

ECONOMÍA Y CIENCIAS DE LA NATURALEZA: ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL LEGADO DE NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN

*Oscar Carpintero Redondo**

El cruce de caminos que significan los aspectos económico-ecológicos (bioeconómicos en sentido amplio) recogidos en la obra de Georgescu-Roegen permite, con la brevedad obligada, vislumbrar algunas de las características de su talante «transdisciplinar». Un talante que está en la base de la revisión practicada por el economista rumano a los fundamentos mecanicistas del enfoque económico convencional —que no sólo afecta al ámbito del consumo, sino también al de la producción—, para lo que se apoyó en las enseñanzas de algunas disciplinas procedentes de las ciencias de la naturaleza, como la termodinámica y la biología.

Palabras clave: *pensamiento económico, economistas, teoría económica, investigación económica, metodología económica.*

Clasificación JEL: *A12, B29, B31, B40.*

1. Introducción

La mayoría de las veces, las relaciones que, como economistas, hemos emprendido con nuestros mayores —incluidos desde autores clásicos a otros más recientes en quienes reconocemos cierta autoridad intelectual— no han podido escapar a un recurrente sentimiento de ambigüedad. Así, del mismo modo que no nos importó apelar a su venerable juicio para otorgar credibilidad y raigambre histórica a la última de nuestras aportaciones, tampoco tuvimos inconveniente en desacreditar como «ya superadas» las novedades teóricas que hundieron sus raíces en aquella respetable tradición que poco antes se defendía. El panorama se complica aún más cuando encontramos en nuestro camino algún «clásico» que, simultáneamente, es reclamado por

diversas disciplinas o por diferentes tradiciones dentro de un mismo saber científico. El destino de estos últimos suele variar entre el mayor de los ostracismos o el sincero reconocimiento de la comunidad académica.

Algo de lo anterior se vislumbra a través de un recorrido por el pensamiento de un científico social como Georgescu-Roegen, al que sin dificultades podemos denominar como uno de los economistas eminentes de nuestro siglo¹. Dicho recorrido es necesario si pensamos que el maltrecho diálogo «transdisciplinar» —y en particular el de la economía con las ciencias de la naturaleza— al que poco a poco se someten los diferentes saberes, puede encontrar algunas ventajas nada despreciables en el conocimiento de las aportaciones de uno de sus más relevantes cultivadores en el presente siglo.

* Departamento de Historia e Instituciones Económicas y Economía Aplicada. Universidad de Valladolid.

¹ Dicho adjetivo se puede deducir del libro editado por Michael SZENBERG (1992).

Ahora bien, al traer a colación la anterior reflexión queremos precisamente advertir, en primer lugar, que la recepción de las últimas enseñanzas de Georgescu-Roegen por la mayor parte de los economistas no ha sido un hecho que pueda calificarse fácilmente como un acontecimiento académico. Por un lado, mientras la labor investigadora del economista rumano discurrió por los cauces que marcaba el afianzamiento matemático de la Economía —en campos como la teoría del consumo o el análisis *input-output*—, sus contribuciones no dejaron de recibir el beneplácito de sus compañeros. Sin embargo, cuando el sentido del rigor y las preocupaciones epistemológicas llevaron a Georgescu-Roegen a impugnar el dogma mecanicista en economía, su acercamiento a ciencias de la naturaleza tales como la termodinámica y la biología fue contemplado con indiferencia por el conjunto de sus compañeros de profesión. No en vano —como reconoce Mark Blaug— «... las últimas obras de Georgescu-Roegen no han sido bien recibidas o, mejor dicho, han sido respetuosamente recibidas y rápidamente dejadas de lado. Debido a diversas y complejas razones, por no mencionar el difícil estilo en que se han escrito y las amenazantes referencias que contienen respecto de los desarrollos teóricos producidos en la física y en la biología, esas obras no han sido realmente objeto de discusión crítica alguna por parte de los economistas» (Blaug, 1985: 71). Se comprende, entonces, que siga teniendo sentido la amarga queja formulada por uno de sus discípulos, Herman E. Daly, cuando apelaba al dilatado tiempo que, al parecer, aún pueden seguir los economistas neoclásicos ignorando las aportaciones de Georgescu-Roegen (Daly, 1997).

Aunque se trataba de una actitud más o menos generalizada, esto no fue óbice, sin embargo, para que a comienzos de la década de los setenta, con motivo de la jubilación del economista rumano, la *American Economic Review* mostrase —en el frontispicio de su número de junio de 1972— su agradecimiento del siguiente modo: «A Nicholas Georgescu-Roegen, el estudioso, el maestro, el humanista, le rendimos tributo como a un auténtico hombre del Renacimiento». Admiración ésta que venía a sumarse al tantas veces citado elogio vertido por su compañero Paul Samuelson que le calificaba como «... erudito entre los eru-

ditos, economista entre los economistas» (Samuelson, 1965). Deberían, pues, bastar los rasgos aquí destacados para fijar la atención sobre la obra de un autor que, nacido en 1906, de agitada vida, y fallecido en 1994, fue capaz de imprimir a su quehacer científico un cariz peculiar en lo teórico y un matiz pionero en sus propuestas prácticas².

2. Sobre la «trabazón del mundo»: economía y transdisciplinariedad

Al llegar a las postrimerías de una dilatada trayectoria profesional y académica, no es casualidad que las mentes científicas más poderosas se embarquen en reflexiones y especulaciones generales sobre el alcance y las limitaciones de los conocimientos a los que han dedicado los mejores años de su vida. En un libro ya famoso, de mediados de la década de los cuarenta, uno de los físicos de mayor renombre del presente siglo, Erwin Schrödinger, explicaba la encrucijada que le había llevado a adentrarse en la reflexión de temas y aspectos trascendentales que, a menudo dejados al margen, tienen, sin embargo, la mayor importancia. «Por un lado —escribía el científico austriaco en 1944— sentimos con claridad que sólo ahora estamos empezando a adquirir material y confianza para lograr soldar en un todo indiviso la suma de los conocimientos actuales. Pero, por el otro, se ha hecho poco menos que imposible para un solo cerebro dominar completamente más que una pequeña parte especializada del mismo. Yo no veo otra escapatoria frente a este dilema (si queremos que nuestro verdadero objetivo no se pierda para siempre) que la de proponer que algunos de nosotros se aventuren a emprender una tarea sintetizadora de hechos y teorías, aunque a veces tengan de ellos un conoci-

² A consecuencia de una larga enfermedad y de manera previsible, muere Georgescu-Roegen el 30 de octubre de 1994. El lector interesado en profundizar en los aspectos biográficos, con un apretado repaso a su obra, puede consultar los siguientes textos: GEORGESCU-ROEGEN (1994); ZAMAGNI, S. (1986); DRAGAN, J.; DEMETRESCU, M.A. (1991); GRINEVALD, J. (1996); MANESCHI, A.; ZAMAGNI, S. (1997); MARTINEZ-ALIER, J. (1994, cap 1).

miento incompleto e indirecto, y aun a riesgo de engañarnos a nosotros mismos» (Schödinger, 1944; 13-14)³.

La aguda reflexión de Schrödinger pretendía poner en aviso al lector sobre los beneficios de la incursión de un físico en el mundo de la biología y otras ciencias de la naturaleza; intuyendo, de paso, que el sensato consejo metodológico expuesto bien podía extenderse a las disciplinas sociales. A pesar de la llamada de atención, han sido sólo unos pocos los economistas inspirados por las palabras del físico austriaco, de manera que la historia particular de las relaciones para el caso que aquí nos ocupa entre la economía y las ciencias de la naturaleza fue un terreno apenas frecuentado por un puñado de pioneros olvidados o por maestros recientes no del todo reconocidos⁴. No resulta del todo ocioso, pues, traer a colación la figura de un economista como Georgescu-Roegen, que puso especial empeño por anudar lazos entre las ciencias sociales y las de la naturaleza para, con ello, «... hacernos conscientes de la trabazón del mundo» (Margalef, 1997: 1). Tal fue, en efecto, la ambición de este economista rumano exiliado en los Estados Unidos por cruzar los límites convencionales que como él mismo reconoce en un pasaje con ecos schrödingerianos: «Tuve que aventurarme en un vasto territorio situado más allá de los límites de la economía, territorio para el que no poseo los conocimientos adecuados. Sin embargo, consideré que merecía la pena asumir el riesgo. La aventura marca probablemente un comienzo, y

todo comienzo debe llevarse a cabo por alguien» (Georgescu-Roegen, 1966).

