

RÍO+20

DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS

Nicole Bernex y Augusto Castro
Editores

Capítulo 8



FONDO
EDITORIAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Río+20. Desafíos y perspectivas

Nicole Bernex y Augusto Castro, editores

© Nicole Bernex y Augusto Castro, 2015

© Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015

Av. Universitaria 1801, Lima 32, Perú

Teléfono: (51 1) 626-2650

Fax: (51 1) 626-2913

feditor@pucp.edu.pe

www.fondoeditorial.pucp.edu.pe

Diseño, diagramación, corrección de estilo
y cuidado de la edición: Fondo Editorial PUCP

Primera edición: setiembre de 2015

Tiraje: 500 ejemplares

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente,
sin permiso expreso de los editores.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-12272

ISBN: 978-612-317-126-1

Registro del Proyecto Editorial: 31501361500583

Impreso en Tarea Asociación Gráfica Educativa

Pasaje María Auxiliadora 156, Lima 5, Perú

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA RELACIÓN ENTRE ECONOMÍA Y AMBIENTE

José Carlos Silva Macher¹

Pontificia Universidad Católica del Perú

La *economía convencional* representa al proceso económico a partir de un modelo mecánico que es independiente de los límites físicos de la naturaleza. Se basa en un paradigma macroeconómico que considera, por un lado, a las empresas que venden productos y compran factores de producción, y por el otro, a las familias que venden estos factores y compran los productos y servicios. Todas las transacciones ocurren en un libre mercado organizado por un sistema de precios y regulado por leyes de oferta y demanda. En teoría, este modelo logrará eficiencia, crecimiento económico y bienestar social, siempre y cuando se cumplan ciertos supuestos, como tener todos los derechos de propiedad bien definidos, no tener externalidades ni monopolios, tener información perfecta, no tener costos de transacción, entre otros. Estos supuestos, además, son una guía que orienta el diseño y la implementación de políticas públicas. Sin embargo, en la práctica los supuestos no se cumplen y la ineficiencia en la asignación de recursos es un hecho, en el que, además de la desigualdad de ingresos y oportunidades, se tiene un aumento de la contaminación del aire, agua y suelo que genera

¹ Correo del autor: josecarlos800@gmail.com

el cambio climático y destruye la biodiversidad. Asimismo, se trata de una economía que depende de un stock de recursos no renovables de minerales y combustibles fósiles, los cuales se tienen que buscar en lugares cada vez más remotos y difíciles de explotar, en las llamadas fronteras de recursos (*commodity frontiers*, en inglés), donde también viven pueblos indígenas y comunidades campesinas, lo cual favorece el aumento de conflictos ecológicos-distributivos (Martínez-Alier, 2010[2002]). La evolución de este paradigma económico coincide con la evolución en el uso de energía fósil, que empezó con la revolución industrial en Europa en el siglo XVIII y se generalizó por el resto del mundo durante el siglo XX, hasta el momento actual de globalización.

Por el contrario, una visión integral de la economía considera al proceso económico como una parte de la naturaleza, en el que, por un lado, tiene una entrada de materiales y energía con baja entropía (energía disponible, por ejemplo, petróleo) y, por el otro, una salida de materiales y energía con alta entropía (energía no disponible, por ejemplo, dióxido de carbono). De acuerdo con Martínez-Alier, quien se inspiró en el libro *Wealth, Virtual Wealth and Debt: The Solution of the Economic Paradox* del premio nobel de química Frederick Soddy en 1926, la economía se podría entender en tres pisos (2008). El primer piso (la base del sistema) es la naturaleza, que intercambia flujos de materiales y energía con el segundo piso, el cual está representado por el sector industrial, la llamada *economía real*. Esta economía real, a su vez, tiene que pagar los intereses y eventualmente el capital de las deudas adquiridas con el tercer piso de la economía, el sector financiero o la *economía virtual*. Este último nivel puede crecer en forma exponencial, porque las deudas y el dinero no tienen límites, forzando a la industria a crecer cada vez más rápido y con mayor productividad. Sin embargo, esto no puede ocurrir siempre, dado que este sector depende del primer nivel que sí tiene límites físicos, por ello, se generan situaciones de crisis en el tiempo. En consecuencia, todo esto es un motivo para pensar la economía de una forma más interdisciplinaria, o inclusive transdisciplinaria, teniendo presente la relación

que existe entre las leyes de termodinámica y el proceso económico (Georgescu-Roegen, 1971). Simplemente, a manera de introducción, la primera ley nos dice que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. Por tanto, esta primera ley implica nuestra limitación para crear energía y evitar la generación de residuos, dado que al proceso económico entran recursos naturales y salen residuos o productos que son residuos futuros que no desaparecen. La segunda ley de termodinámica nos dice que la entropía de un sistema aislado aumenta con el tiempo, lo que significa que en el futuro tendremos menos energía disponible. A pesar de ello, la Tierra es un sistema abierto que recibe flujos de energía solar de manera constante; el problema es que no los podemos aprovechar en la cantidad y velocidad suficientes para satisfacer todas nuestras necesidades energéticas (y materiales) actuales y que todavía dependemos mucho de un stock finito de energía fósil y minerales.

