una única, pero no porque hayamos obtenido el control total sobre los recursos de nuestra existencia. Los que piensan así nunca han comparado nuestra propia lucha por la existencia con la de otras especies, la de la ameba si deseamos un buen caso de análisis. No podemos estar seguros de que para un intelecto imparcial de otro mundo, que estudiara la vida terrestre tal y como un biólogo estudia el mundo de los micro-organismos (por ejemplo), la ameba no apareciese como una forma de vida con más éxito.

Pero ese intelecto posiblemente no fracasaría al señalar otra característica, la única característica que diferencia a la humanidad de todas las otras especies. En nuestra jerga esta característica es que somos la única especie que en su evolución ha violado los límites biológicos.

En la era Eocena vivió un cuadrúpedo, el *Eohippus*, no mayor que un sabueso. A través de sucesivas mutaciones biológicas en los aproximadamente cuarenta millones de años que siguieron, ese animal evolucionó hasta convertirse en el poderoso caballo de nuestro tiempo. Cualquier progreso biológico logrado por cualquier especie ha sido el resultado de una sucesión de ventajosas mutaciones. El hombre no es una excepción a esta ley. Pero esta forma de progresar tiene dos grandes inconvenientes: en primer lugar, las mutaciones también podrían ser perjudiciales o incluso letales, y en segundo lugar, el proceso es extremadamente lento.

El que la humanidad haya sido capaz de salvar el primer inconveniente es una cuestión discutible.⁸ Sea como fuere, la humanidad ha tenido la suerte de encontrar una forma más

⁷ Y en una nota a pie llegó a decir, con el coraje característico de los grandes pensadores, que no es posible decir con exactitud cuando un cambio deja de ser pequeño (13, p. 8), reconociendo, por tanto, implícitamente (como hizo en otras acciones) que la ciencia no puede prescindir completamente de conceptos dialécticos (4, pp. 22-31; 5, pp. 45-52).

⁸ Aunque me inclino a pensar que dada la astucia de las mutaciones no hay forma de evitar este elemento que ha contribuido a la extinción de innumerables especies y que todavía funciona ante nuestros propios ojos en muchos ejemplos.

rápida para el mejoramiento Darwiniano. Los hechos son claros y, si los reunimos adecuadamente, dan lugar a un dibujo esclarecedor.

Hace unos veinte millones de años, uno de nuestros antepasados biológicos, el *Procónsul*, era un animal de carga. ¿Por qué agarró el palo? Seguramente que no nació con él en la mano. Igualmente seguro es el hecho que este hábito *se asoció* por accidente a un sentimiento definido de que con el palo el brazo se volvía más largo y más poderoso.⁹ Así es como ocurrió que la especie humana comenzara a usar miembros separados —órganos exosomáticos, como Alfred Lotka propuso llamarlos— con los que no nacemos. Simplemente los fabricamos.¹⁰

Con estos miembros separados ahora podemos volar más alto y rápido que cualquier pájaro, transportar más peso que cualquier elefante, ver en la oscuridad mejor que una lechuza, y nada en el agua más deprisa que cualquier pez. Mantener nuestro capital constante —como decimos en economía— significa mantener nuestros órganos exosomáticos en buena forma, tal y como queremos hacer con los endosomáticos. Que un día desaparecieran de nuestra existencia nuestros órganos exosomáticos sin duda significaría una catástrofe aún mayor que cualquier importante amputación endosomática.

Pero este único *tour de force* evolutivo de la especie humana no ha sido sólo pura ventaja. Diversas situaciones difíciles tienen sus raíces en él.

La primera es el conflicto social que durará mientras el hombre permanezca sujeto a una actividad manufacturera que requiera una producción socialmente organizada y, por necesidad, una organización social jerárquica que consiste en «gobernados» y «gobernantes» en el sentido más amplio de este término. Una sociedad sin clases —una sin reyes ni presidentes, sin comisarios ni presidentes del consejo, incluso sin capataces— podría existir sólo si la humanidad volviera al estadio en que la producción era una cuestión puramente de familia (por muy extensa que ésta fuese). Dejando de lado tal resultado, el conflicto sobre quién va a bajar a la mina o a arar durante los helados vientos de marzo y sobre quién debería comer caviar y beber champagne estarán con nosotros para siempre, a pesar de las pretensiones de los diversos esfuerzos de los que presumen de salvadores sociales.