Vista así, su apuesta, qué duda cabe, fue arriesgada. Esa recomposición de fragmentos elaborados a partir de análisis parcelarios llevaba aparejada una tarea transdisciplinar para la que nuestro economista tuvo que construir, con sus propios medios, parte del aparato conceptual necesario. Georgescu no parecía mal equipado para este cometido, pues a la suficiente preparación en su propio campo de estudio, sumaba una importante amplitud de miras y una considerable erudición. Así las cosas, era inevitable que dicha capacidad llevara consigo —recogiendo la sugerencia efectuada más tarde por Louis Dumont— «... (el) cabalgar alegremente ciertas fronteras académicas» (Dumont, 1982: 9); abrirse a los argumentos de los otros, sean éstos economistas, biólogos o físicos, y aprender de una fertilización cruzada entre todos ellos. Frente al riesgo asociado a dicha labor, vale la pena recordar las palabras de otro economista que en los últimos veinte años se ha distinguido también por un fértil trabajo transdisciplinar. «Nadie —señala René Passet— escribe sin asumir riesgos. Si, en aras de la pureza disciplinar, nos negáramos todos a aventurarnos en las zonas de intersección, donde las delimitaciones científicas tradicionales pierden su vigencia, nunca se abordarían determinados problemas» (Passet, 1996: 49)⁵. Aunque en otro contexto, parecida reflexión y similitud en el diagnóstico rondaba en la mente de John Hicks cuando, con cierta ironía, afirmaba que «... debido a que el campo de los fenómenos con los que trata la economía es tan estrecho, los economistas están continuamente dándose de cabezazos contra sus límites» (Hicks, 1979: 22. Citado por Aguilera, 1996: 18). Traspasar dichos límites que separan a las diferentes ciencias naturales y a la economía ha sido el propósito de un «reciente» enfoque —la economía ecológica— en cuya gesta-

³ Reflexión, por otro lado, complementaria de la que efectuó con una década de antelación el Juan de Mairena machadiano: «Cuando el saber se especializa, crece el volumen total de la cultura. Esta es la ilusión y el consuelo de los especialistas. ¡Lo que sabemos entre todos! ¡Oh, eso es lo que no sabe nadie!». (MACHADO, 1936: 45).

⁴ Entre ellos figuran, como precursores más o menos conscientes de Georgescu-Roegen, pensadores tales como el químico Frederick SODDY, el urbanista Patrick GEDDES o el médico con preocupaciones agrícolas Sergei PODOLINSKY. Una selección de textos de estos autores puede consultarse en: MARTINEZ ALIER, J, (ed), (1995). En este sentido, la colección «Economía y Naturaleza» en su serie *Textos Básicos* (que la Fundación Argentaria coedita con Visor-Distribuciones) está contribuyendo a recuperar esa corriente de autores que trataron de establecer puentes entre economía y ciencias de la naturaleza sin que sus aportaciones fueran debidamente valoradas por la comunidad científica. Entre los volúmenes de esta colección figura el libro básico de GEORGESCU-ROEGEN, *La ley de la entropía y el proceso económico*.

⁵ De la misma opinión es el prestigioso ecólogo Ramón MARGALEF, quien en una reciente entrevista, quejándose de la compartimentación de los saberes científicos, sostenía que «... las cosas interesantes siempre están en la frontera». Entrevista a Ramón Margalef, *Mientras Tanto*, número 68-69, página 18.

ción tuvo mucho que ver el economista rumano. Definida expresamente como un campo de investigación transdisciplinar, su objetivo descansa en «... la comprensión de las relaciones entre los ecosistemas y los subsistemas económicos en su acepción más amplia» (Costanza, 1989: 1). Pues bien, es en esa zona de frontera e intersección entre la biología, algunas partes de la física como la termodinámica y, por último, la economía, donde desempeñó su labor Nicholas Georgescu-Roegen. Será precisamente con estos mimbres con los que el economista rumano emprenderá la construcción de ese edificio transdisciplinar, comenzando por la revisión sistemática de los fundamentos mecanicistas y «aritmomórficos»⁶ del enfoque económico ordinario.

3. El declive de la metáfora «fisiológica» y el ascenso de la analogía «mecánica»

Y en esta revisión es importante recordar que, en el plano metodológico, el gozne histórico protagonizado por el último cuarto del siglo XIX, significó un momento de cambio para la

economía. Un viraje éste que asentó sus cimientos sobre la conocida declaración de fidelidad que los máximos representantes de la corriente neoclásica (Jevons, Walras, ...) realizaron respecto de la mecánica clásica que dio forma al grueso de la revolución científica de los siglos XVI y XVII, y que tuvo como protagonistas destacados a Newton y Galileo⁷. En efecto, la analogía «fisiológica» utilizada tiempo atrás por los fisiócratas a la hora de estudiar el sistema económico, y que aún continuará con dificultades en algunos autores clásicos, es sustituida, ya bien entrada la centuria, por una analogía «mecánica». Al abrigo de esta modificación, las formulaciones teóricas de los economistas descansarán, sin excesivos problemas, sobre hipótesis que apelan a sociedades atomísticas donde los individuos se mueven impulsados por fuerzas como la maximización de la utilidad o del beneficio; amparados, a su vez, por un mercado en el que se fusionan armónica y óptimamente todos los intereses⁸.

Siguió siendo tal la influencia del dogma mecanicista en economía durante el presente siglo que, todavía en 1971, cuando la propia física ya había reformulado tiempo atrás su paradigma a tenor de las aportaciones de Einstein y Planck, era válida aún —y todavía no ha perdido un ápice de vigor— la afirmación con la que Georgescu-Roegen abrió su principal contribución: «Ninguna otra ciencia sino la economía ha sido criticada por sus propios servidores de forma tan abierta y tan incesante. Los motivos de insatisfacción son numerosos, pero el más importante de ellos tiene que ver con la ficción del *homo oeconomicus*. El principal motivo de queja es que tal ficción despoja a la conducta humana de toda propensión cultural, lo que equivale a decir que, en su vida económica, el hombre actúa mecá-

⁶ Para Georgescu, los conceptos aritmomórficos se caracterizan —a imagen y semejanza de los números— por mantener su individualidad respecto del resto de conceptos, no superponiéndose a sus contrarios. Esto es: poseen una distinción discreta (v.gr. los entes matemáticos en general) y son invariantes en el tiempo y el espacio. Por ejemplo, el concepto matemático de «cuadrado» es el mismo en la actualidad que en la época de Euclides. Por otro lado, existe un gran número de conceptos que, a diferencia de los anteriores, sufren modificaciones en su contenido y se superponen a sus opuestos a través de una «penumbra dialéctica», invalidando el principio lógico de no-contradicción, es decir, se hace difícil su definición precisa no sólo para todo tiempo y lugar, sino también en un mismo momento histórico. Ejemplos de esta clase los constituyen la democracia, las necesidades, la juventud, la vejez, etcétera. A diferencia de los anteriores que no experimentan modificaciones, los conceptos dialécticos son cambiantes y evolucionan. Es decir, a juicio de Georgescu, en el estudio cabal de realidades sujetas a transformaciones cualitativas (como el proceso económico) la utilización de nociones dialécticas se convierte en algo tan imprescindible para el análisis como lo puede ser el uso del andamiaje matemático. (Véase GEORGESCU-ROEGEN, 1996 [1971]: 91 y ss). Tal fue la importancia de una distinción que, tempranamente, obligó a Georgescu a reconocer una verdad amarga para un científico que viene de la más pura tradición formalista, a saber: «... (que) existe un límite a lo que podemos hacer con los números, del mismo modo que lo hay a lo que podemos hacer sin ellos» (GEORGESCU-ROEGEN, 1966: 275).

⁷ Un tratamiento exhaustivo de las relaciones entre la mecánica clásica y la economía neoclásica puede verse también en NAREDO (1987: 186-221 y 276-335) y MIROWSKY (1989: 193-275).

⁸ Conviene, no obstante, tener en cuenta que una cosa es realizar un acercamiento a los principios metodológicos de la mecánica clásica como una parte de la Física, y otra muy distinta reformular adecuadamente los conceptos y resultados de la propia disciplina a la luz de las conclusiones obtenidas por las ciencias de la naturaleza y que condicionan las posibilidades del mundo material en el que opera la economía.

nicamente» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 45). Incluso esta crítica podría encontrar eco en algunas cautelas formuladas por uno de los mayores exponentes del mecanicismo en economía, F. Y. Edgeworth, cuando en su célebre *Mathematical Physics* hacía referencia al «aislamiento poco amable» al que está sometido ese *homo oeconomicus* de la teoría convencional. La llamada de atención roegueniana entronca, así, con una fértil tradición que nada tendrá que envidiar a las páginas escritas sobre la «sabiduría convencional» por Galbraith, los «tontos racionales» de Amartya Sen o la «economía triste» de Tibor Scitovsky. Pero no es únicamente frente a la teoría neoclásica del consumo hacia la que apuntarán las consideraciones críticas de Georgescu, pues el pecado mecanicista de la ciencia económica es «... mucho más profundo de lo que esa crítica insinúa, ya que el defecto sigue estando presente incluso aunque se contemple el proceso económico desde un punto de vista puramente físico» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 45).

