

AFINIDADES Y DISPARIDADES ENTRE DISCIPLINAS ECOLÓGICAS Y LA ECONOMÍA

Félix Hernández Álvarez

Investigador en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas

TRATAMIENTO INTERDISCIPLINAR DE LA ECONOMÍA

La teoría general de sistemas desarrolla modelos formales sensibles a ciertas mutaciones cualitativas sólo perceptibles en los sistemas abiertos. Definidos como conjunto de elementos que se relacionan entre sí y con el medio, estos sistemas demandan un tratamiento interdisciplinar del conocimiento.

El extenso ámbito multidisciplinar de las ciencias ecológicas¹ reconoce los sistemas abiertos como campos empíricos de observación. La toma en consideración de las interrelaciones de cada componente de un sistema, y del conjunto, con su entorno ha resultado determinante en el reconocimiento. Este planteamiento metodológico sustentado en los sistemas abiertos añade, respecto al convencional basado en los sistemas cerrados, un grado de complejidad mayor.

Tomando como modelo de sistema abierto un ecosistema, la Economía y el entorno natural representan dos subsistemas, abiertos también, que actúan de forma interactiva y recíprocamente limitante; limitación de recursos naturales acotada por el medio y limitación de la capacidad metabólica del entorno (agua, suelo, aire, etc.) para absorber el impacto de la contaminación producida por la actividad económica. La crítica principal de la teoría general de sistemas a la economía neoclásica es que el agente humano es tratado en la evaluación del ecosistema como único usuario. En los análisis económicos las disciplinas ecológicas introducen modelos input-output donde los flujos y stocks considerados son unidades de masa y energía principalmente. Respecto a la economía neoclásica se produce por tanto una ampliación de magnitudes y unidades cuya finalidad es ganar en información de la evolución y del estado del sistema económico y del entorno.

La ratificación definitiva de este enfoque epistemológico multidisciplinar se produce a partir de la aceptación del paradigma del desarrollo sostenible. Se trata de un nuevo enfoque que amplía la dimensión del marco analítico de la economía neoclásica, centrada en el espacio bidimensional economía-sociedad, e introduce un tercer eje en dicho marco (el ambiental). Tres orientaciones principales han surgido en relación al nuevo paradigma: la posición coasiana, la economía ecológica y la economía ambiental.

La economía ecológica y la economía ambiental plantean patrones de valoración renovados con objeto de articular en los balances de equilibrio abordados en estas dos disciplinas factores de naturaleza económica con factores físicos ambientales. El planteamiento supone una apuesta por la eficacia del patrón seleccionado desde una doble perspectiva. Tanto la explicación como el pronóstico de los fenómenos que afectan al sistema y a su entorno quedan subordinados a esta elección previa. Por ejemplo, el precio es un patrón eficiente cuando se trata de analizar relaciones y bienes de mercado, pero claramente insuficiente cuando el examen se extiende al total de relaciones y bienes económicos (de mercado y no mercado).

Dentro del mercado, el precio se manifiesta como un signo automático de los cambios de las preferencias del consumidor en un contexto donde los bienes y las relaciones son opcionales. Por el

¹ Ernst Haeckel, biólogo alemán, emplea por primera vez el concepto ecología como ciencia de las relaciones de un organismo con su entorno (Haeckel, E. (1986) *Gwenerale Morphologie der organismen*, citado por *Deleague, J.P. (1993, Historia de la ecología, Icaria, pág. 73, Barcelona)*)

contrario, en un contexto reducido en opciones se precisan patrones físicos (masa y energía principalmente) para evaluar el impacto ambiental, o para dar información sobre la supervivencia de elementos singulares del ecosistema sometidos a fuertes estrés ecológicos.



Félix Hernández Álvarez

El caso más relevante donde se manifiesta la insuficiencia de los patrones de la economía neoclásica es el concerniente a dos medios que gozan de la condición de exclusividad para la supervivencia, como el aire y el agua. El conocimiento de la evolución de ambos elementos, de sus estados de degradación como recursos y de los grados de elasticidad de dichos estados, requiere de balances precisos de masa y energía. La consideración de estos dos entornos esenciales para la vida como inagotables, no escasos, es un supuesto equivocado procedente de la economía neoclásica que ha retrasado la aceptación del reconocimiento de la acotación ambiental en la actividad económica.

