

LA ECONOMÍA NATURAL, LA FORMALIZACIÓN MATEMÁTICA Y LA ECONOMÍA ECOLÓGICA.

Luis Jair Gómez G.*

"Ahora bien, las primeras instituciones deben rectificarse siempre. Cuando un método de investigación científica pierde su eficacia se debe a que el punto de partida es demasiado intuitivo, demasiado esquemático , a que la base de organización es demasiado estrecha."

G. Bachelard.

RESUMEN

Las raíces de la crisis de la economía actual es analizada desde tres ángulos, la naturaleza misma de la teorización neoclásica dominante, el abandono de los referentes de la Economía de la Naturaleza que en principio incorporó la Fisiocracia pero abandonó la escuela de los Clásicos y la no incorporación de los principios termodinámicos en el análisis económico de la producción en el sistema neoclásico, hoy dominante. Se propone entonces, el tema de la termoeconomía y de la circularidad de la vida en una amplia perspectiva ecológica como puntos de partida para reexaminar la teoría económica y adecuarla a las demandas de la preocupación ambiental de la humanidad.

The roots of the crisis of current economics is analyzed from three different angles: the nature itself of the dominating neoclassic theorization , the abandonment of the referents of nature economics which at first incorporated physiocracy but abandoned the school of the classics and

* Profesor titular, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Humanas y Económicas. Departamento de Economía.

the incorporation of thermodynamic principles in the economic analysis of production in the neoclassic system, now dominating. The topics of thermoeconomics and the circularity of life in a wide ecological perspective are proposed then as points of departure to reexamine economic theory and make it suitable for the demands of humanity's environmental worry.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando un proceso con una forma operativa inequívocamente conocido por largo tiempo, hace crisis, y empieza a mostrar irregularidades que desbordan la lógica ya establecida de su dinámica, se hace necesario recurrir a nuevos marcos epistemológicos que permitan reencauzar el proceso dentro de una nueva lógica operativa, para recuperar su viabilidad.

Las manifestaciones de la crisis sin embargo, no necesariamente tienen expresiones en una sola dirección, y, con frecuencia, su multiplicidad crea confusiones entre los distintos analistas, lo que obliga a reconocer una complejidad que no se reconocía y a

revisar no solamente su expresión operativa, sino el conjunto conceptual que ha garantizado tradicionalmente su autonomía, al hacerla distingible dentro de un entorno que se suponía completamente independiente.

En este orden de ideas se encuentra con frecuencia que algunas manifestaciones de crisis que parecen poderse ubicar sólo en referencias internas, constituyen en realidad manifestaciones de crisis por desajustes a referentes externos que no se habían hecho explícitos y pasaban entonces, por inexistentes.

La situación actual de la economía es una muestra clara de esta afirmación. Desde que su dinámica se

aceleró de manera tan notable después de la segunda guerra mundial, hicieron crisis sus modelos matemáticos, y los analistas orientaron sus esfuerzos a revisar sus referentes internos para crear nuevos modelos que hicieran conocibles su nueva forma operativa y comprensibles sus nuevas expresiones de su dinámica. Parecía, para este grupo, que el problema residía simplemente en su parte instrumental. Trabajos como los de Rostow, Allais, J. Robinson, Domar, Kuznets, Lucas, etc., se inscriben en esta mirada.

En esta línea de pensamiento se mantienen los referentes internos del discurso neoclásico y apenas si se le hacen algunos retoques de manera tal que se razona dentro de un profundo respeto a la lógica Walrasiana dominada por los modelos matemáticos que "sobrepasan las fronteras de la experiencia, de las que han tomado sus tipos" (1987, p. 162). La definición de estos modelos

aritmomórficos, permiten construir a priori una poderosa herramienta demostrativa de la realidad económica. "Tras ésto, -escribe el propio Walras (1987, p.162), retornan a la experiencia, no para confirmarlos, sino para aplicar sus conclusiones". Quizá la representación reciente más reconocida es ese gráfico de la dinámica del intercambio entre dos polos (Samuelson, 1965): el "Público" o polo de la demanda, que intercambia fuerza de trabajo y otros factores por dinero y luego dinero por mercancías; en el otro extremo las "Empresas" o polo de oferta, que intercambia dinero por fuerza de trabajo y otros factores, con los cuales produce mercancías que luego intercambia por dinero. Queda así establecido un motor de movimiento perpetuo que la teoría económica neoclásica se empeña en mantener aislado del entorno.

Esta forma dinámica y aislada de representación

es la que le permite a Luhmann, definir la Economía como un sistema social complejo cuya autorreferencia (su cierre operativo) se da en desarrollo de la codificación binaria de tener / no tener. Es decir, señala Luhmann (1997, p. 39), sólo se puede participar en una transacción si se tiene algo (dinero o mercancía) y no se tiene algo (mercancía o dinero)". En otro texto escribe: "El sistema económico moderno tiene su unidad en el dinero. Está plenamente monetarizado. Esto significa que todas las operaciones económicas relevantes y sólo ellas se refieren al dinero. Su base son los precios, incluso los precios del mismo dinero. El acontecimiento autopoético elemental, la última comunicación, ya indivisible y de la que consiste el sistema es el pago. Por separado, el pago no es sino la posibilidad de otro pago" (1998, p. 410). De ahí la importancia de la propiedad privada y del mercado, donde se hace posible la transacción o

comunicación económica. Es esta forma tan simplificada, merced al reduccionismo mecanicista de intercambios lineales, que pueden llevarse fácilmente a modelos matemáticos, la que ha llevado a la Economía a la profunda doble crisis en la que se encuentra ahora: de un lado la crisis en su capacidad predictiva que se suponía le proporcionaba su alto nivel de científicidad, atributo que se le ha otorgado desde Walras, cuando la equipara a las ciencias fisicomatemáticas y a las matemáticas propiamente dichas, cuyo trabajo con modelos cuantitativos que aprehenden los tipos ideales, - no reales -, les confiere exactitud y predictibilidad; y segundo, la crisis por sus perversos efectos ambientales, que han puesto en tela de juicio el valor real de su centro operativo, el mercado, para ajustar sus dinámicas de producción hacia la sostenibilidad ecológica.

De otro lado se le reclama a la Economía el haber

reificado el "Desarrollo Económico", para crear luego la ambigua, o más precisamente contradictoria expresión "Desarrollo Sostenible", que se constituye en un velo moralista que puede apuntalar a la religión de la acumulación; en el convencimiento de que el agente privado con ayuda del Estado, mediante legislación o subsidios, puede "controlar" los innegables efectos negativos sobre el medio ambiente.

Quienes encuentran engañosa esta postura del "Establecimiento Económico", le reclaman a la teoría económica ortodoxa, el ignorar que la producción es un proceso entrópico (Georgescu-Roegen, 1966); y el haber desplazado "la noción de sistema económico al universo aislado de los valores pecuniarios o de cambio", con lo cual se "equiparó" la noción de producción a la simple producción de valor "añadido" a base de revender con beneficio". (Naredo, 1996, p. XXVIII).

Estas dos crisis están, por supuesto, íntimamente ligadas, en tanto la producción de bienes no puede funcionar ni al margen de la esfera del dinero, ni al margen del entorno que hace visible la producción.

Tal parece que el haber segmentado estos dos componentes de la Economía como totalidad sistemática, ha dificultado reconocer las interacciones entre los referentes internos y externos del sistema. Naredo (1998) ha resumizado esta crisis, al señalar: "Así, el modelo de aplicación de la idea usual de sistema económico que han venido cifrando los sistemas de Cuentas Nacionales constituyen un híbrido que, por una parte, ignora las implicaciones físicas de los procesos cuyos "valores añadidos" contabiliza y, por otra parte, desatiende las operaciones financieras y otras, cuyos ingresos y beneficios no contabiliza entre los "valores añadidos" fruto de la actividad económica ordinaria".

La comprensión de esta profunda crisis sólo es posible a partir de un reencuentro con el punto de partida de la actividad económica que había sido perdido de vista, y un juicioso reanálisis funcional de éste, con apoyo en los conocimientos actuales.

2. ORIGEN Y CURSO DEL CONCEPTO DE ECONOMÍA NATURAL:

Tradicionalmente se suele ubicar en el texto clásico de Adam Smith el punto de partida de la teorización económica estándar, sin embargo algunos tratadistas, por ejemplo Marx, van más atrás y ponen en este lugar a Quesnay, y aún a otros, se extienden más al pasado y sitúan el punto de partida en Cantillon, como es el caso de Schumpeter. Esta falta de acuerdo no es casual, sino que muestra la inseguridad en determinar exactamente el objeto de trabajo y los límites de la Economía como disciplina, o quizás como ciencia.

La presente reflexión intentará aclarar la razón de estos tanteos y en consecuencia partirá de un nudo anterior. Aristóteles en su *Política*, plantea la economía como la ciencia de la adquisición de la riqueza, pero distingue muy claramente entre una riqueza superflua y una riqueza necesaria. La primera tiene como finalidad principal la *acumulación*, por lo cual no tiene límites y tiene que recurrir al comercio, al intercambio, que a su turno hace indispensable el dinero. Se trata en este caso de entender la riqueza como la acumulación de cosas superfluas, en tanto son innecesarias para las necesidades fundamentales del hombre; se cae así en una Economía Artificial, es decir de artefactos. La otra en cambio entiende la riqueza como lo necesario, - alimento y abrigo-, y en consecuencia la riqueza es natural por cuanto proviene de los frutos y de los animales, que “forman una riqueza natural” y la naturaleza los ha creado los unos

para los otros, - plantas para alimentar a los animales - configurando así lo que el estagirita ha denominado la "Economía de la Naturaleza".

