

Una aproximación a la función de producción flujos-fondos de Georgescu-Roegen, como  
proceso de transformación termodinámica.

Olga Nathalia Manrique Arango  
Tesis de grado

Luis Jair Gómez Giraldo  
Director

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín  
Facultad de Ciencias Económicas  
Maestría en Ciencias Económicas  
Línea de Investigación: Recursos Naturales y Energéticos

Medellín  
2016

## Contenido

Agradecimientos .....	3
Introducción .....	4
Capítulo 1. Marco Teórico.....	6
Capítulo 2. Función de Producción Neoclásica .....	19
Capítulo 3. Una Aproximación a la Función de Producción Flujos-Fondos de Georgescu-Roegen .....	26
Coordenadas Analíticas .....	27
Modelo Flujos-Fondos .....	31
La Función de Producción: ¡Ahora desde un Espacio Topológico!.....	39
¡Disposición o Arranque del Proceso! .....	43
El Proceso Fabril.....	44
El Proceso Agrícola .....	49
Capítulo 4. El Proceso Productivo como un Proceso de Transformación Termodinámica .....	51
Síntesis y Conclusiones.....	57
Bibliografía .....	59

## Agradecimientos

Al profesor Luis Jair Gómez por compartir su conocimiento al abordar el tema y por creer aún en las utopías, a Íkara y a Zeus por la compañía en cada amanecer, a mi mamá por las tortas de zanahoria para compartir los fines de semana en el bloque 43, a mi negrito Andrés y a mi hijo Jacobo, las estrellas que acompañan amorosamente mi camino. Por último, a los evaluadores porque sus comentarios ayudaron al mejoramiento de la tesis.

## Introducción

*La forma de pensar de las personas está influida por los acontecimientos de su vida... Esta observación resulta especialmente aplicable a mi agitada vida. En el país en el que nací y en el que pasé la parte más decisiva de mi existencia, Rumanía, viví cuatro dictaduras y tres guerras, todas ellas a la puerta misma de mi casa, y esas experiencias me inculcaron una especie de visión paretiana de las sociedades humanas.*

*Nicholás Georgescu Roegen*

Desde 1894 con la expresión matemática de Wicksteed, en la que determinada cantidad de factores productivos (trabajo, capital o tierra) se transforman en una cantidad de productos, la representación del proceso productivo para la economía neoclásica se realiza a través de una función de producción o función punto, en la que cada componente del vector ordinario, se corresponde con un punto en uno de los ejes del espacio euclidiano. En atención a la epistemología mecanicista, la función es atemporal, no describe un proceso, no incluye la permanente contribución de flujos de materia y energía que realiza la naturaleza al proceso productivo, dejando por fuera del estudio todo cambio cualitativo; en general el problema económico se reduce al cálculo de qué y cuánto se produce (oferta) y la cantidad demandada por el consumidor de acuerdo con unas preferencias, para determinar el vector precios que en equilibrio maximiza el beneficio del productor y la utilidad del consumidor.

Nicholás Georgescu-Roegen, estadístico rumano se pregunta ¿por qué la representación del proceso productivo está dada por una función punto si es claro que cada coordenada analítica de un proceso es en sí misma una función del tiempo?, llama la atención sobre el vacío conceptual que se ha difundido por la literatura económica para el significado de lo que es un proceso productivo, teniendo en cuenta que “proceso es cambio o no es nada en absoluto”; desde la realidad física el proceso productivo necesariamente provoca un cambio cualitativo en la materia y la energía que fluye al proceso productivo y que la transforma de baja a alta entropía, aumentando el déficit entrópico del sistema; razón por la cual, él plantea una funcional como una función de funciones que representan cada una de las coordenadas analíticas (entradas-salidas) que participan en el proceso, sea como agente transformador, es decir como un fondo que presta sus servicios o como un flujo a ser transformado.

A través de la propuesta del rumano, el trabajo pretende cotejar la función de producción neoclásica, con las distinciones que Georgescu-Roegen, plantea en su texto de la “Ley de la entropía y el proceso económico”.

## Capítulo 1. Marco Teórico

Existe una necesidad interna en el ser humano por conocer la naturaleza de las cosas y de los procesos que lo rodean, o como lo señala el físico alemán de origen judío Albert Einstein<sup>1</sup> en el prefacio al libro del físico alemán Max Planck<sup>2</sup> “La naturaleza humana siempre ha tratado de formar por sí misma una imagen sencilla y sinóptica del mundo circundante. Al hacer esto, trata de construir una imagen que dará algún tipo de expresión tangible a lo que la mente humana ve en la naturaleza. Eso es lo que hace el poeta y el pintor, y el filósofo especulativo y el filósofo natural, cada uno a su manera. Dentro de este panorama se coloca el centro de gravedad de su propia alma, por lo que va a encontrar en ella el descanso y equilibrio que no puede encontrar dentro del estrecho círculo de sus inquietas reacciones personales a la vida cotidiana” (Planck, *The New Science*, 1959), posteriormente reconoce que los procesos simples pueden ser representados haciendo uso de las matemáticas mientras que los procesos complejos no tienen una representación en la mente humana.

Con la llegada del Renacimiento se establecieron las condiciones (observación, experimentación, medición) para que se estructurara una forma de aprehensión del conocimiento que inicialmente focalizó la atención en el entendimiento del funcionamiento de la máquina celeste con los estudios de Copérnico (*Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, 1543), Kepler (*Nueva Astronomía*, 1609), Galileo (*Discurso y Demostración Matemática en torno a Dos Nuevas Ciencias*, 1638) y Newton (*Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, 1687), y que posteriormente se trasladaría a todas las esferas del conocimiento bajo la denominación de

---

<sup>1</sup> Premio Nobel de Física 1921

<sup>2</sup> Premio Nobel de Física 1918

ciencia moderna o clásica y que promueve la ramificación en las diferentes disciplinas aún con elementos nocionales que intentan delimitarse y ganar identidad propia.

La premisa básica de la ciencia moderna es el tamizaje de lo observado a través del lente de la razón, es decir “con cuatro principios centrales: la inmutabilidad, la universalidad, la irrefragabilidad y la reversibilidad” (Gómez G., 2002, pág. 48) y con un objeto de estudio externo al hombre que para ser conocido deberá ser dividido en tantas partes como sea posible en la búsqueda de su entendimiento, y en este sentido la reducción, análisis o separación implica ir de lo complejo a lo simple, mediante la observación de elementos distantes que luego se unirán formando nuevamente la totalidad, pues es la suma de las partes lo que deriva en el conocimiento del todo.

De esta manera, el conocimiento se ha ido fragmentado en disciplinas en las que cada una estudia una fracción de la realidad que define como objeto de estudio y que es abordado por un sujeto externo a él; la astronomía y la física llevaron la delantera y se catapultaron como ciencias duras, gracias al alto grado de matematización en consonancia con el legado de Newton en cuanto a la necesidad de medir y cuantificar; no obstante, por su naturaleza la economía tiene por objeto de estudio, de un lado, un proceso productivo físico o biológico ligado a las leyes de la naturaleza, y de otro, procesos sociales que contienen la naturaleza biológica y psicológica de los seres humanos que como agentes económicos establecen relaciones de intercambio. Para (Cuevas, 1993, pág. 5) la economía, por su objeto “estudia los fenómenos sociales (o relaciones sociales) que ocurren en los procesos de producción y distribución del producto social”; es de anotar que cada escuela de pensamiento económico enmarcada en unas condiciones sociales delimita su propio objeto de estudio.

Una transformación que derivó en el establecimiento de una nueva sociedad y que permitió el paso de una economía enfocada principalmente en la agricultura a una economía industrial y comercial, es conocida con el nombre de revolución industrial; indican (Gómez Giraldo & Posada Londoño, 2003) que esta transformación “es particularmente importante en cuanto explica un cambio profundo en la relación hombre-naturaleza y naturaleza-economía, y arrastra tras de sí grandes cambios culturales en los que se exalta el ‘saber objetivo’ y el ‘análisis cuantitativo’ de los fenómenos, una delimitación rigurosa de los campos del saber y una preocupación especial por la posición, al lado de los objetos físicos y los desarrollos mecánicos de la física, de los objetos y fenómenos vivos”.

Esta sociedad sobre la cual se levanta el edificio teórico de la economía clásica, ha promovido, a través de la técnica, una separación de lo inerte y lo vivo, y ha entregado al hombre un poder para influir sobre lo primero; el hombre se ha separado del mundo natural para acceder a un mundo artificial lleno de bienes de consumo; se anota que el desarrollo del capitalismo no solo obedece a un desarrollo de la técnica sobre el manejo del calor-fuerza y de los minerales como el carbón y el hierro, sino que en esta sociedad germinó un espíritu de vida que modificó poco a poco las relaciones entre los individuos y los grupos sociales, en la búsqueda de logros materiales a través de la frugalidad, conquista de nuevos planes o empresas por hombres aventureros y con capacidad de organización y dirección .

En la teorización económica que se inicia con el trabajo de Adam Smith en 1776, con su obra “Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones”, son puntos principales: la división del trabajo y, un orden natural que predispone el comportamiento de cada individuo en el mercado derivando en el bienestar general de la sociedad. Es importante reconocer que Smith sienta las bases para lo que hoy día se conoce como economía clásica o en palabras de



Bolaños “aquel enfoque del pensamiento económico en el que la economía capitalista es concebida como una sociedad comercial y monetaria, cuyos problemas esenciales a resolver son: la reproducción del sistema de producción, y la distribución y utilización de la riqueza creada” (pág. 38).

La formación del pensamiento clásico reconoce la separación entre el hombre y la naturaleza y es la “fuerza” que él ejerce en la transformación y de los objetos, lo que “produce un excedente sobre lo necesario para restablecer dicha fuerza de trabajo, que al circular en el mercado se homogeniza en numerario y toma la forma de capital” (pág. 110) para entender por qué en la economía clásica el eje de pensamiento es la fuerza de trabajo como aquello que es capaz de transformar la naturaleza, es importante revisar los conceptos de fuerza, trabajo y energía.

Desde 1621 Kepler introduce el término fuerza, y este es reforzado por Newton en 1687 como “aquello” que produce un cambio en el estado de movimiento de un cuerpo o del momento lineal, de allí que la fuerza está determinada por la masa y su aceleración; su formulación dio lugar al concepto de movimiento uniforme, Leibniz fuerte contradictor de Newton, afirmó que es la fuerza y no la cantidad de movimiento lo que permanece invariable en el universo; se anota que el concepto de trabajo contenía un matiz religioso en tanto era considerado como una manera de agradar a los dioses.

En la mecánica clásica el trabajo es una magnitud escalar producto entre la fuerza ejercida sobre un cuerpo y su desplazamiento, o de otra manera, “se hace trabajo al actuar contra la inercia durante todo el tiempo en que la bola permanece en la mano moviéndose cada vez más rápido” (Hecht, 1987, pág. 194) lo que corresponde a un cambio de energía cinética o de movimiento.

Para los economistas clásicos no existe la noción de trabajo en términos físicos, esta noción se encuentra ligada a la idea de trabajo productivo en la perspectiva económica; Smith comienza

su primer libro indicando que “El progreso más importante en las facultades productivas del trabajo, y gran parte de la aptitud, destreza y sensatez con que este se aplica o se dirige, por doquier, parecen ser consecuencia de la división del trabajo” (pág. 31) y más adelante “En todas las artes y manufacturas la mayor parte de los operarios necesitan de un patrón que les adelante los materiales de su obra, los salarios y el sustento, hasta que la obra termine” (pág. 64).

Y posteriormente Marx introduce el término ‘Fuerza de trabajo’ para significar “el conjunto de las facultades mentales y físicas existentes en un ser humano que ejercita siempre que produce un valor de uso de cualquier tipo” (Marx, 1867, pág. 189), Engels también expresa que “la fuerza laboral existe en forma de un obrero vivo que requiere una cantidad definida de medios de subsistencia para su existencia y para el mantenimiento de su familia.” (Marx, 1867, pág. 189)

De otro lado, a comienzos del siglo XIX, el físico inglés Thomas Young en su definición 347 llamó energía al concepto de fuerza viva (*vis viva*) y señala “El producto de la masa de un cuerpo al cuadrado de su velocidad puede denominarse adecuadamente su energía”<sup>3</sup> (Young, 1807, pág. 52), concluyendo que “el trabajo requerido para producir cualquier movimiento es proporcional ... a la energía que se obtiene”; en palabras de Hecht “el trabajo realizado es igual al cambio resultante en la energía” (pág. 195); todo lo anterior para indicar que, fuerza fue el término más cercano para definir lo que hoy se conoce como energía.