Distintas disciplinas experimentales habían avisado antes del surgimiento del paradigma del desarrollo sostenible de la necesidad de regular los diversos usos del agua y del carácter limitado del aire para asimilar contaminantes. Por otro lado, el estado del propio ecosistema y de cualquier especie en peligro de extinción precisa asimismo de análisis fundamentados en balances físicos, en prevención de problemas irreversibles que se puedan presentar.

El carácter interdisciplinar estimula la búsqueda de patrones de valor “objetivos”, que han surgido a lo largo de la historia de la Economía de forma recurrente. En el pasado siglo se descubren tres patrones importantes, rescatados de dos áreas científicas positivas. Se trata de la entropía y de la energía, procedentes de la Física, y de la biomasa, procedente de la Biología. Georgescu-Roegen es el pionero creador de la disciplina Termoeconomía; Hannon es un impulsor de los balances de biomasa en los ecosistemas, y Odum acuña el concepto energía, un patrón universal que relaciona cualquier bien económico con la energía solar (directa e indirecta) “invertida” en la producción de ese bien.

Todos estos intentos se han orientado a la búsqueda de un patrón de valor que supere el concepto relativo² de la economía neoclásica, vinculado a las preferencias (mutables) del consumidor, hasta ahora con escaso éxito. La mayoría de ellos se refieren a contextos críticos, sistemas estacionarios o de mera supervivencia, donde no existen apenas opciones para los agentes económicos. En la medida en que la Sociedad perciba estos contextos y estados, no opcionales, como extraordinarios, o meramente circunstanciales o transitorios, la Economía seguirá recurriendo al concepto relativo del valor neoclásico. De cualquier modo, volviendo al espacio tridimensional (economía, sociedad y medio) de la Economía existe una dificultad objetiva para establecer métricas, es decir magnitudes y unidades, comunes al conjunto complejo y heterogéneo sistema-medio. Se trata de una tarea necesaria de alcance multidisciplinar cuyo objetivo es obtener información fiable sobre la evolución y el estado de las partes del sistema y del propio medio.

EL PARADIGMA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Hasta la aparición del informe Brundtland³ el año 1987, el marco analítico del sistema económico era bidimensional. Sobre los ejes de la economía y de la sociedad (véase Figura 1) descansaba un modelo analítico que trataba de encontrar los equilibrios y desequilibrios ocasionados en el sistema de acuerdo con el grado de articulación de estos dos ejes. Hasta entonces la escuela pigouviana del bienestar apelaba a fórmulas centradas en el mantenimiento de la integración social y defendía el intervencionismo mediante impuestos y subsidios, que invocaban fundamentos de solidaridad y principios éticos. Por contra, la escuela paretiana resumía la esencia de su doctrina en el principio liberal de la libertad individual y mantenía la clásica fórmula de la asignación previa de derechos de propiedad-uso y posterior negociación dentro del mercado como modo casi exclusivo de combatir los desequilibrios del sistema. Ya entonces Pigou había acuñado el concepto de externalidad⁴ como efecto no compensado y provocado por la actividad económica sobre el entorno y los recursos.

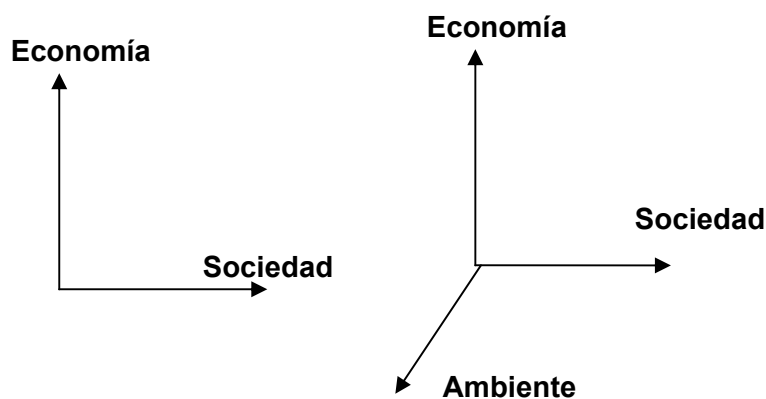


Figura 1. Esquemas analíticos bidimensional y tridimensional

Los enfoques paretiano y pigouviano de la economía neoclásica presentan severas limitaciones: Los fundamentos de solidaridad pigouvianos se han mostrado a veces históricamente contingentes y ciertos subsidios estimulan la figura del *free rider* (gorrón social); por otro lado, cuando la solución

² Schumpeter cita a Ludwig Fick, que menciona a Bernouilli como el primero en reconocer que “el valor no es una propiedad intrínseca de las cosas, sino una relación entre una persona que valora o estima las cosas valoradas o estimadas” (Schumpeter, 1982, nota pie de pág. 37 de pág. 352).