Hay acá dos distinciones fundamentales: la Economía de la Acumulación está atada al comercio, al dinero y al artefacto; y para Aristóteles es superflua. La otra, la Economía de la Naturaleza, sujeta a lo necesario para sobrevivir, al trueque, y al ordenamiento que la naturaleza ha creado entre los seres vivos; los unos como fuente de alimento o vestido para los otros. Pero hay una anotación más, además fundamental, el trabajo no entra en consideración ninguna. Vernant (1985), nos puede guiar en este punto fundamental. La lengua griega de la época clásica, - nos dice -, no tiene ningún vocablo que corresponda al de "trabajo"; pero además se distingue entre la arboricultura entendida como una "economía de recolección", de dones de la naturaleza;

y la agricultura propiamente dicha, dedicada al cultivo, - no recolección -, "de cereales combinados con un poco de cría de animales y explotación de algún soto de árboles". Pero no se trata de un trabajo como hoy se entiende, porque la agricultura "no es una acción sobre la naturaleza, a fin de transformarla o adaptarla a fines humanos", sino que tiene un claro sentido religioso moral, y constituye en últimas, una forma de relación con la naturaleza.

Esta mirada de la Economía, tendrá algunas modificaciones, e inclusive, en el período romano hay un intento de monetización en función de algún desarrollo comercial, sobre los cuales, - monetización y comercio -, lanzará una densa sombra el mundo medieval, que se atiene a las doctrinas escolásticas que jerarquizan tajantemente la sociedad invocando un orden impuesto desde la divinidad celeste. Hay, en esta época, un

claro predominio de una Economía de la tierra, en donde la autarquía de los mansos, y la tributación al señor, mantienen niveles mínimos de trueque y monetización.

Una vez rota la autarquía feudal, el intercambio entre la Europa Occidental y el Mediterráneo Oriental, impulsa el comercio y hace renacer la acumulación como propósito de la dinámica económica. Estos nuevos desarrollos tienen su expresión inicial en la naciente contabilidad, - entradas y salidas -, que cuantifican las ganancias, lo acumulable.

Petty (1662), en el siglo XVII, ya maduro el mercantilismo, es quien intenta, por primera vez reconocer la naturaleza de la riqueza, - superflua en este caso -, y logra un desmantelamiento completo de la concepción aristotélica. Se trata, en realidad, de una ruptura radical entre lo necesario y lo superfluo, a favor de lo segundo, como objeto de la Economía.

Petty además, le quita al trabajo la connotación religiosa y el sentido moral de hacerse con él agradable a los dioses, al preferirlo sobre la molicie; característica que los griegos de tiempos de Hesiodo, le habían otorgado; para ubicarlo como el "padre" al lado de la tierra como "madre", y encontrar en ellos, la génesis de la riqueza en el más genuino sentido capitalista, es decir, como acumulación.

Hay que decir, sin embargo, que en Petty, las definiciones teóricas no están en función de construir una teoría económica, sino de posibilitar el Estado como sistema. Es la forma de vincular un sujeto económico, que apenas se está identificando en un subsistema (el económico) en formación, con el sistema Estado.

Cantillon (1750) retoma de Petty la idea del trabajo y la tierra como fuente del valor, y la hace suya; sin embargo distingue entre

valor intrínseco y precio, dando así gran importancia a la transacción en el mercado. De ahí que nos separemos de Schumpeter, quien escribe que Cantillon ha sido el primero en concretar y explicitar un flujo circular; en tanto, lo que realmente reconoce este autor es la partición entre los distintos agentes, de un producto que surge de unir la tierra como materia, con el trabajo como forma; y no la existencia de un flujo circular. En realidad para Cantillon la economía tenía ya un fuerte componente artesanal, que opera ba separadamente de la agricultura, y que se manifiesta en la importancia que adquiere el trabajo sobre la tierra en su teorización.

Aparece entonces Quesnay y la fisiocracia, que ubican en la tierra y sólo en ella, la fuente de la riqueza, como excedente que puede acumularse. Así para Quesnay, "Tanto el origen, como el principio de todos los gastos y de todas las riquezas, es la fertilidad de

la tierra, sobre la cual se pueden multiplicar los productos que se producen a si mismos" (1991) y Turgot (1999), por su lado, expresa que el trabajo del labrador obtiene de la tierra, un "excedente donado por la naturaleza de manera gratuita más allá del salario por sus esfuerzos" (Reflexión VII).

De esta manera, se desplaza el trabajo humano, como origen de la riqueza, y se sustituye por la fuerza espontánea de la tierra, cuya capacidad para producir un excedente físico sobre las unidades de simiente que se le entregan, le otorgan el poder de generar la verdadera riqueza que es el excedente mismo. Queda así planteada una economía sobre la característica circular y aumentativa de la fuerza de la naturaleza, que dispone además de una medida y representación de su valor, que se denomina "moneda" y que hace posible el adelanto y retorno continuo de capitales que constituye esa "circulación

útil y fecunda que anima todos los trabajos de la sociedad, que mantiene el movimiento y la vida en el cuerpo político, y que se tiene razón en comparar con la circulación de la sangre en el cuerpo animal" (Reflexión, LXVIII).

Es en este punto, donde por primera vez en la historia de la Economía Capitalista, se identifican las estructuras de la Economía, al margen de las estructuras del Estado.

Pero no basta identificar claramente los fundamentos de una disciplina para que se avance en su consolidación. El curso seguido por la Economía de ahí en adelante es realmente desconcertante. Cede al prestigio de la mecánica al no encontrar unas bases sólidas en la Historia Natural apenas recientemente constituida y se da un curioso paralelismo. En el mismo año en que Turgot publica sus reflexiones, Smith sustrae el concepto de valor de los

procesos espontáneos de la naturaleza viva de los fisiócratas y lo ancla en el concepto físico de fuerza (fuerza de trabajo), precisamente en el mismo año en que Waat pone en funcionamiento su propia versión de la máquina de vapor. Paralelamente Linneo (1756), ocho años después de la aparición de la Economía Animal de Quesnay y doce años antes de que éste dejara de escribir de Economía, para refugiarse en la geometría, funda la Economía Natural, pero anclada en el orden que la Divinidad ha impuesto sobre todos los seres vivos, sin preocuparse de los excedentes físicos fisiocráticos. De esta manera, mientras para la Economía Política serán las relaciones sociales que se fundan sobre la producción a partir de la fuerza de trabajo, el objeto de su interés; para la Economía Natural serán las sutiles relaciones que se establecen entre los seres vivos, y al margen del principio fisiocrático de "excedente físico".

Los avances que se dan sobre esta línea de la Historia Natural, a través de Lavoisier, Buffon, Humboldt y Cuvier principalmente, antes de entrar a la Biología, mantienen un punto de amarre a la dinámica estrictamente económica; un puente que une la fisiocracia a la Historia Natural y que se revela explícitamente en las apreciaciones económicas sobre la agricultura en Lavoisier. Este puente es la circularidad de la vida, expuesta en 1748 por Quesnay en su Economía Natural y que sustenta su famosa presentación circular de la economía; y luego Lavoisier, quien plantea su círculo de la materia viviente, conocido después de su muerte en 1794.

Este punto será recogido íntegramente, por la biología evolutiva darwiniana, que constituye las bases sobre las cuales Haeckel define, por primera vez, la Ecología; pero es abandonado completamente por la Economía Clásica que se

entrega a la linealidad propia de la física mecánica, que día a día ve aumentar su prestigio.

Pero en este tiempo en que se consolida la Economía Natural en el Darwinismo y pasa a Haeckel con la Ecología; aparece en la física otra cara de una Economía de la Naturaleza, ya en el orden de los procesos no vivos, que habían sido la fundamentación de la teoría económica después de que abandonara la fisiocracia, - es decir los procesos vivos de la agricultura -, se trata de la termodinámica de los fenómenos irreversibles.

3. ORIGEN Y CURSO DEL CONCEPTO DE TERMOECONOMÍA:

En el año de 1824, Carnot, a partir de la física y respondiendo a exigencias de la revolución industrial en marcha, por mejorar la eficiencia de las máquinas de vapor, escribe sus famosas reflexiones sobre

el trabajo y el calor, y la forma como éste se transmite en una sola dirección, de lo más caliente a lo más frío, y nunca a la inversa. Luego von Helmholtz (1847), a partir, no ya de cuerpos inertes, sino de la fisiología, establece la ley de la "conservación de la fuerza"; que luego, durante los primeros lustros de la década siguiente, W. Thompson, Rankine y Clausius, llevaran a un mayor nivel de refinamiento al introducir y definir los conceptos de energía, que sustituye al de fuerza, y el de Entropía que será una categoría clave para el entendimiento de la irreversibilidad, característica que es puesta a punto, en forma definitiva, por Boltzmann hacia 1874, en su formulación de lo que se llamaría el principio de orden (Entropía = $K \log. D$; K = constante de Boltzmann = $3,2983 \times 10^{24}$ cal / °C; D = grado de desorden).

