

# LA ENTROPIA Y SUS RELACIONES CON LA ECONOMÍA Y LA ECOLOGÍA

Luis Jair Gómez G.\*

## RESUMEN

*La máquina de vapor de Waat, - 1784 -, obliga: 1- al desarrollo de un cuerpo teórico de la física que lleva a los conceptos de energía, calor, trabajo, entropía y equilibrio termodinámico; y 2- al desarrollo del cuerpo teórico de la economía que pasa de la manufactura a la industria, y establece al trabajo como fuente de valor, principio central de la teoría económica clásica, que parte de las relaciones sociales e indica que el excedente sobre lo necesario para restablecer la fuerza de trabajo gastada en la producción, es lo que genera la riqueza. La biología y la bioecología tomarán un tiempo más en constituirse.*

*Aunque el concepto de entropía entra a la física en la segunda mitad del siglo pasado, la biología sólo lo incorpora con el trabajo de Schrödinger en 1944, y en 1945 I. Prigogine introduce el concepto de termodinámica del no-equilibrio, que es de gran valor para los complejos sistemas bioecológicos. La economía permanece en*

---

\* Profesor titular. Departamento de Economía. Facultad de Ciencias humanas y económicas. Universidad Nacional. Medellín. Primer coloquio sobre termodinámica y energía. Octubre de 1977.

*cambio atada al concepto neoclásico de equilibrio y sólo en los años 70's, Georgescu-Roegen introduce la entropía a la teoría económica y cuestiona la función de producción de Wicksteed al introducir los conceptos de proceso y de irreversibilidad en la producción económica. Esto implica que además de los factores clásicos de tierra, capital y trabajo sea necesario incluir los recursos naturales y los gastos, lo que transforma la función de producción en un vector de funciones como conjunto de funciones de tiempo desde  $t = 0$  hasta  $t = T$ . Además Altwater reclamará considerar la economía no como un sistema mecánico cerrado sino como un sistema abierto complejo que se mueve entre equilibrio y desequilibrio, entre orden y desorden.*

### **Abstract**

*The steam machine of Waat, -1784-, forces 1- to develop a theoretic body for physics including the concepts of energy, heat, work, entropy and thermodynamic equilibrium; and 2- to develop a theoretic body for the economy, which passes from the manufacture to the industry and establishes work as a source of wealth, central principle of the classic economic theory, which departs from social relationships and says that the excedent over the necessary to recover the work capacity used in the production is the source of wealth. The biology and bioecology need more time for their configuration.*

*Besides that the entropy concept penetrates into physics in the second half of the past century, biology incorporated this concept only with Schrödinger paper of 1944, but in 1945 I. Prigogine introduces the concept of the thermodynamic of the non-equilibrium, which is very important for the bioecologic complex systems. The economy in the other hand remains joined to neoclassic concept of equilibrium, and only in the 70's Georgescu-Roegen introduces entropy into the economic theory and inquires the Wicksteed's function of production because it doesn't incorporate the process and irreversible*

*concepts in economics production. This implicates that besides the classic factors of land, capital and work it is necessary to incorporate natural resources and waste, which transforms the function of production into a vector of functions as a group of functions of time, from  $t = 0$  to  $t = T$ . Along side Altvater claims to consider economy not as a mechanic closed system but an open complex system that moves from equilibrium to non-equilibrium, from order to unordered.*

## **LA ENTROPÍA Y SUS RELACIONES CON LA ECONOMÍA Y LA ECOLOGÍA**

"A mitad del siglo XVIII, la revolución industrial fundamental, la que transformó nuestra manera de vivir, ya se había cumplido, las fuerzas externas de la naturaleza estaban dominadas; y las fábricas, los telares y las hiladoras trabajaban afanosamente en toda Europa Occidental. Había llegado el momento de consolidar y sistematizar los grandes avances que se habían realizado".

*L. Mumford. "Técnica y civilización", 1934.*

### **I. INTRODUCCIÓN:**

El prestigio de algunas ciencias con frecuencia jalona el avance de otras, como en el caso del efecto de la física sobre la biología primero y luego sobre la bioecología; pero en otras ocasiones lo retrasa, tal como ocurre en el caso de la influencia de las matemáticas sobre la economía.