³ Brundtland define el desarrollo sostenible como el que no compromete la utilidad de generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades.

⁴ Pigou justifica la externalidad en el diferente valor privado y social del efecto de la actividad económica sobre el entorno y los recursos.

universal paretiana del mercado ofrece dificultades para funcionar como sistema regulador automático de las externalidades ambientales hay que arbitrar procedimientos alternativos que garanticen su internalización.

El paradigma del desarrollo sostenible añade dos articulaciones en su esquema analítico tridimensional (véase Figura 1): La económica-ambiental y la social-ambiental. Esta aportación epistemológica tiene como objetivo la búsqueda de soluciones a los desequilibrios provocados en los dos nuevos nudos (económico-ambiental y social-ambiental⁵) surgidos en el esquema tridimensional. En definitiva, el nuevo paradigma trata de hacer compatible la calidad ambiental y el desarrollo económico, entendiendo éste como una combinación adecuada de crecimiento económico y bienestar social (cultural y ambiental). Este salto cualitativo respecto a la concepción neoclásica de desarrollo que la sustentabilidad provoca no significa una renuncia a los beneficios de la anterior concepción, que considera el desarrollo en términos de renta hicksiana: Máximo consumo de una población conservando al menos la misma renta a lo largo de un periodo de tiempo. La sustentabilidad plantea también un problema que el fenómeno de la globalización ha dejado al descubierto: Hasta qué punto la introducción de cualquier innovación económica puede prosperar en una comunidad sin una adaptación cultural previa.

En el plano conceptual, el paradigma del desarrollo sostenible propone la sustitución de la noción de crecimiento, factor intensivo (cantidad/tiempo) de carácter cuantitativo, por la de desarrollo, factor extensivo (difusión) de carácter cualitativo. En esta dirección se ha profundizado desde tres posiciones principales (coasiana, economía ambiental y economía ecológica), que mantienen afinidades y disparidades entre ellas.

Posición coasiana versus economía ambiental

La economía ambiental comparte con Coase tres principios fundamentales:

- Las restricciones sustentables deben ser compatibles con la utilidad no decreciente para generaciones sucesivas.
- Las mayores garantías de sustentabilidad son el capital humano⁶ y el progreso técnico⁷.
- Si la utilidad es función de un cierto capital natural (recursos naturales y capacidad del entorno para metabolizar residuos) y capital humano dados, la sustitución del primero por el segundo está subordinada a que existan opciones alternativas⁸ a la sustitución de un recurso.

Entre la economía ambiental y Coase existe una diferencia esencial. La primera guarda reservas sobre cierto progreso técnico (ganancia de intensidad productiva con independencia del impacto ambiental) y advierte de la necesidad de arbitrar una solución compatible que comprometa la intensificación productiva con el estado del entorno. Sin embargo, Coase justifica el progreso técnico en cualquier circunstancia, siempre que el agente contaminador compense económicamente al perjudicado; admite por tanto que el perjudicado tolera el daño.

⁵ Nos referimos, por ejemplo, a los problemas económico-ambientales de impacto ambiental y escasez de recursos naturales, o a los social-ambientales de adaptación social (emigración, pérdida de empleo, etc.), vinculados a las modificaciones del medio y a los daños ambientales.

⁶ El capital humano es el complementario del capital natural.

⁷ La economía ecológica critica esta posición, tachándola de “optimismo tecnológico”. La posición coasiana tiene prevista una alternativa a la ausencia de cualquier progreso tecnológico; en tanto que admite una sustitución total entre capital y recursos naturales, contempla la sustitución de capital por estos recursos mientras se sale del bache tecnológico.

⁸ De nuevo los análisis económicos se refieren a un contexto donde los bienes y los recursos son opcionales (véase el apartado primero: “El tratamiento interdisciplinar de la Economía”).