Permitidme poner los puntos sobre las íes en esta importante cuestión. Otras especies — las hormigas, las abejas y las termitas, por citar casos familiares— viven en sociedad y están comprometidas en una producción organizada. Sin embargo, no conocen ningún tipo de conflicto social. La razón que explica la diferencia existente entre estas especies y el hombre es que ellas llegaron a vivir en sociedad por evolución endosomática, no exosomática. En estas especies, cada individuo nace con un soma particular correspondiéndole un papel determinado, y sólo ese papel. En su sociedad, quién será un mandarín y quién será un rick-sha se decide por nacimiento. Además sus rick-shas naturalmente odiarían hacer otra cosa que no fuera lo que les corresponde biológicamente. En la sociedad humana, normalmente

⁹ Vale la pena observar aquí que las mutaciones biológicas también ocurren por accidente, pero el accidente por sí mismo no es suficiente. La mutación con éxito debe adaptarse al complejo preexistente de actividades vitales. Lo mismo es cierto incluso para los descubrimientos (inventos) e innovaciones —que todas son producto de un afortunado accidente presenciado por una mente preparada (10, pp. 259-81). Ocurrió un simple accidente cuando el candelabro de la catedral de Pisa empezó a balancearse; pero Galileo lo presenció y le llevó a descubrir la ley del péndulo.

¹⁰ Muchas otras especies hacen uso de cosas que no son parte de su soma. Los pájaros construyen nidos, por ejemplo. Pero ninguno ha transgredido válidamente su modo de vida endosomático. El caso más interesante que conozco es el del *Galápagos woodpecker finch*, que corta pequeñas ramitas exactamente en la medida adecuada para hacer salir a cada gusano.

nacemos «iguales» endosomáticamente. Es imposible con sólo examinar el soma de un recién nacido decir si «éste es un presidente de banco» o «éste otro un obrero portuario».

La segunda situación difícil es que el mismo tipo de desigualdad prevalece *entre* naciones. Los hombres siempre han estado divididos en especies exosomáticas (el término «razas» no describiría suficientemente la diferencia). En los tiempos en que los antiguos egipcios construían las pirámides, una proeza que todavía miramos con gran admiración, los europeos estaban al nivel económico del hombre Cromañón. Las mismas diferencias exosomáticas, si no incluso mayores, prevalecen hoy. Comparemos la situación de los Estados Unidos con la de las tribus del Kalahari.

Tomemos una pareja, una mujer de América y un hombre de la India. Aunque de razas distintas, en principio (al menos) deberían ser capaces de perpetuar la especie humana. Todavía el *Homo Indicus* constituye una especie exosomática distinta a la del *Homo Americanus*. El primero cocina con un artilugio primitivo quemando estiércol seco, el otro con un horno microondas con encendido automático, autoajuste y autolimpieza, el cual recientemente ha revolucionado la forma de cocinar americana. La cuestión es que no puede existir relación exosomática entre los dos. Si el burro, que constituye un vehículo usado por el *Homo Indicus*, cae en una zanja y se rompe una pata, ningún neumático radial de acero podría reparar el «pinchazo».

La moraleja para nosotros, los economistas, es que no deberíamos sorprendernos de que, a pesar de los inmensos esfuerzos financieros llevados a cabo por los Estados Unidos, no se haya logrado ningún desarrollo económico sustancial en aquellos países que constituyen especies exosomáticas diferentes de la nuestra. La cuestión se refuerza más por el hecho de que el éxito completo ha coronado estos esfuerzos en países que ya se encontraban en una fase exosomática avanzada. Pero volvíamos a ser víctimas del fetichismo hacia el dinero. Con la ayuda financiera, las naciones subdesarrolladas sólo podían comprar miembros separados correspondientes a especies exosomáticas occidentales, por lo tanto inadecuados para su beneficio. Nuestra propia I&D está buscando nuevos artilugios que apenas se adecuan a la estructura exosomática de estos países subdesarrollados. También podemos intentar injertar una aleta a un pájaro que necesita un ala mejor. Mediante nuestro avance en el campo del desarrollo de lo subdesarrollado con mucho dinero, pero sólo con dinero (indirectamente, con nuestros propios miembros separados), no hemos mejorado la suerte de las masas. En su lugar, hemos creado una pequeña isla de especies exosomáticas occidentales que consiste en nacionales locales que desde el punto de vista exosomático son totalmente extraños al resto de la gente.