Esta situación puede entenderse si tenemos claro que no es suficiente un simple testimonio de comprobación seguido

de una explicación trivial de la ocurrencia de los fenómenos atribuidos a un campo específico del conocimiento, sino que es necesario llegar a un nivel adecuado de conceptualización, lo que, según Meyer<sup>1</sup>, con frecuencia exige el desarrollo de un sistema autónomo de conceptos operativos que hagan posible el esclarecimiento del nivel epistemológico de cada conjunto de fenómenos.

Podemos explicar así por qué el ciclo general de la materia viviente formulado por Lavoisier hacia el final de sus días, -finales del siglo XVIII-, y entendido como un fenómeno puramente químico, tardó más de un siglo y medio en retomarse como foco importante de trabajo científico. Recordemos que a la muerte de Lavoisier no se había nombrado todavía la Biología y menos aún la Ecología, únicos espacios conceptuales capaces de albergar una noción de esta naturaleza.

Igualmente ilustrativo es el caso de la Ecología, palabra que aparece en 1866, y que es definida por Haeckel, su creador, a partir del evolucionismo darwinista, pero que el mismo es incapaz de desarrollar como concepto. Es realmente reveladora la anécdota que Margalef<sup>2</sup> cuenta sobre una polémica que Haeckel mantuvo con un biólogo, paisano y contemporáneo suyo, Víctor Hensen, respecto al tipo de análisis que debía hacerse en un estudio del plancton de las aguas próximas a Kiel, y las demás formas vivas que se encontraran en la muestra recogida. Para Hensen se debía hacer un estudio cuantitativo que relacionara plancton con pequeños crustáceos y huevos de peces alojados en el mismo volumen de agua; para Haeckel, en cambio, lo importante era analizar separadamente la morfología de cada especie detectada.

Se tardaría casi un siglo para volver sobre la noción fundacional de Bioecología tal como se inscribe en El Ori-

gen de las especies de Darwin. Es también aleccionador al respecto que tres campos fundamentales de la ciencia: el de evolución orgánica; el de orden de Boltzmann; y el de ecología, que introducen la idea de irreversibilidad, hayan sido fuertemente rechazados, o, por lo menos ignorados, por el grueso de la comunidad científica de la época.

Precisamente alrededor de un siglo después vuelven a reaparecer estos tres campos, ahora entrelazados, pero además fortalecidos por el surgimiento de nuevos conceptos operativos que les permitirían a la Biología y a la Bioecología, una autonomía suficiente para construir una cierta identidad epistemológica.

Después de esta digresión, es necesario volver al tema central, para lo cual es conveniente un punto de arranque a partir del cual reconozcamos la manera como el concepto de Entropía hace nexos con la Ecología y la Economía, tanto histórica como conceptualmente.

Este punto puede ser la máquina de vapor de Waat, -1784, símbolo del industrialismo que tiene, entre otras, dos consecuencias importantes: 1. Obliga al desarrollo de todo un cuerpo teórico en la física que establece conceptos como el de energía, calor, trabajo, entropía y, al final, equilibrio termodinámico. 2. Obliga al desarrollo de todo el cuerpo teórico de la Economía que pasa, con la máquina de Waat, de la manufactura a la industria. Este cuerpo teórico construye como eje central a la teoría del valor a partir del trabajo como fuerza que pone en marcha el proceso productivo. Este se convierte entonces, en el gran foco de teorización de la Economía, pero mirada desde las relaciones sociales y no desde la física; y es en los excedentes sobre lo necesario para restablecer la fuerza de trabajo gastada, donde se genera la riqueza, concepto central del capitalismo como sistema económico.

La Biología por el contrario, y más aún, la Bioecología, tardarían varias décadas en constituirse como ciencias. Apenas en 1800 y 1802 aparece el término Biología por primera vez e inicia la búsqueda de un cuerpo teórico que lo identifique, lo que tardaría casi un siglo en constituirse. Primero la teoría del transformismo; luego la teoría celular y por último la teoría de la herencia, vienen a darle cuerpo a este campo del conocimiento. La Entropía no aparece por ninguna parte.