Por tanto, una incertidumbre fundamental es lo que pueda ocurrir en el futuro en términos de: a) investigación, desarrollo e innovación de nuevas tecnologías e instituciones para aprovechar la energía solar (energías renovables) y b) reducción del consumo total de materiales y energía o *decrecimiento*, aprendiendo a vivir bien con menos, lo cual implica también una distribución más equitativa de los recursos naturales del planeta. Lo primero se discute abiertamente y es políticamente correcto, como parte de los conceptos de *desarrollo sostenible* o *economía verde* que no son contrarios al crecimiento económico. Sin embargo, lo segundo es una verdad incómoda y políticamente incorrecta porque cuestiona los patrones de consumo (y producción) de la sociedad moderna, es decir, el crecimiento económico o aumento del producto bruto interno (PBI) que es la base del paradigma económico actual. Por otro lado, si no evaluamos de manera correcta las nuevas tecnologías para aprovechar la energía solar, es posible que se generen más problemas. Este es el caso de los biocombustibles (agrocombustibles) como el etanol y el biodiésel producidos a gran escala, los cuales tienen efectos negativos en el abastecimiento de alimentos por aumento

de precios y en la generación de emisiones de carbono por cambios en el uso de la tierra, lo cual, a su vez, afecta a la biodiversidad (Giampietro & Mayumi, 2009). Asimismo, la búsqueda de soluciones tecnológicas para resolver los problemas ambientales sin cambiar los patrones de consumo puede terminar en la paradoja de Jevons. Esta ocurre cuando la innovación tecnológica en el proceso productivo solo logra una mejora de eficiencia en términos relativos (variables intensivas), pero no una mejora efectiva en términos absolutos (variables extensivas). Por ejemplo, una industria textil puede mejorar los procesos productivos y lograr una reducción del uso de energía por unidad de producto terminado; esta medida reduce los costos unitarios, aumenta la competitividad y, por consiguiente, incrementa las ventas. Sin embargo, la consecuencia también es un aumento del consumo total de energía, porque se tienen que fabricar mucho más productos. En ese sentido, un país puede mejorar su intensidad energética, es decir, reducir el consumo relativo de energía por unidad de PBI, pero, al mismo tiempo, aumentar el consumo total de energía. Y este último caso es el más general de los países clasificados como desarrollados, donde no se cumple la tesis de Inglehart, quien dice que como resultado del mayor crecimiento económico se logra un cambio cultural que favorece ideales posmaterialistas como la conservación de la naturaleza, entre otros (1977). La realidad es que los países ricos consumen por persona mucho más materiales y energía que el resto del mundo. Por tanto, no es suficiente reciclar en los hogares, usar focos ahorradores, comprar productos orgánicos en *Whole Foods* o tener huertos en los techos de las casas para lograr una transición hacia la sostenibilidad. Una forma de entender estas diferencias es pensando en la clasificación de energía que desarrolló Georgescu-Roegen (1971), inspirado en el trabajo de Alfred Lotka, en 1945, en el que la energía se divide en dos categorías: la endosomática, que se transforma utilizando el cuerpo humano (órganos internos), y la exosomática, que se transforma utilizando las herramientas, máquinas e infraestructura (órganos externos) de la sociedad.

La energía endosomática está representada por el consumo de alimentos y debería ser constante para todos los seres humanos por cuestiones genéticas; una persona podría consumir entre 10-12 megajoules (MJ) por día (2400-3000 kcal/día). En cambio, la energía exosomática es variable y depende del tipo de desarrollo; en el caso de una sociedad industrial el consumo per cápita puede estimarse entre 500-900 MJ/día. Por tanto, el ratio de energía exosomática/endosomática en una sociedad industrial está en el rango de 50/1-75/1, mientras que en el caso de una sociedad preindustrial se encuentra solo alrededor de 5/1 (Giampietro & Mayumi, 2009). Estos números nos ofrecen una idea de la evolución en el uso de energía fósil y la magnitud de una transición energética.

