

Título: Los Principios de la Termodinámica, uno de los soportes de la economía ecológica y el rol de la escuela en su concientización.

Autores: Lic. Juan R. Cardentey Lorente, Lic. Jesús Pérez López y Lic. Rafael Hernández- Cruz Pérez.

Centro de trabajo: UCP "Rafael María de Mendive"

Resumen

Se fortalece en las últimas décadas un reclamo metodológico que procura re-pensar la realidad económica a partir de ciertos principios y procesos fundamentales, constituyentes y generalizables a los estados "superiores" de desarrollo de la materia. De esta manera, los principios de la termodinámica o de la evolución biológica aparecen como perspectivas epistemológicas del conocimiento. La cuestión clave es cómo diseñar una nueva "economía de la sostenibilidad" que no destruya los recursos naturales y sistemas ecológicos que la sustentan. Así surge la economía ecológica que apunta a la reconstrucción de los fundamentos biofísicos del proceso económico y que aboga por la eficiencia económica, la justicia social y la sustentabilidad.

Abstract

A methodological request has been strengthened in the last decades, which asks for a critical thinking about the economic reality, taking into account certain principles and fundamental processes, generalized to higher states of matter development. In this way, the principles of thermodynamics or the biological evolution appear as epistemological perspectives of knowledge. The matter is how to design a new "economy of sustainability" which does not destroy the natural resources and the ecologic systems that support it. So the Ecoeconomy emerges aiming at the reconstruction of the biophysical bases of the economic process which claims for the economical efficiency, social justice and sustainability.

Antecedentes, una introducción necesaria

Existen dos corrientes actuales muy controvertidas en el tratamiento del binomio Economía - Medio Ambiente: la economía ecológica y la ambiental, las que se traducen en dos posibilidades de reflexionar en torno a una problemática excluida del enfoque económico tradicional.

Actualmente priman dos formas de afrontar las estrechas relaciones entre la actividad económica y el marco ecológico sobre el que se asienta, ofreciendo - como señala Naredo, - dos posibilidades distintas de hacer frente a la gestión económica en relación con los vínculos entre economía y ecología: "... una, tratando de iluminar los elementos que la componen mediante prácticas de valoración que permitan aplicar sobre el instrumental analítico habitual de los economistas, que razona en términos de precios, costes y beneficios monetarios efectivos o simulados. Otra, adaptando a las exigencias de la gestión el aparato analítico de disciplinas que, como la ecología o la termodinámica, se preocupan de aclarar lo ocurrido en esa parte oscura del proceso económico".¹

Las diferencias entre la una y la otra se encuentran, no en un plano superficial, sino en sus fundamentos y supuestos básicos. El primer camino es el adoptado por la economía ambiental (Environmental Economics) y el segundo es el que sigue la economía ecológica (Ecological Economics). Entre ambas corrientes ha surgido también una economía institucional que advierte que el intercambio mercantil viene condicionado por la definición de los derechos de propiedad y las reglas que el marco institucional le impone, tratando de identificar aquellos marcos cuyas soluciones se adapten mejor al logro de objetivos de conservación del patrimonio natural o de calidad ambiental socialmente deseados.

La reacción neoclásica consistente en la extensión de su aparato conceptual al medio ambiente, como nuevo objeto de estudio, provocó la aparición en los años 60 de una disciplina a la que se ha venido llamando *Economía Ambiental*, definida por Kneese y Rusell como un nuevo campo, creado básicamente por la generación actual de economistas, sus raíces se encuentran en la teoría de las externalidades de Marshall y Pigou, la teoría de los bienes públicos de Wicksell y Bowen, la teoría del equilibrio general de Walras y el campo de aplicación del análisis costo - beneficio.²

Por otro lado, hay que tener en cuenta un conjunto de aportaciones cuyo hilo conductor apunta a la reconstrucción de los fundamentos *biofísicos* del proceso económico, perfilándose como un nuevo enfoque que sugiere una *reelaboración conceptual de la economía*, que hoy responde a la denominación de Economía Ecológica.