En el lado de la Bioecología la historia es bien diferente y sólo cabrían, a esta altura del tiempo, dos anotaciones importantes. Cuando aparece la máquina de vapor de Watt, y la Riqueza de las naciones de Smith, - último cuarto del siglo XVIII -, aparece también el Primer Ensayo sobre la Población, de Malthus, aspecto este de gran trascendencia dentro de la discusión ecológica actual; y Lavoisier formula el ciclo de la materia viviente. En efecto, Malthus plantea el problema poblacional desde la discusión en torno a los límites del progreso de la humanidad, a su vez íntimamente ligado al desarrollo de la Economía Política, Lavoisier, por su parte, hace su planteamiento desde la conservación de la materia.

## II. ENTROPÍA Y ECOLOGÍA:

Desde Bergson<sup>3</sup>, -1907-, se plantea un problema importante al que Schrödinger trata de dar respuesta y que se amplifica a escala bioecológica, casi simultáneamente con Lindeman. Es el problema de la explicación de la persistencia en el tiempo de la vida. Es decir, la continuidad en el tiempo de un orden dinámico contra la universalidad de la segunda ley de termodinámica, propia de los sistemas aislados y aún de los sistemas cerrados de organización no activa.

Bergson recurre al *elan vital*, un principio al que se le endilgará una fuerte carga de misticismo, convencido de que ni la física ni

la química pueden dar la clave de la vida<sup>4</sup>. No obstante, los físicos insisten en que la vida como fenómeno debe responder a leyes naturales, lo que lleva a Schrödinger a plantearse el problema desde lo puramente físico. Su análisis le permite establecer como explicación, que la permanencia en el tiempo del orden que caracteriza la vida se debe a la capacidad que le otorga a los seres vivos la posesión de un “cristal aperiódico” que les permite incorporar orden al orden; es decir, extraer orden del medio “o, para expresarlo menos paradójicamente, -escribe-, el punto esencial del metabolismo es aquel en el que el organismo consigue librarse a sí mismo de toda la entropía que no puede dejar de producir mientras está vivo”<sup>5</sup>. Hay que decir entonces, que en este punto, -1944-, entra el concepto de entropía al análisis biológico.

Conviene sin embargo, hacer dos anotaciones básicas al trabajo de Schrödinger:

1. Se mantiene dentro del ser vivo como individuo, sin ninguna apreciación poblacional, y

2. Es claramente neodarwinista, lo que implica mantenerse dentro de la línea weissmanniana de plasma germinal aislado del medio, y compuesto de partículas, es decir, como agregado no sistémico. En este contexto, la teorización de Schrödinger apenas da testimonio de comprobación de que el orden de la vida responde a leyes puramente físicas, particularmente a la segunda ley de la termodinámica, pero explica este fenómeno de organización por sus condiciones mínimas. Es pues, claramente reduccionista.

Este reduccionismo sólo es superable con la aparición, por la misma época y en los años siguientes, de un conjunto de conceptos fundamentales que dan, ahora sí, un buen grado de autonomía a este campo del conocimiento, que ade-

más se extiende a la bioecología como totalidad, y hace posible alcanzar un buen nivel epistemológico.

En 1940, L. von Bertalanffy<sup>6</sup>, formula la teoría de los sistemas abiertos que define los sistemas biológicos como abiertos en tanto intercambian materia con el medio circundante, exhiben importación y exportación, constitución y degradación de sus componentes materiales. Para la época ya se estaba sistematizando, por el mismo Bertalanffy, una teoría general de sistemas. Hasta ese momento la termodinámica, incluyendo su segunda ley, sólo era aplicable a los sistemas aislados y a los cerrados.