Es por lo menos sorprendente que una vez maduras

estas reconceptualizaciones de los fenómenos propios del mundo físico, y, que informan sobre la naturaleza de la dinámica que necesariamente se da en todo proceso industrial, es decir, de transformación de materiales inertes en mercancías, orgullo del período de la Economía Clásica, ésta abandone la teoría del valor a partir de la "fuerza de trabajo", para entregarla al proceso de comunicación social del intercambio, de la transacción comercial; pero además que la producción agrícola, también se abandone a los brazos de la lógica mecánica de la física newtoniana, sin termodinámica y sin circularidad.

Es claro que la teoría económica clásica, tenía como punto de referencia el concepto de fuerza (de trabajo) newtoniano, es decir, aquel de una sustancia que se gasta en el trabajo, de tal manera que era necesario reponerla, y la teoría económica consideraba en sus análisis,

desde Smith hasta Marx, que el valor de la mercancía era el equivalente de la fuerza de trabajo necesaria para producirla, medida por el tiempo invertido en el trabajo; y que la renta y la ganancia eran el excedente que quedaba después de sustraer lo necesario (alimento y abrigo) para reponer la fuerza gastada y reproducir al obrero.

Marx aclara y ahonda la posible relación que pudiera establecerse entre la naciente termodinámica y la Economía como la entendieron los clásicos. En su conocido texto "Trabajo asalariado y capital", escrito en 1849, hace aquella primera y muy importante distinción: lo que los obreros le venden al capitalista no es el trabajo, "lo que en realidad venden los obreros al capitalista por dinero en su *fuerza de trabajo*", y más adelante puntualiza "La fuerza de trabajo es, pues, una mercancía, ni más ni menos que el azúcar. Aquella se mide con el reloj, ésta, con la balanza". Para

determinar el costo de producción de esta mercancía se basa en los "gastos de existencia y reproducción del obrero" (1973, p. 155, T.I.).

Más tarde en 1865, Marx escribirá: "La fuerza de trabajo de un hombre existe, pura y exclusivamente, en su individualidad viva. Para poder desarrollarse y sostenerse, un hombre tiene que consumir una determinada cantidad de artículos de primera necesidad"; y expone a continuación los mismos principios ya escritos en el texto antes citado. Es claramente perceptible la relación social capitalista-asalariado como telón de fondo sobre el cual se analiza el concepto de "fuerza de trabajo", entendida, inequívocamente, en su sentido newtoniano, es decir, como sustancia que se gasta y se recupera.

Respecto a la energía mecánica, la de las máquinas, Marx le da un tratamiento diferente al de la relación social con el cual analiza la "fuerza de tra-

jo" del obrero, y la somete al escrutinio de la eficiencia de la transformación, en el más genuino sentido de la mercancía (*El Capital*, T. III, p.p. 109 y 114), de ahí que su visión sea la de disminuir el desperdicio, tanto de materia prima como de la energía. Respecto a esta última registra las mejoras en las máquinas de vapor, con las cuales se consigue una producción muy barata de energía que lleva a buscar en el "ahorro", la fuente principal de las ganancias. La conexión termodinámica-economía, no pasa entonces, en la economía de Marx, de una reproducción de lo que ya había indicado Carnot (1987, p. 99), varias décadas antes, en el último párrafo de su obra; queda entonces reducido el análisis a las posibilidades de disminución de costos e incremento de la ganancia; nada, en realidad, de termodinámica.

El abandono de la teorización económica clásica por la llegada del pensamiento neoclásico, por la misma época en que

se funda la termodinámica, no significó, la incorporación de estos avances, sino que además el concepto de valor a partir del trabajo incorporado, fue sustituido por el de los equilibrios del mercado, que merced a su posibilidad de cuantificación con apoyo en modelos matemáticos con buen grado de refinamiento, le garantizaban "cientificidad" a la nueva escuela económica.

Hay que decir que en ese tramo de su historia la economía pierde toda conexión con la física, es decir, relega el proceso productivo a un nivel muy secundario, y establece su cuartel general de trabajo, en la arena de las transacciones. Es el momento en que emerge de nuevo la lógica aristotélica después de algo más de dos milenios, para entregar el segundo elemento que él había atribuido a la Economía de la Acumulación, de lo superfluo: el dinero, que hace viable las transacciones a gran escala y/o distancias. Corriente aclarar que la moneda es

para muchos una de las diferencias importantes entre la Economía Capitalista y las formas precapitalistas; de hecho es la que hace posible el surgimiento y vigorización del mercantilismo desde el siglo XIII, como primera expresión de lo que sería la Economía Capitalista. Pero es a partir de los neoclásicos cuando su posición dentro del conjunto de las categorías del capitalismo, se modifica hacia una ubicación más destacada; en efecto pasa de signo a símbolo, si seguimos el lenguaje de la comunicación social luhmanniana, o de exógeno a endógeno, si seguimos el de la economía estándar.

Este aspecto es realmente crucial para entender, en buena medida, la doble naturaleza de la crisis actual de la Teoría Económica. Se percibe que en la teoría clásica de la Economía el proceso productivo ocupa el lugar central de la conceptualización y la noción de producción, dice Naredo. "todavía permanece cargada de mate-

rialidad"; pero con la reinterpretación neoclásica, se desaloja el proceso productivo de su posición central, para ser sustituido por el signo dinero: "considero como abscisa, dice Walras (p. 769), *el valor en términos de numerario del capital personal y de los bienes de capital propiamente dichos aplicados a la tierra, y como ordenada la tasa de renta neta en términos de numerario*, lo que me permite considerar cualquier número de servicios" Marshall (1954, p. 20) es aún más radical y sin ningún ambage señala al dinero como "el centro alrededor del cual gira toda la ciencia económica", en tanto "en este mundo es el único medio apropiado para medir los móviles humanos a gran escala". En adelante se va consolidando esta idea; Pigou (1946, p. 9) con su viraje hacia la Economía del Bienestar, no puede ya sustraerse a esta conceptualización y reduce el móvil humano del bienestar sólo a aquello que es medible en dinero, a partir de la idea de

que "el único instrumento de medida aprovechable en la vida social es el dinero".

Ya en Keynes (1986) no quedan dudas al respecto a pesar de las dificultades en la elaboración teórica, dificultades estas que muestran la imposibilidad lógica de sustituir el signo por el símbolo. Este autor establece que el dinero es el patrón del valor (p. 204), y el valor, desde Walras, se genera en la transacción, no en el trabajo incorporado, como lo era para los clásicos. Ya para Keynes es posible "producir dinero" y ser él mismo "una mercancía", no "como una mercancía". Esto le permite llevarlo a la concepción psicológica de los neoclásicos: "el dinero en sus atributos importantes es, sobre todo, un artificio sutil para ligar el presente con el futuro" (p. 261). Se trata entonces del "desplazamiento del centro de gravedad de la actividad económica desde la llamada "economía real" hacia la

"economía financiera", del cual habla Naredo (1998). Adquiere así, plena claridad la afirmación de Luhmann de que "un corte transversal de todo el sistema económico con toda su complejidad, literalmente puede colocarse en manos del individuo por medio del dinero". (1996, p. 85)

Una economía así planteada puede perfectamente entregarse a los cálculos sencillos de la matemática pura, y mantenerse, por otro lado, al margen de la lógica de la termodinámica. Es una Economía que se mueve en el plano de lo ahistórico y en consecuencia, de lo reversible, puesto que no se ocupa de procesos productivos, sino de aspectos de interacción social mediante un símbolo generalizado de comunicación, para seguir la tesis de Luhmann. Esto hace posible la conocida representación gráfica de la dinámica económica de Samuelson ya referida.

4. UN NUEVO PUNTO DE PARTIDA:

Walras dedica un capítulo de su obra maestra a la crítica de la "doctrina fisiocrática" (Lección 37^a), y en ella hace su más contundente declaración sobre el peso completamente accesorio que tiene la producción como aspecto de la economía, al equiparar la "renta de la tierra" en el proceso agrícola, con la "renta derivada de las tierras urbanas" (p. 368). El traslado del foco de la teoría económica de la producción al mercado, lo hace mediante el expediente de considerar la equivalencia de "producto neto físico", a "producto neto inmaterial"; de esta manera, el excedente físico es similar al excedente numerario de la transacción comercial y el proceso productivo con sus implicaciones de transformación en el tiempo de materia y energía, pierde todo su peso; y algo más, cuando el tiempo puede tener implicaciones simplemente lo ignora: la dificultad

"relativa al lapso temporal necesario para la producción de bienes de capital nuevos, - la resolveremos, como lo habíamos hecho para el caso de los productos, suponiendo que dicha producción es instantánea" (p. 464); es decir, la producción no es un proceso y por tanto no hay transformaciones de materia ni de energía, y el tiempo se vuelve completamente neutral.

Esta proyección de la Economía hacia la atemporalidad y la inmaterialidad, no pasó desapercibida para las ciencias naturales. Un médico, S. A. Podolinsky, retoma, por el mismo tiempo, - 1880 -, el trabajo como elemento de análisis económico e incorpora los nuevos desarrollos de la termodinámica y sus conocimientos biológicos, para redefinir los conceptos de "trabajo productivo" e "improductivo", a partir de la idea de aumento de energía disponible sobre la tierra, o, por lo menos, de evitar su dispersión, cuando es inevi-

table sin la intervención del trabajo. El objetivo de este aumento de la energía disponible sobre la tierra no es otro que el de poder satisfacer las necesidades del género humano y crear posibilidades para su multiplicación y desarrollo. Está acá en los enunciados de Podolinsky, la primera gran conexión entre la termodinámica y la economía, es decir, se está frente a la fundación de lo que recientemente se ha denominado termoeconomía. En este punto nos separamos de la apreciación de Martínez Alier en la presentación de los textos de Geddes, Podolinsky y Soddy, en tanto del isomorfismo matemático entre las formulaciones de la Economía Neoclásica y "algunas partes de la física", no se sigue necesariamente una conexión con la realidad, por cuanto no se trata de un isomorfismo entre "modelo" matemático y realidad dentro de un mismo campo operativo, sino que se trata de niveles de abstracción reflejados en

modelos matemáticos en un campo, que en razón de analogías, pero no de correspondencia, aparecen como isomórficos con otros modelos de otras ciencias.