La ciencia económica no ha podido aportar respuestas convincentes a toda una serie de problemas actuales y no han faltado juicios críticos que al compararla con las ciencias físicas, señalan que la visión que los economistas tienen del Mundo es la misma de finales del siglo XVIII, y han propugnado la necesidad de que la misma se oriente a problemas de mayor significación.

Se fortalece en las últimas décadas un reclamo metodológico que procura re-pensar la realidad económica a partir de ciertos principios y procesos fundamentales, constituyentes y generalizables a los estados "superiores" de desarrollo de la materia. De esta manera, *los principios de la termodinámica o de la evolución biológica* aparecen como perspectivas epistemológicas del conocimiento.

Asomar a los alumnos, desde su visión del mundo a estos enfoques, es una misión que la escuela debe asumir, si deseamos marchar hacia el rescate de una cultura científica que acerque la física a la solución de problemas de la vida.

La economía ambiental

En el mundo de hoy los problemas ambientalistas han cobrado una significación muy especial: se trata de conservar la vida en la tierra o hacerla desaparecer. En esta nueva disyuntiva la educación del individuo intra o extra institucional es de primer orden.

La economía ambiental resulta de la conciencia generalizada, sobre las repercusiones ambientales, de la actividad económica y la necesidad de incluir en la toma de decisiones económicas, toda la problemática derivada de las relaciones entre economía y ecología, que la economía actual tiende a limitar al campo de las externalidades.

Considera que el origen de los problemas medioambientales es la falta de precios de los recursos naturales, por lo que propone imputar valores monetarios (precios sombra) a las externalidades medioambientales y recursos no renovables, de manera tal que puedan incluirse en el análisis costo-beneficio para decidir sobre la rentabilidad de su eliminación o conservación.

Esta teoría no hace más que aplicar la teoría económica neoclásica a los problemas medioambientales y estudia habitualmente dos cuestiones: el problema de las externalidades y la asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables.

Se define externalidad como:

Aquellos impactos cuyos valores no son recogidos por los precios de mercado, permanecen externos al mercado.
(Martínez Alier, 1997).

Lograr la comprensión de las nuevas generaciones acerca de esta problemática es una misión ineludible de la escuela cubana actual, debe, por tanto, otorgársele la prioridad que merece en los programas de estudio, ya sea desde la Física como desde las humanidades por la connotación política que adquiere la toma de conciencia en este sentido.

Nuevos conceptos dentro de la Economía Ecológica

La economía ecológica estudia la revisión de importantes conceptos³, lo cual exige un tratamiento especial que permita con posterioridad su traslado al campo académico. Bermejo (1994)⁴ refiere como uno de esos conceptos: el de *materia prima*, no aporta nada sobre la renovabilidad de los recursos, y la economía ecológica propone su sustitución por los conceptos de recursos renovables y no renovables.

El de *reservas*, tampoco contribuye a una gestión racional de los recursos no renovables, entendiendo por ellas el conjunto de recursos identificados y susceptibles de ser extraídos procesados y utilizados a costes competitivos. Ello supone que las reservas varían con los precios del recurso en cuestión y no tiene en cuenta los daños ambientales que ocasiona la extracción de recursos. Se propone en tal sentido su corrección incorporando otros criterios.

Otro concepto, el de *Producción*, tampoco resulta válido para un sistema "eco integrador", como el propuesto por Naredo. Este concepto tradicional "...comprende todos los bienes y servicios resultantes de la actividad económica de un individuo, empresa, industria o nación" ⁵ y se utiliza con una generalidad que resulta imprecisa para la economía ecológica, al confundir la producción de materia con lo que es una extracción o una transformación.

Otro importante concepto es el de *eficiencia*, que se constituye en la norma que valida o invalida en la economía ortodoxa y se le considera el equivalente a la objetividad, categoría recurrente en la que no ha cesado el debate desde mediados del siglo XIX.

