

BIOECONOMÍA: UNA NUEVA MIRADA A LA NATURALEZA DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA¹

Nicholas Georgescu-Roegen²

Me propongo mostrar que el proceso económico es sólo una extensión de la evolución biológica y que, por esta razón, las cuestiones económicas más importantes deben ser consideradas completamente desde este nuevo punto de vista. Una consecuencia significativa de dicha extensión evolutiva es la dependencia de nuestra especie respecto de algunos recursos naturales de materia y energía muy escasos, que únicamente existen en las entrañas de la Tierra. Sólo los seres humanos luchan y pelean entre ellos en torno al acceso y control de este tipo particular de recursos. Una segunda consecuencia importante, y totalmente sorprendente, es la perenne desigualdad entre las clases sociales, tanto dentro de una misma sociedad como también entre sociedades diferentes. Es la misma extensión evolutiva, y no las causas generalmente asumidas por la economía convencional, la responsable principal de estas desigualdades.

Resulta imprescindible que los economistas reconozcan el papel crucial de los recursos naturales de la Tierra en el proceso económico y comprendan las razones que se encuentran detrás de las desigualdades económicas, sobre todo si los problemas económicos y la reducción de la oferta de recursos que se ha hecho evidente en las últimas décadas, se quieren ver desde una perspectiva correcta. Las soluciones que se derivan de esta perspectiva nos dicen lo que necesitamos hacer. Incluso aunque algunas de ellas puedan ser difíciles de poner en práctica, al menos no harán descaer nuestros esfuerzos.

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA Y DESARROLLO ECONÓMICO

Comencemos echando un vistazo a algunos hechos evidentes. El primero de ellos es que la humanidad constituye una especie biológica y, por esto, está sujeta a todas las leyes biológicas conocidas. Tal y como

¹ "Bioeconomics: a new look at the nature of economic activity", en: Junker, L., (ed): *The Political Economy of Food and Energy*, Michigan, Ann Arbor, pp. 105-134. Traducción de Óscar Carpintero. Se reproduce aquí la versión aparecida en el libro de Nicholas Georgescu-Roegen, (2007): *Ensayos bioeconómicos*, Madrid, Los Libros de la Catarata (edición de Óscar Carpintero).

² Este artículo se terminó mientras el autor disfrutaba de una ayuda de la Fundación Earhart. Muchas de las ideas presentadas aquí son parte de un libro del autor, titulado *Bioeconomics*, que será publicado por Princeton University Press en 1977.

el consumado biólogo J. B. S. Haldane nos recordó en una ocasión, la humanidad también está sujeta a la extinción. En este momento, solo podemos especular sobre qué factor evolutivo será el causante de ella en unos años. La esperanza –implícita en muchos argumentos ecologistas– de que la especie humana es inmortal (sólo el individuo es mortal) no está, sin embargo, apoyada por la evidencia empírica. Pero incluso aunque seamos una especie biológica, no somos la única. Algunos biólogos y, siguiéndoles a ellos, gran cantidad de personas, han argumentado que nos distinguimos del resto de criaturas vivas por la superioridad de nuestra naturaleza biológica. De nuevo Haldane puso de relieve que esta postura refleja el deseo del hombre de congraciarse consigo mismo, añadiendo ingeniosamente que, para un mono, "el cambio de mono a hombre puede ser muy bien visto como un cambio a peor"³.

Lo que hace única a nuestra especie es su extraordinario modo de evolucionar. Todas las especies, incluida la nuestra, han progresado por medio de mutaciones biológicas que gradualmente han dotado a los seres vivos de músculos más fuertes, garras más afiladas, ojos más avispados, etc. El problema es que esta forma de mejorar la vida de una especie requiere un período de tiempo extremadamente largo. Durante la era del Eoceno, existió un animal –los paleontólogos lo llaman ahora *Eohippus*– que no era más grande que un perro. A través de sucesivas mutaciones, este pequeño animal necesitó de cincuenta millones de años para convertirse en un poderoso caballo que ahora puede fácilmente tirar de un arado o ganar el Derby. La característica sobresaliente de la especie humana es que no esperó a la tremendamente lenta evolución biológica para poder realizar acciones que ninguna otra especie podía hacer. El ser humano puede ahora correr más rápido que un guepardo, cargar pesos más grandes que un elefante, y volar más deprisa y más alto que un pájaro. Además, este resultado se ha logrado de manera bastante simple.

El origen del proceso se remonta a hace veinte millones de años, hasta nuestro primigenio antecesor, el *Procónsul*. Numerosas y repetidas experiencias con un palo recogido accidentalmente de un bosque, debieron llevar finalmente a los miembros de esta especie a sentir que un brazo acompañado de un palo se convierte en algo más largo y poderoso. Por eso el *Procónsul* comenzó a cargar con un palo, justamente como si el palo constituyera una parte tan integral de su cuerpo como su propio brazo. Cuando surgió el *Homo sapiens*, apareció como un animal que utilizaba miembros separables –esto es, miembros que no eran parte de su cuerpo (soma) con los que cada individuo está dotado desde el nacimiento, sino aquellos que se producían y utilizaban tanto como se necesitasen–. Siguiendo a Alfred J. Lotka, podemos referirnos a éstos como órganos *exosomáticos*, y a aquéllos que forman parte del cuerpo como *endosomáticos*⁴. El elemento importante es que ambas clases de órganos sirven esencialmente para lo mismo. Uno puede ir a la escuela andando o montado en una bicicleta. Y un ser inteligente de otro mundo puede ver muy bien que no existe diferencia entre el cuchillo que corta el pan y la mano que guía al propio cuchillo.

Es a través de la creciente producción de miembros separables más poderosos, rápidos y afilados, como la especie humana se ha convertido en lo que somos en la actualidad y lo que seremos también en el futuro. El desarrollo económico no es otra cosa sino la extensión de la evolución biológica. Pero no debemos dejar de mencionar que la evolución exosomática fue posible sólo por la evolución biológica paralela del cerebro humano. Las dos forman en realidad un tándem, siendo ésta una de las razones por las que la naturaleza de la evolución exosomática es tan afín a la biología. "La Meca del economista descansa en la biología más que en la dinámica económica", advirtió ya Alfred Marshall⁵.

Las dos evoluciones tienen, en efecto, mucho en común. A las mutaciones de la evolución biológica le corresponden las innovaciones exosomáticas. Ambas también parecen ocurrir sin ninguna regularidad,

³ J. B. S. Haldane, *The Causes of Evolution*, New York, Harper, 1935, p. 153.

⁴ Alfred J. Lotka, "The Law of Evolution as a Maximal Principle", *Human Biology*, 17, 1945, p. 188.

⁵ Alfred Marshall, *Principles of Economics*, 8ª ed., New York, Macmillan, 1949, p. xiv.

ni siquiera esa regularidad irregular y dialéctica que caracteriza a la aleatoriedad⁶. En la actualidad, buscamos incrementar la aparición de innovaciones a través de la investigación y el desarrollo (I+D), pero las innovaciones parecen escapar a cualquier sistema predictivo. Y del mismo modo que, por ejemplo, no sabemos exactamente dónde, cuándo y en qué individuos apareció por primera vez el ojo, tampoco sabemos quién inventó la rueda o la canoa. Tampoco es verdad que las mutaciones o las innovaciones sean producto del deseo o la necesidad. Pensarlo así sería retornar al lamarckismo, a la idea de que la jirafa surgió como necesidad de alcanzar las hojas de los árboles altos. Existen todavía innumerables necesidades humanas que no han sido satisfechas, y el hecho de que no se adopte una innovación a menos que satisfaga alguna necesidad (por más que sea irracional o endeble) no debe llevarnos a cambiar el sentido de la asociación entre las dos expresiones.

Ambas, las innovaciones y las mutaciones, son cambios cualitativos, no cuantitativos. La diferencia fue maravillosamente explicada por Joseph A. Schumpeter, quien fue el único economista en analizar el desarrollo económico de una manera completamente homomórfica con el análisis tradicional de la biología evolutiva. Solía decir: "Añádanse sucesivamente tantos vagones como se quiera, que no por ello se conseguirá tener un tren"⁷. Un biólogo puede acertadamente hacerse eco de la idea diciendo: "Añádanse tantas branquias como se deseen, pero no por ello se conseguirá tener un pulmón".