EL BLOQUEO TECNOLÓGICO DEL CARBONO

Otra forma de entender las diferencias de consumo energético entre países y la dificultad para lograr una transición hacia energías renovables se puede explicar con el concepto de ‘bloqueo tecnológico del carbono’ (*carbon lock-in*). En este sentido, se entiende a una tecnología basada en energía fósil como un conjunto de tecnologías interrelaciones que se desarrollan simultáneamente, las cuales además tienen relación con un conjunto de instituciones. Esto forma un complejo tecnológico e institucional mucho mayor que la tecnología en cuestión, que es capaz de reproducirse y mantenerse en el tiempo. La consecuencia es un bloqueo tecnológico que no permite la adopción de tecnologías más sostenibles, como las basadas en energías renovables. Por ejemplo, el uso de la tecnología del automóvil está relacionada con una serie de tecnologías que incluyen: a) toda la industria de combustibles fósiles, desde la exploración y extracción de petróleo hasta la distribución final en estaciones de servicio de gasolineras; b) todas las industrias relacionadas con la fabricación de los automóviles, como las industrias metalmecánicas de motores y carrocerías que empiezan con la extracción de minerales, las petroquímicas que proveen las partes de plástico y las pinturas,

las industrias textiles, las electrónicas, entre otras, y c) todas las industrias relacionadas con el mantenimiento, como la fabricación de repuestos y lubricantes, así como los talleres mecánicos. Al mismo tiempo, la tecnología del automóvil requiere de una infraestructura de transporte, estacionamiento y señalización que depende de industrias de construcción y, por tanto, de la extracción de más minerales. Esta infraestructura de transporte, a su vez, depende del patrón de urbanización y de la disponibilidad y calidad del servicio de transporte público, en los que, en el caso extremo de los suburbios de Estados Unidos, prácticamente no puedes tener acceso a los lugares de trabajo, estudio, abastecimiento de alimentos y centros de recreación si no tienes un automóvil privado para movilizarte. Por otro lado, el uso del automóvil está relacionado con una serie de instituciones que evolucionan en paralelo con las tecnologías, como las normas de tránsito, la supervisión por parte de la policía, la educación vial, las escuelas de manejo, los impuestos para combustibles, los préstamos bancarios para comprar los automóviles, los seguros contra accidentes y todos los puestos de trabajo relacionados con este complejo tecnológico e institucional. Asimismo, se tiene el desarrollo de una cultura en torno al automóvil que se promueve con la publicidad y se refuerza con la interacción social, en la que la propiedad de un vehículo es símbolo de estatus social. Esto, asimismo, es parte de una cultura general de consumo material y éxito, en la que tener más siempre es preferible a menos y, en teoría, positivo para la sociedad porque favorece el crecimiento económico.

Por ende, cualquier intento de cambio en la dirección correcta de buscar una sustitución al uso del automóvil y reducir el consumo de materiales y energía implica necesariamente cambios en las otras partes del complejo tecnológico e institucional, con lo que entra en operación el bloqueo tecnológico y, en consecuencia, solo se logran cambios superficiales que no cambian la tendencia de consumo insostenible. Entonces, se producen automóviles más eficientes en el consumo de energía y materiales, pero estos solo son parte de una paradoja de Jevons.

Un caso extremo es el modelo de automóvil fabricado por *Tata Motors* en la India, que es mucho más barato y lo pueden comprar cada vez más personas. También está el caso del automóvil híbrido, en el que se siguen consumiendo materiales y energía fósil en los procesos de fabricación y mantenimiento, y, además, los metales raros del nuevo sistema eléctrico, los cuales son más escasos y se convierten en un factor limitante de esta tecnología. Asimismo, el automóvil híbrido no cambia los sistemas de infraestructura de transporte y, en especial, no favorece al cambio de la cultura de consumo y éxito, dado que todavía se trata de un bien exclusivo como cualquier otro automóvil de marca último modelo. Esto tiene relación, a su vez, con el problema de la obsolescencia programada, en la que la mayoría de bienes de consumo se diseñan para no ser durables y se convierten en obsoletos en ciclos de vida cada vez más cortos. El resultado es la compra de más productos nuevos que representan más recursos extraídos del ambiente, pero también crecimiento económico. Sin embargo, en este caso se trataría de un crecimiento de mala calidad, porque muchos bienes de consumo como automóviles, ropa de moda, electrodomésticos, teléfonos celulares y computadoras portátiles, se podrían diseñar para durar más desde el principio. Esto sería una reducción del uso de recursos naturales desde el origen, manteniendo el nivel de bienestar, porque se seguirían usando los mismos productos. Este cambio tecnológico podría ser una primera etapa de transición para aprender a vivir bien con menos.