Economía ambiental versus economía ecológica

El punto de convergencia entre la economía ambiental y la economía ecológica es destacar la doble función del capital natural: económica y de supervivencia. Esta dualidad condiciona la sustitución del capital natural de modo restrictivo. Los puntos de divergencia entre estas dos economías resultan de la diferente concepción que ambas tienen del paradigma de la sustentabilidad, y más concretamente de la elasticidad del capital natural (K) respecto al capital humano (R). Defensora del criterio de sustentabilidad fuerte, la economía ecológica apuesta por una elasticidad $\sigma = K/R > 1$; la economía ambiental defiende la posición de $\sigma = K/R < 1$.

Las principales diferencias que separan ambos criterios se presentan en la Tabla 1, de la que se desprende que la economía ecológica presenta severas limitaciones al proceso productivo. Esta escuela establece como principios que la producción humana debe limitarse a la capacidad de los stocks naturales remanentes y a la capacidad de asimilación de las emisiones del entorno; en relación a la tecnología, determina que la productividad debe estar subordinada a la eficiencia.

Por el contrario, para la economía ambiental el mantenimiento del capital natural depende del grado de sustentabilidad existente entre los recursos renovables y no renovables, además del comportamiento del progreso técnico, entendido éste como el input de recurso por unidad de bienestar ganada.

Tabla 1
Divergencias entre la sustentabilidad fuerte y débil

<i>Sustentabilidad fuerte ($K/R > 1$)</i>	<i>Sustentabilidad débil ($K/R < 1$)</i>
Defiende la conservación de capitales naturales y capitales humanos por separado	Propugna mantener la suma de capitales humanos y naturales, admitiendo su intercambio
Enfatiza la fragilidad que provocan en los sistemas ecológicos la interactividad económica-ecológica	No enfatiza la fragilidad que provocan en los sistemas ecológicos la interactividad económica-ecológica
Considera las restricciones ecológicas a las que subordina los objetivos económicos	Admite los objetivos y normas económicas y configura la evaluación de los factores ecológicos en función de ellos

ENFOQUE TERMODINÁMICO DE LA ECONOMÍA

En su enfoque termodinámico, Georgescu-Roegen (1971) concibe la Economía vinculada estrechamente al Segundo Principio de la Termodinámica, que dice que en un proceso irreversible, es decir real, la entropía en un sistema cerrado es siempre creciente. Considera también este autor que la Tierra es un sistema cerrado respecto a la materia, pero abierto respecto a la energía, en tanto que recibe un enorme flujo energético del Sol. En su opinión, los bienes de capital son producidos de la misma manera que las especies biológicas, es decir de un modo evolutivo. Desde esta perspectiva las máquinas y las herramientas deben mutar igual que las especies si el hombre quiere superar el estado estacionario. El relato histórico del primer martillo de piedra construido a partir del material tomado del entorno, el primero de bronce, a su vez, del trabajo añadido de los martillos de piedra, y así sucesivamente, constituye para Georgescu-Roegen la prueba empírica de la necesidad de evolucionar bombeando continuamente entropía desde niveles inferiores a cotas superiores.

Georgescu-Roegen vincula el valor económico a la ganancia entrópica generada en un proceso. Partiendo de que los seres vivos están diseñados para reducir la entropía del sistema, llega a la primera indicación importante de conexión entre la baja entropía y el valor económico. Formaliza entonces que la baja entropía es la condición necesaria para la utilidad de cualquier bien. Dos corolarios inmediatos se pueden establecer al asociar el valor a la baja entropía: la baja entropía del entorno (fuente de valor) decrece continua e irrevocablemente; en todo sistema económico se produce una fuga de entropía, en

tanto que no se puede conseguir añadir valor a algo sino a coste de la baja entropía. Por tanto, desde la perspectiva de la Termoeconomía el sistema económico es entrópico, donde cada proceso de transformación evolutiva precisa del bombeo desde la baja a la alta entropía; de este modo, gana capacidad organizativa a costa del entorno, que facilita el consumo de materia o energía.



Ponentes en la reunión preparatoria del Seminario-debate multidisciplinar sobre “Puntos de convergencia entre disciplinas” celebrado en la Universidad Autónoma de Madrid: Arriba (de izquierda a derecha): Mansour Mohammadian, Eduardo Bueno, José Alfonso Delgado y Jesús Lizcano. Abajo: Félix Hernández, Ana Yábar y Alfredo Cadenas.

La posición crítica de Georgescu-Roegen hacia la economía neoclásica resulta similar a la de los fisiócratas, defensores del valor exclusivo de la tierra como productora del sustento humano. Esta posición le lleva a censurar los instrumentos exosomáticos (no biológicos) empleados por el hombre para alcanzar la misma cantidad de baja entropía que el resto de los seres vivos (capacitados a usar solamente los órganos endosomáticos en su captura de la baja entropía) con menos gasto de su propia energía.