Finalmente, “si usamos la concepción de Newton, el cambio procede de empujones y tirones. La energía, sin la cual no puede haber cambio, parece conectada a la fuerza de alguna forma.” (pág. 189); La definición de energía no expresa lo que ella es, sino cómo se mide o cuál es su forma, de esta manera se encuentra en el término un manto antrópico en el sentido de que energía es “aquello” con la capacidad de producir un trabajo.

---

<sup>3</sup> Explica Eugene Hecht que Thomas Young llamó  $mv^2$  energía y no fuerza viva como la había denominado Leibniz” (Hecht, 1987, pág. 195)

Se considera entonces que existe una distinción en términos físicos y socioeconómicos del concepto de trabajo; de esta manera en física es una magnitud escalar para definir la fuerza o energía que se le imprime a un objeto con el propósito de moverlo en una determinada distancia y en economía clásica la noción de trabajo se encuentra inscrita en el marco de lo que es productivo y genera capital, “medible y cuantificable en términos de tiempo dedicado a una tarea productiva” (pág. 111), por lo cual, en la definición 26 de Bolaños, trabajo “es toda actividad productora de bienes remunerada por medio de salario” (pág. 101); con lo cual esta escuela de pensamiento se orientó al proceso productivo como el escenario principal en el que desarrolla la economía real.

Es importante reconocer que la noción de trabajo económico, fuera de cualquier aire físico, refuerza socialmente la idea del hombre como aquel ser que a través de la técnica ejerce el poder transformador sobre la naturaleza.

Por otra parte, una visión alterna a la ciencia clásica se vino a formar con varios acontecimientos que fueron estructurando sus bases a mediados del siglo XIX, entre ellos se encuentra el nacimiento de la termodinámica de los fenómenos irreversibles en 1845 con la formulación del primer principio por James Joule y Robert Mayer quienes dilucidaron la naturaleza del calor, en 1850 el primer artículo escrito por Rudolf Clausius sobre el calor, denominado “Sobre la fuerza motriz del calor” en el que determina el segundo principio de la termodinámica y en 1874 con Ludwig Boltzmann se consolida la teoría general de la termodinámica de los fenómenos irreversibles con el concepto de entropía<sup>4</sup> como “una medida del desorden del universo” (pág. 234)

---

<sup>4</sup> Del griego ἐντροπία que significa vuelta, transformación.

Es importante resaltar que la irreversibilidad implica que la flecha del tiempo va en dirección hacia adelante, o en palabras de Prigogine refiriéndose a la física clásica “los procesos básicos se consideraban deterministas y reversibles” en cambio “hoy, vemos por doquier el papel de los procesos irreversibles, de las fluctuaciones” (Gómez G., 2002, pág. 18).

Con apenas 28 años, el físico e ingeniero francés Nicolás Leonardo Sadi Carnot en las primeras líneas de su trabajo de 1824 “Reflexiones sobre la Fuerza Motriz del Calor” recordó que “Cada uno de nosotros sabe que el calor produce movimiento”, ya que su preocupación era la creación de una máquina perfecta que obtuviera el máximo de trabajo con el mínimo de suministro de calor, en otras palabras su preocupación estaba direccionada a mejorar la eficiencia de la máquina, razón por la cual Georgescu-Roegen lo llamó “el primer economista”. Es importante resaltar que Carnot logró demostrar que la eficiencia de la máquina no alcanzaba el 100% ya que una parte de la energía se transforma en trabajo y la otra en calor; de otra manera el calor de entrada es igual a energía disponible más energía no disponible.

El primer principio de la termodinámica es conocido como la ley de la conservación de la energía e indica que el cambio en la energía interna de un sistema es igual al calor adicionado al sistema menos el trabajo hecho por el sistema, o de otra manera, la energía ni se crea ni se destruye solo se transforma; recuerda Hecht “siempre que nuestra máquina realice trabajo, ese trabajo tiene que ser a costa de la conversión de alguna parte de la propia energía de la máquina. Son imposibles las máquinas de movimiento perpetuo autoabastecidas que realicen trabajo” (Hecht, 1987, pág. 228).

En 1865 el físico alemán Rudolf Clausius introdujo el concepto de entropía, vocablo que viene del griego y que significa transformación, como una medida de transformación de energía disponible a energía no disponible, no obstante fue en 1878 cuando el físico austriaco Boltzmann

explicó la entropía en una fórmula matemática desde la probabilidad, como una medida del desorden del universo, teniendo en cuenta que si el desorden va en aumento, en sus palabras “La entropía de un sistema aislado aumenta con el tiempo o en el mejor de los casos permanece constante, mientras que la entropía del universo como un todo crece inexorablemente hacia un máximo”; el hecho de que la energía-materia con la que cuenta el globo terráqueo es probablemente constante lo que ocurre cada día es la transformación de energía disponible en no disponible para realizar trabajo según las necesidades humanas a través del proceso económico de producción.

En la mecánica clásica no existe el “tiempo cronológico” o el “dato histórico” pues el movimiento es un proceso reversible, es decir, no existe el antes y el después, sin embargo para la termodinámica el hecho de que el calor fluya del cuerpo más caliente al más frío y no al contrario, considera por vez primera la irreversibilidad de los procesos; y es desde este concepto que Georgescu-Roegen reconoce que el proceso productivo es un proceso físico irreversible que realiza una transformación cualitativa en atención a la ley de la entropía entendiendo ésta como una “medición del grado de desorden” (pág. 198) en consonancia con la fórmula de Boltzmann

$$Entropía = S = k \ln W,$$

donde  $W$  es la medición del desorden del macroestado o el número de microestados para un macroestado dado, y  $k$  es conocida como la constante de Boltzmann y es igual a  $1,38 \times 10^{-16}$  ergs por grado de temperatura o de otra manera  $3,2983 \times 10^{-24} \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$

Es importante reconocer que la materia se compone de moléculas y éstas a su vez de átomos, razón por la cual la constante de Boltzmann establece una relación entre las propiedades de los elementos macroscópicos del mundo tangible de acuerdo al comportamiento a nivel microscópico.

Para 1859 Charles Darwin publica “El origen de las especies por medio de la selección natural” en la que se destaca los cambios sufridos por la naturaleza en contra de lo determinado por la ciencia clásica en razón de la inmutabilidad del universo; en 1866 el zoólogo alemán Ernst Haeckel en su libro “Generelle Morphologie der Organismen” define el término ecología como “la ciencia de la economía (Oeconomie), modo de vida y relaciones externas vitales mutuas de los organismos” (Haeckel, 1866); en 1900 Max Planck preguntándose por la naturaleza de la luz dio nacimiento a la teoría cuántica que luego vendría a servir de base a los estudios de Einstein y del físico danés Niels Bohr consolidando la física moderna para explicar el comportamiento del mundo subatómico en el que no gobiernan las leyes de la física clásica en contravía al principio de universalidad de las leyes científicas.

Esta nueva epistemología buscó dar respuestas a aquellas situaciones no cubiertas por la ciencia clásica o moderna, formando la epistemología de lo sistémico, en el entendido de que el sistema implica un conjunto de relaciones organizadas en el que interactúan elementos, eventos o individuos y que existen en tanto cumplen una función o se encuentran en operación; en palabras de Saussure, “el sistema es una totalidad organizada, hecha de elementos solidarios que no pueden ser definidos más que los unos con relación a los otros en función de su lugar en esta totalidad” (Gómez G., 2002, pág. 23)

El sistema existe en tanto opera y la operación está condicionada al establecimiento de las relaciones entre los elementos, lo que permite decir entonces que un sistema opera a través de procesos; en palabras de Gómez “el concepto de proceso implica una dinámica de relaciones entre componentes que garantiza la reproducción del complejo operativo, es decir, del sistema, el cual a su turno está inmerso en un entorno del cual es distinguible por su forma de operar

característica” (Gómez G., pág. 22), esas relaciones concuerdan con las denominadas por Charles Darwin como condiciones de lucha por la existencia.

Como se mencionó anteriormente, ciencias duras como la astronomía y la física se encontraban formalizadas bajo el mecanicismo de la época, en el entendido de que la mecánica clásica define procesos de locomoción o movimiento, dejando por fuera la existencia de un cambio cualitativo; estos modelos fueron tomados como base para la construcción mecánica del pensamiento económico neoclásico que según Jevons y Walras buscaban una mecánica de la utilidad con la aspiración de “crear una ciencia económica de acuerdo con el modelo exacto de la mecánica” (Georgescu-Roegen, pág. 45), aislando de esta representación, la esfera cultural que reviste el comportamiento humano y enmarcando a la ciencia económica en un gran mecanismo de fuerzas y átomos.

Para la escuela neoclásica el proceso productivo es un proceso que ignora el tiempo, y que está separado de la naturaleza por lo cual esquivada la representación de la contribución que ella hace a este proceso de manera permanente, sin embargo, Gómez indica que el paso de una economía clásica a una neoclásica no representa un cambio en el centro de gravedad de todo el cuerpo teórico de la economía como el que se presentó al pasar del mercantilismo a la fisiocracia y de ésta a los clásicos, sino más bien una inversión en la lógica, así “para los clásicos el precio natural o costo de producción era el referente para el precio del mercado, para los neoclásicos es el precio de mercado el referente para el precio natural y para la determinación de producir o no. Pero esta inversión en el orden, no es anodina, sino que produce una consecuencia que pesará en el futuro para la teoría económica: lo social representado en el proceso de intercambio oculta el proceso físico de producción que pasa a una zona de penumbra” (pág. 125). De esta manera, el proceso económico llegó a ser una analogía mecánica.

Sin embargo, se encuentran posturas heterodoxas frente a la representación que realizaran los neoclásicos, una de las cuales la realizó Georgescu-Roegen que inició su producción académica en 1930 con el artículo “Sur un problème de calcul des probabilités avec application à la recherche des périodes inconnues d’un phénomène cyclique”, sin embargo es en 1935 con el artículo “Fixed coefficients of production and the marginal productivity theory” cuando da muestras de su preocupación por los aspectos económicos frente al proceso productivo, quedando enmarcado en una postura económica clásica.

La aproximación al conocimiento del proceso productivo que realiza Georgescu-Roegen parte de una visión analítica, tal como él mismo lo advierte en el título del noveno capítulo “Representación analítica del proceso productivo” de su obra fundamental publicada en 1971 “La ley de la entropía y el proceso económico”; de esta forma determina que el estudio del proceso productivo, implica necesariamente la separación o cortes a la realidad y de allí deriva el nombre de proceso parcial para definir una secuencia temporal de operaciones, con la que da inicio a la representación.

Se encuentran en su representación del proceso productivo como fundamento del proceso económico, elementos de lo sistémico conservando su visión analítica, entre ellos se pueden reconocer: el concepto de proceso, de organización, de reproducción y de irreversibilidad, cada uno de los cuales integra conceptos de la física y de la biología, en tanto entiende que el proceso productivo es un proceso físico-químico de transformación de flujos de materia y energía disponible en residuos y bienes económicos que finalmente terminan en un sumidero como materia y energía no disponible; y que la disposición de las operaciones que cumple cada uno de los agentes transformadores (fondos) sobre los flujos, garantiza la eficiencia económica del proceso al disminuir la inactividad de dichos agentes que permanecen en constante operación,



conservando siempre sus cualidades en un estado estable, o en términos de Marx en un proceso de reproducción simple.

Su representación del proceso productivo lo llevó a entrar en confrontación con los economistas neoclásicos, iniciando con la definición para la noción de proceso como “el concepto más desconcertante en el pensamiento científico” (pág. 44), cuestionando la importancia de difundir a través de la literatura conceptos carentes de una definición clara de lo que ellos representan para la ciencia.

Advierte Georgescu-Roegen que en la representación neoclásica no existe una variable que represente la contribución permanente de energía y materia que realiza la naturaleza, lo que también ocurre con la representación Marxiana, para lo cual se aduce que esto se presenta gracias a que todo lo que nos ofrece la naturaleza es gratuito y que de otro lado, en los países donde se presentó la génesis de la escuela neoclásica y donde floreció la economía, los economistas no han sentido la escasez en la obtención de materias primas.

Georgescu-Roegen se separa de la representación neoclásica en tanto ésta se soporta en la mecánica clásica para construir su función de producción, lo que lo lleva a considerar que si el proceso productivo es un proceso físico-químico, este debe guiarse por las leyes de la naturaleza, en especial por la ley de la entropía de la que dice que “por sí misma (ley de la entropía) aparece como la de carácter más económico entre todas las leyes de la Naturaleza” (pág. 47) y reconoce que es gracias a ella que existe la escasez, lo que deriva en la génesis del problema económico; recordando que la primera ley de la termodinámica nos indica que el hombre no puede crear ni materia ni energía.