En 1941, Lindeman “introduce, para un ecosistema lacustre la noción de organismo autotrofo, en el marco de una estructura trófica de la biocenosis en bucle cerrado. Describe además, en la misma población, las relaciones que existen entre los diferentes niveles tróficos, convirtiendo en valores calorimétricos los pesos medios de los diferentes grupos que constituyen la biocenosis”<sup>7</sup>. Seguramente este desarrollo experimental, que es la primera configuración sobre dinámicas de campo, del concepto apenas enunciado hasta ese entonces de ecosistema, se constituye además en un concepto real operativo de la teoría del sistema abierto.

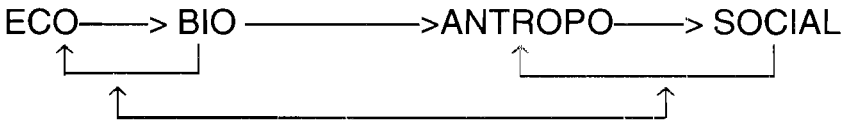
En 1945, I. Prigogine presenta en Bélgica su tesis de doctorado “Estudio termodinámico de los fenómenos irreversibles”, con la cual se amplía definitivamente la aplicación de las leyes termodinámicas, la segunda principalmente, desde el campo de los sistemas cerrados a los abiertos. Se empezará a configurar a partir de ese estudio la llamada termodinámica del no-equilibrio, característica de sistemas en trabajo que requieren una entrada continua de energía libre en orden a mantenerse por sí mismo en estado estacio-



nario o metaestado. Para lograr esto, tiene que desarrollar las llamadas estructuras disipativas propias de las organizaciones biológica y social. Estas estructuras son la “resultante de unas ligaduras exteriores mantenidas en unos valores tales que obligan al sistema a alcanzar un estado lejos del equilibrio”<sup>8</sup>. Estas estructuras que hacen viable ese intercambio permanente de materia y energía con el medio, manteniendo un sistema organizado que evoluciona hacia una mayor complejidad, opera mediante el llamado “orden por fluctuaciones” que es el que garantiza que el orden macroscópico que caracteriza los sistemas complejos se pueda mantener a pesar de operar lejos del equilibrio, por fluctuaciones periódicas en torno a fenómenos concretos que garantizan una constante autoorganización, u “«orden por fluctuaciones», por el que un estado uniforme diferenciado se desestabiliza en pequeñas desviaciones de la uniformidad”<sup>9</sup>.

Este mismo concepto ha sido desarrollado por Goodwin<sup>10</sup>, bajo el nombre de “ciclo límite”, que supone una diferenciación temporal en el sistema “impuesto por requerimientos que no pueden ser satisfechos simultáneamente”<sup>11</sup>, así, los procesos biológicos son “sistemas que son asintóticamente estables en relación con un ciclo causalmente cerrado”<sup>12</sup>. Los ejemplos de ciclo límite son múltiples: el ciclo de la glucólisis<sup>13</sup> que permite un abastecimiento permanente de ATP, como fuente universal de energía en todos los heterotrofos, el ciclo de la fosforilación en la fotosíntesis<sup>14</sup>, que generan ATP en los fotoautotrofos; el ciclo de la duplicación intracelular del DNA<sup>15</sup>, etc.

Estos y otros conceptos como el de “Sistema complejo de organización activa” de Morin que conduce al “Nuevo bucle espiral” dan entrada plena a la entropía en la dinámica del bioecosistema y completa el conjunto conceptual operativo que permite autonomía al campo de trabajo de la Bioecología.



### III. ENTROPÍA Y ECONOMÍA:

De la misma manera que la Biología y la Bioecología, la Economía también fue afectada por el prestigio de otras ciencias, particularmente las matemáticas, lo que la puso en otro rumbo, en veces opuesto. En efecto, mientras la Biología incorpora, y de buena gana, los conceptos fundamentales de la termodinámica: el recíproco de la ecuación de Boltzmann; el orden por fluctuaciones de la termodinámica general de Prigogine, u orden por "ciclos límite" de Goodwin; la teoría general de sistemas en su expresión de sistemas complejos y abiertos, etc.; la Economía se acantona desde Walras y, en general, desde los neoclásicos, en el principio del equilibrio y en los modelos matemáticos que reflejan ese principio.