ENFOQUE BIOLÓGICO DE LA ECONOMÍA

La Bioeconomía fundamenta su carácter trascendente en que sólo las cosas puramente biológicas son absolutamente necesarias para la supervivencia. Sobre este principio indiscutible construye un gradiente piramidal de valores, en cuyo vértice sitúa la vida y todas las cuestiones concernientes a ella (biodiversidad, contaminación, preocupación por las generaciones futuras, etc.). Pero al mismo tiempo plantea extrapolaciones del ámbito biológico al económico-social difíciles de asimilar. Por ejemplo, es frecuente encontrar en las explicaciones de ilustres defensores de esta escuela de pensamiento simples traslaciones absolutamente inadecuadas, traídas de la disciplina de la Biología a la Socioeconomía para comprender el sentido de la evolución, del aprendizaje, de los flujos de información, etc. Esta apuesta por la interpretación biológica distorsiona el análisis cuando se tratan cuestiones económicas y sociales que precisan y admiten diferencias humanas de preferencia y de opción, como se ha dicho más arriba. Así pues, las características preferencial y opcional de la Socioeconomía, que le son propias, rompen con el signo trascendente de la Bioeconomía.

Odum y Hannon representan dos casos ilustrativos de sendos ensayos de aplicación metodológica bioeconómica, para un modelo experimental en la isla de Puerto Rico el primero y un ecosistema estudiado en laboratorio el segundo.

El modelo de Odum

La raíz griega *oikos*, común a la Ecología y la Economía, es el nexo que vincula a estas dos disciplinas clásicas. En ella reside el entronque de la Ecología, definida como el estudio de las relaciones de los organismos o grupos de organismos con su entorno, y la Economía, considerada esquemáticamente del mismo modo desde el enfoque bioeconómico.

La Ecología comprende los grupos de organismos que abarcan todo el arco biológico en razón de su tamaño, desde los niveles “micro” (genético y celular) hasta los niveles “macro” (órganos, organismos, poblaciones y ecosistemas). De toda esta pirámide organizada dimensionalmente, Odum rescata una característica universal que implica a todos los organismos, con independencia del nivel estructural alcanzado por éstos: en todos los intercambios y relaciones, internos y con el medio, únicamente se transporta materia y energía.

La reducción de las unidades intercambiadas en un sistema organizado a dos naturalezas exclusivas, materia y energía, caracteriza el modelo de Odum en su primera fase. En una segunda fase, se trata de explicar el funcionamiento de las estructuras biológicas a través de esquemas analógicos de circuitos eléctricos, previa división de las funciones elementales de los organismos (producción, respiración...). El problema surge cuando el modelo se extrapola al ámbito económico basándose en que la especie humana forma parte del sistema ecológico más amplio, ocupando su lugar en la pirámide anterior organizada dimensionalmente. Este reduccionismo niega el carácter específico (más allá de lo biológico) de la actividad económica.

La plenitud del modelo de Odum se logró en un trabajo experimental (Doherty y otros, 1994) compartido y realizado en la isla de Puerto Rico. En él se manejaron flujos de energía⁹, energía solar directa e indirecta “invertida” en la producción de un bien económico. Se incluyeron cuadros de equivalencia, extendidos a las mercancías y los servicios humanos, incluso a los créditos, importados el año 1987 por Puerto Rico. La Tabla 2 ilustra de la ambición del trabajo citado y del grado de extrapolación aplicado en sacrificio del manejo de un patrón de valor universal. En ella se han seleccionado magnitudes de seis grupos de productos y servicios suficientemente heterogéneos, tomados del trabajo original, complementadas por unidades tan diversas como la energía (en Julios) o la monetaria (en dólares).