De varias definiciones que identifica de las muchas existentes para el concepto de entropía, él la define como “un índice de la cantidad relativa de energía dependiente existente en

una estructura aislada o, más exactamente, de cuán equitativamente se distribuye la energía en semejante estructura. En otras palabras una entropía *alta* implica una estructura en la que la mayor parte de toda su energía es dependiente, y una entropía *baja* una estructura en la que es cierto lo contrario.” (pág. 50)

Su visión termodinámica, contrario a la mecánica clásica, le permite reconocer que la flecha del tiempo va en una sola dirección, lo que quiere decir que el proceso productivo es un proceso irreversible que genera un cambio cualitativo en la materia y la energía, en el que el cambio va de baja a alta entropía; por lo cual el proceso productivo es una función del tiempo que no podría ser representada “por un vector ordinario (en el que la coordenada es un número)” (pág. 300) como ocurre con la representación neoclásica.

Es de resaltar, que la mirada procesual sobre la actividad productiva permite establecer las diferencias entre quienes ejecutan las tareas (agentes) y los elementos sujetos a la transformación (flujos de materia y energía), asignándole importancia a la manera de disponerlas con el propósito de mejorar su eficiencia.

## Capítulo 2. Función de Producción Neoclásica

Para Max Planck, el físico lo que busca es entender la realidad del mundo externo, para ello se apoya en una herramienta denominada medición, y ella es sólo “un registro o representación de las reacciones de los fenómenos físicos, ellos contienen información no explícita y tienen que ser interpretados” (Planck, *The New Science*, 1959)

Para realizar la representación del proceso productivo, los economistas tradicionalmente han usado funciones matemáticas<sup>5</sup>, en 1894 con el trabajo “An essay on the Co-ordination of the Laws of Distribution” de Philip H. Wicksteed se realiza por vez primera una representación formal de la función de producción definida por él como: “The Product being a function of the factors of production we have  $P = f(a, b, c, \dots)$ ” (Wicksteed, 1894).

La anterior es la génesis y el concepto central en la representación del proceso productivo que hacen los neoclásicos como un resultado de la mejor técnica posible, y en este sentido se convierte en una receta que indica la combinación de ciertos factores productivos para la generación de un producto o bien, que llega al mercado, escenario en el que se producen las relaciones de intercambio y en el que se determina el precio de dicho bien; las funciones de producción que en adelante se presentan son variaciones de ésta, pero en general el concepto original se conserva.

Las representaciones que siguieron a la de Wicksteed se inscribieron en dos categorías analíticas: los modelos flujos y los modelos stocks; los primeros, nacen con el sistema estático de entradas y salidas<sup>6</sup> de Leontief, reconocido en su trabajo de 1939 “The Structure of American

---

<sup>5</sup> Para (Monsalve Gómez, 2010) una función  $f$  de  $A$  en  $B$  es una relación de  $A$  en  $B$  que satisface la condición de que para todo elemento  $x$  de  $A$  existe un único elemento  $y$  de  $B$  tal que  $(x,y) \in f$

<sup>6</sup> También se conocen con el nombre de análisis intersectorial o análisis input-otuput. (Leontief W. , 1975)

Economy, 1919-1939”, que tuvo por germen la propuesta de Quesnay del Tableau Économique; ambos modelos son de equilibrio general<sup>7</sup> y muestran la circulación de la riqueza en una sociedad, buscando estudiar e interpretar la estructura y el funcionamiento de sus economías para lograr un mayor desarrollo de las mismas, para esta categoría de modelo el proceso se encuentra completamente descrito a través de las “relaciones [que] reflejan la estructura de la tecnología” (Leontief W. , 1975, pág. 73), representadas en forma de sus coordenadas flujo, más explícitamente por la tasa de flujo por unidad de tiempo de cada una de las  $N$  mercancías afectadas, también establecen relaciones entre insumos y productos para medir la tasa de flujo de lo que ingresa y de lo que sale del proceso. De esta manera en Leontief (1939) las tasas de flujo se encuentran representadas por los coeficientes de producción.

Para Koopmans la función “representa el producto de una mercancía como una función de las cantidades de varios factores de producción, combinados de acuerdo a un principio o formula tecnológica dada” (Koopmans, 1951, pág. 33); de esta manera su formulación plantea flujos que representan las transformaciones que sufren los factores primarios para llegar a ser mercancías a través de una tasa fija cuantitativa  $y_n$  ( $n = 1, \dots, N$ ) “indicando la tasa de flujo por unidad de tiempo de cada  $N$  mercancías involucradas en la unidad de esa actividad” (Koopmans, 1951, pág. 36). Se destaca en Koopmans la diferenciación en el signo de los coeficientes; en donde los  $>0$  indican que la mercancía es producida y los  $<0$  que la mercancía fue usada por el proceso de transformación.

---

<sup>7</sup> Leontief en su prólogo reconoce que “su finalidad es demostrar que toda economía nacional constituye un sistema en el que tanto la producción como el consumo se hallan divididos en muchas ramas distintas e interdependientes” (Leontief W. , 1975, pág. 48); en otro aparte explica como las transacciones que tuvieron lugar en la economía estadounidense durante 1947 “se agrupan en 42 sectores principales, que comprenden la producción, la distribución, el transporte y el consumo, y que aparecen dispuestos en una matriz formada por una serie de filas y columnas”. (Leontief W. , 1975, pág. 70)

Otro economista que también utiliza la categoría flujos es Stigler (1942) quien indicó que “Una función de producción puede ser definida como la relación entre insumos de servicios productivos por unidad de tiempo y producción de productos por unidad de tiempo” expresada de la siguiente manera:

$q = f(x, y, z, \dots)$ , de donde, cada una de las letras representa una tasa de flujo.

Los modelos flujo entonces, representan el proceso productivo a través de la combinación de factores y productos por unidad de tiempo, sin embargo, es importante resaltar lo expresado por Piacentini al reconocer que los coeficientes insumo-producto son “*registros y no una representación* del proceso productivo. En últimas, tenemos la síntesis de un recipiente en el cual los ingredientes son listados pero no el tiempo requerido para su cocción” (Piacentini, pág. 465), por lo cual, esta consideración limita el hacer uso de estos coeficientes por no considerar el período de producción ni la forma de activación del proceso; es de anotar que esta fue una preocupación para Georgescu-Roegen, a lo cual autores como (Arrow & Hahn) en el trabajo *Análisis Competitivo General* publicado en 1971 expresan que “en aras de la sencillez del análisis (...) será conveniente suponer que la producción y todas las demás actividades económicas no tienen una dimensión de tiempo; insumos y productos son contemporáneos”.

De otro lado, los modelos stocks<sup>8</sup> fueron trabajados por economistas como (Hicks, 1932), (Bowley, 1924), (Neumann, 1945), y (Samuelson, 1948), para quienes la representación del proceso se constituye, como lo expresó (Carpintero, 2006) “[en el registro de] las cantidades de factores que en un momento dado entran en el proceso y aquellas otras cantidades que en forma de producto salen de ese mismo proceso”.

---

<sup>8</sup> El término stocks es considerado por Walras como los “... inventarios de bienes – bienes de capital nuevos dispuestos para ser vendidos en los establecimientos de sus productores y, por otro lado, toda clase de inventarios de consumo y producción – necesarios para mantener el proceso en funcionamiento”. (Shumpeter, 2012)

Para (Samuelson, 1948, pág. 57) la función de producción es un “catálogo de todas las recetas encontradas en el libro de cocina del estado de las artes predominante para obtener un producto determinado a partir de factores determinados”.

Para Von Neumann la transformación económica puede corresponder a una actividad productiva, de transporte, disposición, consumo o bodegaje, es decir, la posibilidad de obtener un producto identificado por un vector de mercancías  $(b_1, b_2, \dots, b_n)$  desde  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ , donde las  $a$  son los insumos y  $b$  son los productos y pueden ser denotados por  $(a_i ; b_i)$  o,

$$\begin{pmatrix} a_1, a_2, \dots, a_n \\ b_1, b_2, \dots, b_n \end{pmatrix}$$

“La transformación conduce a una modificación de los stocks  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  determinada por las diferencias  $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$ ” (Georgescu-Roegen, Aggregate linear production function and its applications to Von Neumann’s, pág. 100), donde  $\gamma_i = b_i - a_i$  como resultado de los flujos internos, como la diferencia entre insumos y productos.

Es importante resaltar que estas representaciones flujos o stocks, comparten la definición propuesta por Irving Fisher según el cual “el stock se refiere a un momento en el tiempo, el flujo a un intervalo temporal”<sup>9</sup>, derivándose de ello una aparente equivalencia entre ambas, por lo cual es común encontrarse en la literatura económica con ambas representaciones sin advertir diferencia. Sin embargo Georgescu-Roegen advierte que existe diferencia entre lo que fluye y lo que está quieto, pues “un flujo no representa necesariamente un aumento o una reducción en un stock de la misma sustancia. (...) el tiempo fluye siempre, pero nunca existe como stock”

---

<sup>9</sup> “Nothing has yet been said as to the relation of these various magnitudes to that great “ independent variable” of human experience, *time*. When we speak of a certain quantity of wealth we may have reference either to a quantity existing at a particular instant of time, or to a quantity produced, consumed, exchanged, or transported during a period of time. The first quantity is a stock (or fund) of wealth; the second quantity is a flow (or stream) of wealth” (Fisher, 1896, pág. 51)

(Georgescu-Roegen, 1996); la función de producción neoclásica se constituye en “una función punto en la que cada componente del vector de n-dimensiones que describe el proceso se corresponde con un punto de uno de los ejes en el espacio geométrico euclidiano” (Carpintero, 2006, pág. 141).

Entre los economistas que hacen parte del contenido de los cursos de posgrado para microeconomía se encuentran (Mas-Colell, Whinston, & Green, 1995) y (Varian, 1992) para los primeros, es el cuestionamiento sobre qué puede hacer la firma, el que permite analizar el comportamiento del mercado; sin embargo reconocen que la firma es vista como una *caja negra capaz de transformar insumos en productos*<sup>10</sup>; evidenciándose el menudo tratamiento que los economistas neoclásicos han dedicado a la representación de proceso productivo.

La descripción del conjunto de producción  $Y$ , como el conjunto de todos los planes de producción viables o factibles<sup>11</sup> para la empresa dada su tecnología, se lleva a cabo a través de una función de producción  $f(z)$  que entrega la máxima cantidad  $q$  de producto que puede ser producida usando una cantidad de insumos  $(z_1, \dots, z_{L-1}) \geq 0$ ; las propiedades que deben cumplir los conjuntos de producción o los planes de producción, insumo-producto, producto neto o vector de producción son, entre otras: retornos a escala, libre disposición, irreversibilidad, nada es gratis y libre entrada; dotando el concepto “función de producción” de contenido a través de estas propiedades, es de recordar que esta representación solo se presenta en el posgrado y de manera sucinta.

---

<sup>10</sup> Resultado propio

<sup>11</sup> Para Arrow & Hahn la posibilidad se refiere al conocimiento tecnológico que tiene la firma, mientras que la viabilidad es la posibilidad sumada a la disponibilidad de los recursos.

Entre las diez propiedades, llama la atención la VI, irreversibilidad, explica que  $-y \notin Y$ , ya que “es imposible revertir un vector de producción tecnológicamente posible para transformar una cantidad de producto en la misma cantidad de insumos que fue usada para generarla.”, esta propiedad recuerda la dirección de la flecha del tiempo y su incidencia en el proceso productivo como un proceso de transformación irreversible.

Continuando con (Varian, 1992) en las primeras líneas del capítulo 1 Tecnología, del trabajo *Análisis Microeconómico* expresa que “la manera más simple para describir la tecnología de una firma es la función de producción”; en su representación los insumos y productos son medidos en términos de flujos, es decir, de ciertas cantidades de insumos o productos por período de tiempo; evitando de esta manera el uso de unidades inconmensurables y deja notar su preocupación en confundir stocks y flujos.

Luego de la segunda Guerra Mundial, los economistas neoclásicos que habían dedicado todos sus esfuerzos académicos en la construcción del edificio teórico que consideraba la utilidad como la fuente de valor y la economía como ciencia de los precios; dicha construcción fue el reflejo de la abundancia vivida por los Estados Unidos, dejando de lado la realidad de las naciones pobres; explicar las desigualdades entre unos países y otros fue el origen de la nueva teoría económica denominada *crecimiento económico*.