Al igual que las mutaciones, las innovaciones compiten con otras innovaciones bajo la regla de la selección natural del más apto. Las innovaciones también se extienden a través de un proceso de difusión similar al que se encuentra en el campo biológico. En primer lugar, para que una innovación pase de un grupo a otro, debe existir algún tipo de contacto íntimo. En segundo lugar, y más importante, el grupo de adopción de tal innovación debe ser también potencialmente receptivo a ella.

Finalmente, las innovaciones no son ni más ni menos hereditarias que las mutaciones. Las mutaciones se transmiten por herencia genética, lo que asegura la continuación de la vida biológica de una especie (por bastante tiempo, aunque sea finito). Un humano puede, desde luego, aprender por sí mismo cómo utilizar sus órganos endosomáticos –las piernas para caminar, las manos para agarrar, etc.–. Pero ningún humano –excepto el innovador mismo– puede, sin entrenamiento previo, pilotar un aeroplano, o ni siquiera tallar un arco. Otro rasgo característico de la especie humana determina el uso continuado de los órganos exosomáticos predominantes, a saber: la tradición. Su papel es el de la herencia exosomática.

La tradición es la esencia de lo que los antropólogos llaman cultura. Apareció naturalmente con el uso de los primeros rudimentos de órganos exosomáticos. De manera gradual, la tradición fue incluyendo instrucciones, no sólo de naturaleza puramente técnica, sino también preceptos o reglas de conducta social. Se ha convertido así en algo crecientemente más complejo, y quizá incluso más mitológico, de la misma manera que la estructura exosomática en sí misma ha crecido en complejidad, siendo testigo de diferentes racionalizaciones de la organización social y política actual en los diferentes países del mundo, y de la obstinación de las estructuras legales asociadas a ellas.

LA PRODUCCIÓN: ORIGEN DEL CONFLICTO SOCIAL

¿Cuáles son las trascendentales consecuencias de la evolución exosomática que mencionábamos al comienzo de este artículo?

⁶ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1971, p. 56.

⁷ Joseph A. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1934, p. 64. Para ver cómo era de verdad el punto de vista biológico de Schumpeter respecto al proceso económico, baste mencionar únicamente su insistencia en que los pequeños cambios, al ser reversibles, no constituyen verdaderas innovaciones. Este importante aspecto apareció en biología hace sólo treinta años con la tesis de R. Goldschmidt, en el sentido de que la evolución necesita la aparición de "monstruos exitosos". Desde luego, la primera máquina de tren fue un monstruo exitoso en comparación con sus predecesores –los coches de caballos–. (Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays*, New York, Pergamon, 1976, capítulo 9.)

En el albor de su existencia como especie diferente, los humanos vivían en manadas amorfas y desvinculadas. El instinto gregario, tal y como Thorstein Veblen nos enseñó, hace que la gente se junte. La manada o rebaño, ofreció las ventajas darwinianas de las relaciones sexuales adaptadas a la constitución humana y a su mejor defensa. Pero en ese albor de la historia, los órganos exosomáticos eran simples –un palo, una honda, o, por ejemplo, un arco y una flecha–. Éstas podrían estar fabricadas por un individuo, como mucho cooperando con otros miembros de la misma familia. Sin embargo, de manera gradual, los órganos exosomáticos se fueron haciendo más complejos, así que su producción requirió de la cooperación de un número de manos mucho mayor. La producción, entonces, tuvo que convertirse en una tarea social, que forzó a las comunidades humanas a organizarse ellas mismas en *sociedades*.

Por su propia naturaleza, la producción social requiere de dos clases de papeles: algunos individuos deben planificar, supervisar, y controlar el proceso de producción; otros deben sólo realizar las tareas que les asignen. En la terminología de Adam Smith, lo primero representa trabajo improductivo, y lo segundo trabajo productivo⁸.

Ambos tipos de trabajo son, sin duda, útiles y necesarios. El inconveniente de la división es que hace incrementar el conflicto social que ha asolado todas las sociedades humanas. Y dado lo que sabemos acerca de la naturaleza humana, así como sobre la evolución de otras especies, la especie humana probablemente moriría en lujosos áticos antes de retornar a una forma de vida primitiva que no necesitase de la producción social. Así las cosas, el conflicto social continuará asolando a la humanidad mientras ésta se apoye en una existencia exosomática compleja.

Como los órganos exosomáticos –al contrario que los endosomáticos– no pertenecen por naturaleza a ninguna persona en concreto que realice alguna labor dentro de la sociedad, la cuestión de quién disfrutará sus servicios se acaba entrelazando con la cuestión de qué clase de trabajo realizará cada uno. ¿Quién bajará a la mina, y quién comerá caviar y beberá champaña? Esta es la gran pregunta. En cuanto a la naturaleza del origen del conflicto social, ningún esquema social podría, posiblemente, eliminar las diferencias sociales y económicas entre los "gobernantes" y los "gobernados". Lo que cabe esperar hacer (no sin un duro esfuerzo) es evitar que estas diferencias se conviertan en algo abusivamente grande⁹. Como científicos sociales, traicionaríamos los ideales de nuestra profesión si, en vez de reconocer este hecho abiertamente, continuáramos engañando a la gente que nos mira pidiendo consejo y guía, en la creencia de que uno u otro esquema fetichista puede llevarnos a una Nueva Jerusalem Social.

Una prueba en contra de que el conflicto social es el producto de la evolución exosomática es la ofrecida por las especies sociales –abejas, hormigas, y termitas; en particular aquellas que viven en sociedades suficientemente organizadas y complejas que han alcanzado ese estadio, no a través de la evolución exosomática, sino de la evolución endosomática–. La diferencia esencial es que en las sociedades de insectos cada individuo está adaptado para una tarea específica desde su nacimiento. Por ejemplo, una hormiga guardián en una colonia ha nacido con una cabeza plana con la que bloquea la entrada a la montaña, dejando pasar solo a los miembros que reconoce como tales. Además, a la hormiga guardián no le gusta hacer otra cosa que no sea este trabajo en particular. Por ello, no existe ninguna razón para que exista un conflicto entre las diferentes clases de individuos. Cuando, al acercarse el verano, la abejas obreras matan a la mayoría de los zánganos, no se trata de una guerra civil, sino de un fenómeno biológico normal: los zánganos se encuentran ya vencidos por un aletargamiento producido de manera natural.

⁸ Adam Smith, *The Wealth of Nations*, edición de Edwin Cannan, New York, Random House, 1937, pp. 314-315.

⁹ Tal y como sugieren los documentos escritos, esta preocupación apareció por primera vez en el Viejo Testamento, donde se establece que, cada cinco años, en el año jubilar, los siervos se liberaban, las deudas se perdonaban, y algunas posesiones mobiliarias (por ejemplo, el ganado) se redistribuían. Sin embargo, las casas de las ciudades no estaban afectadas por la redistribución jubilar (Levítico, 25: 8-55). No es necesario decir que una medida de bienestar de este tipo sólo podría funcionar en una sociedad mitad agrícola, mitad ganadera.

Pero las cosas son diferentes en las sociedades humanas. Nadie está predestinado desde su nacimiento para realizar una determinada labor. Posteriormente, en la vida, uno puede convertirse en un cochero o en un jerarca. Del mismo modo, el ser humano, al contrario que un miembro de una sociedad de insectos, seguramente preferirá ser un jerarca que un cochero, presidente de una empresa en vez de conserje, o comisario mejor que mano de obra en un koljoz. Lo que uno llegará a ser es, en gran parte, el resultado de fuerzas que operan en la propia sociedad en la que uno vive¹⁰.

DESIGUALDAD ENTRE SOCIEDADES

Además de la desigualdad dentro de una misma sociedad, la evolución exosomática también es responsable de la desigualdad entre diferentes sociedades. La sociedad humana ha sido dividida (y todavía lo está) en razas biológicas diferentes. Como todas las razas biológicas, las razas humanas pueden funcionar de manera biológicamente perfecta con cualquier otra raza. Cabe la posibilidad de que una pareja de dos individuos de diferentes razas sean capaces, ellos solos, de perpetuar la especie humana. Pero por razones todavía difíciles de establecer, debido a que no existe nada cercano a un experimento en este campo, la humanidad también ha estado dividida en diferentes especies exosomáticas. Digo "especies", en este caso, porque los grupos están tan diferenciados exosomáticamente –quizás incluso más diferenciados– de lo que el gato común (*Felis domestica*) se diferencia biológicamente del puma (*Felis concolor*).