Esta proliferación y afianzamiento del enfoque mecanicista condujo, pues, a una concepción del proceso económico como un sistema aislado o un flujo circular donde todo lo producido es consumido, y viceversa: un movimiento pendular que no altera los fundamentos del entorno, un *perpetuum mobile* auto-suficiente y totalmente reversible en el tiempo y el espacio. Los cambios producidos son sólo estrictamente cuantitativos y, por lo tanto, pueden ser mensurables. De hecho —como recordaba Schumpeter a comienzos de siglo, apelando a las enseñanzas de John Bates Clark—: «... en sentido estricto, es preciso considerar (los factores productivos) no en su forma efectiva, tantos arados, tantos pares de botas, etcétera, sino como fuerzas productivas acumuladas que pueden transformarse en cualquier momento y, *sin pérdida o fricción*, en las mercancías específicas deseadas» (Schumpeter, 1912: 23-24 n)⁹. Será aquí, pues, donde encuentren especial acomodo los conceptos aritmomórficos como algo indispensable para la evolución y el desarrollo de la propia teoría, claramente expre-

sada (como también ampliamente reconocida) en la noción de equilibrio económico, esto es: aquella situación a la que tenderán las «fuerzas» económicas después de una perturbación exógena, es decir, que el movimiento de estas fuerzas será pendular, de ida y vuelta¹⁰.

La oposición de Georgescu a la aplicación generalizada del enfoque mecanicista clásico por parte de la teoría económica le obligó a desbrozar el camino de denuncia de aquellas herramientas matemáticas y explicaciones que encontraban acomodo bajo esa visión. Denuncia que, a diferencia de otros críticos de la economía convencional, el rumano realizaba desde su posición de «estadístico convertido en economista», que realizó su tesis doctoral en 1930 sobre «El problema de la búsqueda de los componentes cíclicos de un fenómeno» (dirigida por Emile Borel), y contribuyó en buena medida al análisis axiomático de la teoría neoclásica del consumo (Georgescu-Roegen, 1966 [1936]: 133-170). Fue precisamente esta circunstancia la que le llevó a mostrar, en varias ocasiones, sus cautelas a la proliferación y abuso de las técnicas formales para resolver insuficiencias teóricas y de fundamento de la Economía¹¹. Dicho abuso desembocaba, según Georgescu, tanto en la elaboración de modelos matemático-imaginativos, «... fundados en uno o varios supuestos carentes en absoluto de valor operativo fuera de la secuencia lógica que se hace en el papel» (Georgescu-

¹⁰ Con independencia de la posibilidad de que las fuerzas económicas tiendan empíricamente o no hacia esa situación de equilibrio, algunos, con «saludable» ironía, albergan dudas sobre la deseabilidad de semejante circunstancia. «El cuerpo de un ahorcado escribe un economista tan ponderado como Schelling está en equilibrio cuando finalmente deja de balancearse: empero, nadie va a insistir en que el hombre se encuentra bien». SCHELLING, T.C (1978: 24).

¹¹ A título de ejemplo clarificador y discutiendo la validez epistemológica de las funciones que describen el crecimiento de la producción, escribe Georgescu: «(una) función ficticia es $Q = F(k, h, t)$ en la que t supuestamente representa el progreso tecnológico. Varios economistas tradicionales han empleado la derivada parcial de F con respecto a t , pasando por alto el hecho de que ni la función F ni los argumentos k, h , son los mismos en 1980 que en 1960: $F_{1980}(K_{80}, H_{80}) - F_{1960}(K_{60}, H_{60})$ no constituye una diferencia sobre la que se base la derivada. Esto demuestra que ni siquiera en matemáticas se puede prescindir de la epistemología». GEORGESCU-ROEGEN (1994:168). Véase también: GEORGESCU-ROEGEN (1977a) y GEORGESCU-ROEGEN (1996 [1971]: 151, 407, 401, 413-414).

⁹ Énfasis nuestro.

Roegen, 1974: 235), como en la realización de modelos mecánico-descriptivos, que «... al igual que la mecánica, (...) reducen la esencia de todos los fenómenos a algunos movimientos, (..) movimientos económicos, (que) en esencia siguen siendo movimientos a causa de su reversibilidad. Es cierto —continúa Georgescu— que ningún economista ha sugerido jamás que un proceso de producción pueda invertirse para convertir [por ejemplo] los muebles otra vez en árboles. Pero la teoría clásica de los ciclos económicos se asienta sobre la idea de que todo proceso económico puede regresar a cualquier posición anterior siguiendo la misma ruta en sentido contrario» (Georgescu-Roegen, 1974: 236).

Así pues, la investigación del economista rumano servirá también no sólo para complementar las viejas críticas a la teoría del consumo, sino para arrojar luz sobre aquellos aspectos que, dejados al margen en las anteriores discusiones centradas en las cuestiones de la utilidad marginal, no incidieron sobre las insuficiencias que presentaban las explicaciones del proceso económico y de la economía de la producción en particular.

4. «Una física con valor económico»: la relevancia de la termodinámica para la economía

No obstante, si queremos hablar de la analogía mecánica y las posteriores relaciones entre la termodinámica y la economía es de justicia reconocer que una parte de la primera de esas disciplinas sirvió durante mucho tiempo como argumento teórico para los defensores de esta analogía en economía. En efecto, el primer principio de esta ciencia (principio de conservación de la energía), al mostrar que la energía ni se crea ni se destruye sino que sólo se transforma, dio alas para concebir el proceso económico como esa corriente circular que va desde la producción al consumo y viceversa, autoalimentándose a sí misma. El problema, sin embargo, se presenta cuando el segundo principio (ley de la entropía) entra en escena. Lo que establece dicha ley es, precisamente, que el sentido en que se realiza la transformación de la energía es único: la energía se transforma siempre de

energía disponible (para el aprovechamiento humano) en energía no disponible o disipada, y nunca viceversa¹² (no podemos convertir de nuevo la energía no disponible en energía disponible para volver a obtener trabajo. Si esto fuera posible nos dice Georgescu-Roegen reiteradamente podríamos quemar un pieza de carbón una y otra vez para conseguir energía indefinidamente y convertirla en trabajo en un proceso sin fin). Esta circunstancia ha sido, tal vez, la que ha llevado a afirmar a algunos científicos naturales, preocupados por las implicaciones económicas de su disciplina, que la termodinámica «... es tan sólo el conjunto de principios que rigen la contabilidad con la que se sigue el rastro de la energía conforme sufre dichas transformaciones» (Ehrlich, *et al.*, 1977; 56). Por lo tanto, y esto es lo relevante, si una parte de la energía siempre se dispersa en forma de calor no utilizable, las transformaciones energéticas nunca pueden ser eficientes al cien por cien. «Lo que se consume cuando usamos energía escriben los esposos Ehrlich no es la energía en sí misma, sino su disponibilidad» (Ehrlich *et al.*, 1977: 57). El mismo argumento pone de manifiesto, a su vez, el carácter limitado del progreso tecnológico como remedio a la escasez de energía y materiales. «No sólo son finitos los recursos accesibles —escribe Georgescu-Roegen— sino que también la ley de la entropía fija un límite definido a la eficiencia que puede alcanzar el progreso tecnológico. La tecnología más avanzada no puede obtener de un pedazo de carbón más trabajo útil que la energía libre contenida y, en verdad, ni siquiera eso» (Georgescu-Roegen 1996 [1971]: 297).

Ahora bien, desde el momento en que el primer principio excluye por definición una variación o cambio cuantitativo, la conclusión únicamente puede ser, entonces, que el cambio experimentado por la materia y la energía debe ser un cambio cualitativo (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 49). Y, puesto que la dimensión cualitativa de los fenómenos es difícilmente reducible a rasgos aritmomórficos, no queda otra alternativa que reco-

¹² Una estructura presentará alta entropía cuando toda o la mayoría de su energía sea no disponible o, por el contrario, una estructura poseerá baja entropía cuando la mayoría de su energía sea disponible.

nocer, como hace el autor rumano, el carácter dialéctico (cualitativo) de la ley de la entropía, y limitar, de paso, el alcance de la analogía mecánica para explicar el funcionamiento del proceso económico.

No en vano, Georgescu se propone hacer operativas en este terreno tanto las enseñanzas del ingeniero Sadi Carnot (precursor de la termodinámica) al que considera como «el primer econométra», como las reflexiones del ya citado Erwin Schrödinger sobre el mantenimiento de la vida a través de la absorción de baja entropía del entorno para transformarla en alta entropía. La lección que obtiene, pues, Georgescu-Roegen de este análisis, y que más tarde se ha convertido en un pilar básico de la moderna economía ecológica con respecto al papel de la entropía, es que dicha noción «... establece la distinción cualitativa que debieran de haber hecho hace ya bastante tiempo los economistas entre los *inputs* de recursos introducidos en un proceso productivo, y que son valorables (baja entropía), y el *output* final de desechos (alta entropía) que son invalorable» (Georgescu-Roegen, 1972: 9). Esta circunstancia permite, por tanto, afirmar un hecho relevante para el economista, a saber: «...que la nueva ciencia de la termodinámica comenzó como física del valor económico y, en esencia, puede seguir contemplándose en ese sentido» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 47). Así pues, si establecemos una conexión, más o menos directa, entre el concepto de valor económico y el de escasez objetiva (posee valor económico aquello que es escaso), podemos afirmar que la baja entropía constituye una condición necesaria para que una cosa tenga valor, aunque esta condición no sea suficiente. La relación entre el valor económico y la baja entropía aparece como similar a la establecida entre el precio y el valor. Aunque todo aquello que tiene asignado un precio es porque, de hecho, posee valor; existen, no obstante muchos bienes que poseen alto valor pero no tienen establecido un precio (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 354).