Pero también Geddes, apenas tres años después de Podolinsky, apunta al mismo blanco; en una carta a Walras, en 1883, escribe: "Pero me parece que este magnífico avance más allá de los áridos desiertos donde discuten los economistas esencialmente escolásticos (...) lleva a que los matemáticos se crean que pueden conseguir todo sin la ayuda de la física aplicada para esos estudios materiales, sin la ayuda de la biología para el estudio de los organismos que componen la sociedad, sin la ayuda de la psicología moderna (que es una cosa muy distinta de la de los antiguos economistas)"; y más adelante remata diciendo: "Me parece en fin que la matemática no debe trabajar con esas abstracciones, sino que ella tiene su campo al lado de las otras ciencias". (p. 60).

La crítica es directa y franca. No se trata de mostrar insuficiencias de sus modelos matemáticos, sino de acusarla de haber abandonado su objeto real de trabajo, - los procesos de producción -, y haber quedado suspendida entre los preciosismos inmateriales de los modelos matemáticos.

Soddy (1921, p. 145), es aún más incisivo, y en dos célebres conferencias se propone responder a la pregunta "¿cómo vive la humanidad?", a la luz del conocimiento que en la época se tenía de las ciencias físicas; cuestión que según él, debe ser la primera de la que deben ocuparse los economistas, pero que, en realidad han olvidado. Se trata de mostrar la validez del concepto "capital - energía", "sobre cuyo consumo se ha construido la civilización capitalista"; capital-energía que es un flujo que "no puede ser ahorrado" y del cual depende nuestra vida misma. La economía sin em-

bargo, señala Soddy, considera riqueza al dinero, el cual puede acumularse, o prestarse y cobrar interés por él, lo que a su turno aumenta su stock; sin embargo cuando el capital-energía se gasta (cuando el carbón se quema) ya está gastado y no hay vuelta atrás, al final del proceso productivo tenemos menos que al principio; y es de la energía de la que vive la humanidad, de tal manera que resulta un sofisma creer, como los economistas, que la riqueza aumenta.

Seguramente está Soddy, desde la física, en la misma línea que Podolinsky desde la biología, pero seguían, como otros más, siendo ignorados por la Economía.

Es sólo el borbollón de la crisis ambiental, que se hizo inocultable en el período, maravilloso se dice, del "crecimiento Económico" de la posguerra, cuando según Grant y Ul Haq (1977), se aumentaron a más del doble los ingresos

per capita y se pasó de una economía de un billón de dólares a una de tres billones en sólo un cuarto de siglo; como consecuencia de la lógica de la economía estándar, de que al aumentar los consumos de energía y materia para la actividad industrial, se aumenta el capital-dinero; es decir, nos movemos en la forma opuesta a la de la física real que invoca Soddy, en la cual cuando consumimos el capital-energía, debemos disminuir *pari passu* el capital dinero. Es así como ese paso de una economía de un billón a tres billones de dólares y con más del doble del ingreso *per capita*, fue el resultado del aumento formidable, nunca antes visto en la historia de la humanidad, del consumo de materia y energía en el proceso económico de la producción. P. H. McGauhey (1972), cuenta que Hollis Dole, secretario asistente del interior, testificó ante el Congreso en 1970, lo siguiente: "en los pasados cuarenta años

los Estados Unidos han consumido más minerales, productos minerales, y combustibles fósiles que el mundo entero en todo su registro histórico".

Esta forma de presentar la economía enaltece el desarrollo del mercado y repara sólo en los aumentos, muy notables además, de las cantidades de numérico como símbolo y no como signo, en tanto se ignora la referencia al consumo (gasto del capital-energía).

Es a través de la preocupación por el bienestar en cabeza de Pigou, y no de la conexión economía-termodinámica, que la Economía Neo-clásica se propone incorporar en sus modelos algorítmicos, las relaciones, que no conexiones, economía-medio ambiente.

Resulta muy interesante reparar en el rumbo que tomaron las nociones de externalidad económica y, su complementaria, la de

internalidad; enunciados en principio por Marshall, e incorporados a las herramientas operativas por Pigou. En éste, se mantiene una muy clara referencia al bienestar humano, con la restricción expresa de que se tendrá en cuenta sólo aquella parte que es medible en dinero; Hotelling (1931) en cambio, parte directamente para sus análisis matemáticos, de la agotabilidad de la "riqueza mineral" un giro muy fuerte que sólo toma de Pigou la idea operativa general, pero centra su interés, no en el bienestar sino en la viabilidad de la producción económica dadas las limitaciones de la agotabilidad de los recursos. Tres décadas después Coase (1960) retomará "el tratamiento de Pigou en la Economía del bienestar", para plantearse la internalización de los "costos sociales". Esta línea de trabajo será seguida por Pearce (1985) y otros, más recientemente.

Aparece luego el texto "La ley de la entropía y el

proceso económico", en 1971, de un prestigioso economista matemático, N. Georgescu-Roegen (1996), quien, por primera vez desnuda la imposibilidad de que los modelos matemáticos de la Economía capten por completo, el carácter físico de proceso que tiene la producción económica. Su expresión es tajante: "proceso es Cambio o no es nada en absoluto" (p. 275). Se constituye así el primer nuevo punto de partida para una reformulación completa de la Teoría Económica, que ya había sido avisado por Soddy. Las implicaciones en la Teorización son profundas: en primer lugar reconoce la irreversibilidad de la transformación de la energía, lo que invalida la atemporalidad de la función de producción, tan fundamental para la Economía Neoclásica; y en segundo lugar, además de la restitución del tiempo físico no newtoniano al análisis, incorpora el gasto.

De esta manera la función de producción de Weesteck, tan elogiada por

Walras, es reformulada por Georgescu-Roegen, apoyado en su desarrollo teórico desde la termodinámica. La representación analítica del proceso productivo debe introducir el tiempo no newtoniano en sus presupuestos, para hacer reconocible el carácter irreversible propio de la transformación de la energía, lo que implica incorporar un conjunto de funciones de tiempo desde $t=0$ hasta $t=T$, lo que lleva a la representación de un vector de funciones, es decir, una funcional, así: (Georgescu-Roegen, 1994, p. 165) $\{R_i(t), I_i(t), P_i(t), W_i(t); L_i(t), K_i(t), H_i(t)\} T_o$.

Este vector incluye entonces, además de los factores clásicos de tierra, (L_i), capital (K_i) y trabajo (H_i), los recursos naturales (R_i) y gastos (W_i), olvidados por la Economía dominante y sustanciales al concepto de proceso.

Este punto de partida ha sido recogido, entre otros, por Naredo y Daly. Este

último ha avanzado en esta línea de pensamiento, hasta reconocer la necesidad de distinguir en el Capital, una categoría heterogénea, compuesta de capital natural y capital artificial, que guardan una "relación complementaria" (1994) y no de sustitución. En esta tesis, la consideración fundamental que subyace a lo planteado, es la necesidad de que la Economía tenga el "proceso de producción", en su acepción termodinámica, como fulcro de sus preocupaciones.

La trascendencia del tema ha llevado a propuestas diversas, en tanto su complejidad permite más de un enfoque.

Uno de esos enfoque se expresa en el trabajo de Naredo y Valero (1989) quienes parten de identificar la gran paradoja que ofrece el proceso de "producción", desde una perspectiva termodinámica y desde una perspectiva "crematística". Así, desde el lado de la termodinámica el

saldo resultante del proceso es necesariamente una pérdida, "como consecuencia de establecer eficiencias menores que la unidad"

$$\eta = P/F < 1$$

Donde η = eficiencia
P= producción obtenida en el proceso
F = recursos utilizados en el proceso

Mientras en el enfoque crematístico, típico de la economía estándar "el saldo resultante del proceso llamado de "producción" refleja una ganancia, al postular una rentabilidad mayor que la unidad":

$$\xi = PR/CI > 1$$

Donde ξ = eficiencia monetaria
PR= producto obtenido en el proceso
CI= recursos utilizados en el proceso
(o consumos intermedios).

Debe tenerse en cuenta que mientras en el modelo termodinámico las unidades de medida son las energéticas vinculadas al Sistema Internacional de Unidades; en el modelo de la Economía estándar, las unidades son monetarias y no físicas.

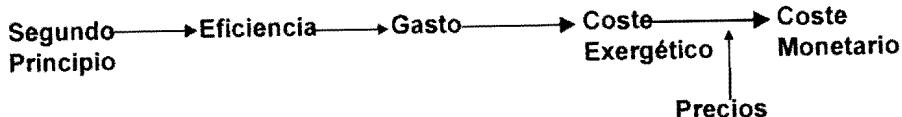
Desde esta paradoja los autores se plantean la necesidad de hacer una conexión entre estos dos campos en forma tal que la termodinámica sirva de base para una Teoría General del cálculo de los costos derivados de la manipulación y uso de materiales y energía. El razonamiento es claro: si las dos mediciones son contrapuestas; una acumula, y otra desacumula, hablando del mismo proceso; una implica un gasto, otra una ganancia, se podría operar con el inverso del rendimiento termodinámico, así:

$$\kappa = F/P = 1/$$

que puede definirse, según los autores "como un consumo unitario de recursos termodinámicos".