En el tiempo en que los faraones eran capaces de construir pirámides, la población de Centroeuropa estaba viviendo a un nivel exosomático del hombre de Cro-Magnon. Incluso hoy existen diferencias aún mayores. Compárense las herramientas rudimentarias utilizadas por las tribus del alto Amazonas con el gigante industrial de Estados Unidos. Incluso el *Homo indicus* es exosomáticamente diferente del *Homo americanus*, a pesar de la antigüedad del primero y de lo que una vez fue su espléndida cultura. El nivel exosomático del *Homo americanus* está personificado en su variedad eléctrica, preferiblemente a través de hornos con autoencendido, autoparada y autolimpiado. La herramienta correspondiente en el subcontinente asiático es un antiguo artilugio para cocinar en el que se quema estiércol seco¹¹. Esas diferencias exosomáticas son la razón fundamental por la que el inmenso apoyo financiero de Estados Unidos –y ahora también de los países occidentales–, falla a la hora de desarrollar a los países subdesarrollados. A causa de las diferencias exosomáticas cualitativas entre los países desarrollados y subdesarrollados, ningún órgano exosomático puede ser trasplantado desde los primeros a los segundos. La ayuda al desarrollo de Estados Unidos resultó completamente exitosa a la hora de ayudar a que los países desarrollados devastados por la Segunda Guerra Mundial –desde Noruega hasta Grecia y Japón– pudieran retornar a la situación anterior, precisamente porque todos esos países tenían la misma estructura exosomática que Estados Unidos.

Por ejemplo, el nivel exosomático de Estados Unidos no puede posiblemente ser de mucha ayuda a la India. En los Estados Unidos, la actual I + D se dirige hacia la construcción de "gabinetes estratégicos", porque la población norteamericana no haría otra cosa. ¿Cómo podría la I+D, con tal orientación, ayudar posiblemente a los indios a mejorar su modo de cocinar, de transporte, etc.? En realidad –y esto es mucho más entristecedor– ni siquiera la I+D en la India se preocupa por cómo mejorar la situación exosomática allí imperante.

Dicho claramente, las desigualdades exosomáticas no pueden ser eliminadas con simple ayuda financiera, con independencia de lo generosa que ésta sea. Sólo la investigación al bajo nivel de los países subdesarrollados puede ayudar. Pero tal proyecto implica un largo y amplio trabajo de campo para el que ni

¹⁰ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1971, pp. 308, y 348-349.

¹¹ Debo apresurarme a añadir que el argumento anterior de ninguna manera implica que el *Homo indicus*, como individuo, no sea capaz de ser entrenado para realizar las mismas tareas que el *Homo americanus*. El argumento tiene que ver, no con las diferencias biológicas individuales, sino con la vida exosomática de cada sociedad.

siquiera un Cuerpo de Paz sería suficiente. Tal y como argumenté hace unos diez años, lo que se necesita es un Ejército de Paz¹². Sin esto, el abismo entre los desarrollados y los subdesarrollados probablemente aumentará en vez de hacerse más pequeño. La dificultad con este plan es que un Ejército de Paz presupone un tipo de generosidad completamente diferente de las simples ayudas financieras o apoyos técnicos. Sólo puede ser descrito como la mayor de las generosidades posibles. Quizá la humanidad no sea capaz de ese cambio en su corazón. Pero esta posibilidad no debiera llevarnos a ignorar el hecho de que, como tampoco en el caso de la desigualdad entre clases sociales, no hay razón para impedir la eliminación de las desigualdades entre diferentes sociedades. En el muy largo –y terriblemente duro– plazo, las desigualdades pueden desaparecer dependiendo de si hacemos algo para lograrlo o no.

EL PAPEL DE LOS RECURSOS NATURALES EN EL PROCESO ECONÓMICO

La perspectiva de la economía convencional

Todos los seres vivos luchan por los medios de su supervivencia. Nosotros no somos una excepción. Pero las otras criaturas necesitan solo la energía solar y algunas sustancias químicas procedentes del suelo, el aire y las aguas. Debido a que nuestros órganos exosomáticos se producen ordinariamente con la ayuda de recursos minerales, el hombre se ha acabado convirtiendo en un agente geológico, de hecho, el único entre el conjunto de todas las especies. El control sobre los recursos minerales ha estado detrás de todas las grandes conmociones históricas, ya fueran guerras o migraciones. La razón es que el tiempo acabó convenciendo a la mayoría de la gente de que todos los recursos se consumían, como así era, a través del uso, incluso aunque esto llevara a la ciencia mucho tiempo antes a incorporar esta verdad a sus documentos oficiales.

A pesar de esta clara evidencia, la economía convencional prefirió ignorar el papel absolutamente crucial jugado por los recursos naturales en el proceso económico. Los recursos naturales son algo simplemente dado, sin ocupar ningún lugar en las consideraciones analíticas convencionales¹³. Este hecho es, hasta cierto punto, justificable y, al mismo tiempo, muy curioso. En la época del nacimiento de la economía convencional, los recursos naturales parecían existir en una cantidad virtualmente ilimitada (lo que pudo muy bien haber sido la razón por la que también Karl Marx negó cualquier papel a los recursos naturales en el proceso económico). Los antepasados neoclásicos querían construir una nueva economía a partir del modelo de la mecánica porque los hallazgos de la mecánica todavía brillaban resplandecientes. ¿No descubrió Urbain Leverrier el planeta Neptuno en 1846 sin necesidad de escrutar el firmamento, sino con la punta de su lapicero después de haber trabajado con las ecuaciones de la mecánica? El hecho curioso es que, en la época en que la economía convencional comenzó a andar, la epistemología mecanicista ya había caído en desgracia dentro de la propia física. Pero todavía es más curioso que toda la ciencia económica nunca haya intentado liberarse de las garras del dogma mecanicista¹⁴.

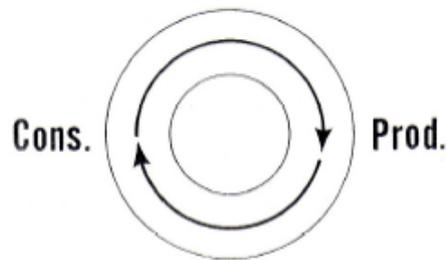
Todo el que desee hojear cualquiera de los manuales económicos más respetados, llegará *fácilmente al típico diagrama en el que la economía* convencional representa el proceso económico (Figura 1).

¹² Véase, "Peace Army Urged to Aid the Poor", *Honolulu Bulletin*, 2 de marzo, 1965, que es una declaración a la prensa realizada por el autor durante el Agricultural Development Council Seminar on Subsistence Agriculture. Véase, también, mi libro: *The Entropy Law and the Economic Process*, p. 384. Por supuesto, también está el Ejército de la AYUDA. Pero sus miembros "están generalmente demasiado ocupados planificando y de fiesta...visitando a los aldeanos en sus cabañas enlodadas", tal y como informó Jack Anderson en su columna, "U.S. AID Officials Live in Swell Life in Haiti", 5 de agosto, 1976.

¹³ Uno no debería llevarse a engaño en este punto. La tierra que aparece en la función de producción convencional es la tierra ricardiana, es decir, simple espacio. Sin duda, la tierra ricardiana es un factor válido de producción, pero de una naturaleza distinta a los recursos naturales. Véase mi *The Entropy Law...*, p. 232, y *Energy and Economic Myths...*, capítulos 4 y 5.

¹⁴ Georgescu-Roegen, *Analytical Economics...*, op.cit., pp. 18-19; *The Entropy Law...*, pp. 39-43; *Energy and Economic Myths...*, capítulos 1 y 3.

FIGURA 1. EL PROCESO ECONÓMICO REPRESENTADO POR LA ECONOMÍA CONVENCIONAL



Esta perspectiva del proceso económico como un tiotivo entre la producción y el consumo, o (marcando el acento), igualmente entre el consumo y la producción, es el síntoma más desconcertante de la epistemología mecanicista. También puede reflejar el punto de vista de los negocios, que reduce el proceso a la circulación del dinero (aunque, incluso los símbolos monetarios, no pueden durar para siempre).