Tabla 2
Relación de importaciones tomadas del trabajo de Puerto Rico

<i>Importaciones</i>	<i>Contribución anual (Julios, \$)</i>	<i>Transformación solar (sej[*]/Julio)</i>	<i>Energía solar (sej/año)</i>
Carbón	$7,36 \cdot 10^{15}$ J	29.000	$2,14 \cdot 10^{20}$
Carne	$6,22 \cdot 10^{14}$ J	$1,30 \cdot 10^6$	$8,09 \cdot 10^{20}$
Textiles	$5,87 \cdot 10^8$ J	$2,00 \cdot 10^{12}$	$1,17 \cdot 10^{21}$
Fertilizantes	$3,74 \cdot 10^{13}$ J	$2,00 \cdot 10^6$	$7,48 \cdot 10^{19}$
Créditos	$1,35 \cdot 10^9$ \$	$2,00 \cdot 10^{12}$	$2,70 \cdot 10^{21}$
Turismo	$9,55 \cdot 10^8$ \$	$2,00 \cdot 10^{12}$	$1,91 \cdot 10^{21}$

* La unidad sej empleada son los Julios aportados por la energía solar.

⁹ La selección de la energía como unidad universal de comparación se fundó en la objetividad encontrada en un patrón de medida determinado como recurso originario para la producción de cualquier bien.

El modelo de Hannon

En su trabajo titulado “*Time value in ecosystems*” Hannon (Hannon, B.M., 1985) propone una analogía económica para el estudio de ecosistemas, cuyos elementos intercambian biomasa entre sí y con el medio. A partir de ella desarrolla un modelo compuesto de flujos y stocks para obtener una aproximación evolutiva del sistema. La finalidad del estudio es describir la estructura del ecosistema en términos económicos, previo establecimiento de la equivalencia de los flujos de biomasa con flujos de energía. La Figura 2 representa el esquema de flujos en unidades de Kcal/m²·día.

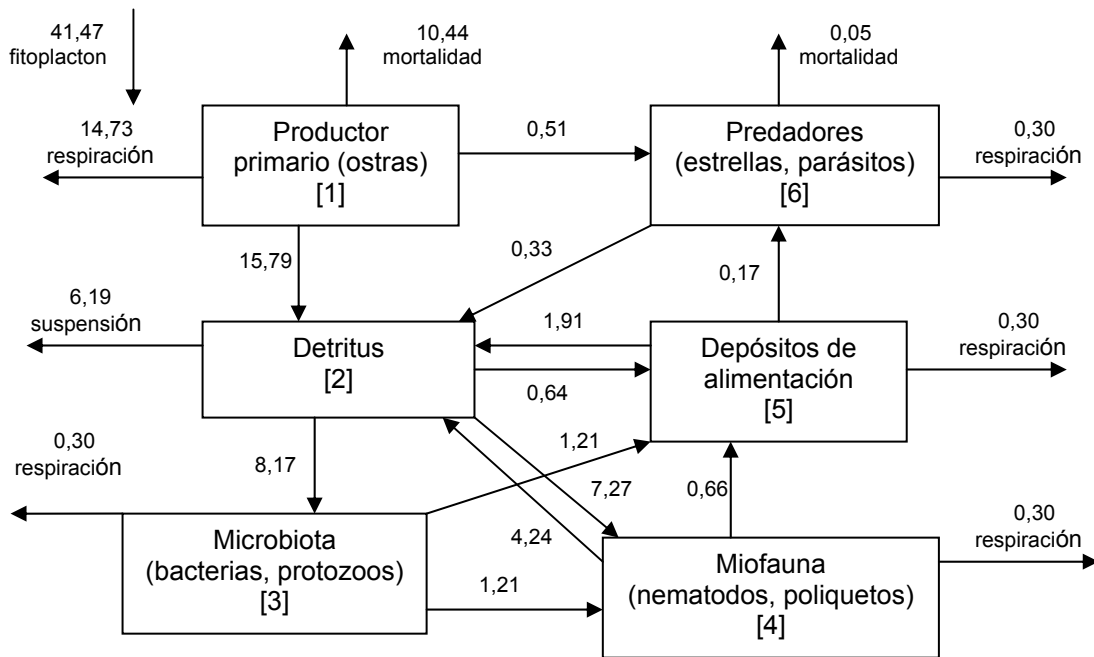


Figura 2. Esquema de flujos de energía del ecosistema de Hannon

Lo que Hannon plantea es un método econométrico clásico, donde cada organismo vivo gana un input energético, cede un output y consume un porcentaje de energía para satisfacer su metabolismo basal. Su método de cálculo es una formalización matricial convencional, en el que sustenta un modelo dinámico, a través del cual construye el cuadro de la evolución de los stocks de los organismos incluidos en el ecosistema y esquematizado en la Figura 2. El resultado de la variación relativa de estos stocks al cabo de 20 días se muestra en la Figura 3.