Entre el grupo de economistas dedicados al crecimiento económico, se encuentran (Barro & Sala-i-Martin, 2004) para quienes “el proceso de crecimiento económico depende de la forma de la función de producción”, por lo cual consideran como punto de partida la función de producción neoclásica; ya (Sala-i-Martin, pág. 13) en el 2000 había definido “por funciones de producción neoclásicas aquellas funciones matemáticas que representan combinaciones de los factores capital, trabajo y tecnología”, los factores de producción utilizados son: trabajo, capital,



y tecnología entendiendo trabajo (L) estrictamente en el sentido económico de trabajo productivo o aquella cantidad de mano de obra o número de trabajadores empleados para llevar a producir, se supone que los trabajadores tienen la misma cualificación, el segundo factor capital (K), compuesto por toda la maquinaria, herramientas y equipos físicos requeridos para producir y el tercer factor tecnología (A) o conocimiento y es un factor que depende del país y el momento.

Dichas funciones cumplen tres propiedades básicamente a saber: la primera indica que los *rendimientos son constantes a escala*, matemáticamente la función deberá ser homogénea de grado uno, lo que significa que al incrementar en una cantidad el factor capital o el de trabajo, el producto también se incrementa en la misma proporción. Es de anotar que esta propiedad fue enunciada por Wicksteed en su trabajo de 1894, cuando menciona que la forma de la función es invariable tal que si se tiene  $\pi = f(\alpha, \beta, \gamma, \dots)$ , también se podría tener  $v\pi = f(v\alpha, v\beta, v\gamma, \dots)$

Es de anotar que Sala-i-Martin considera que la tecnología no es susceptible de incrementarse en el sentido de los otros dos factores pues ella representa la fórmula o receta utilizada para la producción, en este sentido consideran los neoclásicos que este factor representaría un bien no rival.

La segunda propiedad se refiere a factores de producción con *productividad marginal positiva pero decreciente*, lo que quiere decir en términos de Sala-i-Martin que mientras más máquinas se integren al proceso, la producción se incrementará pero siempre un poco menos; es de anotar que cuando se habla de rendimientos a escala, se presenta un incremento en los dos factores, diferente a cuando se trata de rendimientos de capital o de trabajo en el que sólo se incrementan estos mientras el otro permanece constante y la tercera propiedad o condición de Inada explica que si hay un incremento cada vez mayor de un factor manteniendo constante el otro, su productividad marginal tiende a cero.

### Capítulo 3. Una Aproximación a la Función de Producción Flujos-Fondos de Georgescu-Roegen

Revisar la etimología de una expresión o su origen primigenio entrega información para derivar su significado y la utilización en el contexto actual; se encuentra que la expresión *proceso* viene del vocablo latín *processus*, *pro* para adelante y *cere* caer, caminar, lo cual significa progreso, avance, marcha, ir adelante, ir hacia un fin determinado, y para el Diccionario de la Real Academia Española, esta palabra es definida como la acción de ir hacia adelante, al transcurso del tiempo o el conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial. Todo lo anterior permite dilucidar que hacen parte fundamental de este término conceptos como irreversibilidad, temporalidad, secuencia e implícitamente la noción de cambio.

Si “proceso es cambio o no es nada en absoluto” (Georgescu-Roegen, La ley de la entropía y el proceso económico, 1996), lo que implica, sobre todo algún suceso; el cambio no puede concebirse más que como relación entre una cosa y su “otro” (pág. 276); sin embargo esto plantea una dificultad mayor ¿cómo realizar cortes a la realidad?, pues como lo menciona Anaxágoras: “Las cosas que están en un mundo no se dividen ni se cortan, el uno del otro con un hacha, ni el cálido desde el frío ni el frío desde la tibio” tomado de Early Greek Philosophy. Pag.259. Para Georgescu-Roegen “... proceso es el concepto más desconcertante en el pensamiento científico” (Georgescu-Roegen, 1967, pág. 44) por lo tanto, su representación analítica intenta definir claramente cómo representar un proceso *analíticamente*, o de otra manera, cómo describirlo de manera lógica y ordenada, recurriendo primero a la definición de

procesos parciales y a la separación de los elementos identificados en ellos, su posición y participación durante el período de producción determinado por el método.

### Coordenadas Analíticas

El proceso parcial es definido como una secuencia temporal de operaciones o de procesos elementales de transformación, cada una de las cuales requiere los servicios de diferentes factores y para diferentes períodos de tiempo. (Georgescu-Roegen, 1969), estas operaciones conducen a la “transformación de algunos elementos en otros, significa que nosotros podemos distinguir de manera objetiva entre el inicio, las entradas y el final, las salidas” (Georgescu-Roegen, 1964, pág. 50)

Para realizar un corte adecuado a la realidad es prioritario establecer el límite analítico que define las fronteras del proceso parcial o la línea divisoria entre el entorno y el proceso; es de anotar que este límite se deriva de la *intencionalidad*, de esta forma, cada ciencia traza sus límites de acuerdo con su propia intencionalidad u objeto de estudio; así para la economía de la producción el proceso parcial está limitado en una unidad productiva que hace parte de un proceso total productivo.

El límite analítico tiene dos componentes: la frontera, como aquel lugar que separa el contenido del proceso en cualquier instante de  $t$ ,  $0 \leq t \leq T$ ; y el componente temporal que define la duración del proceso, es decir el rango temporal desde el inicio hasta el fin del proceso, teniendo presente que su duración es un intervalo temporal finito desde  $t \geq -\infty$  y termina en cierto  $t_1 < \infty$ , lo cual indica que un proceso conduce a un suceso o acontecimiento por lo cual se descarta la igualdad  $t_0 = t_1$

Es importante destacar que en Georgescu-Roegen la idea del tiempo cobra vital importancia, pues la noción del cambio implica que en la naturaleza ocurre o sucede algo, y ese

suceso tiene lugar en un espacio-tiempo definido, así “el cambio requiere tiempo para llevarse a efecto o para percibirse” (Georgescu-Roegen, 1996, pág. 119); esta visión deriva de la idea de que “un suceso es algo que tiene lugar en un punto específico del espacio y en un determinado instante del tiempo”<sup>12</sup>

Lo anterior marca la primera distinción entre su representación y la representación neoclásica, en la que una combinación de factores arroja un resultado instantáneo y atemporal, los expresan muy bien Farrel & Mayumi al indicar que el catálogo de Georgescu-Roegen “diferencia el tiempo mecánico del reloj como intervalos medibles y el eterno flujo del tiempo no medible e irreversible, pues el reloj mecánico lo que hace es marcar el paso del tiempo no medirlo”. (Farrell & Mayumi, 2008, pág. 304); Piacentini destaca que “la noción de que todas las tareas productivas toman un tiempo no pueden ser adecuadamente modeladas como una transformación instantánea” (Piacentini, 1995, pág. 463)

De otro lado, anota Georgescu-Roegen que la intencionalidad o el límite de los procesos por los que se interesa el economista se trazan allí donde pueden observarse la circulación de mercancías, es decir, allí donde pasan de una unidad de producción a otra o de una unidad de producción a una de consumo, es decir en el espacio en el cual se produce el intercambio, esto es, en el mercado, de esta manera identifica proceso parcial con la unidad de producción o la planta productiva cuyo “mecanismo indivisible [es] capaz de transformar un flujo de materias primas en un flujo de otras materias primas a una tasa constante, mientras se mantiene intacta, y estructurada de forma tal que durante su normal operación ningún factor permanezca en inactividad”. (Georgescu-Roegen, 1967, pág. 50)

---

<sup>12</sup> Consultado en: [http://jmacosta.galeon.com/Breve\\_historia.htm#Flecha](http://jmacosta.galeon.com/Breve_historia.htm#Flecha) Breve historia del Tiempo, Stephen Hawking

Entendiendo que el objeto de estudio se encuentra enmarcado en un espacio temporal definido, que a través de los límites cruzan elementos discretamente diferenciados en cualquier dirección y que lo que sucede allí es objeto de análisis, Georgescu-Roegen les otorga a dichos elementos un carácter aritmomórfico y los define como coordenadas analíticas pues son ellas las encargadas de representar en el espacio las ubicaciones de cada uno de los elementos que por su esencia se encuentran habitualmente en los procesos reales; así considera dos tipos de coordenadas: los elementos que cruzan la frontera desde el entorno hacia el proceso se denominan entradas o “inputs” y las que lo cruzan en manera inversa se denominan salidas o “outputs”, en este punto solo tienen cualidades discretamente diferenciadas, es decir son conceptos aritmomórficos<sup>13</sup>.

Estas entradas y salidas acumulativas las denota por  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_m$ , en la medida en que su número sea finito y cardinalmente mensurable, considerando que la descripción analítica es completa si se conoce que para cada  $C_i$ , existe una función no decreciente (creciente o constante) es decir que, los rendimientos son siempre crecientes o constantes  $F_i(t)$  y  $G_i(t)$ , de modo que un insumo que ingrese al proceso productivo siempre ampliará la producción; dichas funciones señalan cuanto de  $C_i$  ha entrado y salido del proceso en el instante  $t$ , contenido en un intervalo temporal cerrado tal como  $[0, T]$ , considerado por NGR como el tiempo de producción.

$$F_{\alpha}(t) = 1 \text{ para } 0 \leq t \leq T;$$

$$G_{\alpha}(t) = 0 \text{ para } 0 \leq t \leq T, G_{\alpha}(T) = 1$$

---

<sup>13</sup> “Dado que todo número real específico constituye el ejemplo más elemental de concepto discretamente diferenciado, propongo que se denomine a tal concepto aritmomórfico” (Georgescu-Roegen, La ley de la entropía y el proceso económico, 1996, pág. 93); para Hegel “Número es precisamente esta característica totalmente inactiva, inerte e indiferente en la que se extingue cada movimiento y proceso relacional”, estas definiciones se contraponen a la de concepto dialéctico para la cual NGR propone como aquellos “... que puedan violar el Principio de Contradicción se les denomine dialécticos” (Georgescu-Roegen, La ley de la entropía y el proceso económico, 1996, pág. 94).

Habitualmente los insumos que cruzan la frontera desde el entorno hacia el proceso se consumen de inmediato en el proceso, no obstante algunos de ellos presentan dos rasgos correlacionados: de un lado no se consumen en el proceso, indica Georgescu-Roegen que salen de él, aun cuando con algunas cicatrices, y de otro lado, existen solamente en algunas unidades físicas indivisibles y se hallan tipificadas por toda herramienta que dura más que el proceso en el que participa, así como por un obrero; esto son duraderos porque su consumo exige una duración. (Georgescu-Roegen, 1996, pág. 290)

De esta manera, las entradas pueden clasificarse en no duraderas y duraderas, si una entrada por razón de identidad no se relaciona con un elemento de salida, entonces la entrada efectivamente se consume en el proceso.

## Modelo Flujos-Fondos

Georgescu-Roegen crea su propio modelo para realizar la representación analítica del proceso productivo al cual denominó modelo flujos-fondos, es un modelo de equilibrio parcial que considera principalmente dos preocupaciones que tiene Georgescu-Roegen, de un lado, que el proceso represente la realidad sin dejar escapar el factor esencial del desgaste y por otro que la descripción analítica esté ordenada lógicamente. (Georgescu-Roegen, 1996, pág. 283)

La diferenciación entre los elementos que se consumen y los que no se consumen en el proceso se constituyen en la génesis de su modelo, pues hace uso de una forma sintáctica de creación, esto es, de un lado considera que la acción de transformación, cambio o proceso es ejecutada por agentes encargados de llevarla a cabo, a quienes denominó *fondos*, y que tienen la capacidad intrínseca de prestar unos *servicios* necesarios para ejecutar el proceso, dicha capacidad es física y determina el tamaño del fondo; también consideró los sujetos pasivos sobre los cuales recae la acción y que son objeto de transformación, a estos los denominó *flujos*, como sustancias de cualquier naturaleza o que vienen de otro proceso productivo.

De otra manera, la diferenciación entre flujo y fondo también está mediada por su duración en el proceso y por el cambio cualitativo al que se enfrentan, de un lado, el elemento puede ser consumido en el proceso o puede salir de él en forma de mercancía luego de cumplido el tiempo de producción, en cuyo caso se está tratando con un elemento flujo; o el elemento puede entrar y salir del proceso según sea la técnica o la mixtura de instrucciones y cuando sale del proceso aún conserva sus propiedades, en este caso se está tratando de un elemento fondo.