A la vista de la anterior afirmación, conviene precaverse ante algunas lecturas apresuradas sobre la interpretación entrópica del proceso económico realizada por Georgescu-Roegen, y que han dado lugar a comentarios equivocados sobre el significado

de su obra en conjunto. Así, en algunos momentos se le ha llegado a caracterizar como un «energetista» cuyo único afán era sustituir la unidad monetaria por un indicador análogo en términos energéticos. A pesar de la denuncia reiterada de Georgescu contra el «dogma energético» y la reducción del proceso económico a «unas cuantas ecuaciones termodinámicas»¹³, todavía hay quienes, de forma incomprensible, siguen acusando a este autor de proponer la ley de la entropía como «... la base de una nueva teoría energética o entrópica del valor» (Young, 1991: 170)¹⁴.

Más bien hay que señalar la forma en que el juicio crítico del economista rumano se extendió hacia la labor realizada por los termodinámicos quienes, según la opinión de Georgescu, al centrarse exclusivamente en el ámbito de la energía habrían prestado «escasa» atención a la esfera de los materiales. Esta circunstancia hizo presentar al autor rumano su cuarta ley de la termodinámica¹⁵, donde extendía los postulados sobre la transformación de energía al campo de los materiales, obteniendo dos tipos de estado para la materia, según estuviéramos al principio (disponible) o al final del proceso productivo (no disponible), con los consiguientes atributos de irrevocabilidad e irreversibilidad (Georgescu-Roegen, 1983: 840). Es cierto, no obstante que, desde el punto de vista termodinámico, el reciclaje completo de materiales sería físicamente posible si tuviéramos a nuestro alcance la necesaria cantidad de energía disponi-

¹³ Véase, por ejemplo, nota 14 *infra* o también: GEORGESCU-ROEGEN, N. (1983).

¹⁴ Para demostrar hasta qué punto son falsas las acusaciones de «energetista» asociadas con Georgescu, convendrá recordar el siguiente pasaje: «La representación por medio de (un) sistema termodinámico de un proceso dado de producción o de consumo puede ayudar a un ingeniero, quizá también a un experto en administración, a decidir qué proceso puede ser más eficiente en términos entrópicos. Sin embargo, la vía por la que el reconocimiento del carácter entrópico del proceso económico puede iluminar al economista en su calidad de estudioso del hombre no discurre a través del sistema matemático que reduce todo a entropía (...) En mi opinión, lo que hace es mucho más importante: al mejorar y ampliar nuestra comprensión del proceso económico, puede enseñar a todo aquel dispuesto a prestar atención, cuáles son los mejores objetivos de la economía humana». *Vid.* GEORGESCU-ROEGEN, (1996, (1971): 63).

¹⁵ La tercera ley establece que no es posible conseguir el cero absoluto de temperatura con un número finito de operaciones.

ble. El problema desde el punto de vista práctico —como ya han señalado muchos autores—, es que tal gasto de energía supondría un tremendo incremento de la entropía del medio ambiente que se pagaría en términos de insostenibilidad de la biosfera. La conclusión se deja obtener sin demasiada violencia: el reciclaje completo es, de hecho, imposible. La ley de la Entropía nos dice que, como consecuencia de su degradación, la materia-energía no puede reciclarse nunca al cien por cien para aprovecharla indefinidamente¹⁶. Al mantenimiento de la creencia contraria es a lo que el autor rumano denominó, precisamente, «dogma energético».

Después de una década de silencio casi absoluto en torno a la propuesta roegueniana, a comienzos de la década de los noventa tuvo lugar, en las dos principales revistas ocupadas de las relaciones entre la economía y el medio ambiente, una controversia algo tardía sobre el enunciado de esta ley y su relevancia para la economía de los recursos naturales¹⁷. Por contra, el silencio posterior de los termodinámicos ante la aportación del economista rumano tenía cierta lógica, pues al callar reconocían la generalidad de un comportamiento poco llamativo por usual: «... (que) hoy en día, los físicos aplican de manera rutinaria la primera y la segunda ley de la termodinámica tanto a la energía, como a la materia» (Faber *et al.*, 1996: 117). Afortunadamente, en la actualidad ya parecen más calmadas las aguas de la discusión, argumentándose que la degradación de la materia y sus consecuencias económicas y ambientales son un mero corolario del segundo principio y no es necesario enunciar otra nueva ley para su análisis.

¹⁶ A Georgescu-Roegen le gustaba poner un ejemplo impactante. ¿Sería posible volver a reunir todos las pequeñas partículas de los neumáticos de los coches que por el rozamiento con la calzada se dispersan por todo el territorio? ¿Cuánta energía sería necesaria para llevar a cabo esa operación? ¿Tendría sentido económico y energético llevarla a cabo?

¹⁷ Uno de los últimos momentos de la controversia tuvo lugar simultáneamente en 1991 tanto en la revista *Ecological Economics*, como en el *Journal of Environmental Economics and Management*. Como planteamiento en contra de la relevancia de la ley de la entropía para la economía puede consultarse: YOUNG, J. (1991), KHALIL, E. (1990) y KHALIL, E. (1991). A favor de su relevancia véase: DALY, H. (1992) y TOWNSEND, H. (1992) y LOZADA, G. (1991).

5. La economía de la producción a la luz de la ley de la entropía: la recuperación de la metáfora «fisiológica»

Ahora bien, cuando Georgescu-Roegen, variando el rumbo teórico, incorpora el concepto de entropía a su análisis está reflejando una limitación física básica común a todas las leyes de la naturaleza para el desarrollo del proceso económico. Si, como economistas, estamos interesados en obtener una representación analítica válida de lo que sucede en los procesos económicos de producción de mercancías, entonces no tendremos más remedio que incorporar las restricciones termodinámicas necesarias a las herramientas explicativas correspondientes. Para emprender esta tarea, nuestro autor comienza por criticar la versión neoclásica de la función de producción, que arranca de la formulación de Wicksteed a finales del siglo pasado y que llega hasta los manuales de microeconomía modernos, como el mecanismo a través del cual unas cantidades determinadas de factores productivos (X, Y, Z, \dots) pueden ser transformados en una cantidad equivalente de producto final (P). A diferencia de lo que ocurre con otros procesos del mundo físico, el tiempo no aparece de manera explícita en esta formulación [$P = F(X, Y, Z, \dots)$]. Más tarde se propuso que la variable temporal hiciera acto de presencia *implícita* en forma de factores y producto por unidad de tiempo [$p = f(x, y, z)$] hecho éste, que provocó algunas inconsistencias en la explicación del proceso a estudiar. En efecto, fue Georgescu el que puso de manifiesto un importante resultado: al considerar ambas expresiones como explicación de un mismo proceso productivo, se llega fácilmente a la conclusión paradójica de que absolutamente todos los procesos de producción son indiferentes a la escala¹⁸.

¹⁸ Con la ayuda del álgebra elemental se observa lo siguiente: siendo $P = tp$; $X = tx$; $Y = ty$, ... se tiene que: $tf(x, y, z, \dots) = F(tx, ty, tz, \dots)$, y como esa relación debe ser cierta para todo t tenemos que ambas funciones, f y F , son la misma: $f(x, y, z, \dots) = F(x, y, z, \dots)$ y que dicha función es una función homogénea de primer grado. En consecuencia, el supuesto tácito de que ambas expresiones son equivalentes a la hora de explicar un proceso de producción nos lleva a la conclusión de que los rendimientos a escala son constantes para todos y cada uno de los procesos productivos. *Vid.* GEORGESCU-ROEGEN, N. (1965: 75). También en: GEORGESCU-

Entretanto, mientras la mayoría de los economistas convencionales optaban por la utilización de la analogía mecánica derivando de ello la formulación de modelos «matemático-imaginativos» o «mecánico-descriptivos» Georgescu recuperaba la antigua tradición «fisiológica» y esbozaba un enfoque analítico-fisiológico donde la diferencia con los modelos precedentes estriba en «... la forma detallada en que se describen las interrelaciones existentes entre los diversos componentes del proceso bajo consideración, y la atención prestada al cambio cualitativo inherente a todo proceso real» (Georgescu-Roegen, 1974: 236). Interrelación y cambio cualitativo serán, pues, los elementos fundamentales de la nueva visión del proceso económico. Así, la imagen analítica de la fisiología del proceso de producción incluye, para cada componente (factor o producto), una función dependiente del tiempo que muestra las cantidades que han cruzado la frontera $[0, T]$ que define el proceso. Ahora, la expresión matemática que lo describe deja de ser una función-punto (que muestra una relación entre variables), y pasa a convertirse en un funcional, es decir una relación entre funciones: $P_0^T(t) = F[X_{i_0}^T(t), Y_{i_0}^T(t), \dots]$. Bajo estas premisas y para articular la explicación, Georgescu elabora un modelo de flujos-fondos en el que toman cuerpo los diferentes elementos que intervienen en el proceso.