LAS NECESIDADES HUMANAS Y LOS SATISFACTORES

En esta breve discusión sobre la relación entre economía y ambiente, también son relevantes las ideas del economista ecológico Manfred Max-Neef, quien explica que hay que distinguir entre necesidades humanas y satisfactores de esas necesidades (1998[1993]). Las necesidades humanas pueden ser finitas, conocidas y comunes para todos los seres humanos: todos tenemos una necesidad material de alimentación

y, en general, de subsistencia; también de afecto, protección, entendimiento, participación, creación, ocio, identidad y libertad, así como también una necesidad de trascendencia. Por el contrario, los satisfactores pueden ser muchos y variados, y están relacionados con la cultura, siendo los mejores los que pueden satisfacer varias necesidades a la vez. Por ejemplo, una madre que le da el pecho a su bebé contribuye a que esa criatura reciba satisfacción simultánea para sus necesidades de subsistencia, protección, afecto e identidad; la situación es completamente diferente si el bebé es alimentado con una fórmula láctea. Asimismo, los cambios culturales pueden ser una consecuencia, entre otras cosas, de la sustitución de satisfactores tradicionales por otros nuevos y diferentes, como está ocurriendo con el proceso de globalización.

En este sentido, la publicidad en medios de comunicación masivos de productos de consumo final, por lo general, busca lograr la asociación del consumo/uso de los mismos con la satisfacción de múltiples necesidades y, de esta forma, hacerlos más atractivos al público y aumentar las ventas. El problema ocurre cuando la comunicación es falsa o se relaciona con cambios culturales que podrían tener consecuencias ambientales y sociales negativas en el futuro. Por ejemplo, la publicidad de *Coca-Cola* busca asociar el consumo de una bebida gaseosa con la felicidad, un concepto abstracto que podría abarcar múltiples necesidades. Otro ejemplo podría ser la publicidad de los automóviles en general, en la que una máquina para el transporte se vende también como un satisfactor de necesidades de identidad, afecto y protección, a través del concepto de éxito personal y mejora del estatus social. Por lo general se trata de una falta de coherencia entre un producto comercial (material) y la satisfacción de necesidades que tienen un carácter más relacional (no-material), cuya satisfacción depende de mejoras en la calidad de las relaciones entre personas y no tanto de las relaciones entre personas y cosas (esto es, una bebida, una máquina). Cuando ocurren estas incoherencias se podría decir que se trata de *satisfactores falsos*. Este problema podría ser muy frecuente

en una sociedad, lo cual generaría un mayor consumo de materiales y energía, pero sin poder satisfacer las necesidades humanas. Entonces, un país podría tener mayor consumo de productos comerciales y, por consiguiente, mayor crecimiento económico, pero no necesariamente mayor bienestar social, lo cual podría ser un argumento a favor de la paradoja de Easterlin (1974), en la que, en comparaciones entre países, al parecer, el aumento de felicidad no tiene correlación con el incremento de ingresos por encima de cierto nivel de PBI per cápita.

LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO

Según la visión integral de la economía, el proceso de producción tiene relación directa con el ambiente, primero, por la entrada de recursos naturales y, segundo, por la salida de contaminación ambiental. De acuerdo con Neumayer, esta situación implica dos cuestiones básicas: a) ¿Existen suficientes recursos para el crecimiento económico sostenido? y b) ¿El crecimiento económico necesariamente genera contaminación ambiental y la destrucción de los servicios ambientales? (1999). Para responder la primera pregunta, la teoría económica convencional utiliza el llamado credo optimista de los recursos naturales:

«Si un recurso natural A empieza a ser escaso, en un sentido económico, el precio de A aumenta, lo cual genera cuatro efectos no excluyentes entre sí:

- 1) La demanda del recurso A cambia por un recurso natural B, que empieza a ser más económico y sustituto del primero.
- 2) Empieza a ser más económico explotar, al igual que reciclar, más recurso natural A.
- 3) El capital manufacturado puede ser sustituto del recurso A.
- 4) Se favorece el progreso tecnológico, lo cual reduce la cantidad de recurso A por unidad de producto, así como también empieza a ser más económico explotar reservas de menor calidad.

Entonces, sobre el primer efecto, tendría que existir un recurso natural que pueda sustituir a todos los demás en última instancia, el cual podría ser la energía solar. Sin embargo, como se explicó anteriormente, se trata de una incertidumbre mayor lo que pueda ocurrir en el futuro con respecto al uso de esta forma de energía. Asimismo, en términos menos abstractos, existen recursos naturales, como los combustibles fósiles, que son básicos para la sociedad moderna y que, como se explicó también, forman parte de un complejo tecnológico e institucional que genera un bloqueo que no permite la adopción de tecnologías más limpias ni, por tanto, la sustitución por otros recursos. Sobre el segundo efecto, este podría ser cierto; sin embargo, los precios solo pueden medir las creencias acerca de la escasez pero no la escasez real del recurso, y esto nos puede llevar a interpretaciones equivocadas. Además, por la ley de entropía, el reciclaje no puede realizarse al 100%, dado que siempre existen pérdidas irreversibles en cada transformación energética. Sobre el tercer efecto, el capital manufacturado de herramientas, máquinas e infraestructura (órganos externos) es relevante solo si puede transformar recursos en productos y servicios; en cambio, si este sustituye a todos los recursos entonces no tendría mayor utilidad. Seguidamente, el capital manufacturado se fabrica a partir de recursos naturales y necesita un mantenimiento que representa más recursos. El cuarto efecto, el progreso tecnológico en términos relativos, no significa necesariamente menor cantidad de recursos en términos absolutos; es posible que ocurra la paradoja de Jevons. Por otro lado, la extracción de recursos de vetas de menor calidad puede significar una limitación de tipo material, dado que los procesos de extracción de recursos como los minerales y los combustibles fósiles requieren de energía. Un ejemplo podría ser la extracción de petróleo de arenas bituminosas, en la cual es posible que la cantidad de energía primaria para los procesos de extracción, transformación y transporte sea casi igual a la cantidad extraída de petróleo. Por tanto, no sería rentable, en términos energéticos, extraer el recurso, independiente del precio.