Verbalizando el modelo se hace reconocible la es-

tructura del razonamiento:



De esta manera el coste exergético se corresponde termodinámicamente, con los factores consumidos (gastos) en el proceso, que llevados a precios nos representan el verdadero coste monetario.

Sin embargo, el razonamiento hasta este punto es incompleto, en tanto en la sociedad económica, es decir, en la sociedad real de consumo el resultado final no es:

$F = P + I$, siendo I (Irreversibilidad total o degradación total organizada por el proceso)

Sino:

$F = I$, puesto que al final P terminan siendo residuos, es decir, degradación.

Es en este punto donde surge el gran conflicto con la "Economía del Crecimiento" o también llamado

el "Desarrollo Económico". Los procesos productivos mecánicos, como expresión máxima de la sociedad capitalista actual, están corriendo a una velocidad tal, y con una modalidad de producción tal, que la generación de desechos supera las posibilidades del ritmo del reciclaje propio del bioecosistema natural, y los mecanismos de ajuste de temperatura y degradación de sustancias artificiales; lo cual se refleja en una cuantiosa acumulación de residuos y aumento de la temperatura global. Estos residuos y calentamiento están modificando el entorno fisicoquímico en el que se desenvuelve la vida, a una velocidad que supera la posibilidad de ajuste de ésta.

Esto ha movido a que se trabaje en otra dirección que parte de un nuevo enfoque

que toma en consideración las consecuencias que el proceso productivo genera en el ambiente, las cuales, a su turno dependen en alguna medida de la tecnología utilizada.

H. C. Binswanger (1998) se ha propuesto integrar en la teoría económica la naturaleza y el ambiente, para lograr una reorientación de aquella. Para el efecto, parte de la observación de que la Economía estándar asume que el producto nacional bruto (Y), es el resultado de combinar trabajo (L) y capital (K), que se suele expresar en la conocida función de producción:

$$Y = f(L, K)$$

Salta a la vista que esta función no tiene en cuenta los materiales tomados de la fuente de recursos naturales; pero hay algo más. Frente al avance del producto social a un ritmo tan notable que parece superar el del trabajo y el capital, la economía ortodoxa ha

incorporado a la función de producción neoclásica el progreso tecnológico (A), así:

$$Y = f(L, K) \quad Y = f(L, K, A)$$

Binswanger sostiene que la significación que éste modelo tiene para la economía ortodoxa, es que ésta considera que la producción total puede atribuirse a la habilidad humana, y solamente a ella. Colige entonces, la ortodoxia económica que el trabajo (L), es el resultado de la dedicación, el capital (K) el resultado de la frugalidad y el progreso técnico (A) de la devoción de la gente por el conocimiento y la investigación.

El enorme aumento de los niveles de consumo de los países industrializados nos ha enfrentado a una explotación ruinosa de los recursos renovables y a la destrucción de la capacidad de regeneración de los mismos. Para detener esta tendencia es necesario,

incluir la naturaleza (N) dentro de los factores de producción, paralelamente con el reconocimiento del

estado y calidad: del ambiente. La ecuación de una función agregada de producción que surge de este enfoque sería:

$$Y = f(L, K, N, A), \text{ junto con } E = g(Y), \text{ donde } \frac{dE}{dY} \geq 0$$

Un cuidadoso estudio de estos enfoques a partir de Soddy, y sobre todo a partir de Georgescu-Roegen, nos revela por lo menos tres aspectos que merecen considerarse:

1. En primer lugar, que a pesar de la expresión de Georgescu-Roegen, en el sentido de que la finalidad de la economía no debe ser otra que el disfrute de la vida y muestra propia superación, - o dicho en términos de M. Max-Neef (1986), "la economía está para servir a las personas, y no las personas para servir a la economía" -; los conceptos de acumulación, utilidad y escasez económica, predominan sobre los del disfrute y la escasez física.

2. Que el concepto termodinámico de gasto o consumo, sigue siendo sustituido por el de gasto económico, al llevar el dinero de signo de la realidad física a símbolo de la cultura capitalista.
3. Que la economía predominante sigue considerando la producción industrial mecánica, es decir los procesos de transformación de objetos inertes, como los del mayor peso, casi únicos en realidad, ignorando por completo, o asimilándolos, a la lógica de este tipo de producción, a los seres vivos, que en consecuencia no entran en la mayoría de los análisis.

5. UN SEGUNDO NUEVO PUNTO DE PARTIDA:

Si la apreciación enumerativamente enunciada es correcta, emergen por lo menos tres aspectos que nos pueden llevar a un segundo nuevo punto de partida. En primer lugar está fuera de duda el principio de que la producción económica es un proceso físico que cumple necesariamente las leyes de la termodinámica, y que esto no se refleja en los modelos matemáticos que le dan cuerpo a la economía estándar como disciplina específica. En segundo lugar el centro operativo de la economía dominante es el mercado, cuya dinámica, cree la economía, está claramente representada en los modelos microeconómicos, que en realidad son el referente del analista económico en lugar del mercado mismo. En tercer lugar, hay una clara asimilación de los procesos de producción con seres vivos a los procesos mecánicos, quizá apoyados en el trabajo formidable de Schrödinger (1986), pero ignorando la autopoiesis que le da

autonomía organizativa al ser vivo como entidad sistémica.

Planteada ya la existencia de un primer punto de partida con apoyo en el reconocimiento de la segunda ley de la termodinámica, que lleva a la aceptación e incorporación al arsenal de modelos de análisis económico, de elementos como los recursos naturales (Georgescu-Roegen) o la naturaleza (Binswanger); como el gasto (Georgescu-Roegen) o el desperdicio (Naredo y Valero); o como la degradación ambiental (Binswanger), o el ambiente mismo (Altvater); es pertinente recoger en un nuevo segundo punto de partida la reconceptualización del papel del arsenal modelístico dentro del estudio económico; y la incorporación a ese arsenal de las características inherentes a la producción con seres vivos.

En cuanto al aspecto de los modelos matemáticos las críticas han venido

incluir la naturaleza (N) dentro de los factores de producción, paralelamente con el reconocimiento del

estado y calidad: del ambiente. La ecuación de una función agregada de producción que surge de este enfoque sería:

$$Y = f(L, K, N, A), \text{ junto con } E = g(Y), \text{ donde } \frac{dE}{dY} \geq 0$$

Un cuidadoso estudio de estos enfoques a partir de Soddy, y sobre todo a partir de Georgescu-Roegen, nos revela por lo menos tres aspectos que merecen considerarse:

1. En primer lugar, que a pesar de la expresión de Georgescu-Roegen, en el sentido de que la finalidad de la economía no debe ser otra que el disfrute de la vida y muestra propia superación, - o dicho en términos de M. Max-Neef (1986), "la economía está para servir a las personas, y no las personas para servir a la economía" -; los conceptos de acumulación, utilidad y escasez económica, predominan sobre los del disfrute y la escasez física.

2. Que el concepto termodinámico de gasto o consumo, sigue siendo sustituido por el de gasto económico, al llevar el dinero de signo de la realidad física a símbolo de la cultura capitalista.
3. Que la economía predominante sigue considerando la producción industrial mecánica, es decir los procesos de transformación de objetos inertes, como los del mayor peso, casi únicos en realidad, ignorando por completo, o asimilándolos, a la lógica de este tipo de producción, a los seres vivos, que en consecuencia no entran en la mayoría de los análisis.

5. UN SEGUNDO NUEVO PUNTO DE PARTIDA:

Si la apreciación enumerativamente enunciada es correcta, emergen por lo menos tres aspectos que nos pueden llevar a un segundo nuevo punto de partida. En primer lugar está fuera de duda el principio de que la producción económica es un proceso físico que cumple necesariamente las leyes de la termodinámica, y que esto no se refleja en los modelos matemáticos que le dan cuerpo a la economía estándar como disciplina específica. En segundo lugar el centro operativo de la economía dominante es el mercado, cuya dinámica, cree la economía, está claramente representada en los modelos microeconómicos, que en realidad son el referente del analista económico en lugar del mercado mismo. En tercer lugar, hay una clara asimilación de los procesos de producción con seres vivos a los procesos mecánicos, quizá apoyados en el trabajo formidable de Schrödinger (1986), pero ignorando la autopoiesis que le da

autonomía organizativa al ser vivo como entidad sistémica.

Planteada ya la existencia de un primer punto de partida con apoyo en el reconocimiento de la segunda ley de la termodinámica, que lleva a la aceptación e incorporación al arsenal de modelos de análisis económico, de elementos como los recursos naturales (Georgescu-Roegen) o la naturaleza (Binswanger); como el gasto (Georgescu-Roegen) o el desperdicio (Naredo y Valero); o como la degradación ambiental (Binswanger), o el ambiente mismo (Altvater); es pertinente recoger en un nuevo segundo punto de partida la reconceptualización del papel del arsenal modelístico dentro del estudio económico; y la incorporación a ese arsenal de las características inherentes a la producción con seres vivos.

