

# Conexiones ontológicas y epistémicas entre la conservación de la energía y la teoría del valor en economía clásica

Nalliely Hernández. Universidad de Guadalajara, México

## Resumen

El siguiente trabajo pretende mostrar algunas conexiones ontológicas y epistemológicas entre los supuestos que subyacen en la conservación de la energía en física y la teoría del valor en economía clásica. Para ello, en primer lugar, haré una reconstrucción de ciertos supuestos metafísicos y hallazgos empíricos que guían la configuración de la conservación de la energía, desde la época de Descartes hasta su elaboración formal por parte de Helmholtz, como principio termodinámico. A continuación, describiré cómo encontramos supuestos equivalentes, con otra elaboración, que guían las preocupaciones sobre el valor en los economistas clásicos en Smith, Ricardo y particularmente en Marx, y sus respectivas conexiones con la física. Finalmente conectaré estos paralelismos que se siguen de tales construcciones, que a su vez provienen de supuestos comunes e inmersos en la cultura y que interactúan en este caso en física y economía. Con ello argumentaré en favor de una perspectiva no autónoma de la ciencia, determinada por tales factores culturales de su tiempo.

**Palabras clave:** energía, conservación, valor, sustancia.

## Abstract

### Ontological and epistemic connections between energy conservation and value theory in classical economics

In this paper, I will explore some ontological and epistemological connections between the underlying assumptions in the Conservation of Energy in Physics and the Theory of Value in Classical Economics. With this purpose, first, I will reconstruct the process in which conservation of energy was guided by some metaphysical assumptions and some empirical discoveries, from Descartes' ideas to its rigorous formulation by Helmholtz. Then, I will describe some equivalent assumptions which guide theories of value in Classical Economics, namely, I will outline Smith, Ricardo, and specially Marx's considerations about the value of a commodity. In this context, I will to highlight some outstanding connections between both developments. Finally, I will to deepen in the interpretation of those connections to endorse an heteronomous perspective of science, conditioned by cultural assumptions of its historical context.

**Key words:** energy, conservation, value, substance.

# eikasía

REVISTA DE FILOSOFÍA

## Conexiones ontológicas y epistémicas entre la conservación de la energía y la teoría del valor en economía clásica

**Nalliely Hernández.** Universidad de Guadalajara, México

La historia y filosofía de la ciencia han explorado el largo y complejo proceso en el que se fue configurando la conservación de la energía como un principio básico de la termodinámica y la física en general. Un proceso que culminaría durante las décadas de 1840 y 1850. En ella, convergen varios desarrollos, metafísicos, epistémicos, científicos y tecnológicos de origen muy antiguo conectados entre sí; como la discusión sobre la posibilidad de la máquina del movimiento perpetuo, el significado de la causalidad o el carácter permanente de la esencia de la realidad. En relación a esta última cuestión, afirma Meyerson (1962), históricamente, la física se ha dividido entre la búsqueda de la identidad y de la permanencia, por un lado, y la aceptación de la diversidad y el cambio, por otro. Y esta tensión se muestra con particular fuerza en la historia de la energía. De acuerdo con ello, afirma Robert B. Lindsay (1975), existe una línea de investigación continua del concepto de energía que puede ser trazada desde Aristóteles hasta Einstein, cuyo supuesto común es que siempre existe algo que permanece constante en medio del cambio (p.383). En esta misma línea, según Philip Mirowski (1989), esta inclinación por encontrar la invariancia o conservación de los procesos constituye el sentido de las explicaciones causales, ya que nos permiten evitar la temporalidad en las leyes naturales (p.6).

Por supuesto, este supuesto metafísico sobre una sustancia ontológica permanente como sustrato de la realidad puede ser rastreado hasta el propio Parménides y Platón, por lo que su influencia trasciende el ámbito de la física y podemos verlo articulado en diversas disciplinas y de diversas formas en las concepciones del mundo a lo largo de la historia. Por tanto, adquiere distintas formulaciones dependiendo del contexto, tanto teórico como social, y la materia en la que se le dé cabida, como veremos más adelante.

Lo que me propongo a continuación es hacer una breve reconstrucción de algunos supuestos y hallazgos que guían la configuración de la conservación de la energía, desde la época de Descartes hasta su elaboración formal por parte de Helmholtz, como principio termodinámico, y señalar sus conexiones metafóricas, ontológicas y epistémicas con la configuración paralela de la teoría del valor en la economía clásica. Para ello, describiré cómo encontramos supuestos equivalentes, con otra elaboración, que guían las preocupaciones sobre el valor en los economistas clásicos, Adam Smith, David Ricardo y particularmente en Karl Marx, y sus respectivas conexiones con la física. Finalmente conectaré estos paralelismos que se siguen de tales construcciones y que provienen de los supuestos comunes e inmersos en la cultura y que interactúan en este caso en física y economía. Con ello argumentaré en favor de una perspectiva no autónoma de la ciencia, determinada por tales factores culturales de su tiempo.

## 1. La configuración de la conservación de la energía

En la historia de la ciencia moderna, podemos encontrar tres líneas relativamente paralelas, aunque no desconectadas, que confluyen en la conservación de la energía de mediados del siglo XIX: a) la primera es el desarrollo de la filosofía de la naturaleza, centrada en la mecánica que partía de la física de Descartes y Newton, pero que alcanzará un desarrollo mucho más sofisticado a lo largo del siglo XVIII y XIX; b) el desarrollo de la ingeniería a partir de la construcción y comprensión del funcionamiento de las máquinas durante la revolución industrial y; c) el estudio de los procesos de conversión y naturaleza del calor.

### 1.1 La mecánica

La insistencia por encontrar un elemento de conservación o permanencia del ser en la ciencia moderna puede rastrearse al menos hasta el pensamiento cartesiano. Para Descartes una de las verdades eternas, que no es necesario enumerar consiste en que “de la nada, nada se hace”. Este supuesto adquiere una de sus expresiones en su programa de investigación mecanicista que, como es bien sabido, reduce todo

fenómeno físico a materia en movimiento geométrico (*res extensa*)<sup>1</sup>. Para Descartes, la fuente original de toda materia y movimiento era Dios<sup>2</sup>, éste y todas sus creaciones eran inmutables, por tanto, la cantidad total de materia y de movimiento no pueden cambiar. Ahora bien, el mecanismo fundamental del cambio para el filósofo francés está dado por las colisiones entre cuerpos; todos los fenómenos físicos y las cualidades de los objetos se explican en términos de dichas colisiones, pero el total de la cantidad determinada por  $mv$  (masa por velocidad como una cantidad escalar y positiva, pues no hay fuerzas que cambien la dirección) antes y después de las colisiones debía ser la misma (Coopersmith 2015: 24).

Posteriormente, Christian Huygens, quien inicialmente estaba inmerso en la ortodoxia cartesiana prevaleciente, en su estudio de colisiones y aplicando el principio de relatividad de Galileo (además de la imposibilidad del movimiento perpetuo), mostró que la cantidad que se conservaba en las colisiones era  $mv^2$ , y no  $mv$  como Descartes afirmaba<sup>3</sup>. Por otro lado, la tercera ley de Newton, en sus corolarios, lleva a los mismos resultados que la regla de Huygens y establece que el centro de gravedad de un sistema no se altera por el movimiento de los cuerpos individuales (lo que usó Huygens para su cálculo). De hecho, como apunta Coopersmith, la ley newtoniana al afirmar el equilibrio entre la fuerza de acción y reacción, a saber, que su suma es cero, y el movimiento uniforme del centro de gravedad, se perfila como fundamento de la imposibilidad del movimiento perpetuo<sup>4</sup> (2015, p.36).

Como es bien sabido, el concepto de fuerza newtoniano alcanzó una gran generalidad: explicaba las atracciones gravitatorias y varias más, como los efectos químicos, la cohesión de cuerpos, etc., además, Newton sugirió la posibilidad de conversión entre luz y materia (lo cual incluía a la luz sometida a la fuerza

<sup>1</sup> Como es bien sabido, en la Regla XIV de *Las reglas para la dirección del espíritu*, Descartes establece la extensión como esencia de todo cuerpo, cuando afirma que todo cuerpo tiene extensión y “extensión no es cuerpo” (Descartes 2018: 55). Esta afirmación la ilustra en la Segunda Meditación con el ejemplo de la cera que al derretirse sigue siendo la misma cera.

<sup>2</sup> En la Meditación Tercera de las *Meditaciones metafísicas* (Descartes 2018).

<sup>3</sup> Para ver la historia de cómo encuentra Huygens esta cantidad se puede consultar (Coopersmith 2015: 26-32).

<sup>4</sup> En el siguiente apartado sobre las máquinas daré cuenta de lo que supone la posibilidad o imposibilidad de la máquina del movimiento perpetuo, y cómo se relaciona con la energía.

gravitatoria). Esta generalidad muestra que su papel fue cercano al que adquirirá el concepto de energía en el siglo XIX, como se evidencia más adelante (Coopersmith 2015: 39). Así, los conceptos de fuerza y energía tienen notables semejanzas y, por tanto, el planteamiento newtoniano ya se acercaba a la idea moderna de energía y la tercera ley como un caso particular de la conservación. Sin embargo, para Newton en las colisiones de cuerpos se aceptaba una pérdida absoluta de movimiento, imposibilitando que se articulara la idea de la conservación.