Para (Cleveland & Ruth, 1997) entender la diferencia entre flujo y fondo deriva en el entendimiento de la relación entre capital natural y manufacturado; de esta manera con una fuerza laboral constante, se podría obtener un producto si el flujo de recursos naturales satisface la condición:

$$R^{\alpha_3} = \frac{Q_0}{K^{\alpha_1} L_0^{\alpha_2}}$$

Georgescu-Roegen establece las coordenadas con el propósito de medir la intensidad. Las coordenadas flujo miden la intensidad de ingresos y egresos o la tasa de flujo, su dimensión es sustancia/tiempo, y para las coordenadas fondo se mide la intensidad o tasa de servicios; su dimensión servicio/tiempo da cuenta del tamaño del fondo: hombres x hora (Georgescu-Roegen, 1969)

Si bien un stock de servicios es una máquina, Georgescu-Roegen relata que existe entre el stock y el fondo una diferencia ligada al uso, el fondo tiene una estructura física que limita sus servicios y estos solo podrían usarse o desperdiciarse, sin embargo el stock puede desacumularse en un instante del tiempo.

La consideración de la unidad productiva como un sistema estacionario, le permite a Georgescu-Roegen señalar que allí, todo el proceso puede repetirse una y otra vez conservando su eficiencia, razón por la cual se debe garantizar que todos los factores de fondo que prestan sus servicios, luego de salir del proceso serán restaurados a través del mantenimiento; que puede ser un flujo de materiales que llega de otra unidad de producción para el caso de las herramientas y maquinaria o reestablecido en el hogar como el obrero, a través de la ingesta de su dieta y del reposo.

Los elementos flujos se representan por una coordenada  $E_i(t)$ ,  $E_i(t) = G_i(t) - F_i(t)$  y los elementos fondo por una sola función  $S_\infty(t)$ , que muestra la cantidad de servicios proveídos



por el fondo  $C_\infty$  hasta el momento  $t$ ,  $0 \leq t \leq T$ ,  $[E_i(t); S_\infty(t)]$ , aquí se encuentra la base epistemológica de su representación.

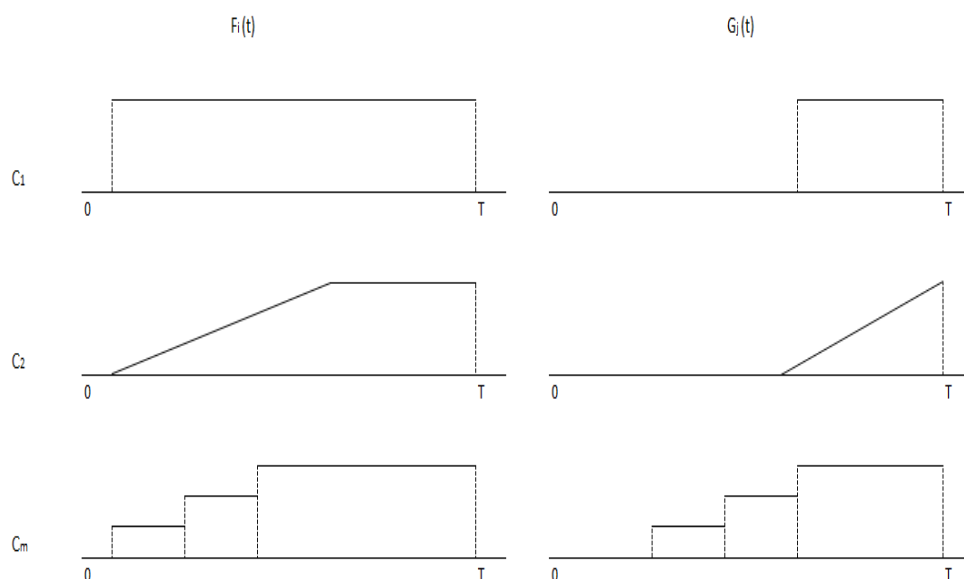


Ilustración 1. Cada una de las áreas de las cajas (integral de la función) mide el servicio del fondo en intervalos temporales.

La expresión general  $[E_i(t); S_\infty(t)]$  puede ser más eficaz si se introducen en ella las categorías dentro de las cuales pueden clasificarse los elementos flujo y fondo de acuerdo con su esencia específica o papel en el proceso. Georgescu-Roegen toma como elementos fondo los factores de producción como la tierra ricardiana ( $L$ ), el capital propiamente dicho ( $K$ ) y la fuerza de trabajo ( $H$ ); mientras para los elementos flujo distingue las entradas de los recursos naturales ( $R$ ), esto es, energía solar, lluvia, productos químicos naturales en el aire y en la tierra, el carbón en los yacimientos, de otro lado presenta los flujos corrientes de entrada ( $I$ ) de los materiales que son transformados normalmente en productos y que proceden de otros procesos productivos, la madera en una fábrica de muebles, el carbón de coque en una fundición, etc. Luego se

encuentran los flujos de entradas necesarios para mantener intacto el equipo de capital (M), el aceite lubricante, la pintura, las piezas de repuesto, etc. También tenemos los flujos de salida de productos (Q) y finalmente el flujo de salidas de desechos (W).

$$[R_0^T(t), I_0^T(t), M_0^T(t), Q_0^T(t), W_0^T(t), L_0^T(t), K_0^T(t), H_0^T(t)]$$

Anota Georgescu-Roegen que la escuela clásica incluye todos los factores naturales de producción bajo la expresión de tierra, sin embargo reconoce que estos son flujos en lugar de fondos, pero entiende que la tierra es en sí misma un agente, en el sentido de que es una red que captura sobre todo la radiación solar, añade que el hecho de que la energía solar como la lluvia no tenga un valor en el sentido de que son dones gratuitos de la naturaleza, no debe significar que ello se omita del análisis de un proceso.

Entiende Georgescu-Roegen la tierra como una red que está capturando diariamente energía solar y que permanece inmutable en sus cualidades según la noción ricardiana de la tierra, cuando expresa que “la renta es aquella porción del producto de la tierra que se paga al propietario por el uso de la potencia original e indestructible del suelo” (Ricardo, 1985, pág. 63), no obstante, la determinación de considerar la tierra como una entidad inmutable no permite reconocer que la tierra también se encuentra regida por la leyes de la naturaleza, y gracias a su uso sus cualidades físicas, químicas y biológicas se van deteriorando, aunque pueden restablecerse o modificarse, sin que modificarse, en este caso, sea sinónimo de deteriorarse.

Para Gómez, la red que captura la energía solar alcanza en la tierra 136,8 miliwatios/ $cm^2$  (1368 watt/ $m^2$ ) lo que equivale a unas dos calorías por gramo y por centímetro cuadrado y por minuto; este flujo es denominado Constante solar. De lo que llega a la tierra el 1% se convierte en producción primaria que es la fuente única de energía de todo el componente heterotrófico del biosistema. (Gómez G., 2002, págs. 119-120)

Se destaca en Marshall que “algunas partes de la superficie de la tierra contribuyen a la producción principalmente por los servicios que prestan al navegante; otra para el constructor, si bien esta selección es hecha por el hombre más bien que por la naturaleza” (Marshall, 1890, pág. 124) resalta que para este objeto (la agricultura), el suelo debe tener ciertas cualidades mecánicas y químicas, las primeras se refieren a que el suelo sea tan productivo que las raíces de las plantas puedan desarrollarse en el libremente; identificando las diferencias entre los suelos arenosos y las arcillas duras y las segundas para garantizar a la planta la asimilación de los elementos inorgánicos.

Pimentel y cols (Pimentel & y Cols, 1987) y (kendall & Pimentel, 1994) (Pimentel D. , 1995) encontraron que la erosión del suelo es grave en la mayoría de las zonas del mundo dedicadas a la agricultura. Considerar la mutabilidad de la tierra, deriva necesariamente en la distinción en las calidades de la tierra y por tanto de los rendimientos del suelo. De otro lado, menciona Blaug que cada vez la oferta de la tierra es menos elástica que la oferta de bienes de capital (Blaug, 1962, pág. 105)

Resalta Georgescu-Roegen que Marx comenzó viendo al obrero como un fondo, para él, la fuerza de trabajo es el conjunto de las facultades mentales y físicas existentes en un ser humano que ejercita siempre que produce un valor de uso de cualquier tipo y en términos de Engels la fuerza de trabajo existe en forma de obrero vivo que requiere una cantidad definida de medios de subsistencia para su existencia y para el mantenimiento de su familia. De otro lado, los obreros y las herramientas, elementos que contrario a lo que ocurre con la tierra ricardiana, entran y salen del proceso “usados”; se entiende que los obreros y las herramientas requieren de mantenimiento, que se traduce en el requerimiento energético y material que deben satisfacer día

a día para recuperar sus cualidades y regresar al proceso productivo cumpliendo los requerimientos técnicos establecidos para el fondo, de acuerdo con la técnica elegida.

“El trabajo del ser humano y de los animales a cuyas acciones podemos aplicar el concepto de trabajo, es uno de los numerosos aspectos de la manifestación de la energía mundial global” (Podolinsky, 1995, pág. 65). Señala Podolinsky que el trabajo mecánico ejercido por el cuerpo del hombre obtiene su fuente energética del consumo de energía conservada en los alimentos bajo la forma de afinidad química que saturándose con el oxígeno que respira se transforma en calor, una proporción de éste es fuente de trabajo mecánico externo y otra sirve al trabajo interno de todas las funciones vitales, se anota que no todo el calor se transforma en trabajo.

Hay una coincidencia entre Georgescu-Roegen y los clásicos al preservar la idea de tres fondos, conformados por la triada clásica de los factores productivos: capital , tierra y trabajo, sin embargo, del lado de los flujos, destaca el papel de los recursos naturales como base para el proceso productivo, identificando todos aquellos requerimientos que realiza el ser humano a la naturaleza a través de la extracción de materia y energía disponible para realizar un trabajo, como un capital natural que sirve para la producción de todos los órganos exosomáticos que requiere el estilo de vida actual; y finalmente el flujo de desechos que deriva del proceso a manera de materia y energía degradada o con alta entropía, en ocasiones no disponible para trabajo.

¿Cómo recuperar en el análisis del proceso productivo, el análisis del cambio cualitativo? La idea de pensar en el cambio nace con los griegos, pues ellos se preguntaban: ¿cómo conocer algo que está en permanente movimiento? Si está continuamente cambiando, de esta manera se extrajo del estudio de la ciencia, el cambio. El cambio cualitativo nos habla de la sustitución de

una sustancia... el desgaste entonces se constituye en la representación de este cambio que se presenta en el proceso productivo y que toca todos los elementos considerados en él, el desgaste es una consecuencia del uso de los elementos fondo, gracias a la fricción entre la materia.

Esta pregunta qué tiene que ver con la representación analítica del factor económico denominado desgaste, diferente de la valoración por la depreciación que hacen los contadores. Considera Georgescu-Roegen que esta solución presupone que los precios y el tipo de interés que de hecho se hallan influenciados por la producción, son independientes de ella... ¿Cuáles son las complicaciones formales de no incluir al obrero cansado o a la herramienta usada?, ¿cómo realizar el balance energético y de materia entre los requerimientos técnicos de materia y energía y lo producido? (Georgescu-Roegen, La ley de la entropía y el proceso económico, 1996)

Georgescu-Roegen reconoce que el “economista está interesado de principio a fin por las mercancías, la noción de mercancía refleja no sólo la individualidad dialéctica de necesidades humanas sino también y especialmente el hecho de que la producción bajo cualquier estado de las artes se lleva a cabo a través de procesos bastante bien individualizados, consecuencia de ello es que en todo momento el espectro de mercancías se encuentra determinado por la tecnología dominante”

Para Georgescu-Roegen el reconocimiento de lo que ocurre al interior del proceso es interesante y necesario, y esta mirada hace parte de una postura más bien dialéctica, pues para observar aquello desde una posición analítica se deberían realizar nuevos cortes a la realidad y crear nuevos límites, y de esta manera llegar a un sin sentido. La postura dialéctica para realizar un zoom al interior del proceso permite considerar el cambio cualitativo<sup>14</sup> que ocurre con el

---

<sup>14</sup> Para Bertrand Russell “el cambio cualitativo puede representarse como relación entre una variable tiempo y el verdadero valor de un conjunto de proposiciones relativas a la misma entidad”

desgaste de los factores involucrados en él, esto porque del proceso productivo no sólo salen bienes sino también herramienta y obreros desgastados y destaca Georgescu-Roegen que “si desea [el economista] ser meticulado, él no ignoraría ni la basura” (Georgescu-Roegen, 1967).