El proceso económico no es una mecánica del interés propio y de la utilidad, aunque estos factores proporcionan algunas de las fuerzas motrices. El triste estado en que se encuentra la economía estándar proviene del hecho de que el proceso económico está sólidamente anclado en el medio ambiente material y, además, lo que ocurre en ese medio ambiente no puede ser representado como si fuera un péndulo mecánico. Lo que ocurre desde el punto de los fenómenos vitales, tanto en el medio ambiente como en todo el universo, está sujeto a las leyes, no de la mecánica, sino de la termodinámica.

La aplicabilidad de las leyes de la termodinámica

La termodinámica, por regla general, parece una ciencia simple. Pero su enfoque analítico todavía está salpicado de conceptos y cuestiones muy intrincadas. De cara a un análisis general del proceso económico, realizaremos una representación simple y muy plástica.

Propongo representar un sistema aislado –por ejemplo, el universo entero– por medio de un reloj de arena (Figura 2). La sustancia que está dentro de él representa la materia-energía. Y, como el reloj de arena está completamente aislado, la sustancia permanece constante, lo que viene reflejado por la Primera Ley de la Termodinámica o la Ley de la Conservación de la Materia-Energía. Como en todo reloj de arena, la sustancia se vierte desde la mitad superior hacia la mitad inferior. Pero dos hechos diferencian el reloj de arena del universo de un simple reloj ordinario.

FIGURA 2. MATERIA-ENERGÍA EN UN SISTEMA AISLADO



En primer lugar, mientras que la cantidad de materia-energía permanece constante, la calidad de esa materia-energía cambia. Cuanto más tiempo permanezca la materia-energía en la mitad superior del reloj, mayores serán las posibilidades de que en ese estado pueda ser utilizada por nosotros los humanos, además de por cualquier forma de vida terrestre. Esta valiosa cualidad se pierde tan pronto

como la materia-energía se vierte a la mitad inferior del reloj. El primero de esos estados constituye la materia-energía *disponible*; el segundo, la materia-energía *no disponible*. Debido a que esta distinción tiene una base antropomórfica, los puristas colocan a la termodinámica dentro de una categoría en sí misma, separada de la física. La verdad es que la termodinámica es la física del valor económico –y esta es la razón por la que todos los economistas deberían estar muy familiarizados con sus enseñanzas–¹⁵.

La segunda peculiaridad del reloj de arena del universo es que no se puede dar la vuelta. Esto significa que la materia-energía disponible se degrada de forma continua e *irrevocablemente* en una forma no disponible. Si nos percatamos de que el complicado concepto de entropía es, en el fondo, un índice del nivel relativo de materia-energía no disponible, la anterior formulación es equivalente a la Ley de la Entropía. De una forma más explícita que la que se encuentra generalmente en la literatura, podemos establecer lo siguiente: *la entropía de un sistema aislado tiende continua e irrevocablemente hacia un máximo, que se produce cuando el sistema, en última instancia, alcanza el equilibrio (no conteniendo entonces más materia-energía interna disponible)*.

En conexión con esta ley hay un aspecto particular que necesita ser enfatizado. No sólo es la energía (tal y como creen las huestes de principiantes que ahora se sienten atraídos por las cuestiones de la escasez de recursos), sino que es también la materia la que se disipa continua e irrevocablemente. Todo lo que nos rodea está continuamente oxidándose, resquebrajándose, erosionándose por el viento y el agua, etc. Pero aunque pueda parecer sorprendente, incluso la Academia se equivoca en este punto. La primera cosa que se menciona en todos los manuales elementales de termodinámica es la transformación del trabajo en calor como consecuencia de la fricción. Pero ningún manual, por lo que yo conozco, tiene en cuenta el hecho de que la fricción también disipa la materia. En ocasiones, el argumento contra la degradación irrevocable de la materia alude a la posibilidad de reunir de nuevo las partes que constituyen el todo. Efectivamente, si las perlas de un collar roto se esparcen por el suelo de un auditorio, podemos reunir las fácilmente –aunque a costa de un cantidad sustancial de energía, algo de materia adicional y, sobre todo, un tiempo considerable–. Sin embargo, sería completamente inútil extrapolar esta situación al caso en el que las perlas se disuelvan primero en un ácido y la solución se espolvoree por los océanos. Es obvio que el período de tiempo necesario para reunir estas perlas sería prácticamente infinito. Sólo este requerimiento hace que la operación sea, de hecho, irrealizable¹⁶. A este respecto, conviene recordar que la teoría consagrada enseña que, si uno pudiera mover un sistema termodinámico a una velocidad infinitamente pequeña, entonces podría hacer reversible cualquier cambio. Por eso la imposibilidad de cambios reversibles y de volver a reunir la materia no disponible procede de la misma y única razón: el tiempo infinito requerido para conseguirlos¹⁷.

Otro punto en el que merece la pena poner el acento es que la materia-energía se degrada con independencia de si la vida está o no presente. Un montón de carbón abandonado a su suerte "suda", esto es, se humedece en la medida en que la energía química del carbón se transforma gradualmente en agua, dióxido de carbono, y calor disipado. O también puede prender fuego por combustión espontánea.

La ley de la entropía es la única ley natural en la que la presencia de la vida importa. Algunas formas de vida –las plantas verdes, especialmente– reducen la degradación, mientras que los llamados consumidores –animales, bacterias, etc.– la aceleran. Estos hechos *no* violan la ley de la entropía porque esta ley no establece la velocidad de degradación con respecto al tiempo mecánico, que es respecto al que

¹⁵ Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics...*, op.cit., p. 92; *The Entropy Law...*, pp. 3 y 276; *Energy and Economic Myths*, capítulo 1.

¹⁶ La anterior observación revela por qué la ley de la entropía es planteada, en ocasiones, como "el orden que continuamente se transforma en desorden".

¹⁷ Nicholas Georgescu-Roegen, *Energy and Economic Myths...* capítulo 1, p. 7.

está relacionado cualquier medida de la velocidad. En otras palabras, existe una indeterminación entrópica en el mundo material que es responsable de la todavía pobre comprensión de los fenómenos vitales¹⁸.

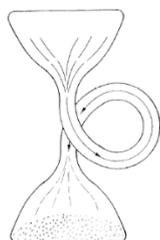
La ley de la entropía enseña en forma negativa: no podemos utilizar el humo del tubo de escape de un automóvil para hacer funcionar el motor, ni podemos reunir en un nuevo neumático las moléculas de goma de un neumático desgastado esparcidas sobre la carretera. Ya se trate de energía o de materia, solo podemos utilizar una vez *una cantidad dada de baja entropía*¹⁹.

Ciertamente, podemos reciclar la materia, pero no la materia *disipada*. Podemos reciclar únicamente materia que todavía está disponible pero no de una manera útil para nosotros; esto es, el "garbojunk"^{20(*)} – botellas rotas, motores desgastados, periódicos viejos, etc.²¹–. La ley de la entropía es la raíz de la escasez económica. En un mundo en el que esta ley no fuera de aplicación, la energía de un trozo de carbón podría ser convertida completamente en trabajo, el trabajo de nuevo en energía, y así indefinidamente. Las herramientas no se desgastarían pero la vida tampoco existiría. Por eso sería una locura desear que la ley de la entropía (e implícitamente la escasez) no fuera de aplicación.