En este contexto, la metafísica de Leibniz se mostrará más afín a los resultados de Huygens. Para el primero, las sustancias del mundo no podían ser mera extensión, puesto que esta por sí misma no puede dar cuenta del movimiento de los cuerpos (no es autosuficiente, requisito indispensable de la sustancia). Por tanto, las mónadas son las sustancias del mundo: unidades que eran centros de actividad, agente primitivo del universo y causa de todo efecto en este<sup>5</sup>. Obedeciendo a los principios que conforman la base de su metafísica, a saber, el principio de continuidad: “nada se da de golpe y la naturaleza no da saltos” (Leibniz 1992: 45), y de razón suficiente: “por qué es así y no de otro modo” (Leibniz 2004: 95), el alemán pensaba que la actividad total, en tanto sustancia, se debía conservar, que esta cantidad carecía de dirección (pues ésta demandaba una razón para una dirección particular elegida) y que la actividad debía ser siempre positiva. Buscando el escalar adecuado, Leibniz llegó al trabajo de Huygens y encontró que  $mv^2$  cumplía con dichas especificaciones, además de que se seguía del resultado de Galileo sobre la caída libre de los cuerpos ( $v^2 \sim h$ ) y de la imposibilidad del movimiento perpetuo. Asimismo, la afirmación cartesiana de que la cantidad conservada era  $mv$  no se cumplía para todos los casos<sup>6</sup> y abría la posibilidad del movimiento perpetuo, pues negaba la idea de que el efecto es igual a la causa (lo cual se sigue a su vez del principio de razón suficiente y de continuidad) (Coopersmith 2015: 41-2).

<sup>5</sup> La crítica de Leibniz a la noción de *res extensa* como sustancia cartesiana es amplia y se encuentra a lo largo de muchos escritos, en particular se puede ver en sus *Tratados fundamentales. Discurso de metafísica* (Leibniz 2004).

<sup>6</sup> El análisis que hace Leibniz sobre la conservación de  $mv$  unido a su crítica de la extensión como sustancia se puede ver en: “Carta sobre si la cuestion de si la esencia del cuerpo consiste en la extensión (1691) y en “De la forma de la filosofía primera y de la noción de sustancia” (1694). Ambos escritos se encuentran en Leibniz (2004).

De esta forma, este principio activo de la mónada es identificado por Leibniz por la cantidad  $mv^2$  y denominado *vis viva* o fuerzas vivas (*living force*). Esta fuerza activa, que no es la fuerza newtoniana, se preserva en el mundo: “la *vis viva* nunca desaparece, cierto es que puede dar la impresión de haberse perdido, pero si se sabe buscarla, puede descubrirse por sus efectos”. Además, el filósofo alemán acuñó un concepto para describir los estados de equilibrio estático que tienen una propensión al movimiento (*conatus*), es decir, cuando el movimiento iba a comenzar. Se trataba de un germen de la idea de energía potencial que denominó ‘fuerza muerta’ o *vis mortua*, cuya medida era igual a la cantidad de movimiento cartesiana ( $mv$ ): “Llamo a los infinitamente pequeños esfuerzos o *conatus*, por los cuales el cuerpo es, por decirlo así, solicitado o invitado al movimiento, solicitudes o incitaciones” (en Westfall 1971: 297)<sup>7</sup>. Una vez que el nuevo movimiento se generaba, entonces la fuerza es ‘viva’ a partir de un número infinito de impresiones continuas de la fuerza ‘muerta’. Sin embargo, no había nada simétrico entre estas dos fuerzas, su expresión cuantitativa es equivocada (mientras que nuestra medida de la energía potencial se deriva de la integración del espacio, la de Leibniz era compuesta sobre el tiempo), y no había intercambio entre lo potencial y lo cinético (el aumento de una y la respectiva disminución de la otra). Por el contrario, eran dos tipos diferentes de cantidades (Coopersmith 2015: 43).

Fue un leibniziano, Johan Bernoulli, quien se acercó un poco más a percibir la relación entre fuerza ‘viva’ y ‘muerta’, tal y como la conocemos ahora. Para garantizar que la causa era igual al efecto estableció que la *vis mortua* se consumía siempre que la *vis viva* se generaba y viceversa. Sin embargo, no estableció la equivalencia entre ellas, además, la energía potencial era una idea menos intuitiva que se relaciona con las posiciones de los cuerpos dentro de un sistema, por tanto, más difícil de aceptar en ese momento.

<sup>7</sup> I call the infinitely small efforts or conatus, by which the body is so to speak solicited or invited to motion, solicitations. (La traducción es mía).

Ahora bien, diversos estudiosos (Elster 1975; Mirowski 1989) han encontrado conexiones epistémicas y metafóricas entre esta perspectiva de conservación de la ‘fuerza viva’ y la teoría del valor económico. Leibniz frecuentemente expresó su intención de aplicar su método matemático a materias económicas y políticas (Elster 1975:144, donde sus principios metafísicos también se encuentran reflejados, así como la de pensar la naturaleza en términos económicos. De esta forma, promovió una analogía que después se haría central en la economía clásica y en termodinámica: el isomorfismo analítico entre las medidas de extensión y de valor económico (Elster 1975: 147). El alemán fue uno de los primeros en establecer vínculos explícitos entre dinero, la abstracción del valor económico, y la fuerza, la abstracción del movimiento. La siguiente cita da cuenta de tal conexión;

Sostengo que las fuerzas activas son preservadas en el mundo. La objeción es que dos cuerpos suaves o no-elásticos que chocan perderán algo de su fuerza. Mi respuesta es que no es así. Es verdad que las totalidades la pierden en relación a su movimiento total, pero las partes la reciben, siendo internamente agitadas por la fuerza del golpe[...]No hay pérdida de fuerza, pero lo mismo ocurre cuando mucho dinero se convierte en cambio pequeño (*big money is turned into small change*) (Leibniz 1973 en Coopersmith 2015: 40)<sup>8</sup>.

198

Nº 93  
Mayo  
junio  
2020

Esta conexión, entre física y economía, se extenderá con el desarrollo de los principios variacionales en mecánica, que establecen un comportamiento económico de los procesos naturales, como veremos a continuación.

En los principios de optimización que, como veremos a continuación, se desarrollaron en física existe un cambio de enfoque, ya que la cantidad en cuestión no necesariamente se conserva como en el caso de la *vis viva*, sino se comporta económicamente. No obstante, aunque Leibniz nunca escribió sobre tales principios, sí enfatizó su importancia en términos metafóricos, afirmando, por ejemplo, que Dios era un arquitecto preocupado por sus fondos (Elster 1975:198) o que la economía de

---

<sup>8</sup> [I maintain] that active forces are preserved in the world. The objection is that two soft or non-elastic bodies meeting together lose some of their force. I answer that this is not so. It is true that the wholes lose it in relation to their total movement, but the parts receive it, being internally agitated by the force of the meeting or shock...There is here no loss of forces, but the same thing happens as takes place when big money is turned into small change. (La traducción es mía).

la naturaleza es la responsable de que nuestro pensamiento abstracto esté apoyado en lo sensible (Leibniz 1992: 7). Los herederos de la tradición lebiniziana, sistematizadores de la mecánica, tales como Euler o Lagrange, no hicieron ninguna referencia explícita a una metáfora económica, pero sí desarrollaron un componente metafórico económico de razonamiento reflejado en la propia matemática del cálculo variacional (Mirowski 1989:124).

Para la segunda mitad del siglo XVIII las ideas de energía potencial y cinética comenzaban a emerger con otros nombres. La energía cinética era una “fuerza” de movimiento, generalizada a rotaciones y traslaciones. La energía potencial era más que energía cinética en espera, era energía de configuración (geométrica). La energía potencial y el trabajo ( $Fd$ ), usualmente usados en la ingeniería, como veremos más adelante, fueron eventualmente vistos como la misma cantidad (la integral de la fuerza sobre la distancia). Sin embargo, hasta ese momento, ambos términos tenían un uso sutilmente diferente: trabajo era la energía usada por o generada por una fuerza actuando en una trayectoria en el espacio ( $Fd$ ), mientras que la energía potencial podía ser definida en un punto (relativa a una referencia de localización). El hecho de que el trabajo se defina a lo largo de una trayectoria es una propiedad que tiene una especial relevancia para el desarrollo de la mecánica variacional (Coopersmith 2015: 115).

El origen de esta aproximación puede rastrearse al propio Johan Bernoulli (1717) quien encontró que existe una cantidad que tiene que sumar cero (recuérdese que esto ocurre en la tercera ley de Newton) en procesos que son optimizados, es decir, el uso de las variables en forma económica (se minimizan formalmente). Esta es la primera vez donde aparece una conexión entre la energía, la conservación y la optimización. Pero es en 1744 cuando muchos historiadores señalan la introducción de tales principios en la mecánica por parte de Pierre Louis Maupertius. El filósofo, matemático y astrónomo francés definió una cantidad denominada “acción”, equivalente al producto de  $mdv$ , y aseguraba que la Naturaleza actuaba de tal forma que esta cantidad se mantenía minimizada, y tal minimización era prueba de la existencia, sabiduría y eficacia de Dios:

La cantidad de acción varía directamente con la velocidad y la longitud de la trayectoria descrita; es proporcional a la suma de los espacios, cada uno multiplicado por la velocidad con la que el cuerpo la describe. Esta cantidad de la *acción* es el verdadero gasto de la naturaleza, el cual ella economiza tanto como es posible [...](En Cohen 1981:5).<sup>9</sup>

En este sentido, Leonhard Euler estableció los fundamentos del cálculo para el uso de los principios variacionales, los cuales permiten encontrar funciones que minimizan (extremen) el valor de cantidades que dependen de esas funciones. De acuerdo con él, cuando dos partículas viajan entre dos puntos fijos sigue la trayectoria en la que la suma de  $vds$  (la velocidad instantánea por una pequeña variación de la trayectoria recorrida) es mínima. Al mismo tiempo, Euler conectó la fuerza con la *vis viva* de Leibniz al establecer que  $F[dt]=m[dv]$  (la fuerza multiplicada por un incremento infinitesimal del tiempo es igual a la masa del cuerpo multiplicado por el cambio gradual en la velocidad). Dividiendo ambos lados de la ecuación e integrando, Euler demostró que la suma de las fuerzas impresas en el cuerpo era igual a  $1/2mv^2$ , justamente un medio de la *vis viva*. Así, al conectar el concepto de fuerza y la segunda ley de Newton con la *vis viva*, le daba un fundamento analítico a esta cantidad (Mirowski 1989: 22).