La representación analítica implica identificar el cambio cualitativo o de transformación, sin embargo, cómo representar los flujos de desechos y herramientas y obreros usados ya que ellos en sí mismos no son mercancías en el sentido económico del término, pues carecen de un mercado; a estos elementos que salen del proceso no se les atribuye un costo de producción porque ellos hacen parte de la producción costada. Georgescu-Roegen lo resuelve aceptando la noción de que el mantenimiento puede ser proveído por los servicios desde afuera e ignorando el desgaste diario del trabajador.

## La Función de Producción: ¡Ahora desde un Espacio Topológico!

La primera consideración de Georgescu-Roegen acerca de la conceptualización de función de producción se observa en 1935: “Una apropiada forma de definir el significado de función de producción será dibujar cómo podría construirla. Tomando una combinación definida representada por las cantidades  $a$ ,  $b$ , y de los factores considerados, experimentaremos, usando el conocimiento técnico disponible para obtener la máxima cantidad de producto” (Georgescu-Roegen, 1935, pág. 41). Su mayor interés es encontrar que a través de la representación analítica se explique qué produce diariamente una planta, así como la representación del cambio cualitativo que se produce en el proceso de materia y energía disponible a no disponible.

Desde esta época Georgescu-Roegen considera tres factores y define aquellos casos en los cuales un factor puede ser limitacional o sustituible. “El capital natural y el capital hecho por el hombre no son sustitutivos sino complementarios, invertir el rendimiento de la sobrepesca en más barcos de pesca, no produce más peces. Por tanto, como explicó Soddy, los capitalistas que viven de rentas no podrían continuar ganando interés por el solo hecho de prestar su capital, y tampoco los empresarios capitalistas podrían continuar ganando a la larga una ganancia con sus capitales aun en el caso que los invirtieran de manera productiva a menos que explotaran y agotaran los recursos como realmente acontecía.” (Martínez-Alier, 1995, pág. 15)

Para 1970, Georgescu-Roegen considera que la función de producción es un conjunto de todos los procesos que transforman las mismas entradas de flujos en flujos de salida del mismo producto, de allí se deriva que la función de producción debería ser una relación entre funciones, en lugar de números. (Georgescu-Roegen, 1970, pág. 5)

Luego de que los economistas difundieran esta representación y que además se le hubiera involucrado el tema de entradas y salidas, la función de producción se comparó con la receta de un libro de cocina, Boulding indica que “cualquier proceso de producción es muy parecido a una receta culinaria de un libro de cocina... ciertamente, el arte de cocinar es un buen ejemplo para compararlo con un proceso de producción, pues evidentemente hay que tomar ciertos “factores productivos” (materias primas en forma de ingredientes, tiempo de cocción, calor del horno, etcétera), mezclarlos y obtener un producto.” (Boulding, 1962, pág. 443) de acuerdo con el cual, un productor de hierro sabe que si mezcla tales ingredientes durante tantas horas obtiene un producto; de esta manera el proceso se limita a una lista de ingredientes.

Georgescu-Roegen indica que se referirá a un proceso parcial como proceso elemental (Georgescu-Roegen, 1972), sobre la base de que todo sistema de producción, cualquiera que sea su tipo, es un sistema de procesos elementales que definen el período de producción como el intervalo temporal requerido por un proceso elemental “para completar operaciones para la producción de una unidad de una mercancía, con la descripción de las cantidades y el ritmo de los flujos de insumos requeridos” (Piacentini, A Time-explicit theory of production: Analytical and operational suggestions following a 'fund-flow' approach, 1995)

De esta forma, un catálogo de todas las recetas posibles consiste en un conjunto de puntos en un espacio abstracto o topológico, como opuesto al espacio euclidiano. Este conjunto puede considerarse como una variedad dentro del espacio abstracto y, por consiguiente, representado por una relación de la forma:

$$Q_0^T(t) = F[R_0^T(t), I_0^T(t), M_0^T(t), Q_0^T(t), W_0^T(t); L_0^T(t), K_0^T(t), H_0^T(t) ],$$



De otro modo, para Piacentini “la funcional representa una completa descripción en el continuum de un proceso productivo *desarrollado sobre el tiempo* e implica una secuencia temporal particular de usos de fondos y la inmisión de flujos de insumos en orden para llegar a sus resultados” (Piacentini, 1995).

La funcional se constituye en una relación entre un conjunto de funciones y una función; esto se presenta porque cada una de las coordenadas que interviene en el proceso tiene diferentes momentos de participación lo que indica que no son funciones continuas.

En la visión económica de Georgescu-Roegen el papel del tiempo es definitivo, pues esta integra en su análisis elementos de la termodinámica con la irreversibilidad de los procesos y de la biología con la evolución, para los cuales la consideración del tiempo marcan la diferencia del análisis; es así como Georgescu-Roegen destaca que un flujo no representa necesariamente un aumento o una reducción en un stock de la misma sustancia; pues el tiempo fluye siempre pero nunca existe como un stock. (Georgescu-Roegen, 1996, pág. 288).

También reconoce que el cambio no sólo se compone de locomoción, en su terminología, como el movimiento de una rebanada de realidad a otra, o de otra manera, el flujo es un stock extendido a lo largo de un intervalo temporal, entendiendo que el flujo se compone siempre de alguna sustancia.

Para Georgescu-Roegen el stock es una entidad desprovista de cualidad –por así decirlo– que existe como quantum<sup>15</sup> en un lugar definido y que puede ser medido durante un período de tiempo; y flujo como la diferencia entre dos momentos de un stock en dos momentos distintos del tiempo. (Georgescu-Roegen, 1996, pág. 286)

---

<sup>15</sup> In physics, a quantum (plural: quanta) is the minimum amount of any physical entity involved in an interaction en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum>

Destaca Georgescu-Roegen que un propósito que tiene en su representación analítica es el mejoramiento de la eficiencia a través de la disposición eficiente de los factores fondo producto de lo que se ha denominado como cambio tecnológico.

### ¡Disposición o Arranque del Proceso!

La representación analítica del proceso productivo se constituye en una herramienta para realizar una adecuada organización de los agentes fondo para determinar los tiempos de ingreso y salida de cada uno de acuerdo con la técnica o mixtura de instrucciones; de ahí que sea el factor temporal el que permita diferenciar la disposición del proceso ya sea en serie, en línea o en paralelo, de esta manera el proceso productivo puede llevarse a cabo por el número apropiado,  $n$ , de procesos elementales dispuestos en paralelo, es decir, iniciados al mismo tiempo y repetidos una vez que se han completado, esta disposición es típica de los procesos agrícolas.

En serie es la forma utilizada por la producción artesanal en la que el artesano inicia la producción de una unidad y cuando la termina inicia la siguiente, algunos autores como Morroni han preferido el término secuencial con el propósito de no crear confusión, ya que en la literatura académica el término en serie se identifica con la producción fabril, denominada por Georgescu-Roegen como disposición en línea, alternativa que permite poner en funcionamiento una cadena de procesos elementales en el que si la demanda del producto es suficientemente grande, la producción puede disponerse del tal forma que ningún factor fondo empleado en ella esté nunca inactivo, manteniendo una adecuada organización de los procesos elementales eficiente, por esta razón para Georgescu-Roegen el proceso fabril ha evolucionado de manera más rápida que el proceso agrícola.

## El Proceso Fabril

La disposición en línea ha permitido que el proceso fabril o industrial haya evolucionado disminuyendo la inactividad de los elementos fondo involucrados en el proceso elemental, ordenándolos hasta llegar a un estado estacionario en el que estos elementos mantienen constante la tasa de servicios, para el caso en el que el grupo de procesos elementales se inicia en cada instante del tiempo (en línea), podemos decir que todos los elementos de flujo son entidades continuas y de esta manera las coordenadas de flujo son funciones lineales homogéneas de  $t$ , de esta manera:

$$R(t) = rt, I(t) = it, M(t) = mt, Q(t) = qt, W(t) = wt.$$

Lo mismo ocurre con las coordenadas fondo, indica Georgescu-Roegen que para hacer más refinada la representación debemos distinguir entre dos nuevas categorías de fondos de capital:

Almacenes de mercancías: Estas existencias tienen dos propósitos el primero como precaución al momento de presentarse percances en el proceso productivo o en el ritmo de ventas. Las existencias están relacionadas con algunos de los elementos flujo incluidos en  $I$ ,  $M$ ,  $Q$  y  $W$ . Esta categoría se representa por la  $S$

Bienes en proceso: Todos aquellos elementos que están sufriendo el proceso de transformación que evidencia el cambio cualitativo.

El Fondo-proceso "...Es aquel en el que se refleja la totalidad de la transformación de las entradas de material en productos finales". El fondo-proceso es la tecnología que se usa para que

cada uno de los elementos flujo entre al proceso cuando deba entrar y recoger el producto y los desechos cuando cruzan la frontera de salida, es representado por  $C$ ... los salarios se pagan del producto, porque algunos economistas consideran que este proceso es instantáneo, esto se hace evidente cuando en la función de producción neoclásica no se involucra el tiempo.

Las coordenadas de fondo de un sistema fabril son:

$$L(t) = lt, K(t) = kt, S(t) = st, C(t) = Ct, H(t) = Ht,$$

Entonces la función de producción para el sistema fabril es aquel catálogo de todos los procesos fabriles por los que pueden obtenerse los mismos factores (Georgescu-Roegen, 1996, pág. 307)

La función de producción debería describir no solo lo que con ella se puede hacer, sino también lo que se requiere para que ello ocurra, de allí que Georgescu-Roegen descomponga la funcional en varios elementos, los primeros dos son:

$$q^* = G(L, K); H^* = H(L, K);$$

Donde  $q^*$  representa la máxima tasa de flujo de producto de que la fábrica es capaz de producir si se la trata adecuadamente con  $H^*$ , indica Georgescu-Roegen que  $q^*$  constituye un límite inalcanzable gracias a que el factor humano es tan variable, la tasa real de flujo de producto  $q$  depende tanto de la calidad como de la cantidad de personal empleado, de esta manera la ecuación es reemplazada por

$$q = f(L, K, H) \leq q^*$$

De nuevo Georgescu-Roegen resalta la importancia de introducir el factor temporal en la ecuación reconociendo que para describir lo que una fábrica hizo ayer o lo que hace todos los

días, se necesita una coordenada temporal durante el cual la fábrica trabaja cada día, a esta coordenada se le puede denominar como “jornada laboral de la fábrica” o lo que Marx denominó “tiempo de trabajo” e indicarlo por  $\delta$ , de esta manera si tomáramos como unidad de tiempo el día natural, entonces:  $\delta \leq 1$ , se deduce que la producción diaria de una fábrica es  $Q = \delta q$

$$Q = \delta f(L, K, H)$$

Indica Georgescu-Roegen que los clásicos decidieron considerar  $\delta$  como una coordenada social dada y por tanto no debería aparecer en la fórmula general, pero las consecuencias de esta omisión y de otras como: la de descuidar la intensidad de la utilización de la capacidad productiva que se mide bien por  $q/q^*$  o por  $H/H^*$ . Ambas omisiones vician la argumentación entre las relaciones capital-productos, capital-trabajo.

Para él una cuestión de suma importancia es mirar la intensidad del capital como una coordenada del plan básico de la fábrica, no de lo que podría hacer una fábrica.

Téngase en cuenta que la producción anual o diaria,  $Q$ , varía tanto en función de  $\delta$  como de la intensidad de utilización de la capacidad productiva; de igual manera en la relación capital-trabajo donde  $N$  varía tanto por el número de turnos como por la intensidad de utilización de la capacidad productiva.

Concluye NGR que las relaciones  $K/Q$  y  $K/N$  se encuentran afectadas por el número de turnos, por la jornada laboral y por la intensidad de utilización de la capacidad operativa, añade que estas coordenadas pueden fluctuar de acuerdo con las perspectivas momentáneas de la actividad.

Menciona que es tan importante la jornada laboral que uno de los secretos por los que las economías avanzadas han conseguido su espectacular desarrollo económico reside en una larga jornada laboral, esta situación vuelve a considerar la importancia de la disposición de los elementos fondo con el propósito de disminuir toda inactividad; no es una decisión económica que una fábrica esté cerrada durante largas jornadas.

La escasez básica en las economías subdesarrolladas es la de capital en sus dos formas: maquinaria y trabajo cualificado.

Indica Georgescu-Roegen que la fábrica es uno de los más grandes inventos económicos en la historia de la humanidad, comparable con la invención del dinero, pese a que otros autores piensan que de manera contraria fueron las innovaciones tecnológicas las que dieron paso a la creación de la fábrica, la concepción de Georgescu-Roegen fue que los antiguos talleres artesanales debían satisfacer la demanda en aumento y de esta manera requirieron el desarrollo de ciertas innovaciones tecnológicas.