Para comparar alternativas energéticas se puede aplicar el concepto de *Retorno Energético de la Inversión* (EROI, por sus siglas en inglés) (Giampietro & Mayumi, 2009).

Para responder la segunda pregunta sobre la relación entre crecimiento económico y contaminación ambiental, la economía convencional argumenta:

- 1) El ambiente es un bien superior, esto significa que solo los ricos que tienen satisfechas sus necesidades básicas están en la capacidad de pensar en cuestiones más elevadas y trascendentales como la conservación de la naturaleza, lo cual es compatible con la tesis de Inglehart sobre las sociedades posmaterialistas.
- 2) El crecimiento económico favorece los cambios sectoriales en el siguiente orden: a) sector primario-extractivo más contaminante, b) sector industrial y c) sector servicios menos contaminante.
- 3) Existe un círculo vicioso entre pobreza y contaminación ambiental, en el que el objetivo principal es reducir la pobreza y solo cuando se logre esto se podrá resolver el segundo problema que es la contaminación ambiental.

Sobre el primer punto, se trata de una percepción que no tiene correlación con la realidad, como se comentó anteriormente: los países ricos son los que consumen por persona mayor cantidad de materiales y energía, por ende, representan lo opuesto de una sociedad posmaterialista. Además, si pensamos en el estilo de vida acelerado y poco reflexivo de las sociedades modernas, es probable que la mayoría de personas no sean conscientes del consumo de materiales y energía asociado a los productos y servicios que compran en los mercados. Por ejemplo, utilizando el concepto del agua virtual, que es la cantidad de agua utilizada a lo largo del ciclo de vida del producto, un kilogramo de carne de res podría representar más de diez mil litros de agua, dato que, por lo general, es invisible para los compradores.

Esta cantidad se explica porque el ciclo de vida de este producto utiliza gran cantidad de agua en la producción del alimento necesario para el crecimiento de la vaca, además del agua utilizada en la industria cárnica y el transporte. Sobre el segundo punto, el cambio sectorial no significa que desaparece la producción más contaminante; la economía global todavía sigue creciendo y lo que podría ocurrir es una transferencia de industrias contaminantes. Además, existen ciertas industrias contaminantes que no cambian de lugar a pesar del crecimiento económico: en Francia, por ejemplo, la electricidad se genera principalmente con energía nuclear. Sobre el tercer punto, la relación entre pobreza y contaminación es débil, porque es cierto que un mayor crecimiento económico permite construir la infraestructura de servicios básicos como agua potable y desagüe, que disminuyen los problemas de salud en la población, pero, al mismo tiempo, el crecimiento económico de las sociedades industriales también aumenta la generación de residuos sólidos domésticos y las emisiones de dióxido de carbono, así como los riesgos de accidentes por el uso de sustancias peligrosas. Entonces, se requiere tener una visión integral de los problemas de pobreza, pensando siempre en los aspectos ambientales. Por ejemplo, el desarrollo de infraestructura (órganos externos), condiciona el uso de materiales y energía en el futuro; entonces, existe el riesgo de repetir los problemas de dependencia y bloqueo tecnológico en torno al carbono de las sociedades industriales.

En conclusión, las innovaciones tecnológicas (mejoras de eficiencia en los procesos tecnológicos) pueden ser usadas para: a) proveer mejores estándares de vida para los individuos, mientras se mantiene el mismo nivel inicial de consumo de recursos naturales, y b) reducir la contaminación ambiental asociada al consumo de recursos naturales, mientras se mantiene el mismo nivel inicial de estándares de vida de los individuos. Lamentablemente para la cuestión de transición a la sostenibilidad, los seres humanos siempre escogen la primera solución sin reducir la presión sobre el ambiente (Mayumi, Giampietro & Gowdy, 1998).