En cuanto al aspecto de los modelos matemáticos las críticas han venido

desde distintos ángulos; el mismo Georgescu-Roegen (1983) ha sido reiterativo en mostrar que "la nueva disciplina, - la economía convencional -, se redujo paso a paso a los ejercicios matemáticos, cada uno más imaginativo que los anteriores...."; Steindl (1985) es más incisivo aún y le reclama a la economía el haber eliminado la historia y la sociedad de su campo de trabajo para reducirla a un ejercicio matemático; y Guerrien (1998) se sorprende de que la teoría económica considere que solo la formalización matemática de la producción y de los intercambios le garantiza su "nivel científico".

En este orden de ideas se trataría de que la economía convencional altere la posición de las matemáticas en el conjunto conceptual operativo y las traslade desde la posición central que ellas ocupan en ese conjunto, al subconjunto del instrumental de análisis. Se tratará de aceptar como válida la afirmación de

Steindl y recoger su preocupación por replantear esa situación: "El papel de las matemáticas en Economía ha sido el más infortunado. En lugar de ser herramienta del economista, éstas han desarrollado vida propia. Antes que buscar métodos que se ajusten a los problemas económicos, el estudiante pide a su profesor que le ponga problemas que se ajusten a los métodos formales que ha aprendido". Me atrevería a decir que la Economía debe recuperar para sí, la característica fundamental de Campo Social, de sistema complejo, que escapa a la pretensión de total cuantificabilidad, sólo válida en pequeñas porciones del proceso; porciones éstas que la Economía ha desmembrado de la totalidad sistémica y las ha convertido en el centro de sus preocupaciones.

En cuanto al aspecto de la producción económica con seres vivos se pueden percibir tres tipos de problemáticas, desde el

ángulo de la Economía. En primer lugar la asimilación de esta forma de producción a la propia de la producción mecánica-industrial, probablemente como un efecto de dominio del prestigio de las matemáticas y la física sobre el estudio de una naturaleza operativa diferente. En segundo lugar, la desnaturalización de ese proceso, en razón de la asimilación de lo vivo a lo mecánico, con la consecuencia de la homogeneización de lo heterogéneo. En tercer lugar, el predominio del objetivo de la Economía Aristotélica de lo superfluo, con la consecuencia del peso de la acumulación como medida de la

eficiencia operativa del proceso económico del intercambio, sobre la importancia de la Economía Aristotélica de la sobrevivencia, de la producción agraria.

Respecto a la indiferenciación entre la producción con materiales inertes y aquella con seres vivos, hay que decir, que es uno de los aspectos donde más evidente se hace el concepto mecanicista lineal y unicausal, que subyace a la teorización en la Economía.

Si se lleva esta consideración a un conjunto secuencial de tres gráficos, se puede apreciar de la siguiente manera:

Gráfico No. 1.
Proceso de producción con materiales inertes



Gráfico No. 2.
Procesos espontáneos en un bioecosistema natural

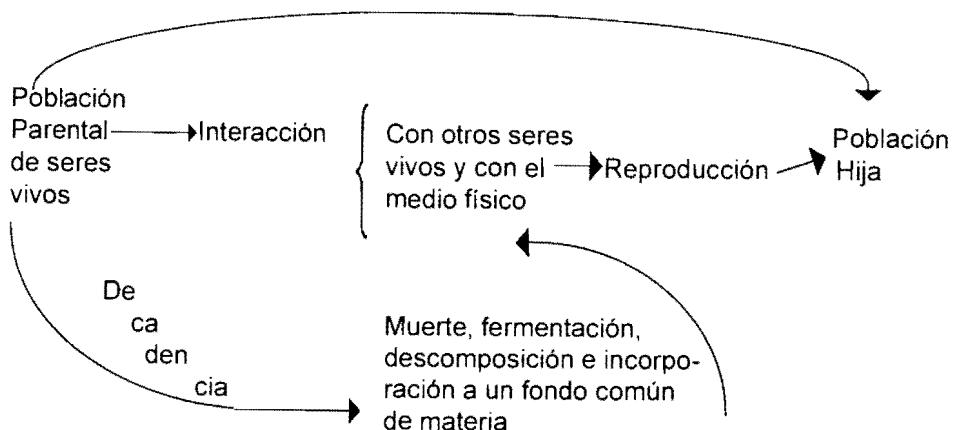
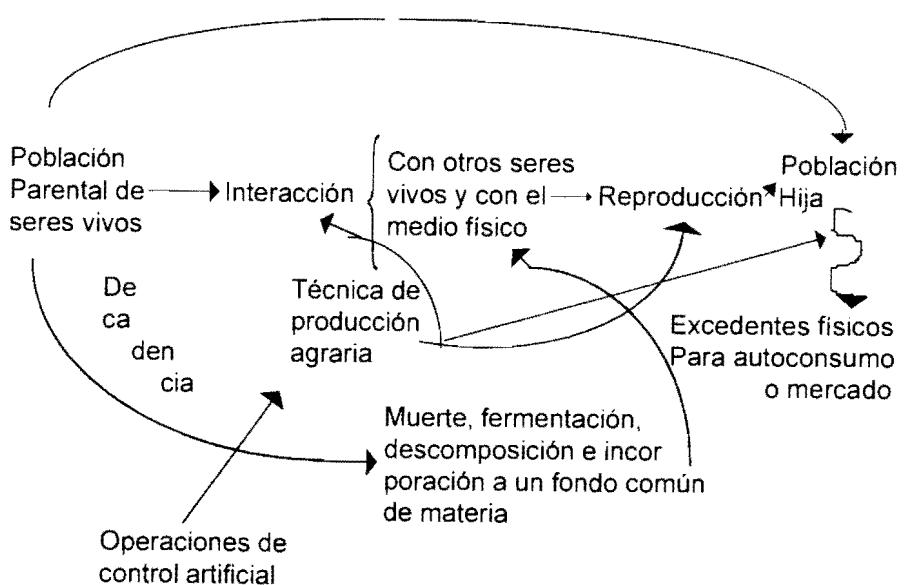


Gráfico No. 3
Proceso de producción agraria.



En el modelo gráfico 1, que representa la producción con objetos inertes, se ve un proceso lineal, estrictamente mecánico y que sigue, punto por punto, las leyes primera y segunda de la termodinámica. En efecto, el proceso tiene como entradas una materia prima amorfa y energía de baja entropía (fósil, hidroeléctrica, solar, biológica y eventualmente nuclear); la primera es claramente no renovable, y cae dentro de las apreciaciones de Soddy, de "capital-energía", a las que ya se hacía hecho referencia (p.16). Son bien conocidas las abundantes apreciaciones sobre la probable duración de las reservas de carbón, gas y petróleo, con la actual dinámica económica. La segunda, la hidroeléctrica, está llegando a sus máximas posibilidades, el agua, está siendo un recurso en franco deterioro; la construcción de grandes embalses provoca desajustes muy peligrosos en las zonas de su influencia, y entra en competencia con la actividad agraria, funda-

mental para las necesidades básicas de la población humana.

La energía solar en tiempo histórico, se considera prácticamente infinita, pero es de un valor muy limitado para los procesos de producción industrial que mueven la economía actual. La energía nuclear tiene tan graves consecuencias que hay que pensar más seriamente en desmontarla. Sólo nos queda la energía biológica como auténticamente renovable dada su naturaleza neguentrópica, posible mientras las condiciones ambientales mantengan viables las "estructuras disipativas" que garantizan la vida.

En resumen con excepción de la energía solar, por razones de temporalidad, y de la energía biológica, en razón de su renovabilidad, la segunda ley de la termodinámica establece restricciones que obligan, en este aspecto, a replantear la forma de producción actual dentro de la expresión capitalista, esto es,

acumulativa, de la economía.

Los materiales no energéticos, responden como la energía, a la primera ley de la termodinámica, con la diferencia sobre ésta, de que sí son realmente reciclables, pero como su reutilización está a la sombra de la energía disponible, esto es, en términos de costos comparativos entre reutilización y extracción mineral, sólo algunos, en forma parcial, se pueden mantener dentro de una dinámica cíclica de la producción.

Altvater ha hecho una presentación aritmomórfica de este conjunto de aspectos, a partir de outputs e inputs del proceso productivo real, así:

$$(O_d + O_i)(1 + 0) = (I_d + I_i)$$

(1 - i)

donde:

O_d = outputs deseables

O_i = outputs indeseables

$(1 + 0)$ = conjunto ambiental más los desechos sólidos, gaseosos y líquidos que entran a él

I_d = Imputs deseables

I_i = Imputs indeseables

$(1 - i)$ = stock de materiales menos lo que se le extrae para incorporarlo al proceso productivo.

En este modelo se quiere representar una visión global de los efectos ecológicos del proceso productivo, al margen de cualquier consideración crematística, lo que implica que no puede ser incorporable a la "avanzada" modelística económica. Se corresponde más, punto por punto, con la actividad física del proceso productivo en el contexto del ambiente global, que con el proceso productivo económico.

En el modelo gráfico 2, que representa la forma operativa (productiva?) del bioecosistema natural se captan las diferencias fundamentales con el gráfico A, ya analizado. En primer lugar es circular, y su circularidad es inmanente; en segundo lugar es espontáneo, y en consecuencia, no necesita del hombre como fuente de "fuerza de trabajo". Algo más, el hombre está incluido como

uno más de los seres vivos con el mismo tipo de interacciones.