Dos citas de Walras nos ubican exactamente: "Lo que resulta seguro es que las ciencias fisicomatemáticas, al igual que las ciencias matemáticas propiamente dichas, sobrepasan las fronteras de la experiencia, de las que han tomado sus tipos. Estas ciencias abstraen de los tipos reales los tipos ideales que definen y, sobre la base de estas definiciones, construyen *a priori* todo el andamiaje de sus teoremas y demostraciones. Tras de esto retornan a la experiencia, no para confirmarlos, sino para aplicar sus conclusiones" .

De esta manera la rigidez matemática de los modelos ideales deben primar sobre el estudio de la cambiante dinámica social. Así lo recoge el mismo Walras: "Pero tanto en la materia de propiedad como de gobierno, la humanidad ha caminado siempre pacientemente desde el desorden inicial

de los fenómenos hacia el orden final de los principios. En resumen, la naturaleza sólo hace las cosas apropiables, la humanidad lleva a cabo la apropiación"<sup>18</sup>.

Obsérvese cómo por el mismo tiempo en que Boltzmann formulaba su principio del orden como culminación del esfuerzo por lograr un desarrollo teórico que diera cuenta de la revolución industrial en su expresión técnica, apoyada en la máquina de vapor de Waat, lo que a su turno permitiría avanzar aún más en el soporte mecánico de la producción, Walras, y con él los otros neoclásicos, abandonan el proceso productivo como núcleo de la construcción teórica de la Economía, para trasladarlo a su expresión más simple, el mercado, donde se espera conseguir el equilibrio como expresión operativa de la dinámica del sistema capitalista, oponiéndose así, punto por punto, al principio entrópico de Boltzmann. Pero además de este cambio radical en el centro operativo de la Economía, se da también una reorientación en su fulcro epistemológico al apoyarse, no ya en el prestigioso cuerpo conceptual de la física como lo hicieron los clásicos, sino en el ideal formal de las matemáticas apelando a la modelación aritmomórfica.

Todo este replanteamiento tiene profundas consecuencias filosóficas en el edificio teórico de la Economía como campo identificable de las ciencias sociales, en tanto al abandonar el fenómeno de la producción o por lo menos relegarlo a un plano secundario, como centro de reflexión, se entra a operar con categorías socioeconómicas propias (propiedad privada, oferta, demanda y libre competencia) que sustituyen a las también socioeconómicas de los clásicos (capital, salario, beneficio y renta del suelo), y se olvidan completamente las tecnicoeconómicas que entre los clásicos fueron: materias primas y medios de producción, trabajo necesario, plus-trabajo y plus-producto.

Los efectos de este replanteamiento de las bases y orientaciones no se hicieron esperar y empezaron a aparecer críticas desde las ciencias fisicoquímicas y desde la biología.

De primero Podolinsky (1880) que parte directamente de un análisis de la primera y de la segunda ley de la termodinámica, y señala cómo las plantas acumulan sobre la tierra gran cantidad de energía de superior calidad, es decir, son las mayores enemigas de la dispersión de la energía en el universo. Su crítica de fondo para la Economía se apoya en una revisión del concepto de trabajo que define como “un concepto totalmente positivo que estriba siempre en el uso del trabajo mecánico o psíquico, el cual tiene como resultado directo aumentar la energía que al usarla, tendrá como consecuencia el aumento de la reserva de energía”<sup>19</sup>. Acuña además el término “equivalente económico” que define como el cociente entre el trabajo proporcionado y la energía consumida.

Viene luego Geddes (1884) quien, desde la física y la biología (una biología mecanicista por supuesto), plantea que la gran preocupación de la Economía no puede ser “la teoría abstracta del intercambio”, en una inequívoca referencia a Walras, sino que ésta “debe corresponder a una sistematización minuciosa de los procesos de producción y de consumo entendidos como un vasto proceso mecánico y la visión de la sociedad como una máquina, en la que todos los procesos son interpretados como integración y desintegración de materia, con transformación y disipación de energía”<sup>20</sup>.