Como resultado de esta formalización basada en la minimización de variables en sistemas mecánicos y de la conexión de la conservación de la *vis viva* con la fuerza newtoniana, para finales del siglo XVIII, con ayuda de este método, Lagrange definió las funciones T y V, presentando las energías cinéticas y potenciales respectivamente, con el requerimiento de que  $T + V$  era constante. La función definida como  $T-V$  se denomina lagrangiano y es mínima cuando se promedia a lo largo del tiempo, que es genéricamente el principio de mínima acción. Así, este procedimiento redefine los sistemas físicos de forma más general, describiéndolos a través de la energía: la fuerza era generalizada a través de la función de la energía potencial V y los movimientos de las partículas eran descritos por la función de la energía cinética T.

<sup>9</sup> The quantity of action varies directly as the velocity and the length of the path described; it is proportional to the sum of the spaces, each being multiplied by the velocity with which the body describes it. It is the quantity of action which is here the true expense of nature, and which she economizes as much as possible.... (La traducción es mía).

Esta fue la culminación de la evolución de la mecánica newtoniana durante 100 años desde Newton (Coopersmith 2015: 133).

Estos desarrollos dan cuenta de que los métodos de minimización de las variables del cálculo variacional, apuntan a un comportamiento económico de los procesos naturales, que se conecta con los principios de conservación hasta entonces establecidos (que son equivalentes). Podríamos decir que, para el cambio de siglo estaba entendido, formalmente, que el método de la energía estaba conformado por los principios de conservación y de optimización. Mientras que el primero lleva a establecer ciertos bloques de energía que permanecen siempre (Leibniz), la minimización lleva a un entendimiento de que la energía es transformada entre esos bloques y que esta transformación es “suave” y económica (Lagrange). Sin embargo, de acuerdo con Mirowski, cierto estancamiento en la comprensión de la conexión de estos principios ocurrió: algunos se centraron en las matemáticas de los principios variacionales, otros en el cálculo de extremos y otros en alguna cantidad conservada metafísicamente en la naturaleza. Por lo tanto, las ecuaciones de Lagrange y el principio de mínima acción fueron relegadas y poco usadas hasta bien entrado el siglo XIX, por tanto, también la conexión conceptual entre conservación y minimización (1989: 25).

## 1.2. La ingeniería

Sin duda, otro campo en el que el concepto de energía resultó central, fue el desarrollo de las máquinas. Desde el inicio de dicho desarrollo, la idea de una máquina del movimiento perpetuo estuvo íntimamente conectado con la conservación de la energía y con el concepto de causalidad. Aunque históricamente podemos encontrar numerosos intentos por construir una máquina del movimiento perpetuo (Dircks, H & Verance Percy 1916; Ord-Hume, Arthure W.J.G. 2005), el debate sobre dicha posibilidad se mantuvo abierto al menos hasta la elaboración de la conservación de la energía por parte de Helmholtz a mediados del siglo XIX. Sin embargo, en muchos filósofos naturales y científicos (Galileo, Huygens, Descartes) prevalecía cierta intuición sobre su imposibilidad. Probablemente, dicha percepción

estuviera cercanamente relacionada con la idea de que su posibilidad está fundada en la creación de energía: el mecanismo de la máquina debe dar más energía que la que se imparte (Dircks 1916: 260). Por lo tanto, también implicaba que el efecto es mayor que la causa. Así, en este razonamiento, previo a la conservación de la energía, subyacían implícitamente, parte de las premisas que la hacen posible y que tienen como corolario la imposibilidad de una máquina que realizara trabajo indefinidamente.

Lo cierto es que, para finales del siglo XVIII, si bien esta máquina de funcionamiento ilimitado se había mostrado imposible, las máquinas proliferaban como producto de la revolución industrial y utilizaban distintas fuentes de energía como el agua, el viento, caballos, humanos, calor (quemando carbón o madera), etc. Sin embargo, no había una claridad plena sobre su funcionamiento.

De forma un tanto incipiente, en ingeniería utilizaban la cantidad definida como el producto de la fuerza por la distancia ( $Fd$ ) a través de la que actuaba dicha fuerza para comparar el funcionamiento de las diferentes máquinas. Con diversos nombres, el efecto mecánico del peso por la altura ( $Ph$ , equivalente a  $Fd$ ) proporcionó una medida básica del rendimiento mecánico. Muchos ingenieros y teóricos, como James Watt (constructor de la máquina de vapor), intentaban mejorar la eficiencia y la economía de los diseños o procesos de las máquinas en función de esta cantidad. Pero fue Davies Gilbert (su rival) quien mostró que la integral  $\int P dV$ , donde  $P$  es la presión (en este caso del vapor de la máquina) y  $dV$ , la diferencial de volumen o una pequeña variación en él (por tanto, la integral es la suma de todos ellos) era proporcional al trabajo realizado por la máquina. Esta era una forma equivalente, pero distinta de medir el trabajo que se medía normalmente como  $Ph$  o  $Fd$ , como dijimos. Tal formulación también pasará desapercibida hasta la termodinámica del siglo XIX (Coopersmith 2015: 148).

De acuerdo con Elster (1975: cap.3), fue justamente la experiencia temprana que Leibniz tuvo como ingeniero minero la que le llevó a su posterior tratamiento de la *vis viva*, puesto que tuvo que encontrar una forma de convertir el poder del viento, irregular e inestable, para bombear las minas y convertirlo en una fuente de poder estable. Posteriormente, Lazare Carnot en su ensayo *Essay sur les machines en general*

de 1783, fue el primero en intentar abstraer el funcionamiento esencial de una máquina. Para ello, tomó el principio de conservación de la *vis viva* como principio guía y analizó las máquinas en términos de interacciones de corpúsculos (elementos infinitesimales). Como resultado, el trabajo total realizado por la máquina era igual a la suma de la *vis viva* de sus partes corpusculares (movimientos infinitesimales y reversibles). Este conforma un primer puente del concepto de trabajo propio de la ingeniería (*Fd*) con la mecánica, pero esta integración de forma plena y clara aún tardaría tiempo (Coopersmith 2015: 150-1).

Para el cambio de siglo, el ingeniero Richard Trevithick construyó la primera máquina de vapor de alta presión, anunciando la era de la locomoción. Sin embargo, la conexión entre calor y trabajo, aunque mostraba algunas pistas embrionarias, aún no se mostraba claramente. Esta llegaría en el famoso trabajo de Sadi Carnot. A partir de la teoría de gases, Carnot se dio cuenta de que cuando un gas hace trabajo expandiéndose o contrayéndose contra el pistón, el calor es agregado o sustraído de la reserva de calor latente en el gas o es convertido en trabajo. Con ello, identificó el método esencial de la máquina térmica: el calor fluye de altas temperatura a una más baja mientras hace trabajo. También encontró que la eficiencia máxima era inherentemente limitada e independiente del método o sustancia que hace el trabajo de la máquina (probablemente dependiente de la diferencia de temperaturas). Carnot, además, sugirió varios experimentos para probar y cuantificar la conversión entre calor y trabajo (Coopersmith 2015 220-22). Sin embargo, todo su desarrollo está basado en el axioma de la conservación del calor, concebido como un fluido, a saber, el calórico (aunque eventualmente se da cuenta de que no puede ser material, sino movimiento) y la preconcepción de la imposibilidad de la máquina del movimiento perpetuo. El primero de estos supuestos sería prontamente refutado y el segundo recibiría su fundamento con el establecimiento de la conservación de la energía.

### 1.3. La fenomenología del calor

El estudio del calor se incrementó considerablemente durante el siglo XVII. Para este momento, se sabía que tenía un papel importante en la expansión, evaporación y

gasificación de la materia, además de que fue considerado como un factor relevante en procesos como descomposiciones químicas; como la combustión, la fermentación o la putrefacción. Por tanto, tenía importantes conexiones con la vida y la luz. No obstante, el calor presentaba tantas facetas que no se disponía de un concepto y menos aún de una teoría que pudiera dar cuenta de todas ellas. Si la idea más general de la que se disponía era que de alguna forma el calor se relacionaba con el movimiento de pequeñas partes de la materia, este consenso dejaba lugar a muy diferentes teorías que emergen durante el siglo XVIII (recuérdese que no había consenso sobre si se media con  $mv$  o  $mv^2$ ) (Coopersmith 2015:63).

Ya desde el siglo XVII Guillaume Amontons había mostrado que el agua mientras hierve, se mantiene a temperatura constante, sin embargo, había transferencia de calor en este proceso. Además, el calor radiante fue descubierto por Carl Wilhelm Scheele y Pierre Prévost estudia el proceso e introduce el concepto de equilibrio térmico. Ya en el siguiente siglo, Joseph Black le llama calor latente (*hidden*) al calor requerido para que la materia cambie de estado sin cambiar de temperatura. Estas descripciones suponen cierta intuición o guiño con su conservación, puesto que durante el cambio de estado el calor no desaparece, sino que se mantiene “oculto” (Coopersmith 2015: 84). De esta forma, el mismo Black estableció una definición para calor específico y latente (cuando hay y cuando no hay cambio de temperatura). Finalmente, elaboró una teoría cinética de gases, a partir del movimiento de partículas, explicando el calor en función de su velocidad, aunque no llegó a la idea de velocidad promedio, indispensable para esta.

Análogamente, Henry Cavendish elaboró una teoría para explicar la fenomenología del calor a partir del movimiento de partículas. En ella exponía la comunicación de calor entre cuerpos iguales a diferentes temperaturas: propuso que el movimiento de las partículas del cuerpo más caliente se ralentizaba, mientras que el del cuerpo más frío aumentaba su velocidad hasta que vibraban todas con la misma velocidad. Sin embargo, no pudo llegar a la idea de energía cinética de diferentes masas, como exige la teoría actual. También explicó el calor específico y latente de distintos materiales en función de su configuración de partículas y fuerzas

en las interacciones. De esta forma, abrió la puerta a una explicación dinámica del equilibrio térmico<sup>10</sup> (Coopersmith 2015: 158-9).