La tierra como un sistema entrópico cerrado

La naturaleza entrópica del proceso económico en su relación con el medio ambiente accesible puede ser representada de manera plástica a través de una ligera modificación de nuestro anterior reloj de arena (Figura 2). En la nueva representación, un tubo en espiral representa el proceso económico que toma materia-energía del entorno y, después de utilizarla, la devuelve en forma no disponible al mismo medio ambiente (Figura 3)

FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE EL PROCESO ECONÓMICO Y EL MEDIO AMBIENTE ACCESIBLE EN UN SISTEMA TERMODINÁMICO ABIERTO



Un flujo de entrada (input) de recursos valorables entra en el proceso y un flujo de salida (output) de lo que generalmente se conoce como "residuos", sin valor desde el punto de vista económico, sale del proceso. En todas las ocasiones algo de materia-energía pasa a través del sistema o, más aún, se utiliza dentro del mismo. Esto es el *transumo* (throughput), por utilizar un término muy apropiado acuñado por Kenneth E. Boulding²². Sin embargo, debemos tener en cuenta que a menos que tomemos una perspectiva de los acontecimientos a muy largo plazo, el sistema económico tiene unos cimientos materiales de fondos casi imperecederos. Estos son los agentes del proceso –la población, las herramientas en general y también, por decirlo todo, la tierra²³–. El papel fundamental del transumo (throughput) es mantener a la población y a las herramientas en condiciones de trabajar. Además, digo "herramientas", porque para una

¹⁸ Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law...*, p.p. 12 y 194.

¹⁹ Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics...*, p. 94; *The Entropy Law...*, p. 278.

^{20(*)} Palabra intraducible que es mezcla de dos vocablos: *garbage* (basura doméstica aprovechable con reciclaje) y *junk* (desechos de procesos productivos que pueden ser reciclados). Nota del traductor.

²¹ Georgescu-Roegen, N., "The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis", *BioScience*, vol. 27, pp. 266-270.

²² Kenneth E. Boulding, "The economics of the coming Spaceship Earth", en: H.E. Daly (ed.), *Toward a Steady-State Economy*, San Francisco; W. H. Freeman, 1973, p. 127-132.

²³ Georgescu-Roegen, *The Entropy Law...* pp. 224-234.

existencia exosomática es tan vital su mantenimiento como lo es para la población el mantenimiento de sus órganos endosomáticos. Imagínense –si alguien puede hacerlo– lo que ocurriría si todos los instrumentos exosomáticos fueran destruidos de una vez por alguna forma de prestidigitación sobrenatural.

Incuestionablemente, el sistema económico debe contener un cimiento material porque no podemos manejar la energía sin la ayuda de un aparato o soporte material. Excepto en unos pocos casos –tales como el fotón– no existe energía completamente separada de la materia, ni siquiera a una escala subatómica. A este nivel, sin embargo, existen fenómenos para los que la ecuación de Einstein $E = mc^2$ es aplicable. Pero, en la realidad, no es todo tan simple como parece sobre el papel.

La equivalencia de Einstein funciona normalmente en la conversión de materia en energía, pero no viceversa. Incluso en la mayor acumulación de materia-energía, no existe una formación apreciable de materia a partir únicamente de energía. En las reacciones nucleares se ha tenido éxito en aumentar la masa de los átomos de uranio hasta el punto de obtener elementos transuránicos. Pero ninguna transformación de energía pura en cobre, por ejemplo, es posible bajo las condiciones de este planeta.

Existe todavía otra razón por la que cualquier análisis económico de los recursos naturales debe tener en cuenta la contabilización por separado de ambas, de la energía y de la materia.

Mientras la materia terrestre disponible continúe siendo accesible, el proceso económico puede ser representado por el reloj de arena espiral de la Figura 3, que incorpora un transumo (throughput) tanto de materia como de energía. Este caso se corresponde con un sistema termodinámico *abierto*. Sin embargo, la Tierra en sí misma es, para cualquier finalidad práctica, un sistema *cerrado*, es decir, un sistema que sólo intercambia energía con el entorno –la radiación solar como input y la energía térmica disipada como output que sale al exterior–. Su contenido material permanece siempre constante respecto del exterior. El número de átomos de cobre que existen hoy conjuntamente sobre la tierra y dentro de la corteza terrestre es el mismo en tanto en cuanto el planeta se ha convertido en un cuerpo cósmico relativamente estable²⁴.

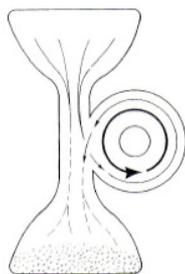
Un sistema cerrado se representa por medio del tubo en espiral del reloj de arena de la Figura 4, en el que la flecha negra y gruesa significa la cantidad constante de materia que gira alrededor. Pero como no existe un flujo de entrada de materia (de la calidad entrópica que sea); como tampoco la materia puede obtenerse a partir de la conversión de energía, y como la materia disipada no puede reciclarse, está claro que la continua degradación entrópica de la materia en un sistema cerrado debe alcanzar un punto en el que el trabajo interno no pueda continuar desarrollándose. Dicho de otra manera: un sistema cerrado no puede ser un estado estacionario, excepto después de que su entropía material haya alcanzado su máximo²⁵. A la vista de esto, a muy largo plazo, la materia puede convertirse verdaderamente en el motivo de escasez fundamental para la humanidad²⁶.

²⁴ Hay dos matizaciones que deben acompañarse a estas afirmaciones que, aunque irrelevantes, tienen que ver con la actual argumentación. La primera es que se debe considerar la desintegración nuclear (por ejemplo, de radio en plomo) que disminuye la masa y aumenta la energía. El segundo factor son los meteoritos que caen en la Tierra y las partículas que pueden escapar a la gravitación terrestre.

²⁵ Georgescu-Roegen, N., "The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis".

²⁶ Algunos síntomas de la presión de la materia pueden haber sido ya detectados en los altos y crecientes costes de las instalaciones que pretenden ahorrar combustibles fósiles. La instalación solar en una escuela elemental en Atlanta cuesta casi 1 millón de dólares, aunque proporciona solo el 60 por ciento de la energía que se necesita. Un molino de viento que tiene una capacidad de unos pocos kilovatios necesita toneladas de aluminio además de otros materiales. Aprovechar la energía solar de una forma diferente a la proporcionada por los procesos naturales podría llevarnos a fracasar por causa de la escasez de materiales. Además, nadie puede decir qué aspecto tendrá una planta termonuclear, caso de conseguirla alguna vez; pero sí cabe recordar que el acelerador del Fermilab tiene un diámetro de dos kilómetros (1,25 millas) e incorpora varios miles de imanes.

FIGURA 4. MATERIA EN UN SISTEMA TERMODINÁMICO CERRADO



Este punto tiene que ver con la revitalización de una idea de John Stuart Mill que está siendo retomada ahora y defendida de manera convincente por Herman Daly²⁷. La idea tiene indudablemente algunos méritos implícitos –el mayor de ellos es su denuncia de la manía por el crecimiento que las mejores cabezas de la economía convencional han extendido por todo el mundo–. Pero el argumento de que la salvación ecológica de la humanidad descansa en la economía de estado estacionario se da de bruces contra los hechos entrópicos discutidos en estas páginas, además de contra la estructura geológica del planeta. Solo la lucha, la continua lucha con una naturaleza cicatera, es lo que le espera al futuro de la humanidad. Nuestra mayor esperanza es sólo atenuar su intensidad.

Un inventario de nuestra dotación entrópica y de nuestras potencialidades nos ayudará a encontrar el camino hacia una meta más modesta, aunque esperemos que alcanzable.

Fuentes de materia-energía disponibles y accesibles

Resulta apropiado comenzar por la energía del sol. El sol irradia anualmente 10^{13} Q –una cantidad impresionante–, pues Q es ya una cantidad astronómica por sí misma ($Q = 10^{18}$ BTU^{28(*)}). De esta cantidad, la tierra intercepta sólo 5.300 Q anuales, es decir, alrededor de 100Q por semana. Pero incluso esta cantidad debería ser asombrosa para nuestras escalas ordinarias de medida. Por ejemplo, según la estimación más optimista, el stock total de combustibles fósiles asciende sólo a 200 Q. Esta cantidad nos la podría proporcionar el sol con solo dos semanas de radiación, considerando que el sol brillará con casi la misma intensidad durante al menos otros 200.000 millones de semanas (4.500 millones de años) –desde luego mucho más que el período de vida probable de la especie humana–.