Unas décadas después, ya en el siglo XX (1922) Soddy, un reputado investigador de la química, hace una demoledora crítica a la teoría económica capitalista, desde la termodinámica, “los principios y la ética de las costumbres y leyes hu-

manas no deben ir contra los principios de la termodinámica”<sup>21</sup>, escribe.

Hasta acá se hace una crítica a la Economía desde la física y a partir de la Entropía, en tanto las categorías de la Economía, tanto de la clásica como de la neoclásica, eran categorías ideales que homogeneizaron el capital y lo entendieron como un elemento que produce, -que agrega físicamente dinero-, al stock por efecto del interés y de la acumulación; pero esta percepción categorial va a contrapelo del fenómeno físico del consumo o gasto del capital real por efecto de la entropía; como dice Soddy: la riqueza “tiene el carácter de flujo más que de depósito o de fondo”<sup>22</sup>. Pero además, la Economía tal como se entendió desde Smith, y aún hoy día, se olvida que la vida de cada individuo como unidad biológica, depende del metabolismo diario, posible sólo por la agricultura, no por la industria metalmeccánica, que fue la base de la revolución industrial.

Después de la segunda guerra mundial aparecen tres vertientes: una retoma, -ya apoyada en conceptualizaciones más avanzadas de la física-, las críticas formuladas por Podolinsky, Geddes y Soddy. El representante más genuino de esta vertiente fue N. Georgescu-Roegen, a quien se unió H. Daly y J. M. Naredo entre otros. Este grupo proclama, desde la Economía misma, la necesidad de volver a incorporar el proceso de producción a la teorización económica, y en esa dirección hace hincapié en la heterogeneidad del capital y en la existencia del gasto.

A mi modo de ver el punto de partida de Georgescu-Roegen, es decir, lo que hace posible que entre el concepto de entropía en el análisis económico, es su interesante y sesuda crítica a la función de producción de Wicksteed, formulada desde 1894 y que con ligeros retoque permanece vigente.

Su fórmula general es  $P = f(a, b, c, \dots)$

Una visión inicial de esta función muestra que su formulación parte de la concepción que subyace a la física newtoniana, en donde el tiempo es un componente neutro que de incluirse, participa como variable externa al proceso, es decir, es una función para describir fenómenos reversibles. Sobre esta misma base conceptual llama la atención sobre el significado de “proceso”, una de esas palabras que, como la de sistema, por fuerza de un uso descuidado va perdiendo su verdadera significación. Georgescu-Roegen señala, entonces, de manera tajante: “proceso es Cambio o no es nada en absoluto”<sup>23</sup>, esta afirmación ipso facto nos pone en el campo de los procesos irreversibles, objeto de la termodinámica general, e incorpora el tiempo como variable de estado consubstancial al proceso productivo. Esto lo lleva a escribir que “desde el punto de vista epistemológico.... un proceso analítico se identifica mediante un límite vacuo de doble carácter: un límite espacial y otro temporal que no deben comenzar ni terminar en el infinito”<sup>24</sup>. Esta manera de abordar el proceso productivo le permite reconocer las entradas y salidas y hacerlas analíticas. En esta perspectiva reconoce cuatro tipo de factores:<sup>25</sup>

- factores que entran y no vuelven a salir. (ej. Los combustibles).
- factores que salen a pesar de no haber entrado (ej. Crías, en procesos reproductivos).
- factores que salen inalterados, igual a como han entrado (la tierra ricardiana).
- Factores que no traspasan el límite (son flujos internos, ej. Pagos de negocios a negocios).

Entendido así el proceso productivo económico se hace posible una representación analítica como un conjunto de funciones de tiempo desde  $t=0$  hasta  $T=1$ ; lo que lleva a la representación de un vector de funciones, es decir, una funcional, así:

$$\{R_i(t), l_i(t), P_i(t), W_i(t); L_i(t), K_i(t), H_i(t)\}_{T_0}^{26}$$

Se trata entonces de un proceso en el tiempo, propio de fenómenos irreversibles, que incluyen además de los factores clásicos tierra, capital y trabajo, los recursos naturales y los gastos, olvidados por la Economía dominante en sus análisis.