Además, como es bien sabido, durante esta época Lavoisier hizo del calor uno de sus elementos químicos y le llamó calórico (1789). Para finales del siglo XVIII la teoría de que el calor era una sustancia era cada vez más exitosa. Además, ya antes de 1800 se conocían algunos procesos de conversión: generadores electrostáticos llevaban a reacciones químicas, y estas a su vez generaban luz y calor; o la máquina de vapor que producía calor y este producía movimiento por fricción que a su vez producía más calor. Pero este conocimiento de conversiones se multiplicaría durante la primera mitad del siglo XIX.

A inicios del siglo XIX Young fue el primero en sugerir que el calor y la luz eran realmente la misma cosa, es decir, una onda, además de recuperar el concepto aristotélico de *energeia* para referirse a un trabajo potencial acumulado en los objetos. Asimismo, predijo el calor de radiación de las ondas en determinadas frecuencias. En este tiempo, también Alejandro Volta encontró que una reacción química producía una corriente eléctrica (una batería) y que las reacciones químicas eran causadas también por electricidad. Además, la corriente eléctrica invariablemente producía calor y, en condiciones adecuadas, luz. Se fue llegando así a un conjunto de transformaciones que llevó a otros descubrimientos de conversión. Por ejemplo, en 1820 Hans Christian Oersted encontró los efectos magnéticos de una corriente eléctrica. En 1822, Thomas Johann Seebeck demostró que el calor aplicado a una cinta bimetálica producía directamente una corriente eléctrica. En 1831, Faraday identificó el calor con corrientes inducidas y el 1834 el proceso inverso.<sup>11</sup>

Así, además de los vínculos entre química y calor, calor y luz, ahora había nexos entre electricidad y química, entre calor y electricidad, entre magnetismo y electricidad. Lo cual le sugería que había un aspecto común a todos. Todos los precursores hicieron un uso significativo de los elementos conceptuales y

<sup>10</sup> En la que se iguala la temperatura porque se igualan la energía cinética promedio de las partículas.

<sup>11</sup> En este mismo año Fourier publicó su *Analytical Theory of Heat* donde creaba las técnicas matemáticas para describir la conducción de calor en sólidos y líquidos. Inspirado en la mecánica de Lagrange, su trabajo estaba constituido por unas ecuaciones diferenciales que permitían calcular el flujo de calor, pero no había modelo visual sobre la naturaleza de éste (Gillispie 2016: 359)

experimentales de la calorimetría, pero estos resultados eran cualitativos, que hubiera un vínculo cuantitativo era difícil (Coopersmith 2015: 171-3).

Como se puede ver en este esbozo general, estas tres líneas paralelas que, para mediados del siglo XIX, convergen en la elaboración de la conservación de la energía, no se encuentran en absoluto desconectadas: el trabajo en ingeniería se conecta con la energía cinética, la cual sirve para explicar el funcionamiento de las máquinas; la conversión entre calor y trabajo conecta el funcionamiento de las máquinas con la teoría del calor; las teorías cinéticas del calor conectan con la mecánica porque este se explica como movimiento y, por tanto, con la energía potencial y cinética, etc. No obstante, estas conexiones durante mucho tiempo se mantuvieron tangenciales y no se encontró un fundamento común a estos fenómenos hasta las décadas de 1840 y 1850. Las hemos mantenido separadas por cuestiones metodológicas e históricas, porque obedecían a distintos campos o motivaciones, pero en ellas podemos vislumbrar *grosso modo*, intuiciones y percepciones parecidas sobre: el carácter de la causalidad, la conservación y la economización de los procesos, que adquirirán su debida elaboración teórica con la primera ley de la termodinámica.

#### 1.4. El nacimiento de la primera ley de la termodinámica.

Para la década de 1840 había una creciente apreciación, aunque no formalización de la energía, más a menudo llamada fuerza, su conservación y su interconversión, pero llegando a resultados parecidos de forma independiente.

Julius Robert Mayer era una figura más filosófica de corte kantiano, que un experimentalista, y cuya convicción crucial decía que: *nada puede venir de la nada*, que la causa es igual al efecto y, por tanto, siempre que una fuerza es consumida, la misma cantidad de fuerza, posiblemente en otra siguiente, es generada. Mayer deriva el equivalente mecánico del calor algebraicamente de las leyes de los gases, bajo la influencia de esta metafísica kantiana de la fuerza causal: las fuerzas son causas y las causas son iguales a los efectos, por tanto: “las fuerzas no pueden ser perdidas en los lados de la ecuación. Las causas son cuantitativamente indestructibles, que a diferencia de la materia tiene la propiedad de la variabilidad cualitativa. Y es por eso

que debemos buscar la combinación de la conservación y el cambio que está realmente en la acción, en lugar de solo en el ser” (En Gillispie 2016: 375).

Así, Mayer asocia fuerza con acción, y materia con ser; debido al principio de razón suficiente las fuerzas son indestructibles, variables e imponderables, por tanto, la equivalencia cuantitativa entre calor y trabajo es una simple instancia de esta indestructibilidad de la fuerza (en procesos físicos y en los seres vivos). Su primer ejemplo fue la conversión de la fuerza de caída o energía potencial gravitacional en energía cinética (fuerza de movimiento), y generalizó esto a otros procesos en física: movimiento, calor, luz, electricidad, y las diversas reacciones químicas pues: son todo el mismo objeto bajo diferentes formas aparentes.

En 1841 escribió un artículo titulado “Sobre la determinación cuantitativa y cualitativa de las fuerzas” (“On the Quantitative and Qualitative Determination of Forces”), en el cual postulaba que el movimiento se convierte en calor. Fue enviado a la revista *Annalen der Physik and Chemie*, pero lo rechazaron y no regresaron el manuscrito original.<sup>12</sup> En 1842 publicó un segundo artículo titulado “Comentarios sobre las fuerzas de naturaleza inorgánica” (“Remarks on the Forces of Inorganic Nature”). En él fue donde estableció el equivalente mecánico del calor: determinó que el movimiento adquirido por un 1kg de masa cayendo del reposo de una altura de 365 m representaba exactamente la misma cantidad de energía (fuerza) que la implicada en aumentar la temperatura de 1 kg de agua un grado centígrado: “El concepto sirve para conectar datos observables” (Mayer 1978:52).

El crédito hacia Mayer por hacer la primera publicación sobre el estimado cuantitativo del equivalente mecánico del calor y sus discusiones sobre algunas de sus consecuencias es reticente, debido a que dichas discusiones fueron imprecisas, a que no era un científico y a que sus tesis no fueron desarrolladas por las vías canónicas en la ciencia (Mirowski 1989:36). Su experimento no se tomó lo

---

<sup>12</sup> El manuscrito sobrevivió, y cuando el trabajo de Mayer eventualmente fue reconocido, el artículo se publicó en revistas y libros de historia de la ciencia. P. Buck (Ed): “Robert Mayer – Dokumente zur Begriffsbildung des Mechanischen Äquivalents der Wärme”. [Robert Mayer – documents on the emergence of concepts concerning the mechanical equivalent of heat] Reprinta historica didactica. Verlag B. Franzbecker, Bad Salzdetfurth (1980) Bd. 1: 20–26.

suficientemente enserio para garantizar otras descripciones y no reporta cómo hizo sus cálculos.

Como ya vimos, al principio del siglo XIX, el concepto de trabajo mecánico era utilizado para medir la *vis viva* en escritos tecnológicos. Este escenario, casi simultáneamente, le llevó a James Prescott Joule a establecer también la equivalencia cuantitativa entre calor y trabajo. Sus experimentos fueron realizados después de su trabajo en una cervecería, donde intentaba encontrar los principios apropiados de construcción de una máquina electromagnética que fuera rival de la máquina de vapor en eficiencia (Mirowski 1989: 40)<sup>13</sup>. En 1843, utilizando un experimento con una máquina electromagnética, Joule investigó los efectos caloríficos de una corriente eléctrica producida por movimiento. Con los resultados estableció la interconvertibilidad entre calor y trabajo mecánico y calculó su equivalencia, pero de forma independiente a Mayer. Más tarde, en 1845 usando su famosa rueda de paletas calculó la misma equivalencia. Con esto infirió que la energía era un tipo de movimiento y no un tipo de sustancia, como decía la teoría de Lavoisier, dado que podía ser creada o destruida por el movimiento mismo.

Sin embargo, su trabajo tampoco se consideró como el origen de la conservación de la energía. Por ejemplo, Elkhana (1974) afirma que Joule no merece el crédito de tal descubrimiento porque sólo estableció algunas fuerzas vagas que se podían convertir en calor. Aunque tenía la pista de un concepto más abstracto, nunca estableció que cada fuerza es, esencialmente, una manifestación diferente de la “misma cosa”, ni que la suma de fuerzas convenientemente convertida era una constante en cualquier sistema.

Así, ninguno de los dos obtuvo la generalidad y el rigor requeridos para considerarse históricamente como los descubridores de la conservación de la energía. Mayer tenía una aproximación positivista, cuando el calor se consume simplemente cesa de existir y es reemplazado por su equivalente mecánico. Sin necesidad de

---

<sup>13</sup> En 1835 Moritz Jacobi proclamó que una máquina electromagnética podría proporcionar una fuente de poder que era muy parecida a una ilimitada: los electroimanes rotando se mantendrían acelerando perpetuamente, conforme sus polos magnéticos fueran atraídos a los polos fijos y repelidos de los polos fijos al retroceder. Pero más tarde encontró que el poder de la máquina decrece conforme la corriente incrementa, y mostró que el poder mecánico y calorífico eran proporcionales uno al otro (Coopersmith 2015:245).

preguntarse por su naturaleza. Por otro lado, Joule usó una teoría dinámica del calor a partir de átomos para explicar la relación entre calor y trabajo: como el trabajo es movimiento, el calor debe estar en un estado de vibración y no ser una sustancia. Pero tampoco generalizó con rigurosidad el concepto de energía, como lo haría Helmholtz.