Es justo cuando el hombre se ubica como un orientador del proceso natural espontáneo, mediante la tecnología, que se cae en el modelo gráfico 3.

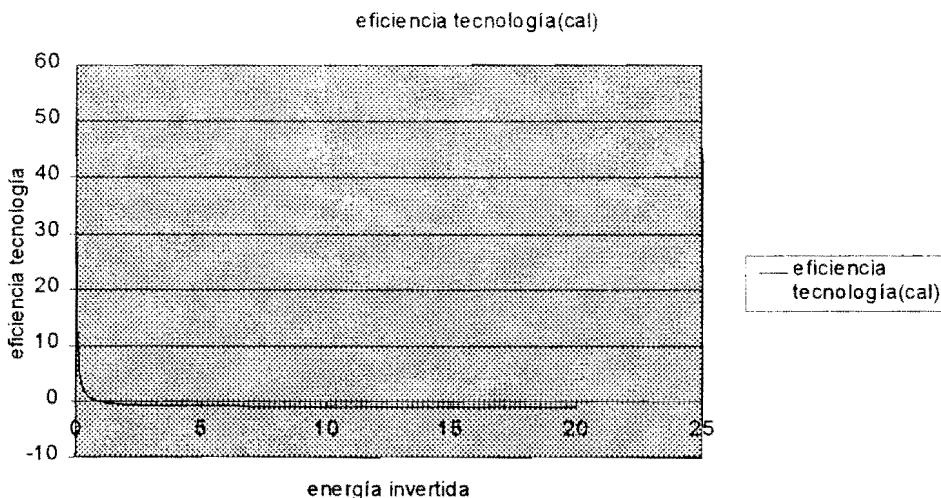
Es necesario hacer por lo menos dos anotaciones mayores respecto a este modelo.

Obsérvese en primera instancia que la tecnología opera sólo como forma de control de los procesos espontáneos de la naturaleza, con el fin de generar excedentes para subsistencia o intercambio comercial, pero no es posible, en ningún caso sustituir esos procesos. Recuérdese que en los bioecosistemas no intervenidos por el hombre, no se dan excedentes, sino equilibrios por fluctuaciones entre las poblaciones de predadores y de presas.

Un segundo aspecto es el del papel real de la tecnología que consiste, no en un simple proceso de

transformación, como muy equivocadamente lo planteó Marx (1980) acogiendo la tesis de Verri, sino que las técnicas generan un aumento real de biomasa, sobre la que se esperaría en condiciones de la dinámica espontánea del bioecosistema, y este excedente, ya reconocido dos siglos y medio antes por la fisiocracia, es el producto exclusivo de la tecnología y su aplicación por el hombre; pero es un plusproducto que no guarda relación directa, en términos cuantitativos, con la materia y energía exógena al biosistema y endógena a la tecnología, sino que es claramente asimétrica: en correlación positiva con las tecnologías más rudimentarias y en correlación negativa a medida que la tecnología incorpora más materia y energía exógena al biosistema. En otros términos, se va pasando de una función de producción positiva a una función de producción negativa a medida que aumentan los factores tecnológicos de producción. (Ver gráfica N°4)

Gráfico 4



El reconocimiento de este aspecto nos lleva a plantearnos la necesidad de heterogeneizar el capital, pero no a la manera en que Daly lo realiza en procesos físicos, sino separando entre capital vivo y capital inerte, cuyas eficiencias energéticas se miden por el mismo producto, el material biológico obtenido, que a su turno surge del proceso reproductivo y/o de desarrollo inherente al ser vivo en explotación. En este sentido hay que reconocer un costo biológico y un costo crematístico, entendiendo

por costo biológico la cantidad relativa de producto excedente, obtenida con un stock dado de capital vivo; y por costo crematístico valores en dinero del capital inerte ($C_f + C_v$) necesario para mantener la cantidad de capital vivo requerido para generar la misma cantidad de bioproducto. Acá es fundamental tener en cuenta que se parte del supuesto de que el capital vivo es un capital inagotable, en tanto se autorreproduce.

En un trabajo anterior Estrada y Gómez (1988)

han desarrollado la conceptualización de este aspecto para el caso de la producción de ganado de carne, el cual es referenciado con todo detalle en un texto de Gómez (1993).

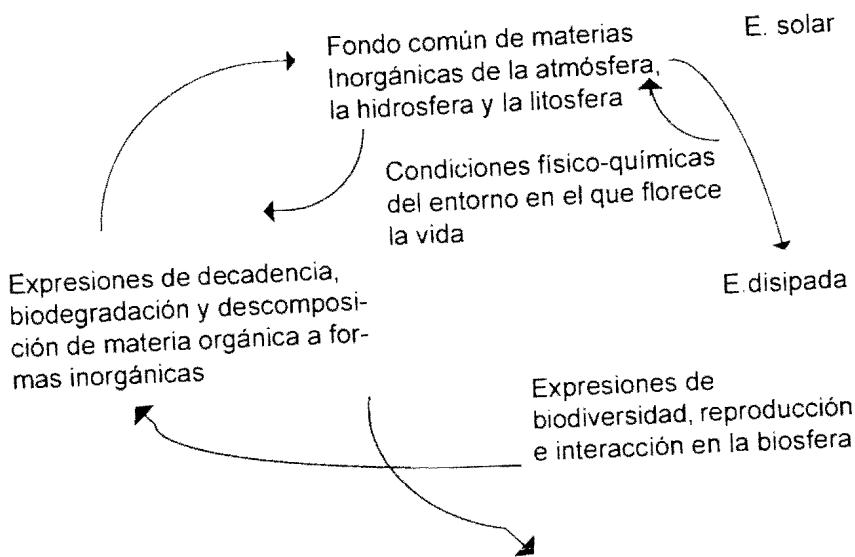
Pero es en este punto, donde surge la conexión entre primera y segunda ley termodinámica, y procesos productivos con seres vivos. En efecto, mientras la producción con objetos inertes es entrópica en esencia, la producción con seres vivos es neguentrópica. Siguiendo a Schrödinger (1986), tenemos que en el plano puramente termodinámico, es decir energético, mientras que en el proceso estrictamente biológico de producción son seres vivos hay aumento de energía, o de trabajo disponible, según el término de Podolinsky, es decir:

- $S = k \log (1/d)$; en la tecnología aplicada al proceso productivo, tenemos generación de desor-

den expresable como $S = k \log D$

Hay además otro elemento adicional que enfrenta la tecnología aplicada a los procesos tanto de producción con seres vivos como con objetos inertes, y que se recoge, en sus dos expresiones, en la ecuación de Altvater ya enunciada y que también Binswanger intenta recoger, pero que debe resaltarse mucho más en un contexto de mayor precisión. Este contexto es el de la sostenibilidad ecológica, entendiendo por ella, el mantenimiento de las condiciones ambientales fisicoquímicas y de biodiversidad que garanticen la viabilidad de la vida humana, una forma de vida indefectiblemente ligada a las otras formas de vida y, todas a una, al entorno. Gráficamente se puede representar en un bucle recursivo así:

Gráfico No. 5.
Bucle recursivo de la sostenibilidad ecológica



6. CONCLUSIÓN:

Todo esto nos lleva a concluir que el afán de modelización matemática con el que los neoclásicos quisieron revolucionar la teoría económica, y que ha tenido un desarrollo tan notable en las últimas cuatro décadas, es decir, en el período del mayor auge del "Crecimiento Económico"; y los grandes desarrollos de la fisicoquímica, también con cuantificaciones muy refinadas, que han impulsado y fortalecido ese "crecimiento económico", orgullo

del capitalismo, han ignorado que la vida, hasta la aparición del industrialismo hace apenas 250 años, cuando se da la mutación de Quesnay a Smith, ha tomado alrededor de cuatro mil millones de años, construyendo, con gran paciencia, con avances y retrocesos, con éxitos y fracasos, la biodiversidad y acumulando gran cantidad de energía fósil, que el hombre con gran impaciencia ha consumido con formidable rapidez, modifi-

cando tan drásticamente las condiciones del entorno en el que se desenvuelven las estructuras disipativas que conectan la vida al medio y hacen posible el "metaestado" del "orden por fluctuaciones", que configura el Sistema Vida; pero además alterando tanto el orden funcional como el orden arquitectónico con los que Prigogine (1993) ha caracterizado la vida, que ésta ha ido quedando rezagada al paso impuesto por la rapidez del cambio ambiental provocado por la actividad económica.

Las preocupaciones fundamentales de una Economía Ecológica, están en el principio de Sostenibilidad Ecológica, que parte de plantearse como aspecto central, la sobrevivencia del hombre, la cual no es posible sino con la sobrevivencia de todas las formas vivas, que a su vez requieren de una interfase ser vivo-entorno que garante las estructuras disipativas de esa relación.

La Economía dominante

erró de camino en dos sentidos: primero, en aras de sus pretensiones de científicidad que se supone otorgan los modelos matemáticos, contrajo el objeto central de estudio de la Economía al campo de las transacciones; reduccionismo éste que relegó el "proceso productivo" a una consideración secundaria. Lo que ganó en "científicidad", entendida como posibilidad de cuantificación, se perdió en conocimiento real del proceso integral de la actividad económica. Ya R. Levins (1976) lo había advertido: "el sistema totalmente complejo corresponde a una epistemología trivial que es impotente", lo que explica señalando que en el estudio de la complejidad, las numerosas ecuaciones, en caso de que pudieran ser computables, nos darían solamente un número, es decir, "la respuesta sería una exposición complicada en los parámetros que no tendrían significado para nosotros".