Para la economía ecológica la *eficiencia* no puede ser juzgada por el criterio individualista de maximización de la satisfacción de individuos solventes, sino por otros criterios: capacidad para asegurar la satisfacción de las necesidades vitales de todos los miembros de la generación actual y de preservar la naturaleza, condición para que las generaciones futuras puedan satisfacer también las suyas cuando les corresponda.

Boulding (1966)⁶ considera que la "...medida esencial del éxito de la economía no es en absoluto la producción y el consumo, sino la naturaleza, la extensión, calidad y complejidad del stock total de capital, incluyendo el estado de los cuerpos y las mentes humanas". Bajo este criterio, el sistema económico capitalista es profundamente ineficiente, ya que no es capaz siquiera de satisfacer las necesidades vitales de la mayoría de la humanidad⁷.

Una economía ecológica requiere un sistema de estadísticas nacionales y regionales en el que el estado del medio ambiente, sus cambios y los stocks y flujo de recursos naturales formen parte integral de las estadísticas sociales y económicas.

Por ello la Contabilidad Nacional de Recursos (cuyos tres componentes sean: contabilidad de recursos biológicos/ecológicos, contabilidad de recursos geológicos y contabilidad de los recursos cíclicos) puede constituirse en un instrumento adecuado para un sistema eointegrador, y un paso previo a cualquier contabilidad monetaria para los bienes mercantiles, según Bermejo⁸.

Nociones biofísicas fundamentales sobre las que se articula la economía ecológica

Es trascendental en la economía ecológica, la expresión de las bases biofísicas en que se asienta, donde se significan:

1. Reconocimiento de la verdad elemental que expresa *la Primera Ley de la Termodinámica*, según la cual la actividad económica no crea ni destruye la materia o la energía, el proceso productivo lo que hace es absorber y expeler las mismas (Hauwermeiren, 1998)⁹. Aquí se caracteriza la actividad económica como la transformación de materiales y energía de un estado a otro, sin que existan aportes a la cantidad de energía inicialmente invertida.
2. La Ley de la Entropía o Segunda ley de la Termodinámica, es a juicio de Georgescu-Roegen (1971)¹⁰ <<una física con valor económico>>. Según esta Ley, la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible a una forma no disponible, independientemente de que se use o no para obtener trabajo. Desde el punto de vista de la termodinámica lo que confiere valor económico a la materia y a la energía, es su disponibilidad para ser utilizada, por contraste con la energía y materia no disponible o ya utilizada, a la que se considera como residuo en un sentido termodinámico.
3. La tercera noción presenta una doble vertiente, la primera de ellas se refiere a la imposibilidad de generar más residuos de los que puede tolerar la capacidad de asimilación de los ecosistemas, so pena de destrucción de los mismos y de la vida humana. La segunda advierte sobre la imposibilidad de extraer de los sistemas biológicos más de lo que se puede considerar como su rendimiento sostenible o renovable (Daly, 1991)¹¹ pues de lo contrario se acabaría con ellos e indirectamente también con los seres humanos.

Los trabajos de B. Commoner (1992)¹², P.R. Ehrlich (1977)¹³ H.T. y E.P. Odum (1975)¹⁴ y D. Pimentel (1979)¹⁵, entre otros, fueron un impulso para los economistas a llevar su reflexión más allá del apacible mundo de los manuales, incentivándolos a servirse del instrumental de las ciencias de la naturaleza y muy especialmente de esa "economía de la física" que es la *Termodinámica* y de esa "economía de la naturaleza" que es la *Ecología*. La reedición

actualizada del libro *Principios de bioeconomía* de Passet (1996)¹⁶ permite encuadrar los trabajos de esa época en relación con los actuales.

Los Principios de la Termodinámica, enfoques físico y económico.

Ley de Conservación y Transformación de la Energía. (Primer principio).