Las primeras investigaciones de Hermann von Helmholtz ocurrieron entre 1845 y 1848, y estaban dirigidas a refutar las afirmaciones vitalistas que trataban el cuerpo vivo como un móvil perpetuo. Helmholtz con influencia también de Kant, consideró la imposibilidad del movimiento perpetuo como una consecuencia de la ley causal (de nuevo: causa igual a efecto), donde esta necesita preservarse. Específicamente, sus experimentos trataron de mostrar que la fuerza mecánica y el calor producido por un organismo podrían resultar enteramente de su propio metabolismo. Más tarde, amplió este intento para cubrir todos los procesos físicos.

En 1847, publicó su artículo “Sobre la conservación de la fuerza” (“On the Conservation of Force”), en la que presenta una de sus primeras versiones de la conservación de la energía (fuerza) en diversos contextos: estableció la relación entre mecánica, calor, luz electricidad y magnetismo, considerándolos como diferentes formas de energía. Helmholtz elaboró la versión más general, matemática y moderna de su tiempo sobre la conservación de la energía (aunque tampoco inmediatamente reconocida).

En primer lugar, establece la imposibilidad del movimiento perpetuo: “con el supuesto de que es imposible en cualquier combinación de cuerpos naturales, crear continuamente fuerza de la nada” (Helmholtz 1971: 6)<sup>14</sup>, y entonces expresa matemáticamente este supuesto con la conservación de la *vis viva* y la conecta con las fuerzas centrales newtonianas: “Siempre que unos cuerpos actúen unos sobre otros por fuerzas de atracción y repulsión que son independientes de su tiempo y velocidad, la suma de sus *vis viva* y fuerzas tensionales debe ser constante. La

<sup>14</sup> “with the assumption that it is impossible by any combination whatsoever of natural bodies, to create force continually out of nothing”. (La traducción es mía).

máxima cantidad de trabajo que puede ser obtenida de ellos por tanto es fija y finita” (Helmholtz 1971: 15)<sup>15</sup>.

Así, para un sistema de cuerpos que actúan bajo fuerzas internas centrales (F), definió trabajo como  $\int F \cdot dr$  y verificó que el estado del sistema estaba definido por las posiciones y las velocidades de todos los cuerpos en un tiempo determinado. El trabajo liberado en cambiar el sistema de su estado inicial A a su estado final B tenía que ser igual al trabajo requerido para tomar el sistema de B a A, de lo contrario: “podríamos construir un móvil perpetuo”. Con ello fue capaz de probar todos los resultados estándar en mecánica, la conservación de la *vis viva*, por tanto, la máxima cantidad de trabajo entre A y B era fija y definida.

Además, estaba convencido de que la teoría del calórico era equivocada y atribuía el calor a partículas constitutivas de la *vis viva* y a la tensión de fuerzas de estas partículas (calor libre y latente respectivamente). Parte de la virtud de la elaboración de Helmholtz, cuyas intuiciones generales podemos también rastrear en Joule o Mayer, está en que usa la dinámica del siglo XVIII (ecuaciones diferenciales de la mecánica) con la conservación de la *vis viva* y asimiló el calor a ella aplicando la matemática analítica convencional a los problemas de la energía (Gillispie 2016: 384). Además, esta matemática será idéntica a los principios variacionales que mencionamos antes, lo que permitirá en un futuro que los principios de conservación sean subordinados a los de minimización.

Siguiendo a Gillispie (2016), podemos decir que históricamente la negación del movimiento perpetuo no es un hallazgo ni consecuencia de la termodinámica, sino que esta descansa o se funda en tal supuesto. Por tanto, la primera ley, emerge como producto de dicho supuesto, de la crítica complementaria a la noción de calor como sustancia (calórico) y de la articulación de las nociones de intercambiabilidad o de la identidad de la fuerza de la naturaleza, provenientes como hemos visto de la noción de que la causa debe ser igual al efecto (en magnitud). El calor es degradado, lo que se conserva es una cantidad más general que no se mide como sustancia, sino como

<sup>15</sup> “Whenever bodies act upon one another by forces of attraction and repulsion which are independent of time and velocity, the sum of their *vis viva* and tensional forces must be constant. The maximum quantity of work which can be obtained from them is therefore fixed and finite”. (La traducción es mía).

cambio que se expresa con una función: la suma del calor y trabajo. Por tanto, el calor es una forma de energía (p. 370).

Asimismo, podemos ver entonces que nadie descubrió la conservación en un experimento, sino que se asume, dice Gillispie, como una condición de la ciencia objetiva. Desde este punto de vista Helmholtz expresó lo que todo mundo asumía vagamente y lo fundamentó a partir de lo conocido: el movimiento. La mecánica le ofreció el camino para ir más allá de lo que Joule y Mayer de forma más metafísica y experimental hicieron desde el estudio particular del calor. Consecuentemente, Helmholtz fue el primero en establecer que el mismo principio puede tener manifestaciones diferentes, pero isomórficas: la imposibilidad del movimiento perpetuo es equivalente a la conservación de la energía y a los principios variacionales, y ellos parten del supuesto de la equivalencia entre causa y efecto o de que nada puede surgir de la nada. Este isomorfismo es una invocación a una estructura fundamental de la estructura del mundo; la revelación de la unidad en la diversidad de todo fenómeno, y esta inclinación se convierte en un principio adoptado por toda ciencia natural (Mirowski 1989). A continuación, intentaré conectar tales supuestos que dan forma a la termodinámica con la teoría del valor en economía durante la misma época.

## 2. La teoría del valor en economía clásica

Sin duda, una de las preguntas históricas más importantes en economía ha sido ¿de donde viene el beneficio o la utilidad en los procesos económicos? Asimismo, una de las formas en las que los economistas han tratado de responder a ella ha sido por medio de una teoría del valor de las mercancías en el intercambio económico: cómo y debido a qué factores se produce este. El valor en este contexto consiste en una especie de “precio normal” (no el precio diario) que tendrían las mercancías si no existieran las constantes variaciones y eventos contingentes que lo modifican (en términos del siglo XX sería un precio de equilibrio a largo plazo). De acuerdo con esta vía de respuesta al origen de la utilidad, el valor se encuentra en el corazón del

proceso que regula la vida económica, y se vuelve básica para explicar la distribución de la riqueza y el orden microeconómico.

El punto de partida de estas teorías del valor es la economía capitalista, y comúnmente el fundamento del valor se encontraba en las condiciones de producción; era en la fábrica y no en el mercado donde los bienes lo adquieren. Debido a que la mayor parte de la producción podía ser reducida al trabajo, esta aproximación se fue refinando como una teoría del valor-trabajo. Además, los economistas clásicos suscribían de una forma u otra una teoría de salarios de subsistencia, es decir, que el costo del trabajo era igual al valor de los bienes y servicios que una familia de clase trabajadora necesitaba para sus necesidades básicas.

Aunque hay algunas variaciones según diversos autores, muchos estudios señalan al menos a Smith, Ricardo y Marx como los tres teóricos más representativos de la escuela clásica. Por lo tanto, esbozaré algunos de sus supuestos básicos sobre la idea de valor en los dos primeros, para detenerme un poco más en el tercero, donde creo que encontramos más claramente el vínculo con la ciencia natural. No pretendo aquí ser exhaustiva de dicha teoría y su evolución, mucho menos de su teoría económica, me restringiré a señalar algunos de sus supuestos metafísicos y epistémicos, así como las características más importantes sobre el valor económico que les conectan con la física y en particular con la conservación de la energía.

## 2.1 Adam Smith y David Ricardo: primeros pasos hacia el trabajo como valo

Adam Smith, cuyas ideas centrales se desarrollaron durante la segunda mitad del siglo XVIII va a recibir una importante influencia de lo que ha pasado en la ciencia, y en particular en la física. Smith se apropia de algunos principios básicos que interpreta como newtonianos: él como Newton quiere crear un sistema del mundo, pero pretende construir la contraparte que se refiere al mundo social (consciente de que su aproximación es distinta). Este sistema del mundo social está fundado en la naturaleza humana y sus propensiones que Smith considera

universales, por lo que tienen la misma función que las propiedades de la materia física en el sistema newtoniano.

De acuerdo con D. A. Redmann (1997) el método de Smith en su análisis económico se puede resumir en los siguientes pasos: a) buscar la abstracción y aislamiento de las motivaciones y procesos sociales, b) examinar la interdependencia entre las partes, 3) generalizar las relaciones descubiertas en todas las situaciones similares (principios vía inducción), y 4) delinear inferencias de los principios generales o universales para formar un sistema que explique los hechos (pp. 212-3).

Así, Smith concibe el sistema económico como una máquina cuyas partes interactúan para mantenerse coherentes y estables, dentro del cual los individuos son “átomos” del mundo que actúan de acuerdo con propensiones universales. El equilibrio es obtenido por el intercambio de fuerzas en este sistema, y es el autointerés humano el que funge como gravedad, como la fuerza subyacente que estabiliza el sistema (Redmann 1997: 219). No obstante, decir que su metodología es newtoniana es ir demasiado lejos. Si bien usa algo de su terminología (fuerzas, gravedad, sistema, equilibrio) y tiene una perspectiva idealizada de la naturaleza humana (como Newton de la naturaleza), de la cual alcanzamos a clarificar sólo algunas pistas más que acceder a una certeza absoluta, Newton fue más bien una fuente de inspiración, un instrumento heurístico. La propuesta de Smith no será un sistema deductivo, mecánico ni matemático. Por el contrario, utiliza diversos recursos de distinta naturaleza donde se construyen distintos subsistemas mediante la experiencia, la razón, la historia, los axiomas morales, etc. En definitiva, Smith no sigue un conjunto de reglas metodológicas simples y sus métodos no coinciden con algo que pudiésemos llamar newtoniano de forma más o menos estricta.