De hecho la tragedia verdadera es todavía mayor y consiste en que como resultado del imperialismo exosomático occidental, incluso el I&D local no está haciendo el trabajo necesario —a saber, buscar medios que puedan mejorar la matriz exosomática al nivel existente en cada caso—. Es elemental que si uno aún no sabe leer y escribir, no tiene sentido matriculado en la facultad. Hace doce años, en una conferencia sobre agricultura de subsistencia, señalé en una entrevista que el desarrollo de lo subdesarrollado requiere que alguien imagine como se puede mejorar una matriz exosomática dada. Sustituir tal matriz por otra es un plan absurdo (y quizás no sea honesto). Pero mejorar cualquier matriz exosomática requiere un conocimiento considerable de sus articulaciones específicas, no de las articulaciones de alguna otra matriz, para tener éxito. Necesitamos estudiar la matriz en cuestión, no desde un sillón lejano, sino desde un contacto íntimo con su funcionamiento.

Por esta razón, dije que, un Cuerpo de Paz no es suficiente. Necesitamos un Ejército de Paz.¹¹ La cuestión es si podemos movilizarlo a tiempo.

Queda algo por decir sobre la tercera situación difícil ocasionada por la evolución exosomática del hombre y convertida, por el reciente embargo del petróleo, en centro de atención general. Se trata de que la humanidad se ha vuelto adicta al uso de recursos minerales, consecuencia del hecho de que todos nuestros órganos exosomáticos se producen a partir de dichos ingredientes. No voy a debatir en este lugar cuáles son los elementos del problema y las restricciones impuestas por la ley de entropía.¹² Es suficiente plantear, como una conclusión, dos ideas que considero cruciales para nuestra actitud hacia el problema de la escasez.

La primera es sustituir el principio sagrado de maximizar la felicidad por un nuevo principio más adecuado para una entidad virtualmente inmortal, como es una nación o el conjunto de la humanidad. Maximizar la utilidad descontada —como predicaban los economistas convencionales— sólo podría tener sentido para un individuo porque, siendo mortal, el individuo no está seguro de que pueda estar vivo ni siquiera mañana. Es, sin embargo, totalmente inepto para la humanidad confiar en los ejercicios matemáticos —por muy respetables que puedan ser sus autores— que descuentan el futuro. Está justificado, sin duda, que la humanidad crea que existirá durante un período prácticamente ilimitado y que se comporte en consecuencia. Por lo tanto, como guía para la conducta de la humanidad, recomiendo encarecidamente que deberíamos adoptar *el principio de minimizar el arrepentimiento*.

Mi segundo punto está relacionado con la actitud que ahora prevalece hacia el problema entrópico de la humanidad. De una forma u otra la tecnología nos salvará de cualquier agujero en el que podemos caer. «Venga lo que venga, encontraremos un camino» —como apuntan la mayoría de los economistas—. ¿No es esta la forma en que hemos sobrevivido desde la época de los faraones e incluso antes? Siempre aparece una posición tecnológica para que sigamos adelante incluso más felices que antes, insisten por su parte los fieles a la tecnología. Desde Washington sólo escuchamos cosas sobre el Proyecto de Independencia y los maravillosos inventos que están en perspectiva como resultado de nuestra habilidad superior en financiar y llevar a cabo I&D. A pesar de todo, el famoso informe para la Comisión de Energía Atómica escrito por Palmer C. Putnam hace veinticinco años prueba que no se ha logrado ningún progreso sustancial de ningún tipo en este relativamente largo período. Las viviendas con calor solar y los molinos de energía eléctrica dibujados en ese informe no difieren de forma significativa de las diapositivas expuestas por los representantes de varios organismos gubernamentales en cualquier reunión privada que pueden conseguir sobre el programa. También nos separan veinticinco años del próximo siglo, cuando según los proyectos más conservadores habrá al menos seis mil millones de nosotros y muchos menos libres placeres naturales. ¿Qué bases tenemos entonces para contar con ser salvados por el uso directo de energía solar y aún mantener el actual tren de vida de los países avanzados?