EL MODELO DE FLUJOS Y FONDOS DEL PROCESO ECONÓMICO

En las secciones anteriores he tratado de resumir algunas ideas sobre la relación entre economía y ambiente. En primer lugar hemos analizado el bloqueo tecnológico e institucional, el cual nos muestra la dificultad que existe para lograr transiciones hacia el uso de energías renovables y para reducir voluntariamente nuestro consumo de recursos, porque un tipo de infraestructura (y desarrollo) condiciona nuestra forma de satisfacer nuestras necesidades y viceversa. Seguidamente he reflexionado sobre las necesidades humanas y los satisfactores: existe una diferencia entre las primeras, que son generales, y la forma de satisfacerlas, que es algo particular que depende de cuestiones culturales y materiales. Finalmente, hemos visto las consecuencias ambientales del crecimiento económico: si bien dicho crecimiento nos ofrece una estructura de análisis (entrada de recursos naturales y salida de contaminación), también nos brinda una discusión sobre paradigmas de sostenibilidad, en la que, otra vez, las cuestiones tecnológicas e institucionales son centrales. Ahora, me interesa volver al tema de introducción, es decir, la representación del proceso económico, para describir brevemente el modelo de flujos y fondos elaborado por Nicholas Georgescu-Roegen (1971), que representa una visión integral de la economía y es uno de los fundamentos de la economía ecológica.

Para describir este modelo primero se debe tener un significado más concreto del *proceso* en cuestión, y específicamente del *proceso económico*, porque lo que observamos es una realidad que es indivisible en lo material y perenne en el tiempo. En ese sentido, el modelo de flujos y fondos requiere del establecimiento de una frontera (material) que determine lo que es parte del proceso en relación con el ambiente, y de una duración (tiempo) que determine el inicio y el final del proceso. La determinación de estos parámetros del proceso dependen del propósito que se tenga en mente, lo que se relaciona con las percepciones, visualizaciones y motivaciones (sistemas de valoración) del observador

del objeto/proceso en cuestión (Farrell & Mayumi, 2009). Por ejemplo, para un carpintero que observa un árbol, el propósito que podría tener en mente es el de una fuente de madera para hacer muebles, lo cual determina un proceso económico de extracción que tendría como duración lo que demore cortar el árbol (unas horas) y como frontera el tronco y las ramas más gruesas. En cambio, si tenemos un hortelano que observa el mismo árbol, el propósito que podría tener en mente es el de una fuente de alimentación, lo cual determina un proceso económico de recolección de frutas que tendría como duración la vida productiva de la planta (varios años) y como frontera todo el árbol.

Una vez delimitada la frontera y la duración del proceso económico, para que exista un proceso en sí tiene que ocurrir algún tipo de cambio, el cual se puede observar a través de los elementos del sistema que cruzan la frontera del proceso en ambos sentidos. De esta forma, se pueden tener dos tipos de elementos: a) los *flujos*, que son elementos que entran al proceso pero no salen o, al revés, que son elementos que salen del proceso sin haber entrado, y b) los *fondos*, que son elementos que entran y salen del proceso sin cambiar, transformando flujos de entrada en flujos de salida. Asimismo, estos componentes son los factores de producción del proceso económico. Entonces, para la representación de un proceso productivo general se podrían tener los siguientes factores:

- Fondos: tierra *ricardiana* (L), capital manufacturado (K) y trabajo (H).
- Flujos de entrada: recursos naturales (R), insumos corrientes (I) e insumos para el mantenimiento del capital manufacturado (M).
- Flujos de salida: producto (Q) y residuos (W).

Luego, la función de producción estaría representada por la ecuación funcional:

$$Q(t) = F[R(t), I(t), M(t), W(t); L(t), K(t), H(t)]$$

Donde t es una variable cardinal que mide el intervalo de tiempo $[0, T]$ y T es una variable ordinal que representa el tiempo como el paso de la conciencia o, también, como la continua sucesión de momentos. Esta distinción esencial del proceso económico entre *flujos* (cantidades de materiales cualitativamente transformados en el proceso) y *fondos* (agentes transformando un conjunto dado de flujos de entrada en un conjunto dado de flujos de salida) tiene implicancias en el supuesto de sustitución de factores de producción de la economía neoclásica (Mayumi, Giampietro y Gowdy, 1998). Esto, porque dentro de un mismo proceso productivo no podemos compensar una disminución de la producción (Q) debido a una disminución en un elemento *fondo* (capital manufacturado, K) con un aumento en un flujo de entrada (recursos naturales, R). Por ejemplo, si estamos produciendo leche evaporada en latas, no es posible compensar una disminución de la producción debido a una falla de máquinas (por ejemplo, una parada en la línea de envases) con un aumento de un flujo de entrada (por ejemplo, mayor recepción de leche fresca).