En este orden de ideas, queda claramente incorporada la entropía a la Economía, como elemento conceptual que le permite un nuevo nivel epistemológico.

La otra vertiente proviene de una preocupación puntual de la Economía, sobre todo de la escuela anglosajona desde S. Mill, que toma cuerpo definitivo en el análisis del Club de Roma. Se hace referencia al problema de la finitud de los recursos, ampliado a la idea de "límite de crecimiento".

Su presentación, tal como aparece en el último informe de Meadoux, Meadoux y Randers,<sup>27</sup> corresponde a la superposición sobre el ecosistema general, de un proceso lineal que toma energía y materia altamente organizada (baja entropía) para ser sometida al proceso económico de producción, que genera, además de los productos para el mercado, desechos de alta entropía y calor. De esta manera aparecen dos límites al crecimiento económico: en el lado de las entradas, la finitud de los recursos materiales y energéticos; y en el lado de las salidas, los límites en la capacidad de absorción de los residuos materiales y calor, por parte del Ecosistema General.

Es esta visión muy mecanicista y lineal, pero apunta a uno de los grandes debates de hoy.

La tercera y última vertiente que incorpora el concepto de entropía al análisis de la dinámica económica, lo hace de forma realmente novedosa. Se trata del manejo que al tema le da E. Altvater como economista. Si para Georgescu-Roegen la disyuntiva es entre dialéctica y aritmomorfismo como forma de análisis, para Altvater es entre sistema cerrado mecánico y sistema abierto complejo. Así, para este autor la idea maestra que debe orientar el análisis es la de sistema complejo en el que interactúan orden y desorden, y donde no es posible el uno sin el otro; es la coherencia o incoherencia entre un sistema económico, el capitalista, que parte de la desigualdad económica y un sistema político, el democrático, que proclama la igualdad social.

Hay seguramente una cercanía entre este desarrollo conceptual y el que ya se había esbozado entre Entropía y Bioecología, a partir de la referencia maestra de las estructuras disipativas de Prigogine.

Altvater acoge sin ningún reparo la afirmación de Gellner de que la sociedad industrial es "la única sociedad de la historia que no puede prescindir de un crecimiento constante y conscientemente perseguido, de la expectativa de una constante mejora"<sup>28</sup>. Sin embargo, anota Altvater, una sociedad planteada sobre esta exigencia, no conduce, en razón de la naturaleza de sistema social complejo, a un crecimiento regional equilibrado, sino a un desequilibrio, en tanto la acumulación y la expansión capitalista tiene como contrapartida la diferenciación y polarización interregional e intrarregional<sup>29</sup>.

Este ciclo entre equilibrio y desequilibrio, entre orden y desorden, parece no poderse explicar sino a partir del con-



cepto maestro de sistemas que operan lejos del equilibrio. El economista germano considera que un sistema social como éste, sólo puede desarrollarse sí: "(1) puede obtener sintropía y desplazar entropía, (2) posee una técnica para transformar materia y energía, y (3) ha desarrollado una cultura adecuada para las anteriores actividades"<sup>30</sup>.

Esta visión de la Economía está en completa contradicción con las teorizaciones dominantes que parten del principio de orden de Boltzmann que supone la probabilidad mayor para alcanzar un punto de equilibrio. De cumplirse este supuesto, inevitablemente se llegaría entonces a un punto en el cual el proceso económico compensador se detendría. En efecto, Prigogine considera que una característica común a los sistemas sociales y a los biológicos es que requieren de estructuras disipativas para mantener su estabilidad, y la aparición de tales estructuras "sólo es posible si el sistema se mantiene «muy lejos del equilibrio» y si existen ciertos tipos de mecanismos «no lineales» que actúen entre los distintos elementos del sistema"<sup>31</sup>.

En este orden de ideas, las teorías de la inestabilidad económica parecen preferibles a las del equilibrio, dado su mayor valor teórico, y en consecuencia la teorización dominante actual tendrá que ir cediendo ante las leyes que gobiernan la termodinámica de los sistemas lejos del equilibrio, y replantear todo el aparato teórico que hasta ahora la soporta. Podría decirse que, paradójicamente, el conflicto economía - ecología, y no la introspección de la teoría económica vigente, obligaría a una revisión completa del campo de la economía.