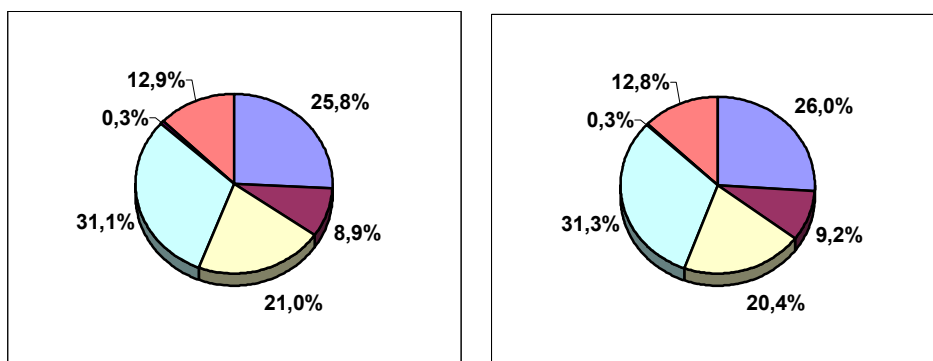


Figura 3. Variación relativa de biomasa en 20 días

En su trabajo¹⁰, Hannon maneja términos genuinos de la economía neoclásica, como valor productivo, utilidad del producto, coste económico, precio y tasa de interés. La economía neoclásica parte de que la tasa de interés simboliza expectativa, es decir representa la tasa a la cual un pago extra debe realizarse para que los consumidores retrasen su consumo un cierto tiempo. Su valor depende de las pautas de consumo de la sociedad al completo, es decir del modo en que productores y consumidores dividen los flujos utilizables entre el consumo inmediato y el consumo demorado, que pasa instantáneamente a incrementar el capital del consumidor. A partir de aquí Hannon aplica una extrapolación llevando su analogía hasta el extremo; admite una tasa de interés de su ecosistema, que refleja el grado en que los elementos vivos entienden el pasado y anticipan el futuro. En última instancia, el concepto representa para Hannon la tasa de aprendizaje del ecosistema.

Los trabajos de Doherty y Hannon son referencias paradigmáticas del abuso de extrapolación que se puede alcanzar a partir de concepciones bioeconómicas. En el primero se utilizan factores de transformación energética estimativos, cuando no absolutamente arbitrarios (véanse valores de la columna tercera de las filas sexta y séptima de la Tabla 2), en sacrificio del empleo de un patrón universal de referencia (la emergía). En el trabajo de Hannon se utilizan conceptos acuñados para analizar las preferencias del consumidor en un contexto económico, donde los bienes y las relaciones son opcionales, lo que resulta manifiestamente inadecuado a la hora de interpretar aspectos cualitativos de un ecosistema: evolución, aprendizaje, etc. Asimismo, de este último estudio analógico se puede concluir que se trata de un modelo dinámico muy útil para prevenir situaciones críticas en un ecosistema específico, donde los requerimientos de energía de cada organismo, o la súbita reducción del input principal del ecosistema (fitoplancton), pueden modificar sustancialmente la participación de los organismos en las funciones productiva y adaptativa. Hannon busca conocer el comportamiento en situaciones de estrés límite, donde el estado del sistema puede llegar a la irreversibilidad, afectando a su propia estabilidad estructural y a la misma supervivencia de sus elementos.

REFERENCIAS

- Doherty, S.J., Scatena, F.N., and Odum, H., T. (1994) Emergy evaluation of the Luquillo experimental forest and Puerto Rico, Final report to International Institute of Tropical Forestry, Puerto Rico.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts.
- Haeckel, E. (1986) *Gwenerale Morphologie der organismen*, citado por Deleague, J.P. (1993) *Historia de la ecología*, Icaria, pág. 73, Barcelona.
- Hannon, B.M. (1985) Time value in ecosystemes, en *Energy and time in economic and physical sciences*, van Gool, W., and Bruggink, J., eds., North Holland.
- Hernández, F. (1996) Sistemas abiertos. El entorno como fuente de biomasa y como sumidero energético, en *Información Comercial Española*, nº 751, Madrid: 95-104
- Scumpeter, J., A., *Historia del análisis económico*, Ariel, Barcelona.

¹⁰ Para un mayor detalle del trabajo de Hannon, véase el artículo titulado “Sistemas abiertos. El entorno como fuente de biomasa y como sumidero energético” (Hernández, F., 1996).