Una vez más, el sentido del rigor obligó al economista rumano a definir con precisión los conceptos utilizados en el vocabulario económico, y a denunciar por ello las inconsistencias de algunos de ellos con amplia aceptación, como el de *stock*, dando cabida a otros más apropiados, como el de fondo¹⁹.

ROEGEN, N. (1969: 61), o en GEORGESCU-ROEGEN, N. (1970: 37). Una visión ampliada también a otras cuestiones puede encontrarse en: GEORGESCU-ROEGEN, N. (1996 [1971], capítulo IX).

¹⁹ «Habría que resaltar —escribe Georgescu— la diferencia existente entre el concepto de *stock* y el de fondo, no fuese que los duros hechos de la vida económica se distorsionasen a costa de todos. Si el recuento muestra que una caja contiene veinte caramelos, podemos hacer felices a veinte chicos hoy o mañana, o a algunos hoy y a otros mañana, etc. Pero si un ingeniero nos dice que una habitación de un hotel durará probablemente unos mil días más, no podemos hacer felices *ahora* a mil turistas sin habitación. Únicamente podemos hacer feliz a uno hoy, a un segundo mañana y así sucesivamente hasta que la habitación se derrumbe. (...) El uso

Desde esta perspectiva, se establece una distinción clara entre las funciones que tienen un carácter de flujo de aquellas otras que mantienen un comportamiento como fondos (en términos físicos). A este respecto se consideran como elementos de fondo la tierra en sentido ricardiano, $L(t)$; el capital en sentido propiamente dicho, $K(t)$; y la fuerza de trabajo, $H(t)$. Dentro de los elementos de flujo, distingue Georgescu entre *inputs* de recursos naturales (energía solar, lluvia, aire, recursos minerales en los yacimientos, etcétera), $R(t)$; los flujos de materiales procedentes de otros procesos, $I(t)$; y los flujos necesarios para el mantenimiento del equipo de capital, $M(t)$. A continuación nos encontramos con el flujo de salida de producto, $Q(t)$, y el de residuos, $W(t)$. De esta forma, la función de producción neoclásica se transforma así en la siguiente expresión:

$$O_0^T(t) = F[R_0^T(t), I_0^T(t), W_0^T(t), M_0^T(t), L_0^T(t), K_0^T(t), H_0^T(t)]$$

Si retomamos, ahora, lo dicho con anterioridad en relación con la ley de la entropía y la explicación del proceso económico, observaremos la trascendencia de la modificación analítica propuesta. En primer lugar, mientras que el factor tiempo estaba prácticamente ausente de la representación convencional, aparece ahora de forma explícita sin provocar incoherencias insalvables para el análisis²⁰. Esta modificación permite a Georgescu clasificar los procesos productivos en virtud de la utilización

de un fondo (es decir, su «desacumulación») exige una duración que, además, está determinada dentro de unos límites muy estrechos por la estructura física del fondo (...). Frente a esto, cabe la posibilidad de que la desacumulación de un *stock* pudiese tener lugar en un solo instante si así lo deseamos. Y para poner los puntos sobre todas las «ies» significativas observemos que la «acumulación» de un fondo difiere también de la acumulación de un *stock*. Una máquina no se crea por la acumulación de los servicios que proporciona como fondo, de la misma manera que se almacenan en el sótano las provisiones para el invierno. Los servicios no pueden acumularse como los dólares en una cuenta de ahorro, o los sellos en una colección. Solamente pueden usarse o desperdiciarse». Vid. GEORGESCU-ROEGEN, N. (1996 [1971]: 292).

²⁰ En efecto, la ausencia de la variable temporal sería equivalente a escribir que $s = v$ (espacio = velocidad) en vez de $s = tv$, como la relación entre el espacio y la velocidad en el movimiento uniforme. GEORGESCU-ROEGEN, N. (1974: 239n).

temporal de los factores productivos, distinguiendo entre ellos según la particular disposición de los procesos elementales que los forman, ya sean en serie, en paralelo, o en línea (Georgescu-Roegen, 1965, 1969, 1971). Por otro lado, la fisiología del proceso de producción aparece de forma explícita al relacionar, desde el punto de vista físico, la necesidad de captar recursos con baja entropía para transformarlos en bienes y residuos de alta entropía. En último lugar, al incorporar los recursos procedentes de la naturaleza y los residuos que van a parar a ella, Georgescu restaura la importancia del entorno y los recursos naturales para la producción de mercancías, hecho éste dejado al margen en las funciones de producción manejadas habitualmente por los economistas que únicamente incluyen trabajo y capital como factores de producción, pues consideran a éstos como sustitutos de aquéllos²¹.

Así las cosas, no parece que la representación convencional del proceso económico por un flujo circular físico de materiales y energía, que va desde la producción al consumo y viceversa, y que posee como contrapartida otro flujo circular de valor de cambio que se «correspondería» con el gasto de materia-energía realizado, sea un procedimiento adecuado para reflejar la realidad económica y su sustrato biofísico. En efecto, es fácil comprobar la incoherencia de, por una parte, un flujo circular de valor de cambio representado por la formulación convencional, frente al mismo proceso visto como una transformación uni-

directional (lineal) de un flujo físico de materia-energía que, captado como *inputs* o recursos de baja entropía procedentes del medio ambiente, termina como residuos de alta entropía contaminando el entorno (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 353). Esto no quiere decir, naturalmente, que una parte de los residuos así generados puedan y deban volverse a aprovechar a través de su reutilización y reciclaje. Lo que se está diciendo es que este proceso no se puede completar del todo y que tampoco es gratis, al necesitar energía y materiales adicionales para llevarse a cabo.

No es casualidad, por tanto, que el solapamiento existente entre las dimensiones físicas y monetarias con las reglas que gobiernan la dinámica de los procesos productivos pueda proporcionar, a veces, conclusiones divergentes sobre una misma realidad. En efecto, mientras que debido a la acción de la ley de la entropía, las pérdidas en términos de materiales y energía disponibles resultantes de cualquier proceso físico (y el de producción de mercancías es uno de ellos) dan lugar a que el ratio de eficiencia (relación entre el producto y los recursos, medido en unidades físicas) sea siempre menor que uno; por el contrario, el saldo desde el punto de vista monetario reflejado en la rentabilidad de la producción (relación entre el valor del producto respecto al de los consumos intermedios) debe ser siempre mayor que la unidad para que tenga sentido económico producir esa mercancía (Naredo y Valero, 1989: 11).

Analizadas, entonces, algunas consecuencias que se derivan de considerar el carácter entrópico del proceso económico, aparece una duda razonable que el propio Georgescu-Roegen se plantea. Si el resto de procesos físicos son, por su propia naturaleza, también entrópicos, ¿cuál es, entonces, la diferencia entre éstos últimos y el proceso económico? La distinción estriba en dos aspectos. En primer lugar, mientras el proceso entrópico del medio ambiente natural se produce automáticamente, en el sentido de que se realiza por sí mismo, el proceso económico, por el contrario, depende de la actividad de los individuos condicionados cultural e históricamente, apareciendo en escena un mecanismo, o vínculo, que relaciona el

²¹ Georgescu reiteró en muchas ocasiones la falacia contenida en la capacidad de sustitución entre el capital y los recursos naturales. Esto le hizo enfrentarse a opiniones como la de Solow, quien afirmaba que «si puede lograrse con gran facilidad la sustitución de los recursos naturales por otros factores, en principio, no habrá «problema». En este caso, el mundo puede seguir adelante sin recursos naturales, de modo que su agotamiento es sólo un acontecimiento, no una catástrofe» (Solow, 1974: 153). En el fondo, basta percatarse de que la fabricación de capital manufacturado es imposible sin el concurso de los recursos naturales, para ver las inconsistencias empíricas a que puede dar lugar el manejo matemático de formulaciones como la función de producción Cobb-Douglas. Véase por ejemplo, GEORGESCU-ROEGEN (1979). Recientemente, en un número monográfico de la revista *Ecological Economics*, dedicado al economista rumano, se celebró un encuentro en torno a la polémica de este autor con Solow y Stiglitz, a finales de los setenta. Vid. «Forum: Goergescu-Roengen versus Solow/Stiglitz», *Ecological Economics*, volumen 22, 1997. Véase, en especial, la contribución de H. E. DALY a este debate, páginas 261-266 y 271-274.