El sistema fabril logra eliminar la inactividad de los factores fondo que es inherente a toda receta, de ahí su superioridad frente a las restantes disposiciones de procesos elementales, y, la ganancia consiste en aprovecharse de todo lo que es tecnología. Concluye Georgescu-Roegen que el resultado es que la íntima relación que indudablemente existe entre el sistema fabril y el progreso tecnológico implica fundamentalmente la acción de la demanda, así una baja intensidad de la demanda hace que resulte antieconómica toda especialización, un aumento en la demanda prepara el terreno para una nueva especialización. Anota Georgescu-Roegen que Adam Smith fue el primero en afirmar que la división del trabajo está limitada por la extensión del mercado.

De esta manera se otorga a la demanda la capacidad de influir sobre la innovación tecnológica, así el progreso tecnológico ha consistido en una mezcla de especialización y concentración de herramientas en una unidad de mayor capacidad pero más eficiente derivando en un aumento del tamaño de la unidad de producción.



## El Proceso Agrícola

Los procesos elementales en la producción agrícola no pueden disponerse en línea de forma ininterrumpida, siendo esto así los agricultores deben laborar sus campos en paralelo, de esta manera el funcional que aplica es:

$[nQ_0^T(t)] = F\{[nR_0^T(t)], \dots, [nW_0^T(t)]; [nL_0^T(t)], \dots\}$ , donde  $n$  son los procesos elementales.

Recordar que Adam Smith condujo a la controversia sobre la diferencia de rendimientos en la agricultura y en la industria, y esto ha generado un menor progreso tecnológico ya que los procesos agrícolas elementales no pueden disponerse en línea.

Para Adam Smith “La agricultura, por su propia naturaleza, no admite tantas subdivisiones del trabajo; ni hay división tan compleja de sus operaciones como en las manufacturas. Es imposible separar completamente la ocupación del ganadero y del labrador, como se separan los oficios del carpintero y del herrero. El hilandero generalmente es una persona distinta del tejedor; pero la persona que ara, siembra, cava y recolecta el grano suele ser la misma. Como la oportunidad de practicar esas distintas clases de trabajo va produciéndose con el transcurso de las estaciones del año es imposible que un hombre esté dedicado constantemente a una sola tarea. Esta imposibilidad de hacer una separación tan completa de los diferentes ramos de labor en la agricultura es quizá la razón de por qué el progreso de las aptitudes productivas del trabajo en dicha ocupación no siempre corre parejas con los adelantos registrados en las manufacturas” (Smith, 1776, pág. 9)

El sentido de eliminar el paro o la inactividad agrícola se encuentra sujeto a las leyes de la naturaleza, que actúa como socio silencioso del agricultor, pues le indica cuando debe iniciar y terminar el proceso que no puede ser interrumpido, lo contrario ocurre con el proceso industrial que puede ser detenido cuando se desee. Indica Georgescu-Roegen que algunos agrícolas románticos insistían en que durante sus períodos de inactividad podrían emplearse en una industria casera como actividad complementaria, sin embargo Georgescu-Roegen aduce que la dificultad de la actividad agrícola como actividad económica reside en su supercapitalización y que esto debería derivar en un aspecto clave para el diseño de una política económica racional en cualquier economía agrícola subdesarrollada.

Revisar el cambio tecnológico para que pasemos de una granja avícola a una fábrica agrícola. En el sentido de que se convierte un proceso en paralelo en un proceso en línea a esto ha ayudado la tecnología en la manipulación de la genética de las especies. Sin embargo, se recuerda que la Revolución Verde, asimiló lo vivo a lo inerte, lo que le permite decir a Georges Canguilhem, que en la producción avícola el animal es, con todo derecho un artefacto. “Dicho de otro modo, para comprender la máquina-animal, es preciso percibirla como precedida, en el sentido lógico y cronológico, a la vez por Dios, como causa eficiente, y por un viviente preexistente a imitar, como causa formal y final. En suma, nosotros propondríamos leer que en la teoría del animal-máquina, donde generalmente se ve una ruptura con la concepción aristotélica de la causalidad, todos los tipos de causalidad invocados por Aristóteles se reencuentran, pero no en el mismo lugar ni simultáneamente.” (Canguilhem, 1976, pág. 131)

#### Capítulo 4. El Proceso Productivo como un Proceso de Transformación Termodinámica

La respuesta a las preguntas básicas para resolver el problema económico de qué producir, cuánto producir y cómo producir; derivan de la escasez manifiesta en la oferta limitada de recursos, frente a la creciente demanda sobre los bienes económicos, que fue advertida por el pensamiento francés en tanto al llamado que hacían los fisiócratas en el siglo XVIII para “aumentar las riquezas renacientes sin menoscabo de los bienes fondo”, en palabras de Naredo & Valero, “aumentar la producción de riquezas renacientes (hoy diríamos renovables sin detrimento de los bienes fondo o de los stocks de riquezas preexistentes” (Naredo & Valero, Desarrollo económico y deterioro ecológico, 1999).

De esta manera, la escasez se constituye en la raíz del problema económico como límite a la actividad económica y es el resultado de la acción de las leyes de la naturaleza sobre un proceso de producción orientado por el hombre para satisfacer las necesidades biológicas y socio-culturales que se plantea la raza humana en su cotidianidad, para Georgescu-Roegen “...el principal objetivo de la actividad económica es la auto-preservación de la especie humana” (Georgescu-Roegen, 1966, pág. 93), y anota que de “todas las necesidades para la vida solo las puramente biológicas son absolutamente indispensables para sobrevivir” (pág. 93), pues la vida se alimenta de baja entropía, el metabolismo humano necesita para mantener la vida, aproximadamente una dieta energética igual a un valor referencia de 2000 Kcal/día; según Kostic la población mundial en 2003 se acercaba a los 6.3 billones de seres humanos con un consumo energético total de 7550 Btu/h o 2.21 Kw per cápita, cifra que comparada con 11.34 Kw per cápita para la población estadounidense 0.3 billones es muy inferior. La población total ha ido aumentando gracias al

consumo energético que provocó la era industrial a través del consumo y agotamiento de las reservas de combustibles fósiles como carbón, gas natural y petróleo.

Se pregunta el físico austriaco Schrödinger<sup>16</sup> “¿Cuál es el rasgo característico de la vida? ¿Cuándo puede decirse que un pedazo de materia está vivo? Cuando sigue *haciendo algo*, ya sea moviéndose, intercambiando material con el medio ambiente, etc. y ello durante un período mucho más largo que el que esperaríamos que *siguiera haciéndolo* un pedazo de materia inanimada en circunstancias similares”. (Schrödinger, 1943); De ahí que, es precisamente el intercambio de materia y energía con el ambiente lo que hace que la especie humana esté en la continua búsqueda de estos flujos necesarios para la vida; por ello se considera que el proceso productivo es aquella actividad de la vida económica que garantiza la consecución no sólo de los bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades fisiológicas, sino también el disfrute de la vida en palabras de Georgescu-Roegen.

En consonancia, el biólogo Alfred Lotka advierte que las relaciones sociales entre los agentes económicos se encuentran determinadas de un lado por los requerimientos biológicos y físicos inscritos en la estructura corporal del individuo, mientras que los requerimientos socio-culturales vienen dados por la necesidad de adquirir órganos exosomáticos que le permitan alcanzar nuevas posibilidades, fruto de los cambios tecnológicos que cada vez avanzan con mayor rapidez; mientras la evolución en las otras especies se ha dado a través de los cambios en las estructuras anatómicas, en la especie humana, como única excepción, “la evolución, sobre todo en tiempos más recientes, ha seguido un camino totalmente nuevo. En lugar de adaptación lenta de la estructura anatómica y la función fisiológica en generaciones sucesivas por la

---

<sup>16</sup> Premio Nobel de física en 1933

supervivencia selectiva , el aumento de la adaptación se ha conseguido por el rápido desarrollo incomparablemente más de ayudas artificiales a nuestro aparato receptor - efector nativo, en un proceso que podría denominarse evolución exosomática” (Lotka, 1945).

De ahí que el biólogo diferenciara los órganos que nacen con el individuo como endosomáticos, y los creados por el hombre como instrumentos exosomáticos o lo que en economía se denomina equipo de capital. En otras palabras, pero en la misma dirección, el Premio Nobel de Química en 1921, el inglés Frederick Soddy distinguió entre dos usos de energía, “primero, el uso metabólico fundamental en el cuerpo para el proceso de la vida, que llamaré, en aras de la brevedad, *uso vital*. Segundo, se le puede dar otro uso, en vez del primero, para hacer trabajo externo, que se hace mejor directamente con energía inanimada. A este uso le llamaré *laboral*.” (Soddy, 1995, pág. 151); El químico expresó que “... para la humanidad, como para cualquier máquina térmica, los problemas físicos de la vida son problemas energéticos” (Soddy, 1995)

Es importante destacar que el proceso de producción es un proceso físico-químico regido por las leyes de la naturaleza (Georgescu-Roegen, 1966, pág. 72); y que esta visión física permite colegir que allí ni se crea ni se consume materia o energía, solo se transforma de baja en alta entropía; por lo que la evolución exosomática representa un déficit en términos entrópicos, sin embargo, dicho déficit también ha permitido a la humanidad un ahorro de su propia energía libre, a través de la mejora de instrumentos que permiten realizar acciones para las cuales el uso de sus propios órganos implicaría seguramente un gasto energético superior.

Se destaca en Koopmans un elemento esencial en el problema de la producción y es la referencia a la cantidad limitada de recursos básicos (factores primarios de producción) disponibles en la economía. (Koopmans, 1951, pág. 34) y, más adelante asume que ciertas

mercancías, llamadas factores primarios, pueden fluir a la economía desde la naturaleza (o desde el espacio), a una tasa, posiblemente limitada por una constante que depende de la mercancía en cuestión. (Koopmans, 1951, pág. 37); un factor clave en su pensamiento es la idea de identificar que existen materias primas disponibles en gran abundancia, si esto es evaluado antes del análisis podría considerarse un bien libre lo cual permite al economista sacarlo del modelo. Este razonamiento recuerda el llamado de atención que hace Kenneth Boulding en su artículo “Una nave espacial llamada Tierra” cuando relata que el economista tiene una visión errónea de su realidad al pensar que el mundo es una llanura infinita de la cual puede extraer materia como de una alacena sin fondo.

La representación que realiza Georgescu-Roegen del proceso productivo, permite contemplar el proceso de producción como un proceso de transformación termodinámica lo que conduce a establecer las siguientes consecuencias:

- La consideración de que la vida se alimenta de baja entropía, y que los flujos de materia y energía con baja entropía cada vez son más escasos, gracias a la acción premeditada del ser humano en transformar la naturaleza, deriva en la necesidad de propiciar un sistema productivo más eficiente en términos de lo que se produce, es decir, priorizar la producción de aquellas cosas que sean necesarias para la preservación de la vida, haciendo uso de los recursos renovables que provee la naturaleza a tasas en las que se respeten las dinámicas ecológicas para su preservación; con referencia a los stocks de recursos no renovables a la escala de tiempo humana, aquellos que aún en el filón sufrirán las acciones de la entropía, buscar la conversión de estos ya sea por la vía de la investigación o por la financiación de proyectos de fuentes renovables.

- El reconocimiento de aspectos fundamentales en la disposición de las operaciones productivas, ya que el carácter procesual de la producción de mercancías considera una secuencia lógica en la que se ordenan los servicios que cada agente fondo presta, y el espacio y tiempo en el que fluye la materia y la energía para ser transformada. El tamaño del fondo define la capacidad de la unidad de producción, por lo que la apertura de una segunda unidad estaría sujeta al aumento de la demanda sobre el bien en cuestión que supere la capacidad productiva de la primera unidad. La inactividad del fondo entonces se convierte en una de las formas de ineficiencia del proceso.
- Causa económica del deterioro ecológico, el mejoramiento de la eficiencia a través de la minimización de generación de desechos, producto del cambio cualitativo que se deriva del proceso de transformación. La evolución exosomática del ser humano incrementa cada vez más los flujos materiales y energéticos de alta entropía, a través del consumo creciente de bienes que finalmente terminan en las plantas de tratamiento de residuos como disposición final. Si se considera la ley de la conservación de la energía según la cual, la energía ni se crea ni se destruye solo se transforma, el volumen de generación de desechos está directamente relacionado con aquello que en el proceso no se consume sino que es transformado como residuos, por lo tanto un proceso productivo es más eficiente si el volumen de desechos es menor; es de anotar que, la mejora en el método de producción debería estar orientado a la disminución del flujo de materia y energía de baja entropía y a la disminución en la generación del volumen de desechos que provocan finalmente aumento de contaminación por altos volúmenes sólidos, lixiviados que si no son correctamente dispuestos deterioran el estado de las fuentes hídricas, del suelo y el aire.