Por otro lado, la relación que existe entre propósitos y sistemas de valoración (o lenguajes de valoración) y, a su vez, entre estos y la determinación de los parámetros del proceso económico (frontera y duración) podría representar una forma de entender la raíz de los conflictos ambientales. Siguiendo con el ejemplo del carpintero y el hortelano, para el primero el árbol es esencialmente un *flujo de entrada* para el proceso de fabricación de muebles, mientras que para el hortelano, el mismo árbol es un elemento *fondo* que transforma nutrientes, agua y energía solar en alimentos, a través del proceso de fotosíntesis. Este ejemplo muestra la raíz de una incompatibilidad entre los dos procesos económicos y, por consiguiente, una posibilidad de conflicto. Se podría también estudiar el caso de una comunidad campesina y de una empresa minera, en el que, para la primera, la tierra (montañas, suelo, rocas y acuíferos) representa un elemento *fondo* para la producción de alimentos además del lugar donde viven sus miembros.

En cambio, para la empresa minera, la tierra representa minerales valiosos por explotar; por tanto, la misma tierra (incluido el acuífero) es un *flujo de entrada* para el proceso de extracción y concentración de minerales con valor comercial (por ejemplo, oro, cobre, plata, zinc, plomo, hierro). Luego, si a esta incompatibilidad le sumamos los residuos (W) de relaves y rocas que pueden permanecer en la zona por siglos, tenemos un conflicto ambiental.

Una posibilidad para describir analíticamente la relación entre propósitos, sistemas de valoración y parámetros del proceso económico y, de esta forma, facilitar la discusión entre los diferentes actores sociales que se encuentran en un mismo espacio natural, es el enfoque de triadas de valoración desarrollado por Farrell (2007). Se trata de un estudio de la coevolución que existe entre valores articulados (valores) y métodos para la articulación de valores (valoración), en relación con sistemas vivos complejos (ecosistemas). Luego, esta relación de coevolución se puede representar utilizando una triada, que consiste en un conjunto que incluye: a) un nivel estructural del sistema de valoración, b) un nivel focal sobre el objeto de referencia y c) un nivel funcional, que es la parte más visible. En ese sentido, se podría iniciar una discusión sobre la triada de valoración para una empresa petrolera en la Amazonía considerando: a) nivel estructural, es decir, la extracción de petróleo al menor costo posible para venderlo en los mercados y de esta manera lograr mayores ganancias para los socios del negocio; b) nivel focal, esto es, la Amazonía como lugar donde potencialmente existen reservas de petróleo que podrían ser explotadas, y c) nivel funcional, es decir, la empresa que desarrolla actividades de exploración y participa en concursos para la obtención de derechos sobre nuevos lotes petroleros en la Amazonía. Luego, esta discusión inicial sobre la triada de la empresa petrolera se ampliaría con el estudio de las triadas de los demás actores sociales relevantes, como el gobierno central y los pueblos indígenas, comparando sistemas de valoración y propósitos e identificando contradicciones, complementariedades y conflictos de manera analítica.

Por otro lado, una aplicación del modelo de flujos y fondos de Georgescu-Roegen es el método de análisis integral multiescala del metabolismo de la sociedad y los ecosistemas (MuSIASEM, por sus siglas en inglés), que fue elaborado por Giampietro y Mayumi (2000a, 2000b y 2009). Se trata de un método que permite representar las relaciones que existen entre elementos *fondo* (por ejemplo, horas de actividad humana) y elementos *flujo* (por ejemplo, uso de energía exosomática) de manera integral y a diferentes escalas de análisis (nivel $n + 1$: el *ambiente*; nivel n : la economía nacional; nivel $n-1$: los sectores productivos y hogares; nivel $n-2$: los sectores productivos de energía y minas, agricultura, construcción y manufactura, servicios y gobierno; nivel $n-2$: los hogares rurales y urbanos). Luego, esta representación analítica puede ser útil para identificar y valorar las restricciones internas entre los diferentes compartimientos de la economía, así como también las restricciones externas entre la economía y el ambiente.

EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES Y LA SOSTENIBILIDAD

The world is characterized by deep complexity. This obvious observation has important implications on the manner policy problems are represented and decision-making is framed. As a consequence, one may decide to adopt a reductionistic approach trying to tackle one of the many possible dimensions or simply to deal with real-world complexity (Munda, 2004, p. 663).