Lo que es cierto es que, para Smith la filosofía natural apunta a un orden natural, una causa de ese orden como opuesto a la irregularidad y el desorden de las acciones humanas. Por lo que los principios de los que se apropia forman un sistema de relaciones causales uniformes a las que estamos sujetos todos los humanos (incluyendo máximas morales). Así, la conocida expresión de la mano invisible y otras similares a las que recurre Smith hacen alusión a estos mecanismos escondidos del orden natural que se refleja también el mercado como un estado de balance, una

forma de regulación natural, la providencia, una armonía que se muestra en la ventaja mutua del libre mercado (Redmann 1997: 233).

Como es bien sabido, su teoría económica está guiada por dos principios básicos que caracterizan la naturaleza humana y que configuran las causas centrales del sistema: el autointerés y la simpatía. Como dice Redmann, todo en *La riqueza de las naciones* (1776) depende del autointerés porque es la razón por la que la gente intercambia bienes y acumula capital, lo cual lleva a un mejoramiento no intencional de la condición humana. Análogamente, la simpatía explica el origen y naturaleza del juicio moral para crear lazos sociales. El balance social se alcanza por el intercambio de fuerzas opuestas generadas por estos dos factores; la competencia funciona como un sistema de libertad natural, en una sociedad cuyo sistema legal y estándares de moralidad negociante son productos del efecto de la fuerza de simpatía: “Son los sentimientos morales generados por la simpatía lo que dictan el sistema de libertad humana como en sistema legal justo” (Redmann 1997:239). En definitiva, podemos decir que de alguna forma moralidad, teología, jurisprudencia y economía dependen de la naturaleza humana centrada en estas dos características.

De acuerdo con este enfoque causal, de orden preestablecido e inevitable en el sistema y estos principios, las fuerzas del mercado establecen ciertos valores naturales de las mercancías, debido al funcionamiento de la competencia sobre la oferta y la demanda. Por lo tanto, dichos valores se convierten en un término de comparación o norma con la cual todos los precios artificiales, establecidos por interferencias y obstáculos en forma de reglamentos legales y monopolios, pueden ser cotejados.

En primer término, de la división del trabajo surge el comercio, como consecuencia necesaria de una propensión natural humana de intercambiar cosas y de allí los problemas del valor y la distribución (Smith 2011:44-6). A partir de este intercambio Smith explica la necesidad social de establecer un patrón de medida para realizar los intercambios, y cómo se han usado y concebido diferentes mercancías para tal fin. En particular, enfatiza el éxito de los metales como patrón de intercambio de mercancías debido a su capacidad de conservación y a su posibilidad de ser divididos tanto como se quiera (Smith 2011: 57). Sin embargo, la dificultad

para pesarlos y compararlos también ha sido un problema para establecer su valor, dando lugar a las monedas y el dinero como patrón de intercambio.

Ahora bien, Smith distingue entre valor de uso de la mercancía, en función de su utilidad, y valor de cambio, en función de su posibilidad para comprar otros bienes. Y a continuación se propone construir una explicación de cómo se determina el valor de cambio de las mercancías, entendido como un precio real, natural, así como bajo qué circunstancias el precio nominal puede estar por arriba o debajo de éste en los procesos económicos (Smith 2011: 62). Así, el precio particular del mercado en un momento dado tiende hacia su valor natural cuando las condiciones de libertad humana lo permiten. Sin embargo, como el mundo nunca es perfectamente libre, debido a privilegios, monopolios, impuestos, etc., entonces, precio y valor nunca coinciden completamente: “El precio natural [...] es como si fuera el precio central alrededor del cual los precios de todas las mercancías están gravitando continuamente” (Smith 2011: 100). Por ello, lo mejor era dejar que las cosas sigan su “curso natural en el mercado” y entonces el valor natural de las mercancías se convierte en el estado de equilibrio que establecería la competencia a través de la oferta y la demanda.

De esta forma, al filósofo y economista escocés, le interesa un patrón de medida en términos de los cuales puedan ser estimados los valores naturales de las mercancías y los cambios de las mismas. Es decir, nos encontramos aquí, como en física, con el supuesto de la búsqueda de la permanencia o la conservación (el valor de la mercancía) en medio del cambio (el precio). El precio natural refleja aquello que permanece, a saber, el valor de la mercancía, independientemente de los factores de cambio del proceso económico.

En particular, para Smith este precio natural que determina el valor se define como la suma de las tasas naturales de los salarios, beneficios<sup>16</sup> (que es componente natural de este) y rentas (todos ellos costos de producción). Pero, a su vez, para calcular estos costos de producción el trabajo es el patrón de medida posible porque

---

<sup>16</sup> Para él, la tasa de beneficios no aumenta como la renta y el salario con el bienestar de la sociedad ni baja como ellos con su decadencia, sino que su porcentaje es bajo por naturaleza en países ricos y alto en países pobres. Es decir, el beneficio no depende del salario sino de la inversión del capital realizado en la mercancía (Smith 2011: 88).

la productividad es la fuente de la riqueza moderna (trabajo socialmente dividido para producir e intercambiar mercancías): “iguales cantidades de trabajo, en todas las épocas y lugares, puede decirse que son de igual valor para el trabajador[...] Por lo tanto, solo el trabajo, que nunca varía en su propio valor, es el único patrón definitivo y real por el cual puede ser tomado y comparado el valor de todas las mercancías en todas las épocas y lugares. Es su precio real: el dinero es solo su precio nominal” (Smith 2011: 68).

De esta forma Smith distingue entre la cantidad de trabajo que cuesta la producción de una mercancía y el precio de intercambio en el mercado (nominal), pues admite que este valor no es el que es habitualmente estimado. El primero permanece y conforma, por decirlo así, la esencia del valor, y el segundo varía con las condiciones del mercado. Los bienes económicos podían aumentar de valor en el mercado, debido a múltiples factores que Smith señala y analiza, pero lo que permanece invariable es el trabajo, a saber, el desgaste físico e intelectual para producirlo.

No obstante, el escocés reconoce que, en el intercambio real, lo que ocurre es que se intercambian por otras mercancías, por dinero y que el trabajo termina comparándose con otras mercancías (cereal, trigo, metales). Pero siempre se hace en función de las cantidades de trabajo que ordenan. Dentro de estas cantidades, es evidente que el producto del trabajo no siempre pertenece al trabajador, porque una cantidad de este se destina a los beneficios del capital, que adelantó salarios y materiales (Smith 2011: 89). Entonces el trabajo “mide el valor no solo de aquella parte de precio que se resuelve en trabajo sino de la que se resuelve en renta y la que se resuelve en beneficios” (o en alguna combinación de ellos) (Smith 2011: 90).

Sin embargo, su propuesta no es consistente: en ocasiones dice que la cantidad de trabajo es la medida real del valor de cambio de todas las mercancías y confunde el precio con la cantidad de trabajo para producir un artículo. Es decir, en sus escritos, en algunas ocasiones el valor está determinado por la cantidad de trabajo gastado en la producción de un objeto, y en otras por la cantidad de la cual pueda disponer en el mercado (Dobb 2004: 63-64).

Si el trabajo es la medida real del valor de cambio de las mercancías, entonces la cantidad de trabajo que determina el valor de una mercancía depende del valor de éste: “Ellos [los bienes] contienen el valor de una determinada cantidad de trabajo que intercambiamos por lo que suponemos alberga el valor de una cantidad igual” (Smith 2011: 65). En este proceso, el trabajador es pagado por la hora de trabajo mientras que el capitalista es pagado por la cantidad de capital y el tiempo que está involucrado en el proceso de producción. Entonces la cantidad de trabajo que el trabajador debe realizar para producir una mercancía tiene que ser mayor que la necesaria para reconstituir su propio salario (satisfacer sus necesidades básicas) y los medios de producción gastados; dicha cantidad debe también pagar los beneficios del capitalista. Para Smith en toda sociedad existe una tasa corriente o media de salarios y beneficios que depende de las condiciones generales de la sociedad; su riqueza, estancamiento y la naturaleza de sus empleos. Cuando el precio de una mercancía es igual que sus tasas naturales, entonces se vende exactamente por lo que vale: por su precio natural (Smith 2011: 97). Pero normalmente tenemos fluctuaciones debido a la oferta y la demanda que hacen que el precio nominal oscile alrededor del natural, porque varían los salarios, la renta o los beneficios, ya sea por causas naturales o sociales.

Por tanto, el cambio entre producto de trabajo y trabajo no tiene lugar según cantidades de trabajo equivalentes (Bianchi 1975: 50). Es decir, el intercambio de mercancías resulta regulado no por las cantidades de trabajo en ellas contenido, sino por las cantidades de trabajo que dichas mercancías pueden ordenar o poner en marcha: “El trabajo mide el valor no solo de esa parte del precio que se agota en trabajo, sino también esa otra que se agota en la renta de la tierra y la que se agota en beneficio” (Smith 2011: 153).

Adicionalmente, en este marco explicativo, el valor del trabajo no termina por ser constante; para Smith la naturaleza establece un salario mínimo, para satisfacer las necesidades del trabajador, pero este puede variar con la oferta y la demanda del mismo, el crecimiento de la riqueza nacional y con su dificultad o las habilidades necesarias para realizarlo. El salario constituye la recompensa natural del producto del trabajo, pero, como ya dijimos también, este último es compartido con el patrón,

porque parte del valor que le añade a las mercancías se va en beneficio (Smith 2011: 135-6).