- El crecimiento de la actividad económica implica el agotamiento de la base natural, a través de la extracción y dispersión de materia y energía, lo que deriva necesariamente en un aumento cada vez mayor de los costos sujetos a la extracción de recursos, por ejemplo los minerales, pues cada vez hay que explorar rincones más inaccesibles en la búsqueda de estos o de los combustibles, motores de la sociedad actual que en número crece exponencialmente.



## Síntesis y Conclusiones

El presente trabajo tiene por objetivo el estudio de la representación analítica del proceso productivo a través de la función de producción flujos-fondos propuesta por Georgescu-Roegen; que quiere llenar con ello el vacío conceptual que sobre este proceso se ha formado en la economía neoclásica. El primer gran aporte de Georgescu-Roegen es la identificación de lo procesual, en un análisis pormenorizado de los elementos que intervienen en el proceso, definiendo un espacio-tiempo para una sucesión de operaciones ordenadas lógicamente en la unidad de producción.

Es importante resaltar la inclusión de los recursos naturales requeridos en el proceso productivo como base natural, diferente del capital manufacturado o creado por el hombre como herramientas y maquinaria, estableciendo entre ellos una relación de bienes complementarios y no como sustitutos perfectos que es el caso de la función de producción neoclásica; basta decir que para llevar a cabo la producción de herramientas y maquinaria también se requiere base natural sin la cual no es posible llevarla a cabo; indicar que son complementarios considera la posibilidad de que en agotamiento de uno de los dos el otro podría suplir tal demanda, situación que no es coherente con la realidad.

También es importante destacar el reconocimiento de que no solo es producto de la producción los bienes necesarios para la vida; si no también los desechos que a una tasa de flujo de desechos que proceden únicamente de la transformación, y allí se reconoce que una causa del deterioro ecológico está directamente relacionada con el proceso productivo. Por lo que es

prioritario focalizar la atención sobre la necesidad, de aumentar las tasas de reutilización de la base material, para que regresen al proceso productivo.

La representación que realizara Georgescu-Roegen del proceso productivo a través de una funcional, parte de una combinación del modelo flujo y de su propia interpretación de lo que significa un proceso, como una acción que transforma y que requiere para su ejecución, flujos de materias primas que serán transformados y agentes que ejecutan la acción sobre dichos flujos, o a su manera, fondos que prestan sus servicios al proceso; es así como su modelo se denomina Flujos-Fondos; no obstante, la funcional se constituye en una herramienta analítica para entender que es el proceso productivo, representando qué es lo que la fábrica puede hacer y lo que precisa para que ello ocurra.

Para que los elementos *fondo* conserven sus atributos al momento de prestar sus servicios al proceso productivo, se requiere del *mantenimiento permanente* a través de la incorporación de un mayor flujo de materia y energía que los reponga, lo que evidencia la enorme dependencia energética y material del capital y de las especies, en particular para el proceso productivo, el aporte que realiza la especie humana, a través del *trabajo físico*.

Se hace necesaria la identificación del inventario de la base natural para conocer qué se tiene y cómo se gestiona, a través de investigación básica que permita reconocer la cantidad y calidad de los flujos de materia y energía con la que cuenta la tierra, así también el entendimiento de las relaciones complejas que permiten su adecuado funcionamiento como sistema.

## Bibliografía

- Arrow, K. J., & Hahn, F. H. (1977). *Análisis General Competitivo*. México-Madrid-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic Growth*. London: Massachusetts Institute of Technology.
- Blaug, M. (1962). *Teoría económica en retrospectiva*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bolaños, E. A. (2012). *Lecciones de teoría clásica de los precios*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Boulding, K. (1962). *Análisis Económico* (7 ed.). Madrid: Revista de Occidente.
- Bowley, A. (1924). *The Mathematical Groundwork of Economics*. Oxford.
- Canguilhem, G. (1976). *El conocimiento de la vida*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Carpintero, Ó. (2006). *La Bioeconomía de Georgescu-Roegen*. Montesinos Ensayos.
- Cleveland, C. J., & Ruth, M. (1997). When, where, and by how much do biophysical limits constrain the economic process? A survey of Nicholas Georgescu-Roegen's contribution to ecological economics. *Ecological Economics*(22), 203-223.
- Cleveland, C., Costanza, R., Hall, C. A., & Kaufmann, R. (31 de Aug de 1984). Energy and the U.S. Economy: A Biophysical Perspective. *Science, New Series*, 225(4665), 890-897.
- Cuevas, H. (1993). *Introducción a la Economía*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Díaz, D. E. (2010). La energía y la teoría Neo-clásica del crecimiento. *SaberEs*(2), 23-39.
- Edgeworth, F. I. (1881). *Psicología Matemática*. Pirámide.
- Farrel, k. N., & Mayumi, K. (2009). Time horizons and electricity futures: An application of Nicholas Georgescu-Roegen's general theory of economic production. *Energy*, 301-307.
- Fisher, I. (1896). What is Capital? *Economic Journal VI*, 514.
- Fouquet, R., & Pearson, P. J. (1998). A Thousand Years of Energy Use in the United Kingdom. *The Energy Journal*, 19(4).
- Georgescu-Roegen, N. (Oct de 1935). Fixed Coefficients of Production and the Marginal Productivity Theory. *The Review of Economic Studies*, 3(1), 40-49.

- Georgescu-Roegen, N. (1951). Some properties of a generalized Leontief model. En T. Koopmans, *Activity Analysis of Production and Allocation* (págs. 165-173). New York.
- Georgescu-Roegen, N. (1951). The Structure of the American Economy 1919-1939: An Empirical Application of equilibrium Analysis by Wassily W. Leontief. *Econometrica*, 19(3), 351-353.
- Georgescu-Roegen, N. (1964). Measure, Quality, and Optimum Scale. *Essays on Econometrics and Planning*, 255.
- Georgescu-Roegen, N. (1966). *Analytical Economics Issues and Problems*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1967). Chamberlin's New economics and the Unit of Production. En R. E. Kuenne (Ed.), *Essays in Honor of Edward H. Chamberlin* (págs. 31-62). Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc.
- Georgescu-Roegen, N. (1967). Teoría Económica y Economía Agraria. *El trimestre Económico Fondo de Cultura Económica*, 589-638.
- Georgescu-Roegen, N. (1968). O Estrangulamento: Inflação estrutural e o Crescimento Económico. *Revista Brasileira de Economia XXII*, 5-14.
- Georgescu-Roegen, N. (1969). Process in farming versus process in manufacturing: a problem of balanced development. *Conferencia de la International Economic Association* (pág. 1). Londres, Nueva York: Macmillan y St. Martin's Press.
- Georgescu-Roegen, N. (1970). On the case of catalytic labor. *International Economic Review*, 11(2), 315-317. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2525672>
- Georgescu-Roegen, N. (Jun de 1970). On the case of Catalytic Labor. *International Economic Review*, 11(2), 315-317. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2525672>
- Georgescu-Roegen, N. (1970). The Economics of Production. *The American Economic Review* Vol.60, 1-9.
- Georgescu-Roegen, N. (1972). Process Analysis and the Neoclassical Theory of Production. *American Journal of Agricultural Economics*, 278-294.
- Georgescu-Roegen, N. (1996). *La ley de la entropía y el proceso económico*. España: Fundación Argentaria.
- Georgescu-Roegen, N. (s.f.). Aggregate linear production function and its applications to Von Neumann's.
- Gómez G., L. J. (2002). *Introducción a la ecología global*. Medellín: Lealon.
- Gómez Giraldo, L. J., & Posada Londoño, L. G. (2003). *Cambios en las relaciones economía-naturaleza*. Medellín: Dirección de Investigaciones Sede Medellín - Universidad Nacional de Colombia.

- Haeckel, E. (1866). *Generelle Morphologie der Organismen*. Berlín: Druck Und Verlag Von Georg Beimer.
- Hecht, E. (1987). *Física en perspectiva*. Wilmington, Delaware: Addison Wesley Iberoamericana S.A.
- Hicks, J. (1932). *The Theory of Wages*. Londres.
- Irwin, F., & Ranganathan, J. (2008). *Restaurando el capital natural: Un programa de acción para sustentar los servicios ecosistémicos*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- kendall, H., & Pimentel, D. (1994). Constraints on the expansion of the global food supply. *Ambio*, 198-216.
- Koopmans, T. (1951). *Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities*. New York: T.C. Koopmans.
- Kostic, M. M. (2007). Energy: Global and Historical Background. En *Encyclopedia of Energy Engineering* (págs. 1-15). Illinois: Taylor & Francis.
- Leontief, W. (1939). *The Structure of the American Economy*. Nueva York.
- Leontief, W. (1975). *Análisis Económico Input-Output*. Barcelona: I.G. Seix y Barral Hnos. S.A.
- Lotka, A. J. (1945). The Law of evolution as a maximal principle. *Human Biology*, 167-194.
- Marini, G., & Pannone, A. (2007). Capital and capacity utilization revisited: A theory for ICT-assisted production systems. *Structural Change and Economic Dynamics*(18), 231-248.
- Marshall, A. (1890). *Principios de Economía*. Madrid: Aguilar.
- Marshall, A. (1957). *Principios de Economía*. Madrid: Aguilar.
- Martínez-Alier, J. (1995). *Los Principios de la Economía Ecológica Textos de: P.Geddes, S.A. Podolinsky y F. Soddy*. Madrid: Fundación Argentaria.
- Marx, C. (1867). *El Capital*.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press.
- Monsalve Gómez, S. (2010). *Matemáticas básicas para economistas: con notas históricas y contextos económicos*. Medellín: Universidad .
- Naredo, J. M. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, S.A.
- Naredo, J. M., & Valero, A. (1999). *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Madrid: Fundación Argentaria-Visor.
- Neumann, J. V. (1945). A Model of General Economic Equilibrium. *Review of Economic Studies* XIII.

- Piacentini, P. (1995). A time-explicit theory of production: Analytical and operational suggestions following a "fund-flow" approach. *Structural change and economic dynamics*, 461-483.
- Piacentini, P. (1995). A Time-explicit theory of production: Analytical and operational suggestions following a 'fund-flow' approach. *Structural Change and Economic Dynamics*, 461-483.
- Pigou, A. C. (1935). *Economics of Stationary States*. London : MacMillan & Co.
- Pimentel, D. (1995). ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC COST OF SOIL EROSION AND CONSERVATION BENEFITS. *Science, New Series*, 1117-1123.
- Pimentel, D., & y Cols. (1987). World agriculture and soil erosion. *Bio-science*, 37(4), 277-283.
- Planck, M. (1959). *The New Science*. (M. Books, Ed.) Greenwich Editions.
- Planck, M. (s.f.). *The New Science*.
- Podolinsky, S. A. (1995). El trabajo del ser humano y su relación con la distribución de la energía. En J. Martínez-Alier, *Los Principios de la Economía Ecológica* (págs. 65-142). Madrid: Fundación Argentaria.
- Ricardo, D. (1985). *Principios de Economía Política*. Madrid: Altamira S.A.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Samuelson, P. A. (1948). *Foundations of Economic Analysis*. Cambridge Massachusetts.
- Schrödinger, E. (1943). *¿Qué es la vida?* Salamanca. Obtenido de <http://campus.usal.es/~licesio/Biofisica/QEV.pdf>
- Shumpeter, J. A. (2012). *Historia del Análisis Económico*. Barcelona: Ariel.
- Smith, A. (1776). *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* (Novena ed.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Soddy, F. (1995). Economía Cartesiana: La influencia de la ciencia física en la administración del Estado. En J. Martínez Alier, *Los principios de la Economía Ecológica* (págs. 143-172). Madrid: Argentaria.
- Stigler, G. (1942). *The Theory of Competitive Price*. Nueva York.
- Varian, H. R. (1992). *Microeconomic analysis*. New York: Norton & Company, Inc.
- Walras, L. (s.f.). *Elements of pure economics*.
- White, L. A. (Jul-Sep de 1943). La energía y la evolución de la cultura. *American Antropologist, New Series*, 45(3), 335-356.
- Wicksteed, P. H. (1894). *The Co-ordination of the Laws of Distribution*. Londres.

Young, T. (1807). *A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*.  
London: Joseph Johnson, St. Paul's Church Yard.