La energía solar también tiene una gran (y única) ventaja al no generar contaminación en el estricto sentido de la palabra. Igual que un salto de agua, la energía solar termina en la misma forma con independencia de si es utilizada o no²⁹. Sin embargo tiene un tremendo y singular problema cuando se va a utilizar industrialmente. La energía solar nos llega igual que una neblina fina. Si fuera una lluvia fina en vez de una radiación fina, podríamos capturar su energía cinética con una gran placa metálica. Las gotitas que golpearan la placa quizás podrían afectar a una ciudad del tamaño de Detroit, siempre que la placa fuera lo suficientemente grande –posiblemente tan grande como el mismo estado de Michigan– (dejemos de lado ahora cuál debería ser el grosor y el peso de esa inmensa placa). Afortunadamente, no tenemos que atrapar la lluvia pues la más fina de las lloviznas se deposita por sí misma en riachuelos, arroyos y ríos. Todo lo que necesitamos hacer es encontrar un lugar en el que miles de millones de gotas de lluvia se reúnan para formar un salto de agua. En un marcado contraste con la llovizna, la energía solar no se acumula por sí misma. Para atrapar su energía finamente dispersa necesitamos alguna placa –que, si

²⁷ Véase su artículo: "In Defense of a Steady-State Economy", *American Journal of Agricultural Economics*, 54, pp. 945-954.

^{28(*)} British Thermal Unit = 1.055, 05585262 Julios (*nota del editor*).

²⁹ Una matización: incluso aunque la energía solar acabe como energía térmica disipada, influye en la vegetación y el clima si se utiliza en un lugar diferente del que ha sido acumulada.

queremos obtener una cantidad importante de energía disponible, debería ser tan grande como la que acabamos de describir³⁰.

Existen varios esquemas para lograr una manera barata de aprovechar la energía solar, todos procedentes de los autoproclamados expertos en energía. Lo que todos estos esquemas ignoran es que la extremadamente débil intensidad de radiación solar posiblemente no puede ser modificada. Es una constante física (la constante de Langley), que se determina por la estructura cosmológica de nuestro sistema solar. Tampoco es posible tener radiación solar para concentrarla por sí misma de tal manera que podamos capturar mucha energía con un pequeño panel. Si la energía solar se convierte en la única fuente energética en el futuro, en ese caso, el modo de vida de la humanidad se verá alterado de manera importante a través de procesos naturales. Confiar principalmente en la energía solar significa en gran medida un regreso a la naturaleza. Las aglomeraciones urbanas son incompatibles con una economía que se basa principalmente en la energía solar. En todo caso, son enormes máquinas de producción de entropía, que provocan la disipación de la materia a niveles superiores a los de los procesos entrópicos de la naturaleza. Por ejemplo, piénsese sólo en el nitrógeno que termina disipado en las aguas de los océanos a causa de la enorme cantidad de alimento ingerido en las grandes ciudades.

Otra alternativa abierta a la humanidad es la energía nuclear. Aunque el stock de esta energía, si se utiliza en los reactores ordinarios, no suma una cantidad mucho mayor que los combustibles fósiles; si se usa en el reactor-reproductor, algunos opinan que podría proporcionar abundante energía para una población de veinte mil millones de personas durante, quizás, un millón de años³¹. Pero este plan a gran escala está lleno de problemas por las consecuencias no previstas para la especie humana y tal vez para toda la vida terrestre. Representa, de hecho, un auténtico pacto fáustico. Los defensores de este pacto no nos dicen cómo almacenar de manera segura los residuos nucleares. Ni tampoco sugieren qué hacer con las montañas de residuos mineros resultado de la extracción del uranio, del granito de New Hampshire, o de la pizarra bituminosa de Chattanooga. Es una preocupación aún más grave el que sólo sean necesarias unas ocho libras de plutonio 239 para fabricar una simple bomba atómica. Y no existe forma de asegurar que el plutonio 239 no vaya a parar a manos que no están controladas por mentes sensatas. Sólo en Estados Unidos, cientos de libras de material nuclear se encuentran ya sin contabilizar. Desde luego, la humanidad está en la encrucijada más fatídica de su historia.

El sueño de los físicos de la reacción nuclear controlada (que, aunque no completamente limpia, es relativamente segura), sigue siendo todavía un sueño. Las esperanzas, que alguna vez fueron optimistas, han ido tomando gradualmente tintes escépticos³². No hay que excluir que –como me aventuré a especular hace poco tiempo³³– la energía termonuclear pudiera evitar para siempre el trabajo humano. La experiencia con otras energías igualmente intensivas –desde el rayo hasta la pólvora– demuestra que esta idea no está lejos de la realidad³⁴.

Sin embargo, dando la vuelta a este dilema, un hecho resulta incontrovertible: la dotación humana de materia-energía accesible es finita y quisiera enfatizar el calificativo "accesible". Estamos en una nave espacial que flota en un mar cósmico de materia-energía disponible, pero, estando limitados a únicamente una motita en el espacio cósmico, sólo podemos tener acceso a una fracción infinitesimal de esa materia-energía. Aquellos que siguen hablando de la llamada escapada a otros sistemas solares ignoran que los

³⁰ Véase lo dicho en la nota 23.

³¹ Alvin Weinberg y Philip Hammond, "Limits to the Use of Energy", *American Scientist*, Julio-Agosto, 1970, pp. 412-418.

³² Hace diez años, Edward Teller militó incluso en contra de los reactores de fisión porque pensaba que el reactor termonuclear estaba al alcance de la mano. "Energy Pattern of the Future", en Courtney C. Brown, (ed.), *Energy and Man: A Symposium*, New York: Appleton-Century-Crofts, 1960, pp. 52-72.

³³ Nicholas Georgescu-Roegen, "The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis".

³⁴ Existen otras fuentes no directamente conectadas con la energía solar –la energía de las mareas, la energía geotérmica, y, con grandes reservas, el gradiente térmico de los océanos–. Pero mientras que esas fuentes resultan de gran ayuda cuando se las utiliza, apenas tienen importancia a escala mundial.

soles más cercanos que podrían albergar planetas como el nuestro se encuentran aproximadamente a 10 años luz de distancia. ¡Sólo un viaje exploratorio del cohete más veloz necesitaría al menos 200 años! En el mejor de los casos, la simple comunicación por radio con otros seres inteligentes requeriría un período de tiempo equivalente a dos generaciones.

La calificación en relación a la accesibilidad se aplica igualmente a los recursos terrestres. Desde luego, existe materia-energía –como el petróleo de esquisto– que se encuentra disponible pero inaccesible porque requeriría una cantidad de entropía para extraerlo mayor de la contenida en él³⁵.

Pero la dificultad no termina aquí. Algunos autores, comenzando por Fred Cottrell³⁶, han hablado de energía neta. La dificultad de esta propuesta es que necesitamos ambas, la materia y la energía, para conseguir tanto materia como energía. Por eso, ninguna operación puede ser realizada únicamente con un solo factor (input) ya sea éste de energía o de materia. Como la materia y la energía no pueden reducirse a un denominador común práctico, no podemos decidir sobre una base puramente física cuál de dos sistemas, uno que utiliza más materia u otro que utiliza más energía, es más eficiente. Esta decisión sólo puede tomarse por medio de consideraciones económicas, tales como la relativa accesibilidad de los recursos involucrados en términos de esfuerzo humano. Pues, aunque el proceso económico es entrópico, las raíces del valor económico no están restringidas sólo al dominio físico³⁷. El antiguo, aunque ahora olvidado, principio de William Petty es una verdad crucial: el trabajo es el padre y la naturaleza la madre de la riqueza³⁸. Permítasenos remarcar bien este punto: el valor ecológico implica otras consideraciones diferentes a las económicas.

LAS FALACIAS DE LA ECONOMÍA CONVENCIONAL

La economía convencional no se ha equivocado solo en ignorar completamente el papel económico de la naturaleza. Su segundo error ha sido su negativa a reconocer el tamaño de la población como un factor a tener en cuenta en el problema económico. Habiendo abrazado desde fuera la creencia en el crecimiento ilimitado –un truco de prestidigitación que han dignificado con la munición matemática de las funciones exponenciales–, la economía convencional relegó la doctrina de Malthus a la más baja reputación. Esto está personificado en el juicio de Mark Blaug en su artículo sobre Malthus en la *International Encyclopedia of the Social Sciences* (IX, p. 551): "La teoría de la población de Malthus es un ejemplo perfecto de metafísica disfrazada de ciencia". Obviamente uno no puede aceptar a Malthus y, al mismo tiempo, predicar la manía del crecimiento.