El segundo camino erra-

do, también explícito entre los neoclásicos, fue un segundo reduccionismo, que consiste en llevar las complejas relaciones sociales de la producción al sólo intercambio de dinero, es decir, sustraer por completo una ciencia social en todas sus entrañas, del espacio de la naturaleza biofísica, donde se concreta, buscando así hacerla formal. Se da así la paradoja de que mientras el éxito de la actividad económica es la acumulación de dinero, la magnitud positiva de ésta, se corresponde con una magnitud igual y negativa de acumulación energética (desacumulación), sustento, precisamente, del proceso productivo; y de un aumento de entropía energética y material que se corresponde con una disminución paralela de la posibilidad de sostenibilidad ecológica.

Hay que decir entonces, como conclusión final, que

la búsqueda, a veces angustiosa para algunos, de modelos matemáticos que incorporen las externalidades negativas, en refinados modelos econométricos, apenas si alcanzarán a mostrar en números, la insolvencia de la actividad económica para hacerse cargo de la insostenibilidad ecológica, generada por esa misma actividad.

El ritmo paciente de la vida sobre la tierra no puede seguir el ritmo impaciente, realmente diabólico, de la "Economía del Crecimiento", y la modelización aritmomórfica de ese desfase no solucionará las incompatibilidades Economía del Crecimiento-Sostenibilidad Ecológica. Hay que modificar el patrón económico como única salida a la insostenibilidad. Al éxito económico, expresado en la magnitud de la acumulación del dinero, se sigue, necesariamente, un fracaso ecológico, expresado en la acumulación de insostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aristóteles. *La Política*. Trad. Por P. de Azcárate. Edit. Espasa-calpe. Madrid. 1989. P. 30 y s.s.
2. H. C. Binswanger. *Marking sustainnability Work*. *Ecological Economics*. 27 : 3-11. 1998.
3. R. Cantillon. *Ensayo sobre la naturaleza del comercio en general*. Trad. por M. Sánchez. Fondo de Cultura Económica. México. 1950.
4. S. Carnot. *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*. Trad. por J. Odon. Alianza Editorial. Madrid. 1987. Pp. 99-100.
5. R. H. Coase. *The problem of social cost*. *The J. Law & Econ.*, 3 : 1-44. 1960
6. H. E. Daly. *De la economía de un mundo vacío a la de un mundo lleno*. En: "Desarrollo Económico Sostenible". (Varios autores). Trad. por M. Guhl. Tercer Mundo editores. Bogotá. 1994. Pp. 51-71.
7. H. Estrada y L. J. Gómez. *Introducción al análisis de la estructura económica de la empresa pecuaria. Caso: bovinos de carne, actividad de cría*. Fotocopia. Universidad Nacional. Medellín. 1988.
8. P. Geddes. *Carta a León Walras*, 15 de noviembre de 1983. En: *Principios de la economía ecológica*. Editados por J. Martínez Alier. Trad. por M. Estapé. Fundación Argentaria. Madrid. 1995. Pp. 60-61.
9. N. Georgescu-Roegen. *La Teoría energética del valor económico: un sofisma económico particular*. *Trimestre económico*. N° 198. 1983. Pp. 829-860.
10. N. Georgescu-Roegen. *Nicolás Georgescu-Roegen. Sobre si mismo*. En: "Grandes economistas de hoy". Trad. por F. Casas. Editorial Debate. Madrid. 1994. P. 165.
11. N. Georgescu-Roegen. *La Ley de la entropía y el proceso económico*. Trad. por L. Gutiérrez. Editorial Fundación Argentaria. Madrid. 1996. P. 275.
12. L. J. Gómez. *Producción pecuaria. Elementos bioecológicos, históricos y económicos*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Medellín. 1993.
13. J. Grant y M. Ul Haq. *La Redistribución del ingreso y el financiamiento internacional del desarrollo*. En: "Reestructuración del orden internacional" (J. Timbergen, coordinador). Trad. por L. Suárez. Fondo de Cultura Económica. México. 1977. Pp. 319 y 324
14. B. Guerrien. *La Microeconomía*. Trad. por C. G. Alvarez. *Ensayos de Economía. (Documentos especiales)*. 1998.
15. H. Hotelling. *The economics of exhaustible resources*. *The J. Polit Econ.*, 39 : 137-175. 1931.
16. J. M. Keynes. *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. Trad. por E. Hornero. Fondo de Cultura Económica. México. 1986. P. 204, 261.
17. R. Levins. *Sistemas Complejos*. En: "Hacia una biología teórica". Editado por C. H. Waddington y otros. Trad. por M. Franco. Alianza editorial. Madrid. 1976. Pp. 481 y 482.
18. N. Luhmann. *Confianza*. Trad. por A. Florez. Editorial Anthropos. Barcelona. 1996. p. 85.
19. N. Luhmann. *Observaciones de la modernidad*. Trad. por C. Fortea. Gil. Ediciones Paidós Iberia. Barcelona. 1997. P. 39.
20. N. Luhmann. *Sistemas sociales (Lineamientos para una teoría general)*. Trad. por S. Pappe y B. Erker. Editorial Anthropos. Barcelona. 1998. P. 410.
21. P. H. McGauley. *Buried in affluence*. In "Britannica Yearbook of Science and the future". Chicago. 1972. P. 356.
22. A. Marshall. *Principios de Economía. (Natura non facit saltum)*. Trad. por E. de Figuerra. Aguilar ediciones, Madrid. 1954. P. 20.
23. Martínez Alier. *Presentación*. En: "Los

- Principios de la economía ecológica". Editados por J. Martínez Alier. Trad. por M. Estapé. Fundación Argentaria. Madrid. 1995. Pp. 19.
24. C. Marx. *El Capital* (3 tomos). Trad. por W. Roces. Fondo de Cultura Económica. México. 1959. T. III. Pp. 109 y 114.
25. C. Marx. Trabajo asalariado y capital. En: C. Marx y F. Engels. *Obras escogidas*. (3 tomos). Editorial Progreso. Moscú. 1973. Tomo I. P. 155, 162; Tomo II. P. 55-56
26. C. Marx. Teoría sobre la plusvalía. (3 tomos). Trad. por W. Roces. Fondo de Cultura Económica. México. 1980. T. I. Pp. 59.
27. M. Max Neef. *Desarrollo a escala humana (una opción para el futuro)*. CEPAUR. Fundación Dag Hammarskjöld. Suecia. 1986. P. 30.
28. J. M. Naredo. Evolución reciente del pensamiento económico: entre la reconstrucción intelectual y la congelación conceptual. Prólogo a la 2º edición de "La Economía en Evolución". Siglo XXI editores. Madrid. 1996. P. XXVIII.
29. J. M. Naredo. Sobre la función mistificadora del pensamiento económico dominante. *Archipiélago*. No. 33. 1988. p. 12, 16, 26.
30. J. M. Naredo y A. Valero. Sobre la conexión entre termodinámica y economía convencional. ICE. Junio/julio 1989. Pp. 7-16.
31. D. W. Pearce. *Economía Ambiental*. Trad. por E. L. Suárez. Fondo de Cultura Económica. México. 1985.
32. W. Petty. *A treatise of Taxes & Contributions*. Printed for C. Wilkinson and T. Burrel, at their shops in Fleetstreet. London. 1662.
33. A. C. Pigou. *La Economía del bienestar*. Trad. por F. Sánchez R. M Aguilar editor. Madrid. 1946. P 9
34. S. A. Podolinsky. El trabajo del ser humano y su relación con la distribución de la energía. En: "Los Principios de la economía ecológica". Editado por J. Martínez Alier. Trad. por M. Estapé. Fundación Argentaria. Madrid. 1995. Pp. 63-136.
35. I. Prigogine. La Termodinámica de la vida. En: "¿Tan solo una ilusión?". Trad. por F. Martín. Tusquets editores. 1993. P. 314.
36. F. Quesnay. *Phisiocratie*. (Droit naturel, Tableau économique et autres textes). Flammarion. Paris. 1991. P. 367.
37. P. A. Samuelson. *Curso de Economía Moderna*. Trad. por J. L. Sampedro. Aguilar ediciones. Madrid. 1965. P. 43
38. E. Schödinger. *¿Qué es la vida?*. Trad. por R. Guerrero. Tusquets Editores. Barcelona. 1986. Pp. 99 s.s.
39. F. Soddy. *Economía Cartesiana. La influencia de la ciencia física en la administración del Estado*. En: "Principios de la economía ecológica". Editados por J. Martínez Alier. Trad. por M. Estapé. Fundación Argentaria. Madrid. 1995. P. 145.
40. J. Steindl. Reflexiones sobre el estado actual de la economía. *Lecturas de Economía*, N° 16. 1985. Pp. 237-251.
41. A. R. J. Turgot. *Reflexiones sobre la formación y distribución de las riquezas*. (nov. 1776). Trad. por C. G. Alvarez. Sin publicar. Medellín, 1999. Ref. VII; LXVIII.
42. J. P. Vernant. *Mito y pensamiento en la Grecia antigua*. Trad. por J. D. López. Editorial Ariel. Barcelona. 1985. Pp. 242 y s.s.
43. L. Walras. *Elementos de economía política pura*. Trad. por J. Segura. Alianza Editorial. Madrid. 1987. Pp. 162, 163, 368, 369, 464, 769.