ámbito físico y el económico, determinándose simultáneamente. En segundo lugar, para evitar dogmatismos termodinámicos, es preciso reconocer, como nos aconseja el economista rumano, que el verdadero *output* del proceso económico no es un flujo físico de residuos y desechos, sino el disfrute de la vida (*enjoyment of life*). Un flujo, éste, con unas características especiales, pues, «... al igual que todo flujo —escribe Georgescu— el del placer de vivir tiene una intensidad en cada instante del tiempo pero, a diferencia de un flujo material, no se puede acumular en un *stock*. De todo el placer de vivir pasado una persona conserva únicamente una memoria de mayor o menor claridad» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 356). Este hecho se hace, entonces, imprescindible para regresar, con nuevos elementos de análisis, a una esfera económica complementada con el correspondiente estudio del sustrato biofísico que la sustenta (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 353).

6. Cambio, evolución y tiempo: del «sueño dogmático» al desafío de la bioeconomía

La insatisfacción de Georgescu-Roegen ante el estado en que la ciencia económica afrontaba el estudio de los fenómenos relevantes para su campo de estudio obligó a este discípulo aventajado de Joseph Schumpeter a hundir sus raíces intelectuales y analíticas en la recuperación de una venerable tradición que hacía del estudio del cambio cualitativo su *modus operandi*. Partiendo del supuesto de que «... la locomoción es no categórica y ahistórica» y de que, por lo tanto, «... todo lo demás es cambio en el más amplio sentido de la palabra» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 48), nuestro autor llegó a la conclusión de que la economía no podía seguir de espaldas a aquellas disciplinas que se ocupaban de estudiar el cambio en un mundo físico en el que no podía dejar de operar dicha ciencia, encontrándose de lleno, no sólo con el campo de la termodinámica, sino también con el de la biología. El propio Georgescu da cuenta del modo en que, por otros motivos, ese despertar del «sueño dogmático» afectó también de forma

traumática a algunas otras de las «grandes mentes» que poblaban los años de la posguerra²². En estas circunstancias, el análisis sobre el estado en que se encontraba por aquellos momentos la ciencia económica hizo que la mirada del economista rumano se volviera hacia una tradición que, arrancando de Aristóteles y Marx, pasaba, en nuestro siglo, por el filtro de científicos sociales tales como Schumpeter y Marshall²³. Al reivindicarse como heredero de esta tradición «dialéctica» en su conexión con la economía, Georgescu une a las enseñanzas proporcionadas por la ley de la entropía, las consideraciones schumpeterianas sobre el carácter evolutivo del proceso económico. Si, como ya expresaba a comienzos de siglo el venerable economista austríaco, «... el tema de la economía es un proceso histórico único y en el cual no se puede retroceder, que cambia sin cesar su propia constitución, creando y destruyendo mundos culturales uno tras otro» (Schumpeter 1912, 8); es evidente que lo anterior se compadece bien con el corolario entrópico de la «flecha del tiempo» en su dimensión irreversible e irrevocable²⁴. Siendo cierto que, desde el punto de vista

²² Así lo reconoce el propio Lionel ROBBINS del que normalmente sólo recordamos sus contribuciones de los años treinta en las reflexiones contenidas en su libro *The Economic Problem on Peace and War*, Londres, 1947, página 67 y ss. Ref. GEORGESCU-ROEGEN (1996 [1971]: 397).

²³ Las referencias de Georgescu a la obra de estos tres autores son abundantes. En el caso de Marx, aparte de su influencia directa en la elaboración del modelo roegeniano de flujos-fondos, el autor rumano muestra su admiración tanto por la aportación marxista a la concepción del sistema económico como un sistema *no* aislado (GEORGESCU-ROEGEN, 1996 [1971]: 391), como a la capacidad analítica del economista alemán, del que llegó a decir que, de vivir en el siglo XX, sería «... el mayor econométra de todos los tiempos» (*Ibid*, página 130). En el caso de Schumpeter es conocido el reconocimiento al maestro por su «... visión excepcional del proceso económico (que) combinó armoniosamente el análisis evolutivo cuantitativo con el cualitativo» (*Ibid*, página 42). De Marshall siempre agradeció que formulara explícitamente en sus *Principles* que la «Meca» del economista como investigador se encuentra «... más en la biología económica que en la dinámica económica». No obstante, Georgescu le reprochó el abandono de tal consejo, y su dedicación a una dinámica económica de clara impronta *mecanicista* (*Ibid*, página 406).

²⁴ Sobre la influencia del tiempo en la economía han reflexionado de forma original varios autores antes y después de Georgescu-Roegen. Por ejemplo, una contemporánea del economista rumano, Joan Robinson, en un opúsculo de 1953 titulado *Disertación en Oxford por un economista de Cambridge* ya apuntaba cómo «... en el tiempo existe una circulación en dirección única muy rigurosa (...) la distancia entre hoy y ayer es de

biológico, las mutaciones y la selección natural funcionan como acicates del proceso evolutivo y de su implícita dimensión cualitativa; desde la esfera económica, Georgescu-Roegen tomará de Schumpeter el concepto de innovación para resaltar el rasgo de novedad por combinación que caracteriza el proceso económico de fabricación de bienes y servicios como algo evolutivo e irreversible²⁵. No en vano, el propio Schumpeter se atrevió a calificar a la innovación por analogía con la biología como una auténtica «mutación económica» (Schumpeter, 1912: 12). Es, pues, a partir de estos mimbres conceptuales, como el economista rumano establecerá una tipología de innovaciones que están en la base de los cambios cualitativos asociados al proceso de evolución y desarrollo económicos (Georgescu-Roegen, 1972: 18)²⁶.

Sin embargo, el enfoque convencional en su dimensión ahistó-

rica chocaba, una vez más, con los resultados experimentales procedentes de las ciencias de la naturaleza. Así, el tributo rendido por la economía convencional a la mecánica clásica hacía que, por extensión, las elaboraciones teóricas desarrolladas en su seno se postulasen para cualquier tiempo y lugar, eludiendo, de paso, no sólo el componente institucional modificable y siempre presente en todos los tipos de sociedad, sino la propia concepción del cambio cualitativo que diferencia, en el ámbito económico de la satisfacción de las necesidades, a los grupos humanos. «El pecado mortal del economista estándar —escribe Georgescu— es (que) como niega la necesidad de prestar alguna atención a los aspectos evolutivos del proceso económico, se ve ineludiblemente obligado a predicar y a practicar el dogma de que su teoría es válida en todas las sociedades» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 400)²⁷.

Aunque, a la hora de elaborar sus reflexiones sobre el carácter evolutivo y dialéctico del desarrollo económico, Georgescu apela a las enseñanzas de algunos de sus maestros economistas, no hay que pensar que el economista rumano sólo tenga como lecturas de cabecera a autores de la propia tradición como Marx, Schumpeter o Marshall. Del mismo modo que para la comprensión termodinámica del proceso económico encontró inspiración en las reflexiones de Carnot y Schrödinger, así también fue capaz de recoger parte del legado del biólogo Alfred Lotka para, con la ayuda de las reflexiones de los tres economistas citados, configurar una visión novedosa de la evolución del sistema económico que tuviera en cuenta los resultados fundamentales de las ciencias de la naturaleza²⁸. Los frutos de tal empeño se plasmaron en la adopción de un término que, aun-

veinticuatro horas cuando avanzamos y de toda la eternidad cuando retrocedemos». ROBINSON, J. (1979 [1953]: 172-173). En la misma línea, John Hicks, en un homenaje al propio Georgescu-Roegen, llamaba también la atención sobre la incoherencia de representar en la pizarra del economista el tiempo como si fuera el espacio, pues, aunque «... en el espacio podemos movernos en cualquier dirección, el tiempo sólo avanza, nunca retrocede». HICKS, J. (1989 [1975]: 263)

²⁵ Son reveladoras de nuevo, a este respecto, las palabras de John Hicks: «Georgescu-Roegen (...) ha escogido un camino cósmico para demostrar la irreversibilidad del tiempo (...) Ambos somos evolucionistas, pero no de línea recta o «exponenciales». Son las cosas nuevas descubiertas por la humanidad las que hacen excitante su historia; y las cosas nuevas que pueden encontrarse en el futuro, antes de que la humanidad explote, o se establezca en algún «equilibrio» espantoso» (HICKS, 1989: 279).

²⁶ Por un lado estarían las *economy innovations* (innovaciones ahorradoras) que logran una economía neta de baja entropía como consecuencia de una combustión más completa de los recursos o el aprovechamiento de nuevas fuentes de baja entropía. A continuación, las innovaciones por sustitución (*substitution innovations*) que sustituyen las energías físico-químicas por la energía humana que produce menos «externalidades». Por último, Georgescu define un tipo de innovaciones que presuponen la existencia de nuevos bienes de consumo o la presencia de algunos tipos mixtos procedentes de las formas de innovación anteriores: las innovaciones generales (*spectrum innovations*). Desde esta perspectiva, la modificación en la combinación de factores implica un cambio cualitativo en el proceso productivo, de manera que la adopción de nuevos métodos necesariamente cambia las posibilidades de fabricar una determinada gama de bienes de consumo. No obstante, y siguiendo el mismo procedimiento, también aparece como válida la operación inversa: un cambio en la composición de la cesta de bienes de consumo presupone, casi siempre, una innovación de la técnica productiva. Esta última es una aportación específica de Georgescu al esquema de innovaciones schumpeteriano.