La filosofía de nuestros guías administrativos parece apoyar alguna otra posición tecnológica desde que la estrategia pública es «o esto o nada» —como un representante de ERDA explicó en una reunión en Nueva York (17 Mayo 1976)—. No se les ocurre en absoluto a estos expertos que hay una *tercera* alternativa, que debe considerarse incluso en una posición tecnológica que disponga del reactor nuclear reproductor. Esta alternativa es

¹¹ *Honolulu Bulletin*, 2 de marzo, 1965.

¹² Con relación a este problema ver mi *Energía y Mitos Económicos*.

«pasar con menos» —la base elemental de todos los procesos economizadores (a pesar de aquellos que sufren de crecimiento-manía)—.

Ahora, uno puede preguntar «¿cuánto es vuestro *menos*?» A esta pregunta no tengo respuesta cuantitativa, simplemente porque nadie puede obtener los datos necesarios y significativos. Esta es una situación dominada por imponderables de todo tipo. Uno debe admitir que se deben hacer algunas cosas a pesar de la ausencia de números (4, p. 46). Esta es la situación. En vez de señalar *con precisión* cuánto menos, podemos establecer un programa bioeconómico mínimo para mostrar de qué manera podemos arreglárnoslas con menos, o incluso sin ello (6, pp. 30-35).

Algunos artículos de consumo gritan por ser incluidos en un programa de este tipo. Pensad, en primer lugar, en el hecho de que ahora golpeamos las rejas del arado de futuras generaciones con espadas apocalípticas actuales. Pensad también en el uso contradictorio y despilfarrador del carrito de golf para transportar a los jugadores de un agujero a otro. Si esta es la forma en que se debe jugar al golf, entonces también tendríamos que usar un palo de golf electrónico enganchado a la carreta, para que ni siquiera tuviéramos que bajar. ¿Por qué no accionarlo todo también por control remoto desde un sillón de casa? Eso haría del golf un gran juego. Desafortunadamente, esa gran diversión sería estropeada por la termodinámica, la bioeconomía y, antes que nada, por esta audiencia.

Bibliografía

- CARNOT, SADI. «Reflections on the Motive Power of Heat and on the Engines Suitable for Developing this Power», en *The Second Law of Thermodynamics*, W.F. Magie ed., New York: Harper, 1899, pp. 3-60. (1)
- COMMONER, BARRY. *The Closing Circle*, New York: Knopf, 1971. (2)
- EDDINGTON, A.S. *The Nature of the Physical World*, New York: Macmillan, 1929. (3)
- GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS. *Analytical Economics: Issues and Problems*, Cambridge, Mass.: Harvard University, 1966. (4)
- GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS. «The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis», forthcoming in the anniversary issue of *BioScience*, XXVII, 1977. (7)
- GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS. *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Mass.: Harvard University, 1971. (5)
- GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS. *Energy and Economics Myths: Institutional and Analytical Essays*, New York: Pergamon Press, 1976. (6)
- GOLDSCHMIDT, RICHARD. *The Material Basis of Evolution*, New Haven: Yale University, 1940. (8)
- JEVONS, STANLEY W. *The Theory of Political Economy*, 4 th ed., London: Macmillan, 1924. (9)
- MACH, ERNEST. *Popular Scientific Lectures*, Chicago: Open Court, 1898. (10)
- MACQUORN RANKINE, WILLIM J. *Songs and Fables*, 2 nd ed., Gascow: James Maclehose, 1870. (12)
- MARSHALL, ALFRED. *Principles of Economics*, 8 th ed., New York: Macmillan, 1924. (11)
- SCHUMPETER, JOSEPH A. *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass: Harvard University, 1934. (13)
- THOMSON, WILLIAM (Lord Kelvin). «On the Dynamical Theory of Heat», en the *Second Law of Thermodynamics*, W.F. Magie ed., New York: Harper, 1899, pp. 111-147. (14)
- WALRAS, LEON. *Elements of Pure Economics*, William Jaffe ed., Homewood. Ill.: Richard D. Irwin, 1954. (15)