La verdad es que Malthus no era lo suficientemente malthusiano³⁹, pues no negó que la población pudiera crecer sin límite sino que no lo podía hacer más rápido que los medios de subsistencia. Esta es, en efecto, la esencia de su posición que desafortunadamente lanzó en la forma más vilipendiada: la población crece exponencialmente y los medios de subsistencia sólo linealmente.

Lo que deberíamos retener como algo valioso de Malthus es que el tamaño de la población ejerce una presión sobre los recursos disponibles. Este problema ha sido en gran medida malentendido, con la consecuencia de que una parte importante de la literatura ha crecido alrededor del concepto del óptimo de población. Actualmente, algunos opinan que la tierra podría alimentar a cincuenta mil millones de personas siempre que las mejores técnicas agrícolas se aplicaran a toda la superficie potencialmente cultivable. Lo que estos autores olvidan decirnos es durante cuánto tiempo podría la tierra mantener tal población. De lo discutido en los epígrafes anteriores, uno podría preguntarse durante cuánto tiempo

³⁵ Georgescu-Roegen, N., *Energy and Economic Myths*, capítulo 1.

³⁶ En su *Energy and Society*, New York, McGraw-Hill, 1955.

³⁷ Georgescu-Roegen, *The Entropy Law...*, pp. 17, 278, 283.

³⁸ Véase, Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, p. 960.

³⁹ Georgescu-Roegen, N., *Energy and Economic Myths*, capítulo 1.

podría sobrevivir una población de incluso sólo un millón de habitantes. Las respuestas a estas cuestiones dependen principalmente de los métodos que se utilicen para aumentar los alimentos.

Una agricultura mecanizada con variedades de alto rendimiento recorta la vida de cualquier población, con independencia de su tamaño, porque la agricultura mecanizada con variedades de alto rendimiento constituye –aunque pueda parecer sorprendente– un inmenso despilfarro de recursos⁴⁰. Sustituye factores que dependen principalmente de la radiación solar –animales de carga, estiércol, rotaciones de barbecho – por factores que agotan los recursos terrestres –tractores, gasolina, fertilizantes químicos–⁴¹. No tenemos mejores celdas solares operando a ras de suelo que el caballo, el buey o el búfalo de agua.

También hemos sido cegados por una tercera falacia de la economía convencional –la creencia absoluta en el poder de la tecnología, en el principio de que cualquier innovación tecnológica puede traernos el progreso duradero a la humanidad. Tal creencia es esencial para la manía del crecimiento. Incluso la tecnología– con más frecuencia que lo contrario– se ha movido en contra de la economía de los recursos. Se pueden aportar ejemplos por doquier. Pero cosas tales como automóviles con autoencendido y fotosensibles, o banderas automáticas, palidecen en comparación con la agricultura mecanizada.

No obstante, en este momento posiblemente no podemos volver a una agricultura orgánica, en la que el ser humano deba compartir el suelo fértil con los animales de carga y también conseguir un menor rendimiento por acre. Tal movimiento resulta absolutamente imposible con el actual tamaño de la población –cuatro mil millones– que, sin duda, excede de la capacidad de carga *orgánica* de la tierra. Además, cada año se incorporan ochenta millones de personas más –no todos recién nacidos– que deben ser alimentados. Es como si cada año una nueva Alemania Oriental y Occidental aparecieran en el mundo. Solo para alimentar estas bocas adicionales, la oferta de grano debería aumentar cada año en veinte millones de toneladas. Y la actual producción puede no resultar suficiente para eliminar la malnutrición y el hambre de millones de personas.

IMPLICACIONES DE UN SISTEMA CERRADO PARA LA ECONOMÍA

A la luz de las ideas desarrolladas en estas páginas, ¿qué puede proponer un economista? ¿Debería unirse al coro de economistas convencionales que todavía predica que, venga lo que venga, encontraremos una salida porque la tecnología también crece exponencialmente? ¿Se unirá a ellos para explicar que el mejor de los mundos posibles está al alcance de la mano siempre que los precios sean correctos? ¿O escuchará a su venerada fe en el poder del análisis coste-beneficio? Sugiero que uno no debería hacer ninguna de esas cosas.

La tecnología no puede exceder el límite teórico de la eficiencia establecido hace casi doscientos años por Sadi Carnot, el fundador de la ciencia termodinámica. Ni siquiera es posible alcanzar ese límite. El único progreso milagroso alcanzado por la tecnología es la utilización de nuevas fuentes de energía. Pero aquí debemos ponderar los costes frente a los beneficios. Esperemos que el hombre no sea tan "racional" como para elegir el confort industrial a costa de morir por veneno nuclear. Aunque estemos preocupados por la fusión controlada, se debería recordar que no es sabio construir casas sin escaleras ni ascensores con la esperanza de que la tecnología podrá algún día hacer desaparecer la gravitación. Esperemos primero al milagro.

Probablemente tampoco podemos confiar en el mecanismo del mercado para evitar las catástrofes ecológicas, porque el mercado se basa sólo en los parámetros de la oferta y la demanda de las generaciones

⁴⁰ Georgescu-Roegen, *The Entropy Law...*, pp. 19 y 301-302; *Energy and Economic Myths...*, capítulos 1 y 3.

⁴¹ Este punto omite el hecho agravante de los rendimientos decrecientes de las variedades de alto rendimiento con respecto a la mayoría de los inputs.

actuales, cuyo horizonte es simplemente un breve período en comparación con la vida total del conjunto de la especie. Los precios nunca pueden ser ecológicamente correctos porque las generaciones futuras no están presentes para pujar por los recursos naturales, cara a cara, con las generaciones futuras⁴². Si todas las generaciones futuras pudieran también pujar, probablemente no habría acero disponible suficiente para otra cosa que no fueran arados y hoces. Y aún así, todavía seguimos produciendo generosamente Cadillacs, Rolls Royces y Volgas⁴³.

El análisis coste-beneficio funciona bien cuando existe un conjunto de datos perfectamente conocidos y todo tiene un precio definido en dinero –una situación adecuada a los problemas ordinarios de los negocios empresariales–. Pero si volvemos a los problemas económicos, vemos que no existe un precio para los recursos *in situ*, pues ningún coste monetario elimina la contaminación irreductible, y no existe ningún precio para la vida humana. En este caso, un análisis coste-beneficio sería descaradamente estúpido, incluso considerado como un simple ejercicio con lápiz y papel –tal y como uno puede convencerse por sí mismo leyendo detenidamente la literatura reciente emanada de una fuente tan importante como la Academia Nacional de Ciencias⁴⁴–.

Cuando la oferta se reduce más deprisa que la demanda de necesidades básicas, la única cosa sana que un economista puede hacer –y debe hacer– es regresar al más elemental principio de economizar que es *actuar sobre la demanda*. Esto no significa que todos los esfuerzos por encontrar nuevas vías de aumento de la oferta deban ser desalentados. Sólo significa que uno no debería engañar a la gente haciéndola creer que las innovaciones que marcarán época están a la vuelta de la esquina. El *Proyecto Independencia* es, en efecto, la ilusión más grande. Ninguna nación, ni siquiera el mundo entero, puede alcanzar la independencia. La causa –como he demostrado anteriormente– es que ningún sistema cerrado puede ser un estado estacionario viable, y mucho menos un estado en crecimiento viable.

Desde luego, actuar sobre la demanda implica un cambio en la escala de valores –una hazaña que ha sido la prerrogativa de la historia assolada por catástrofes de variada naturaleza–. Si no diseñamos todavía, al menos, un borrador de programa bioeconómico que se siga lógicamente de los hechos y las ideas expresadas en este ensayo, erraremos en nuestra misión como estudiosos. Permitiremos así que aquellos que ahora escriben los titulares con esquemas sobre el contrabando de entropía adormezcan al mundo con un peligroso sentimiento de seguridad –o de manera similar, remendando el agujero en el codo de la manga con un trozo de tela mayor cortado de los bajos de los pantalones–.

UN PROGRAMA BIOECONÓMICO

A riesgo de ser calificado de utópico (una acusación ante la que me declararé culpable con orgullo y humildad), y a modo de conclusión, sugeriré un viejo programa bioeconómico de mi propia cosecha⁴⁵.