²⁷ Según confesión del economista rumano, esto lo aprendió el propio Georgescu escarmentando en cabeza propia de regreso a su tierra natal, Rumanía, al intentar aplicar las enseñanzas neoclásicas aprendidas en Harvard, a un contexto social predominantemente rural y agrario.

²⁸ En un artículo notable sobre los precursores intelectuales de Georgescu-Roegen, Jacques Grinevald, demuestra también la influencia del científico ruso Vernadski en la configuración del pensamiento del rumano. Vid. GRINEVALD, J. (1991). Así mismo, *La Biosfera* de VERNADSKY, ha visto la luz por primera vez en castellano —con introducción de Ramón MARGALEF— en el volumen 9 de la Colección «Economía y Naturaleza», Fundación Argentaria y Visor Distribuciones, 1997.

que difundido anteriormente con otros usos, alcanzó con Georgescu-Roegen categoría como programa de investigación: la «bioeconomía»²⁹. Para evitar malentendidos derivados de análisis superficiales y sin sólidos anclajes, es el propio Georgescu el que explicita su propia acepción del término: «Mi uso del término “bioeconomía” —escribe en 1986— no está influido por la moda intelectual que reduce todos los fenómenos a un fundamento biológico» (Georgescu-Roegen, 1986: 249n). Se trataba, en definitiva, de hacer explícito el acercamiento de la economía hacia sus orígenes biofísicos, entendiendo la actividad económica, con sus peculiaridades, como una extensión en sentido amplio y sin reduccionismos de la evolución biológica de la humanidad (Georgescu-Roegen, 1972, 1986 1991, 1994). Para conseguir este objetivo, Georgescu arranca de una distinción conceptual acuñada por Alfred Lotka en 1925 y hoy plenamente asentada en los ámbitos de la biología y la ecología entre los órganos endosomáticos y los órganos exosomáticos. Los primeros tienen la peculiaridad de acompañar a todo ser vivo (incluido el ser humano) desde su nacimiento hasta su muerte. Es, precisamente, mediante los cambios en esta clase de órganos a través de los cuales todo animal se va adaptando mejor o peor a las condiciones vitales y de su entorno. Sin embargo, es necesario esperar demasiado tiempo para presenciar modificaciones evolutivas de estos seres vivos únicamente a través de cambios en sus dotaciones endosomáticas. Como puso de manifiesto Georgescu, será la especie humana quien hallará un método más rápido de evolucionar a través de la progresiva fabricación de órganos separables o exosomáticos que, no formando parte de la herencia genética de la humanidad, son utilizados por ésta en su desarrollo evolutivo (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]:

381; Georgescu-Roegen, 1972: 25). Ejemplos de este tipo de órganos pueden ser desde un simple martillo hasta un automóvil. Muchos de ellos son denominados por los economistas como «capital», hecho éste que pone de relieve cómo la visión del proceso económico, entendida como una extensión del proceso biológico en sentido amplio, posee un sólido fundamento. En efecto, «... la existencia del hombre se encuentra ahora irrevocablemente ligada al empleo de instrumentos exosomáticos y, consecuentemente, al uso de recursos naturales, de la misma manera que, por ejemplo, está unida en la respiración al uso de sus pulmones y del aire» (Georgescu-Roegen, 1996 [1971]: 67).

Conviene recordar con Georgescu-Roegen que los contornos de la bioeconomía dependen, a su vez, de múltiples aspectos asimétricos que tienen como fundamento los problemas asociados al diferente aprovechamiento del flujo de radiación solar (continuo e inagotable a escala humana) y de la energía libre procedente de los *stocks* de minerales de la tierra (agotable de manera irreversible e irrevocable), como las dos fuentes básicas de donde procede la baja entropía que pone en funcionamiento el proceso económico y la vida. (Georgescu-Roegen, 1971: 369; 1972: 25). El aprovechamiento de ambas fuentes está en el origen de la producción de órganos exosomáticos que, en virtud de su carácter «separable», comenzaron a intercambiarse a través del comercio. Esta circunstancia, unida a una serie de ventajas, hizo aflorar, no obstante, algunos graves inconvenientes. De un lado, la aparición de un conflicto social por la posesión de estos órganos exosomáticos que ha desembocado en el surgimiento de importantes desequilibrios sociales a nivel planetario como consecuencia del uso desigual de dichos instrumentos (Georgescu-Roegen, 1977b: 315 y ss.). Además, de manera creciente, ese proceso de producción y comercialización se ha articulado sobre el *stock* finito de productos derivados de la corteza terrestre, en vez de sobre el flujo de radiación solar y sus derivados que nos llega sin restricciones. Este proceso se ve agravado por la adición incurable que, según Georgescu, posee la humanidad hacia los instrumentos exosomáticos más inútiles, lo que hace aflorar a la superficie no solamente un problema estrictamente económico o biológico de satisfacción de necesidades,

²⁹ Parece ser que la primera noticia que se tiene de este término es el libro de H. REINHEIMER, publicado en 1913 y titulado *Evolution by Co-operation: A Study in Bioeconomics*, Londres, Kegan, Paul. Georgescu-Roegen no lo utilizará expresamente hasta 1972, fecha en que le es sugerido por una carta de Jiri Zeman fechada el 24 de abril, un año después de su *The Entropy Law...*—, aunque el desarrollo fundamental, sin citar expresamente el término, con apoyos en Lotka y Schumpeter, puede verse también en esta contribución de 1971. Vid. (GEORGESCU-ROEGEN, 1996 [1971]: 380 y ss).

sino, más bien, una dificultad bioeconómica de mantenimiento de la especie humana sobre este frágil planeta que nos cobija.

7. Palabras finales

El cruce de caminos que significan los aspectos económico-ecológicos (bioeconómicos en sentido amplio), recogidos en la obra de Georgescu-Roegen, nos ha permitido, con la brevedad obligada, vislumbrar algunas de las características de su talante transdisciplinar. Un talante que supo beber de diversas fuentes tanto de las que le proporcionaba su formación de estadístico y matemático, como de las encontradas en su exploración metódica por la economía y las ciencias sociales en general. La termodinámica y la biología llamaron a la puerta de la economía y encontraron en la predisposición de Georgescu-Roegen un fértil colaborador y portavoz. A este respecto, nuestro autor poseía la suficiente preparación para traspasar los límites disciplinarios, ya que, a las excelentes dotes en el campo de la economía, unía una sabiduría y solvencia demostradas también en otros campos. Quizá fuera esa predisposición inagotable hacia la erudición la que lo llevara, a diferencia de tantos otros, a recibir con los brazos abiertos, pero con espíritu crítico, las enseñanzas que las ciencias de la naturaleza podían ofrecer a la economía. Tal vez ese talante crítico lo heredó, en parte, de uno de sus maestros declarados, Karl Pearson, representante de un positivismo poco conocido (por pesimista y escéptico) de finales del siglo pasado y comienzos del presente siglo. Un positivismo que —a diferencia de la euforia que acompañó a las reflexiones de un autor como Comte—, ponía el acento en los límites del pensamiento científico aunque considerando a éste como una actividad intelectual muy valiosa. Pues bien, pensamos que es en esa tradicional encrucijada del *ignoramus et ignorabimus* (del ignoramos e ignoraremos) donde encuentra acomodo la postura roegueniana que, sin renunciar a las posibilidades abiertas por las matemáticas y las ciencias en general, critica la extensión indiscriminada de la aritmetización y el mecanicismo como solución a los problemas de fondo en las ciencias sociales, y en especial en la economía.

Como hemos descrito, aunque publicada en 1971, *The Entropy*

Law and the Economic Process (La Ley de la Entropía y el Proceso Económico) supuso el compendio de las principales aportaciones de Georgescu durante su periodo más fecundo intelectualmente. Es importante destacar que, por aquel entonces, la contribución del rumano se agregaba a las críticas que algunos economistas de Cambridge habían realizado a la coherencia interna y la fragilidad de la teoría neoclásica, siendo precisamente el año de la publicación de *The Entropy Law...* coincidente con aquella «segunda crisis de la teoría económica» que, por otros motivos, fue anunciada por Joan Robinson al comenzar la década de los setenta (Robinson, 1971). En cualquier caso, las opiniones de Georgescu no tuvieron el impacto merecido en la comunidad de los economistas, tal vez porque apuntaban más allá de las acusaciones «internas» realizadas por autores tan notables como Piero Sraffa o la misma Joan Robinson; proponiendo, sin embargo, una revisión del aparato filosófico y analítico de los economistas en mayor profundidad que las críticas que venían recogiéndose desde la década de los cincuenta³⁰. En definitiva, la especificidad del trabajo roegueniano en el panorama económico del presente siglo llevaría a uno de sus discípulos, Stefano Zamagni, a escribir que su mensaje tiene la peculiaridad de no poder ser identificado con ninguna escuela de pensamiento económico en especial. De ahí que su aportación intelectual en este siglo pueda ser vista como «... la principal contribución a traspasar las fronteras de la teoría y la metodología económicas» (Zamagni, 1986: 516). Esto es, como su auténtico legado.