Estos esbozos muestran que la teoría de Smith se enfrenta a diversas dificultades, en primer lugar, no parece haber una definición consistente del trabajo como valor. Parece que no está claro cómo determina el beneficio y renta que constituyen también el valor de la mercancía (2011: 1328). Por otro lado, la circularidad con que a veces trata el trabajo impide que se convierta en un patrón de medida absoluto, como pretende (eventualmente recurre de nuevo a la referencia del cereal, el trigo, los metales). Y, finalmente, tampoco queda claro cómo se puede saber cuánto trabajo incorporado tiene una mercancía en el mercado, por poner algunos ejemplos. Más allá de estas dificultades, lo que me interesa señalar es que Smith está buscando un patrón de medida absoluto, análogo al de la mecánica en el movimiento, la conservación de una cantidad que sirva como referencia para explicar el cambio. Si bien no lo logra, la intuición de que dicho patrón es el trabajo, resulta un avance que permitirá en esta categoría una evolución similar a la que tuvo la energía.

David Ricardo parte de la misma idea de Smith sobre reducir la economía a un estado estable de equilibrio. Sin embargo, según diversas interpretaciones de su trabajo, Ricardo tiene preferencia por modelos más abstractos, definiciones rígidas o razonamientos silogísticos que, aunque posiblemente buscaban mayor rigor, generan una sobre-simplificación de los problemas económicos.

Para Ricardo, el problema principal de la economía que había que resolver consistía en “determinar las leyes que regulan la distribución de los ingresos [...] respetando el curso natural de la renta, el beneficio y los salarios” (Works 1:5). Para ello, entendía el concepto de ley como una relación (ideal) estable y confiable entre variables económicas. Por lo tanto, estas leyes o relaciones ideales de distribución permitirían deducir una teoría del valor (restringida a las mercancías básicas y necesarias). En este proceso Ricardo también está muy interesado en encontrar un patrón absoluto de este. Con algunas reminiscencias de los fisiócratas, en momentos reflexiona sobre el grano o el oro como referentes absolutos, pues estos apelan a un valor “natural” en los propios objetos, pero pronto se da cuenta de que estos también

son variables, debido a que su valor puede cambiar con la tecnología y sus variaciones de producción (89).

Así, Ricardo como Smith, considera que el trabajo es la medida invariable del valor. No obstante, el primero critica al segundo cuando afirma que la determinación del valor de una mercancía no está en la cantidad de trabajo empleado en la producción de un objeto determinado, sino en la cantidad de trabajo que la posesión de dicho objeto permite exigir en el mercado. Apunta que Smith procede como si estas fueran expresiones equivalentes, en cambio, él distingue entre valor del trabajo y cantidad de trabajo, y en qué condiciones el valor de este puede ser una medida invariable que no se somete a las fluctuaciones de la oferta y la demanda: eso solo ocurriría cuando todo el producto del trabajo perteneciese al trabajador (Bianchi 1975:58).

Asimismo, Ricardo señala que, aunque la determinación del valor parte de la cantidad de trabajo contenida en las mercancías, esta ley se puede modificar por los distintos capitales invertidos en la producción de mercancías. Entonces estos capitales introducen otra causa de variación en los valores relativos de los bienes, independiente del mayor o menor trabajo necesario para producirlos, esto causa la alta o baja de salarios. Luego desarrolla toda una teoría del salario y el beneficio para mostrar que son inversos sin afectar el valor relativo de la mercancía. Así, la determinación del valor por el tiempo de trabajo es, para él, la ley del valor de cambio y deriva de ella todas las relaciones y fenómenos económicos:

Por consiguiente, mientras el trabajo de una jornada continúe proporcionando a uno la misma cantidad de pescado y a otro la misma cantidad de caza, la tasa natural de los precios respectivos de cambio seguirá siendo siempre el mismo, por mucho que varíen los salarios y la ganancia y pese a todos los efectos de la acumulación de capital [...] Hemos conceptualizado el trabajo como la base del valor de las cosas, y la cantidad de trabajo necesaria para su producción como la regla que determina las cantidades respectivas de las mercancías que deben darse a cambio por otras: pero no hemos pretendido negar que haya en el precio corriente de las

mercancías cierta desviación accidental y pasajera de ese precio primitivo y natural (Ricardo 1821:28,32, citado en Marx 1975: 16)<sup>17</sup>.

Ahora bien, de acuerdo con Ricardo, el precio natural del trabajo depende del precio de la comida y lo necesario para sostener al trabajador y su familia. Cuando estos productos se elevan, también lo hace el salario y viceversa (regulado por la oferta y la demanda de trabajo según la población). Por tanto, el valor es determinado por la cantidad de trabajo necesaria para la producción de la mercancía, pero debe incluir el trabajo usado para producir los materiales y el equipo gastado (en el caso de la agricultura el trabajo de tierra más pobre). Así, los salarios son determinados por los valores de los bienes y servicios que la familia de la clase trabajadora necesita para sobrevivir y reproducirse; el capitalista paga los suministros a los trabajadores y vende el producto por un precio determinado por la cantidad de trabajo que tomó producirlo. Lo que queda es su beneficio. Si los salarios suben el beneficio disminuye y viceversa.

Sin embargo, Ricardo se da cuenta de que el trabajo no podía ser un estándar invariante de valor porque algunas industrias utilizan mucho trabajo y poco capital y otras viceversa, entonces la distribución del ingreso entre salarios y beneficios van a alterar los costos en diferentes industrias por cantidades diferentes. Cuando se aumenta la facilidad de producción por máquinas o conocimientos científicos, el valor intercambiable de este trabajo baja consecutivamente (Ricardo 1821: 59). Por tanto, solo puede constituir una medida para el valor de las cosas que se produjeran en las mismas circunstancias.

Así, tanto para Smith como para Ricardo, el trabajo humano es el fundamento de la acumulación capitalista y para ambos, a largo plazo, es útil la noción de estado estacionario, como ya dijimos. Sin embargo, para el primero, el valor de la mercancía estaba determinado por la suma de costos involucrados en la producción que depende del uso de la tierra, capital y trabajo requeridos para producir la misma, la determinación de estos pagos necesarios era considerada dentro de la dinámica de la

---

<sup>17</sup> Aquí Ricardo rechaza que las variaciones de valor de cambio se deban a la ley de oferta y demanda, o de la escasez y abundancia en relación con la demanda, como afirma Lord Lauderdale.

oferta y la demanda. Para Ricardo era prioritario dar respuesta al problema de la distribución para calcular el efecto sobre los precios de un cambio en los salarios.

En ningún caso logran una teoría del valor libre de problemas, y Ricardo se da cuenta de las dificultades para establecer una medida invariable de este. En la sección “Sobre una medida invariante del valor” (sección VI) concluye que un patrón inalterable de este, no sujeto a ninguna fluctuación a las cuales están expuestas las demás mercancías, es imposible porque no existe una mercancía que en sí misma no esté expuesta a las mismas variaciones que las cosas cuyo valor ha de ser investigado. Aunque siempre se requiera la misma cantidad de trabajo para obtener una misma cantidad de oro, de capital fijo y circulante con que sería producido, no es siempre igual o las mismas cantidades (y todas las diferencias de capital pueden ser reducidas a diferencias de tiempo). El patrón es, por tanto, posible como aproximación, pero no en principio.

Estos esbozos generales sobre la concepción del valor en Smith y Ricardo y algunas de sus dificultades nos señalan que ambos tienen, como dije, la intuición de que el trabajo puede ser ese parámetro que permite una medida invariable del valor de una mercancía que a su vez regule los procesos económicos. Sin embargo, las dificultades de circularidad, consistencia y las invocaciones a los fisiócratas, que atribuían a la agricultura como la única actividad de creación de la riqueza y, por tanto, a sus productos materiales como las únicas mercancías donde radicaba el valor, impidieron realizar ciertas distinciones. No obstante, abrieron la puerta para que Marx incorporara en la teoría económica las relaciones sociales de producción y, en particular, la aparición históricamente condicionada de un proletariado que constituye el pivote de su teoría de la plusvalía.

## 2.2 La teoría del valor de Marx

Curiosamente, es en Marx donde encontraremos más claramente un paralelismo metafísico y epistémico con la construcción de la conservación de la energía, a pesar de que, para Marx, a diferencia de Smith y Ricardo, las mercancías y, por tanto, el trabajo no tiene un valor por naturaleza, sino que este es producto de la organización

social, que a su vez está determinada por su modo de producción (capitalismo industrial para la sociedad moderna). Es decir, si a primera vista parecería que Marx se aleja de encontrar un orden natural y justificación del proceso económico en resonancia con la filosofía de la naturaleza, no obstante, su visión sobre el valor de las mercancías parece compartir los supuestos que hemos visto guían la constitución de la conservación de la energía.

Ello, anticipo, apunta a dos consideraciones que no están desvinculadas: una preocupación marxiana por construir un pensamiento científico tal y cómo se concebía en el pensamiento moderno, en términos de hipótesis contrastables, por tanto, influido por éste. Y, por otro lado, una inevitable influencia cultural, si bien implícita, por parte de la estructura metafísica de la ciencia y su expresión epistemológica, que son parte del ambiente de la época.

Si bien la primera respuesta exigiría una exploración del pensamiento de Marx que no es lo que nos ocupa aquí, podemos señalar brevemente que de acuerdo con J. Muñoz, la expresión de socialismo científico se refiere a la “fundamentación racional de los objetivos socialistas mediante el conocimiento científico” (2018: XLIV) en contraste con los revolucionarios meramente especulativos y utópicos. Por tanto, según estas consideraciones, Marx se proponía establecer conocimiento científico de la realidad social que incluía una teoría del modo de producción capitalista, una teoría de las ideologías, acompañada de hipótesis heurísticas, pero también le interesaba una programación política con vistas a la transformación de esa misma realidad social. En este sentido, el marxismo pretende ser análisis científico y práctica política, o como dice el propio Muñoz, “no es sólo ciencia” (Muñoz 2018: LIX)<sup>18</sup>. Sin embargo, cabe también aclarar Marx nunca se propuso elaborar leyes universales, no internas a una formación determinada, como tampoco pretendía probar el acontecimiento o la predeterminación de nada (Muñoz 2018: LXV).