La ley o principio de conservación y transformación de la energía es una de las leyes fundamentales de la naturaleza y tiene carácter general. Esta ley dice:

La energía no se crea ni se destruye, solamente pasa de una forma a otra en las diversas transformaciones físicas y químicas.

El principio de la *conservación* de la energía se conocía desde mucho tiempo antes en la mecánica, donde se aplicaba energía mecánica (cinética y potencial). Después de que por los trabajos de Joule y de otros científicos, el principio de la equivalencia del calor y el trabajo, el principio de la conservación se extendió a otras formas de la energía y, de acuerdo a su contenido, comenzó a llamarse : Ley de la *conservación y transformación* de la energía.

La ley de la conservación y transformación de la energía establece una relación unívoca entre **todas** las formas de la energía en sus procesos de sus transformaciones mutuas. Esta ley también se conoce con el nombre de *primer principio de la termodinámica*.

El primer principio da todo lo necesario para hacer el balance energético cuantitativo de cualquier proceso.

¿Qué enseña la primera ley de la termodinámica con referencia a la economía?

La primera ley: Aspectos cuantitativos.

Toda actividad económica utiliza energía y materiales. De aquí el replanteamiento del concepto producción.

Se puede caracterizar la actividad económica como la transformación de materiales y energía de un estado a otro, sin que se produzcan aportes suplementarios, en relación a la cantidad de energía invertida originalmente.

Proceso económico

Cantidad de recursos ----- Igual cantidad convertida en residuos.

Cantidad de energía ----- calor residual.

Entropía. (Una cualidad).

La *entropía* establece el criterio del equilibrio en que se haya un sistema termodinámico.

La segunda ley de la termodinámica establece que la *entropía* de un sistema aislado nunca puede disminuir (condición de irreversibilidad).

Segundo principio de la termodinámica.

Ningún proceso de transformación de energía es eficiente al 100%, irremediamente una parte siempre se disipa en forma de calor.

Uno de los conceptos más importantes de la termodinámica es el concepto de las transformaciones reversibles e irreversibles.

Se llaman *reversibles* las transformaciones en que, como resultado de su realización en los sentidos directo e inverso, el sistema termodinámico retorna a su estado inicial; de este modo, el conjunto de los procesos directo e inverso no provoca en el medio circundante ninguna variación.

Se llaman *transformaciones irreversibles* a aquellas en que al efectuarse en los sentidos *directo e inverso*, el sistema no retorna a su estado inicial. Sabemos por experiencia que todas las transformaciones espontáneas naturales *son irreversibles*.

¿Qué enseña la segunda ley de la termodinámica con referencia a la economía?

La segunda ley: Aspectos cualitativos.

La actividad económica puede entenderse como un proceso de utilización de materiales de baja entropía (minerales, energía) que acaban finalmente transformados en materiales de alta entropía.

El proceso económico (producción y consumo), es un convertidor de recursos en residuos.

La desestructuración de la energía que produce toda actividad económica, nos compromete en el sentido de la responsabilidad intergeneracional. Nuestro desarrollo actual, afecta inevitablemente la actividad económica y el desarrollo de las futuras generaciones.

Proceso económico.

Materiales de baja entropía ----- Materiales de alta entropía.

Alta disponibilidad ----- Baja disponibilidad.

Podemos afirmar, que al margen de cualquier pesimismo cultural, *todas las actividades económicas* están basadas en una *transformación de materia de naturaleza físico química* y en su distribución y consumo mediante *energía transformada*.

Una de las paradojas del siglo XX es el hecho de que el deterioro ambiental se haya debatido cada vez menos a medida que fue creciendo el consumo de energía y de materia y fuera agravándose las consecuencias de ese incremento.

El proceso de toma de conciencia en el tema ambiental se extiende al ámbito internacional y trasciende desde el plano puramente ecológico, hasta el económico, jurídico, cultural, social y político. La apertura de un concepto tan difundido como el de <<desarrollo sostenible>>, es el resultado de una preocupación universal creciente sobre la insostenibilidad del sistema económico actual.