# NOTAS

- 1 F. Meyer. Situación epistemológica de la biología. En: "Tratado de lógica y conocimiento científico. Vol. V. Epistemología de la biología". Trad. Por H. Acevedo. Editorial Paidós. Buenos Aires. 1979. P. 22
- 2 R. Margalef. Planeta azul, planeta verde. Prensa científica. Barcelona. 1992. P. X
- 3 H. Bergson. La evolución creadora. Trad. Por M.L. Pérez. Editorial Espasa-Calpe. Madrid. 1973
- 4 Idem, p. 40
- 5 E. Schrödinger. ¿Qué es la vida?. Trad. Por R. Guerrero. Ediciones Orbis. Barcelona. 1986. P. 98
- 6 L. Von Bertalanffy. Teoría general de los sistemas. Trad. Por J. Almeda. Fondo de Cultura Económica. México. 1994. P. 146
- 7 P. Acot. Historia de la ecología. Trad. Por L. Prieto del Pozo. Editorial Altea, Taurus, Alfaguara. Madrid. 1990. P. 105
- 8 I. Prigogine. La evolución de la complejidad y las leyes de la naturaleza. En "¿Tan sólo una ilusión?". Trad. Por F. Martín. Tusquets editores. Barcelona. 1993. P. 241
- 9 Idem, p. 265
- 10 B.C. Goodwin. Estabilidad biológica. En "Hacia una biología teórica". Editado por C.H. Waddington y otros. Trad. Por M. Franco. Alianza Editorial. Madrid. 1976. P. 424
- 11 Idem, p. 425
- 12 Idem, p. 425
- 13 I. Prigogine. La termodinámica de la vida. En "¿Tan sólo una ilusión?". Opus cit., p. 313
- 14 R.N. Ondarza. Biología moderna. Siglo XXI editores. México. 1976. P. 193
- 15 B.C. Goodwin. Opus cit., p. 425
- 16 E. Morín. El Método. II. La vida de la vida. Trad. Por A. Sánchez. Ediciones Cátedra. Madrid. 1993. Pp. 117 y 137 ss
- 17 L. Walras. Elementos de economía política pura. Trad. Por J. Segura. Alianza editorial. Madrid. 1987. P. 163
- 18 Idem, p. 169
- 19 S.A. Pololinsky. El trabajo del ser humano y su relación con la distribución de la energía. En "Los principios de la Economía Ecológica". Textos editados por J. Martínez-Alier. Editorial Argenteria. Madrid. 1995. P. 93
- 20 P. Geddes. Un análisis de los principios de la Economía. En "Los principios de la Economía Ecológica"....p. 36
- 21 F. Soddy. Economía cartesiana. La influencia de la ciencia física en la administración del Estado. En "Los principios de la Economía Ecológica"....p. 169

- 22 Idem, p. 154
- 23 N. Georgescu-Roegen. La ley de la entropía y el proceso económico. Trad. Por L. Gutiérrez. Editorial Fundación Argentaria. Madrid. 1996. P. 275
- 24 N. Georgescu-Roegen. Nicholas N. Georgescu-Roegen. Sobre sí mismo. En "Grandes economistas de hoy". Trad. Por F. Casas. Editorial Debate. Madrid. 1994. P. 164
- 25 Idem, p. 164
- 26 Idem, p. 165
- 27 D.H. Meadoux, D.L. Meadoux y J. Randers. Más allá de los límites del crecimiento. Trad. Por C.A. Schwartz. Ediciones El País / Aguilar. Madrid. 1992. P. 76
- 28 E. Altwater. El precio del bienestar. Trad. Por M. Ardià. Ediciones alfons El Magnánim. Generalitat Valenciana. Valencia. 1994. P. 46
- 29 Idem, p. 48
- 30 Idem, p. 52
- 31 I. Prigogine. La evolución de la complejidad y las leyes de la naturaleza....Opus cit., p. 240