Primero. Debe cesar completamente la producción de todos los instrumentos de guerra. Es de una hipocresía sin parangón prohibir hacer la guerra mientras se continúan produciendo más y más cabezas nucleares como amablemente se acuerda en las reuniones internacionales. La inmensa cantidad de recursos que van a parar a la producción de armamento en el mundo entero podrían, desde luego, ser utilizados en mejores usos.

⁴² Los precios son coordenadas económicas muy limitadas, con independencia de lo que puedan hacer. Dependen de muchas cosas –distribución de la renta, distribución de los recursos, y también de la moda–.

⁴³ Georgescu-Roegen, *The Entropy Law...*, pp. 21 y 304; *Energy and Economic Myths...*, capítulos 1 y 3.

⁴⁴ National Research Council, National Academy of Sciences, *Decision Making for Regulating Chemicals in the Environment*, Washington D.C., 1975).

⁴⁵ *Energy and Economic Myths...*, capítulo 1.

Segundo. La población de cualquier lugar, no sólo de los países sobrepoblados, debe reducirse a los niveles en que pueda ser alimentada solamente con agricultura orgánica.⁴⁶ Desde luego, este paso debe afectar más a los países sobrepoblados. Sólo para hacerse una idea de las dimensiones involucradas en esto, uno debería intentar imaginarse a los Estados Unidos tan densamente poblado como Bangladesh. Tendría no menos de cinco mil millones de habitantes, mil millones más que la población mundial actual. Las dudas sobre la capacidad, incluso de la tecnología estadounidense, para alimentar a tal nivel de población son completamente fundadas.

Tercero. Los países subdesarrollados deben ser ayudados a eliminar el hambre y sus espantosas consecuencias. La práctica actual de seguir enviando comida frente al hambre no contribuye a ello. Los pobres debe ser elevados a un nivel en el que ellos puedan ser alimentados por sí mismos. Y como el hambre, por regla general, habita en los países sobrepoblados, sería un milagro que una agricultura mecanizada con variedades de alto rendimiento funcionará (al menos por algún tiempo). Sin embargo, en contraste con la agricultura orgánica, la agricultura mecanizada es tributaria de una industria muy bien desarrollada. Por eso el eslogan actual debe ser: "En vez de comida, fábricas contra el hambre" –fábricas, no para producir bienes de lujo (como los construidos con la antigua ayuda)– sino para producir tractores, arados y fertilizantes.

No hará falta decir que este programa implica no sólo un auténtico Ejército de Paz sino también la renuncia de los países ricos a su extravagante modo de vida, por no mencionar su manía por el crecimiento. Sin este cambio de verdad, la desigualdad entre los países ricos y pobres es muy probable que aumente, tal y como ilustra la reciente evolución del mercado petrolífero. Como el poder financiero de los países ricos puede fácilmente absorber en la práctica toda la oferta de petróleo, a los países pobres se les deja con menos cantidad. Y esto a pesar de que ellos tienen mucha mayor necesidad de petróleo –para incrementar sus alimentos, no para malgastar el grueso en caprichos extravagantes–.

Cuarto. Mientras esperamos la llegada de una nueva, limpia y abundante fuente de energía para aprovecharla, la población de cualquier sitio debería cesar su exceso de consumo en calefacción, refrigeración, alumbrado o velocidad. Esto principalmente ahorraría energía pero también economizaría materiales. El camino más seguro para lograrlo es rechazar muchas bendiciones de la tecnología bautizadas como progreso. Es este progreso el que justo recientemente nos trajo la nueva cuchilla Gillette que puede ser desechada totalmente cuando las hojas pierden brillo. Lo mismo cabría pensar en la materia-energía despilfarrada en las toneladas y toneladas de material fotocopiado que, cada día, van a parar a la basura sin recibir si quiera una oportunidad.

Quinto, la humanidad debe eliminar sus ansias por lo "más grande y mejor", por el garaje de dos plazas y otras ridiculeces colosales, así como toda la absurdamente contradictoria galería de artilugios espléndidamente ejemplificados por el carro de golf. Quizás un día el progreso tecnológico equipare el carro de golf con un palo de golf activado electrónicamente, o incluso diseñado por control remoto, que le permitiría a uno jugar al golf sentado en el sillón de su casa.

Sexto, deberíamos curarnos a nosotros mismos de la influencia de la moda, esa enfermedad de la mente, tal y como la estigmatizó el Abad Fernando Galliani, el famoso economista del siglo XVIII. Como ya señaló ingeniosamente Oscar Wilde, la moda debe ser una cosa fea si la gente busca cambiarla cada primavera y cada otoño. Ahora hay incluso hasta moda para perros. Aparte de su vaciedad, la moda es probablemente el mayor despilfarro energético en los países desarrollados, e incluso en los no tan desarrollados. Si la gente se curara a sí misma del deseo de cambiar de estilo de ropa cada estación, sus

⁴⁶ La reducción no debería ser demasiado rápida porque la era de las pirámides se podría convertir en algo incluso más anómalo de lo que lo es ahora. Con una proporción excepcionalmente grande de ancianos en comparación con la población trabajadora, cabe esperar un conflicto entre dos generaciones que adquiriera formas extremas tales como la legalización de la eutanasia.

automóviles cada año y el mobiliario de sus casas también cada dos años, los fabricantes tendrían que tener en cuenta las consecuencias y sustituir la obsolescencia planificada por la durabilidad y la reparabilidad.

Séptimo. Deberíamos también curarnos a nosotros mismos de otra enfermedad que he denominado el "síndrome de la maquinilla de afeitarse". Queremos afeitarnos más deprisa y así tener más tiempo para idear una máquina de afeitarse todavía más rápida, de modo que podamos gastar más tiempo en otra todavía más rápida, y así en un interminable y vacío progreso. Debido a esta enfermedad, uno no tiene tiempo para sentirse vivo y quizá ni siquiera para sentir que está muerto. Lo que Alexis de Tocqueville dijo en 1835 sobre los americanos es de aplicación ahora a otros países, especialmente a aquellos que están en los peldaños más altos de la escalera de la riqueza:

"Si sus asuntos privados le dejaban algo de ocio, se sumergía instantáneamente en el torbellino de la política; y si al final de un año de trabajo ininterrumpido se daba cuenta de que tenía unos días de vacaciones, su impaciente curiosidad le hacía deambular por la vasta extensión de Estados Unidos, y viajaba mil quinientas millas en pocos días para sacudirse de encima su felicidad, [así que] la completa felicidad siempre se escapaba de él"⁴⁷.

Este es sólo un programa mínimo. Pero ni siquiera de un programa completo –de ser aceptado por todos–, se podría decir que nos traería el Nuevo Jerusalén. El ser humano tendrá que luchar con la naturaleza para mantener su existencia exosomática, y esta lucha continuará hasta tener sus ramificaciones en el conflicto social y posiblemente también en conflagraciones internacionales. La única esperanza que tiene la ciencia es atenuar estos conflictos, no eliminándolos con recomendaciones puramente técnicas o económicas, sino con la ayuda de una escala de valores realista. Una diferencia fundamental entre el ser humano y otras especies es que las acciones del hombre están guiadas por una escala de valores, debido a que sólo el hombre es plenamente consciente de su existencia.

La humanidad recibió una vez un mandamiento que exigió un cambio en la escala de valores de aquel tiempo: "No matarás". Más tarde, él nos enseñó: "Ama a tu prójimo como a ti mismo". No toda la gente, pero sí una aplastante mayoría, los ha obedecido; y como consecuencia de ello, nuestro disfrute común de esta morada terrestre se ha convertido en algo más tranquilo de lo que podría haber sido de otro modo.

Un precepto apropiado a nuestra época, en la que la lucha del hombre sobre los recursos naturales amenaza la supervivencia de toda la especie, es el siguiente: "Ama a tu especie como a ti mismo" para que la generación actual y la futura puedan disfrutar de la vida plenamente.

Posiblemente ningún conjunto de leyes podría hacerlo por la fuerza, no más de lo que los antiguos mandamientos pudieron haberlo hecho. Los valores pueden cambiarse, si es que se puede, por persuasión, pero no por coerción. Eche un vistazo alrededor del mundo para convencerse de esta verdad.

⁴⁷ *Democracy in America*, editado por J.P. Mayer y Max Lerner, New York: Harper and Row, 1966, pp. 508-509.