Para Cuba, que esta inmersa en una ardua batalla por la elevación de la eficiencia económica de todos sus procesos productivos, es muy importante el desarrollo y la introducción de mejores tecnologías y se trabaja en el país por su difusión y aplicación. Muestra importante de ello es todo el trabajo que el CITMA desarrolla en esta línea a partir del Centro de Tecnologías Limpias, con un proceso continuo de capacitación a empresarios sobre como acceder y aplicar dichas tecnologías lo cual vincula armónicamente las tres ramas de atención de esta institución la ciencia la tecnología y el medio ambiente.

De esta manera se generan acciones integradas de investigación-producción, gestión tecnológica y ambientales que tratan de compatibilizarse con un mecanismo de compulsión y estímulo social constituido a tales efectos, el Reconocimiento Ambiental. Este estímulo se otorga a las entidades que cumplen con la legislación ambiental y que desarrollan esquemas de gestión tecnológica en aras de la eficiencia económica y ambiental

Una de las dificultades que enfrentan los países en desarrollo es precisamente la falta de acceso a las tecnologías en general y las limpias en particular que los obliga a tensar todas sus capacidades en las acciones en este sentido.

Todas las deudas postergadas hipotecan el carácter sostenible, sean estas deudas económicas, sociales o ecológicas. Esas deudas toman prestado del futuro, roban a las generaciones venideras sus opciones legítimas, por ello la escuela debe jugar su rol formador en tal sentido, contribuyendo a la toma de conciencia de las actuales generaciones de hombre del mañana.

Bibliografía:

- Casas Vilardell, Mayra. Reflexiones económicas ambientales contemporáneas: La Economía Ecológica y la Economía Ambiental. Directora Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- ----- De la economía convencional a la economía de la sostenibilidad. Directora Centro de Estudios de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.

¹ Naredo, J.M.y Valero, A. (1999). Desarrollo económico y deterioro ecológico, Colección Economía y Naturaleza, Madrid, Editorial Visor S.A., p. 43

² Kneese, A.V. y Russell, C.S.1987.Environmental Economics. The New Palgrave: A Dictionary of Economics, Eatwell J. et al.(Eds.), London, Ed. Macmillan Press.

-
- ³ Bermejo, R. 1994. Manual para una economía ecológica, Madrid, Ed. Bakeaz, p.270-278
- ⁴ Ibidem
- ⁵ Seldon, A. y Pennance, F.G.1973. Diccionario de Economía, Barcelona, Oikos- tau.
- ⁶ Boulding, K.1966.The Economics of the Coming Space Ship Earth, En: H. Jarret ed., Environmental Quality in a Growing Economy, Baltimore, Johns Hopkins Press.
- ⁷ Bermejo, R. 1994. Manual para una economía ecológica, Madrid, Ed. Bakeaz, p.275-276.
- ⁸ Ibidem, p. 27.
- ⁹ Hauwermeiren, S. V.1998. Manual de Economía Ecológica, Instituto de Ecología Política, Chile, p.54.
- ¹⁰ Georgescu-Roëgen, N.1971.The entropy law and the economic process, Harvard University Press, p.322.
- ¹¹ Daly, H. E.1990.Toward some operational principles of sustainable development, Ecological Economics, Vol. 2(1), p.1-6.
- ¹² Commoner, B.1992. En paz con el planeta, Barcelona, Ed. Crítica.
- ¹³ Ehrlich, P. Et al.1977.Ecoscience: Population, Resources, Environment, San Francisco, 2da edition, Freeman.
- ¹⁴ Odum, E. P.1975.Ecology: The Link between the Natural and the Social Sciences, New York, 2da ed, Rinehart and Winston.
- ¹⁵ Pimentel, D. 1979. Food, Energy and Society, Londres, Arnold.
- ¹⁶ Passet, R. 1996. Principios de bioeconomía, Fundación Argentaria, Colección Economía y Naturaleza, Madrid, Ed. Visor, 317p.