La representación del proceso económico, de acuerdo con una visión integral como es el modelo de flujos y fondos, se puede considerar como un primer paso en la evaluación económica/ambiental/social, a partir del cual se puede proveer información relevante para el proceso de toma de decisiones. Es importante destacar que la forma en que se estructura este proceso se convierte en un factor determinante del resultado final de la evaluación. En este sentido, si se adopta un enfoque reduccionista

como el de la economía convencional, la representación del proceso económico se podría completar con la estimación del valor monetario de la externalidades y la toma de decisiones se podría estructurar de acuerdo con el método de análisis costo/beneficio (unidimensional), a partir del cual se podría obtener algún tipo de resultado óptimo. Sin embargo, entre otras debilidades, este método no considera la existencia de valores inconmensurables, los cuales son más frecuentes a medida que aumenta la complejidad del problema y se entra en el campo de la ciencia posnormal (Funtowicz & Ravetz, 1994). Un método alternativo es la evaluación social multicriterio (SMCE, por sus siglas en inglés) desarrollada por Giuseppe Munda, en la que el proceso de evaluación empieza con un análisis histórico e institucional del problema que permite identificar actores sociales, criterios de evaluación y alternativas de proyecto, lo cual se complementa con la información obtenida a partir de los procesos participativos (entrevistas, reuniones, etcétera) que involucran a los diferentes actores sociales (2004). Los siguientes pasos son la elaboración de las matrices técnica y social.

- La *matriz técnica* ordena, por el lado de las filas, el conjunto de criterios de evaluación (esto es, criterios económicos, ambientales y sociales) y, por el lado de las columnas, el conjunto de alternativas de proyecto. Los valores de cada par [criterio-alternativa] se miden en las unidades que corresponden a cada criterio y sin traducciones (es decir, unidades monetarias, físicas, índices). Esta matriz técnica representa el trabajo multi/interdisciplinario.
- La *matriz social* ordena, por el lado de las filas, el conjunto de actores sociales que tiene interés en el proyecto y, por el lado de las columnas, el mismo conjunto de alternativas de la matriz técnica. Los valores de cada par [actor social-alternativa] se miden en unidades ordinales (esto es, primera, segunda, tercera). Esta matriz social representa el trabajo de participación ciudadana.

En consecuencia, al utilizar estas representaciones con matrices se puede repetir el proceso de trabajo interdisciplinario y de participación pública, sumar nuevos criterios y alternativas, revisar los valores y, por ende, mejorar la calidad de información del proceso de toma de decisiones. El objetivo general de este método es facilitar la transparencia y el diálogo entre los diferentes actores sociales, en el que el resultado final podría ser una solución de acuerdo entre las partes en conflicto. En otras palabras, se trata de una puesta en práctica de la ciencia *posnormal*, esto es, el trabajo conjunto entre los expertos profesionales y las personas directamente afectadas o el público general en busca de una transición hacia la sostenibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Easterlin, Richard (1974). Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence. In Paul A. David and Melvin W. Reder (eds.), *Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramovitz* (pp. 89-125). Nueva York: Academic Press.
- Farrell, Katharine N. (2007). Living with Living Systems: The Co-evolution of Values and Valuation. *International Journal on Sustainable Development and World Ecology*, 14(1), 14-26.
- Farrell, Katharine N. & Kozo Mayumi (2009). Time Horizons and Electricity Futures: An Application of Nicholas Georgescu-Roegen's General Theory of Economic Production. *Energy*, 34, 301-307.
- Funtowicz Silvio O. & Jerome R. Ravetz (1994). The Worth of a Songbird: Ecological Economics as a Post-normal Science. *Ecological Economics*, 10, 197-207.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Giampietro, Marco & Kozo Mayumi (2000a). Multiple-scale Integrated Assessment of Societal Metabolism: Integrating Biophysical and Economic Representations across Scales. *Population and Environment*, 22(2), 155-210.

- Giampietro, Marco & Kozo Mayumi (2000b). Multiple-scale Integrated Assessment of Societal Metabolism: Introducing the Approach. *Population and Environment*, 22(2), 109-154.
- Giampietro, Marco & Kozo Mayumi (2009). *The Biofuel Delusion: The Fallacy of Large-Scale Agro-biofuel Production*. Sterling: Earthscan.
- Inglehart, Ronald (1977). *The Silent Revolution: Changing Values and Political Styles among Western Publics*. Nueva Jersey: Princeton University Press.
- Martínez-Alier, Joan (2008). La crisis económica vista desde la economía ecológica. *Revista Ecología Política*, 36, 23-32.
- Martínez-Alier, Joan (2010[2002]). *El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Cuarta edición. Lima: Espiritrompa.
- Max-Neef, Manfred (1998[1993]). *Desarrollo a escala humana: conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Segunda edición. Barcelona: Icaria.
- Mayumi, Kozo, Mario Giampietro & John Gowdy (1998). Georgescu-Roegen/Daly versus Solow/Stiglitz Revisited. *Ecological Economics*, 27, 115-117.
- Munda, Giuseppe (2004). Social Multi-criteria Evaluation: Methodological Foundations and Operational Consequences. *European Journal of Operational Research*, 158(3), 662-677.
- Neumayer, Eric (1999). *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*. Cheltenham: Edward Elgar.