Referencias bibliográficas

- [1] AGUILERA, F. (1996): *Economía y medio ambiente: un estado de la cuestión*, Madrid, Fundación Argentaria.
- [2] BLAUG, M. (1985): *Great Economists since Keynes*, Totawa, Barnes and Nobel.
- [3] COSTANZA, R. (1989): «What is Ecological Economics», *Ecological Economics*, 1, páginas 1-7.

³⁰ Desconocemos, no obstante, las causas que llevaron a una casi total incomunicación entre estas dos corrientes «críticas» de la economía convencional.

- [4] DALY, H (1992): «Is the Entropy Law Relevant to the Economics of Natural Resource Scarcity? Yes, of Course», *Journal of Environmental Economics and Management*, 23, páginas 91-95.
- [5] DALY, H. (1997): «¿Cuánto tiempo seguirán los economistas neoclásicos ignorando las aportaciones de Georgescu-Roegen?», *Jornada sobre Economía y Ciencias de la Naturaleza (Homenaje a Nicholas Georgescu-Roegen)*, Madrid, Fundación Argentaria, 1997.
- [6] DRAGAN, J. y DEMETRESCU, M. A. (1991): *Entropy and Bioeconomics: The New Paradigm of Nicholas Georgescu-Roegen*, Milán, Nagard.
- [7] EHRLICH, P. et al. (1977): «Disponibilidad, entropía y leyes de la termodinámica», en DALY, H. E. (ed) (1989): *Economía, ecología y ética*, México, FCE, páginas 56-60.
- [8] FABER, M. et al. (1996): *Ecological Economics: Concepts and Methods*, Brookfield, Edward Elgar.
- [9] FORUM: GEORGESCU-ROEGEN VERSUS SOLOW/STIGLITZ, *Ecological Economics*, volumen 22, 1997.
- [10] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1965): «Process in Farming versus Process in Manufacturing: A Problem of Balanced Development», en GEORGESCU-ROEGEN, N. (1976): *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Essays*. Oxford, Pergamon, páginas 71-102.
- [11] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1966): *Analytical Economics: Issues and Problems*, Harvard University Press.
- [12] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1969): «The Economics of Production», en *Energy and Economic Myths...*, páginas 61-69.
- [13] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1970): «Process Analysis and the Neoclassical Theory of Production», en *Energy and Economic Myths...*, páginas 37-52.
- [14] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press. (Versión castellana: *La ley de la entropía y el proceso económico*, Madrid, Visor-Fundación Argentina, 1996).
- [15] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1972): «Energy and Economic Myths» en *Energy and Economic Myths...*, páginas 3-36
- [16] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1974): «Dynamic Models and Economic Growth», en *Energy and Economic Myths...*, páginas 235-253.
- [17] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1976): *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Essays*. Oxford, Pergamon.
- [18] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1977a): «Nuevas reflexiones sobre la «Dellusioni dell Econometria» de Corrado Gini», en DAGUM, C. (comp.) (1977): *Metodología y crítica económica*, México, FCE, páginas 503-515.
- [19] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1977b): «¿Qué puede enseñar a los economistas la Termodinámica y la Biología?», en AGUILERA, F. y ALCÁNTARA, V. (comps.) (1994): *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*, Barcelona, Icaria, páginas 303-320.
- [20] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1979): «Comments on the Papers by Daly and Stiglitz», en SMITH, V.K. (ed.): *Scarcity and Growth Reconsidered*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, páginas 95-105.
- [21] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1983): «La teoría energética del valor económico: un sofisma económico particular», *El Trimestre Económico*, número 198, páginas 829-860.
- [22] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1986): «Man and Production»; en BARANZINI, F. y SCARZIERI, R. (1986): *Foundations of Economics*, Oxford, Basil Blackwell, páginas 247-280.
- [23] GEORGESCU-ROEGEN, N. (1994): «Nicholas Georgescu-Roegen sobre sí mismo», en SZENBERG, M. (ed.): *Grandes economistas de hoy, op. cit.*, páginas 149-186.
- [24] GRINEVALD, J. (1991): «Vernadsky y Lotka como fuentes de la bioeconomía de Nicholas Georgescu-Roegen», *Ecología Política*, número 1, páginas 99-112.
- [25] GRINEVALD, J. (1996): «Prólogo» a *La ley de la Entropía y el proceso económico*, Madrid, Visor-Fundación Argentina, páginas 15-40.
- [26] GRINEVALD, J. (1997): «La figura de Georgescu-Roegen desde el ángulo de la sociología de la ciencia», *Jornada sobre Economía y Ciencias de la Naturaleza (Homenaje a Nicholas Georgescu-Roegen)*, Madrid, Fundación Argentina, 1997.
- [27] HICKS, J. (1975): «El tiempo en la economía», en HICKS, J. (1989): *Dinero, Interés y Salarios*, México, FCE, páginas 263-279.
- [28] KHALIL, E. (1990): «Entropy Law and Exhaustion of Natural Resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen Paradigm Defensible?», *Ecological Economics*, 2, páginas 163-178;
- [29] KHALIL, E. (1991): «Entropy Law and Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm: A Reply», *Ecological Economics*, 3, páginas 161-163.
- [30] LOZADA, G. (1991): «A Defense of Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm», *Ecological Economics*, 3, páginas 157-160.
- [31] MACHADO, A. (1936): *Juan de Mairena. Sentencias, donaires y apuntes de un profesor apócrifo*. Edición de José María Valverde, Madrid, Castalia, 1971.
- [32] MANESCHI, A. y ZAMAGNI, S. (1997): «Nicholas Georgescu-Roegen, 1906-1994», *The Economic Journal*, 107, páginas 695-707.
- [33] MARGALEF, R. (1997): «La economía de la naturaleza», *Jornada sobre Economía y Ciencias de la Naturaleza (Homenaje a Nicholas Georgescu-Roegen)*, Madrid, Fundación Argentina, 1997.
- [34] MARTINEZ ALIER, J. (ed). (1995): *Los principios de la economía ecológica. Textos de P. Geddes, S. A. Podolinsky y F. Soddy*, Madrid, Visor-Fundación Argentina.
- [35] MARTINEZ-ALIER, J. (1994): *De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular*, Barcelona, Icaria.
- [36] MIROWSKY, P. (1989): *More Heat than Light. Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- [37] NAREDO, J. M. (1987): *La Economía en evolución*, Madrid, Siglo XXI. (2.ª edición 1996)

[38] NAREDO, J. M. y VALERO, A. (1989): «Sobre la conexión entre termodinámica y economía convencional»; *Información Comercial Española. Revista de Economía*, junio/julio, páginas 7-16.

[39] ROBINSON, JOAN. (1971): «La segunda crisis de la teoría económica», en ROBINSON, J. (1979): *Contribuciones a la Teoría Económica Moderna*, Madrid, Siglo XXI editores, páginas 25-37.

[40] ROBINSON, J. (1953): «Disertación en Oxford por un economista de Cambridge», en ROBINSON, J. (1979): *Contribuciones a la Teoría Económica Moderna*, Madrid, Siglo XXI, páginas 171-178.

[41] SAMUELSON, P. A. (1965): «Preface», en GEORGESCU-ROEGEN, N. (1966): *Analytical Economics: Issues and Problems*, Harvard University Press.

[42] SCHELLING, T. C. (1978): *Micromotivos y Macroconducta*, México, Fondo de Cultura Económica.

[43] SCHRÖDINGER, E. (1944): *¿Qué es la vida?*, Barcelona, Tusquets, 1983.

[44] SCHUMPETER, J. A. (1912): *Teoría del desenvolvimiento económico*, México, FCE, 1976.

[45] SCHUMPETER, J. A. (1994): *Historia del Análisis Económico*, Barcelona, Ariel.

[46] SZENBERG, M. (ed.) (1992): *Eminent Economist. Their Life Philosophies*, Cambridge University Press. (Existe versión castellana con el título: *Grandes economistas de Hoy*, Madrid, Debate).

[47] TOWNSEND, H. (1992), «Is the Entropy Law Relevant to the Economics of Natural Resource Scarcity? A Comment», *Journal of Environmental Economics and Management*, 23, páginas 96-100

[48] YOUNG, J. (1991): «Is the Entropy Law Relevant to the Economics of Natural Resource Scarcity?», *Journal of Environmental Economics and Management*, 21, páginas 169-179.

[49] ZAMAGNI, S. (1986): «Georgescu-Roegen, Nicholas», en EATWEL, J. et al. (1986): *The New Palgrave Dictionary*, volumen II, páginas 515-516.