---

<sup>18</sup> No pretendo abordar aquí la polémica de si la teoría marxista es científica o no, pues este me parece hasta cierto punto un debate estéril, en la medida en que, el propio criterio de demarcación filosófica de la ciencia es hasta la fecha sumamente problemático. Tampoco me parece demasiado relevante darle tal estatus, la función del marxismo cumple con otros fines culturales. Baste decir que Marx intentaba establecer hipótesis que fueran contrastables con la experiencia y en ese sentido cuenta con múltiples ejemplos. En tal sentido podemos decir que su teoría es también ciencia, si bien no se reduce ni se fundamenta en tal estructura.

La segunda consideración adquiere plausibilidad (y no excluye la posibilidad de la primera) si pensamos en la sincronía que tienen los dos procesos que estamos revisando: si la obra más importante y madura de Ricardo que es *Los principios de economía política y tributación* aparece en 1817, el desarrollo teórico de Marx va a coincidir en buena parte con la construcción de la termodinámica y especialmente (aunque no solamente) con la consolidación de la conservación de la energía en la mitad del siglo XIX pues en 1847 publica *Miseria de la Filosofía*, donde se van configurando ya su teoría del valor. Pero su teoría completa del modo de producción capitalista desarrollada en *El Capital* puede ubicarse en 1859<sup>19</sup>, pocos años después del desarrollo de Helmholtz y en pleno desarrollo industrial.

Ahora bien, como es de sobra conocido, el materialismo histórico en el que se desarrolla la teoría de Marx (y Engels) constituye una teoría de la historia que se ha interpretado de muy diversas formas y que, como afirma J. Muñoz, se convirtió en “una concepción del mundo, un guía y un método, una filosofía especulativa de la historia más o menos deudora del procesualismo metafísico hegeliano [...]” (2018: XXVII). De tal forma que a partir de una narrativa genético-estructural Marx intenta dar cuenta del desarrollo histórico de las relaciones sociales hasta llegar al capitalismo industrial a través de distintas estrategias como el análisis histórico, la teoría explicativa o la crítica, tanto ética-política como epistémica (Muñoz 2018: XLII)

Para Marx la naturaleza es la fuente de los valores de uso, su riqueza material y su utilidad, en las mercancías del capitalismo, pero es el trabajo como actividad humana, la fuente de toda riqueza en la medida en que el hombre se hace su propietario ejerciendo su poder y dominio sobre esta. Así, el hombre actúa sobre la naturaleza transformándola, haciendo uso de objetos y medios de esta, pero a su vez se transforma él mismo, ya que es parte de esta. Este es el esquema general en el cual el trabajo genera valores de uso (las cualidades sensibles y concretas de los objetos que sirven para un fin) y es fuente de toda riqueza. Este valor se opone con el valor de cambio, al cual se intercambian las mercancías. Por tanto, a diferencia del valor de

<sup>19</sup> En 1859 publica *Contribución a la crítica de la economía política* y en 1867 publica el libro 1 de *El Capital*.

uso, el valor de cambio es de naturaleza cuantitativa y variable<sup>20</sup>: “En cuanto valores de uso, las mercancías son ante todo de cualidades diferentes; en cuanto valores de cambio, no pueden diferir más que en cantidad, por lo que no contienen ni un átomo de valor de uso” (Marx 2018: 86).

Por lo tanto, una pregunta crucial para Marx respecto de cómo se explica esta fuente de riqueza es cómo adquiere valor una mercancía. Si en el mercado regían relaciones contractuales libres para las cosas y la competencia aseguraba un intercambio de equivalentes de acuerdo a los valores naturales, entonces ¿de dónde surgía un excedente o ganancia? Es la respuesta a esta pregunta la que guía la construcción de su teoría del valor, que es en última instancia, la explicación de la utilidad y la plusvalía, en función de la división del trabajo. Para Marx el valor de cambio y, por tanto, el beneficio o la utilidad, no son algo natural (como para Smith), sino que están determinados por la organización social del sistema de producción (y no el intercambio libre entre individuos)<sup>21</sup>. Además, a diferencia de Smith y Ricardo, para Marx, la producción, la distribución, el cambio y el consumo son todos miembros de una totalidad en que hay acciones recíprocas en que unas modifican a las otras orgánicamente (Marx 2018: 74).

En primer lugar, para dar cuenta de la constitución del valor, Marx reconoce como un acierto que tanto Smith como Ricardo consideraran el trabajo, abstraído de sus consideraciones concretas, como fundamento de la acumulación capitalista y se alejaran de las consideraciones de los fisiócratas, donde este radicaba en las fuerzas naturales de la producción y los caracteres materiales del trabajo. En sus palabras:

Después de haber sido sucesivamente declaradas como verdaderas fuentes de la riqueza las firmas particulares del trabajo concreto, tales como la agricultura, la industria, la navegación, el comercio., etc., Adam Smith proclamó el trabajo en general, y además bajo su aspecto social total de división del trabajo, como la única fuente de riqueza material o de los valores de uso (Marx 1970: 85).

<sup>20</sup> Esta oposición es común en la época entre los economistas (Proudhon, Sismondi, Lauderdale), pero la explicación y relación entre ellos varía. Por ejemplo, Proudhon lo explica en términos de la utilidad y la opinión, entre el comprador libre y el productor libre.

<sup>21</sup> A este respecto Marx dice en *Miseria de la Filosofía* que la competencia entre los representantes de la oferta y los de la demanda generan el valor dinerario de la mercancía (por el que se vende) (1975: 12).

Así, Marx reconoce que: “Adam Smith al rechazar todo el carácter determinado de la actividad productora de riqueza y considerarlo trabajo sin más, no trabajo manufacturado, ni comercial, ni agrícola, sino tanto uno como otro, realizó un progreso importantísimo.” (1970: 247). Sin embargo, en su consideración, ni Smith ni Ricardo utilizan todo el alcance teórico de su afirmación. Smith tiende, según Marx, a considerar preminentemente el trabajo agrícola, cayendo finalmente en el mismo error de los fisiócratas cuando insiste en explicar los caracteres históricos de un sistema productivo en función de elementos naturales y eternos de la producción (recuérdense sus consideraciones sobre el trigo y los cereales).

Por otro lado, Ricardo, dice Marx, nunca investiga el valor según la forma determinada que el trabajo asume como sustancia del valor, sólo que las magnitudes de los valores de las mercancías guardan entre sí es la misma relación que las cantidades de trabajo necesarias para producirlas: “en general no considera más que la determinación cuantitativa del valor de cambio, según la cual el valor de cambio es igual a un determinado *quantum* de tiempo de trabajo, olvidando la determinación cualitativa, según la cual el trabajo individual debe representarse mediante su alienación como trabajo social, abstractamente general” (1974: 233). Por lo tanto, según él, Ricardo intenta determinar un valor relativo en función de otro valor relativo que, a su vez, necesita ser determinado.

Así, para resolver esto, vemos como comienza a perfilarse lo que para Marx es el rasgo específico y fundamental de la existencia misma del capital: el carácter abstracto del trabajo, que permitirá determinar ese patrón de medida buscado. Ello se hace evidente en la siguiente cita:

Cuando abstraemos su valor de uso [de las mercancías] hacemos también abstracción de los elementos y formas corpóreas que la convertirían en valor de uso. Ya ha dejado de ser mesa, o casa, o hilados o cualquier cosa útil. Se han disuelto todas sus características sensibles. Tampoco es ya producto del trabajo del carpintero, o del albañil, o del hilandero, ni de ningún otro trabajo productivo determinado. Con el carácter útil de los trabajos representados en ellos, desaparecen, pues, también las diferentes formas concretas de esos trabajos, que dejan de

diferenciarse y se reducen todos juntos a trabajo humano igual, a trabajo humano abstracto (Marx 2018: 86).

Así, de acuerdo con Bianchi, la convicción de Marx es que el intercambio de mercancías sólo es posible en la medida en que se hace abstracción de sus valores de uso particulares, es decir, de su representación cualitativa y se les considera equivalentes, intercambiables, de acuerdo con determinadas relaciones cuantitativas (valor de cambio); del mismo modo el trabajo creador de estos valores existe no según su forma útil, sino en cuanto puramente abstracto, trabajo sin cualidad (Bianchi 1975: 71). Este proceso resulta central en la teoría del valor de Marx, puesto que representa el proceso donde el trabajo adquiere una lógica autónoma como sustancia del valor, éste tiene que representarse como mercancía para ser intercambiable por éstas:

Para medir los valores de cambio de las mercancías mediante el tiempo de trabajo incorporado en ellas, es necesario que los diferentes trabajos sean reducidos al trabajo no incorporado en ellas, es necesario que los diferentes trabajos sean reducidos al trabajo no diferenciado, uniforme, simple, en una palabra: al trabajo que es idéntico por la calidad y no se distingue más que por la cantidad (Marx, 1970: 49).

226

Nº 93  
Mayo  
junio  
2020

De esta forma, el valor de las mercancías se mide por el número total de horas de trabajo indiferenciadas y socialmente necesarias empleadas en ellas. A su vez el trabajo socialmente necesario es aquel que se realiza bajo la fuerza productiva del trabajo y la intensidad del trabajo promedio (destreza, tecnología, condiciones, etc.). Este trabajo representa el tiempo abstracto de trabajo de un individuo que no se distingue de los demás individuos (simple gasto cuantitativo de fuerza humana). (Bianchi 1975: 79). Pero, Marx insiste en *Miseria de la filosofía* (1846), este valor no se determina por el tiempo en que una cosa ha sido producida (como parece a veces sugerir Ricardo), sino por el mínimo de tiempo en que puede ser producida, lo cual se establece en el mercado por la competencia (Marx 1975: 31)<sup>22</sup>: “En el principio, no

---

<sup>22</sup> Esta es la misma idea que usa en su referencia al fetichismo de las mercancías en *El Capital*, cuando afirma que: “una determinada relación social entre los hombres asume, ante sus ojos, la forma fantástica de una relación entre las cosas.

hay intercambio de productos sino intercambio de trabajos que concurren a la producción” (Marx 1975: 40)<sup>23</sup>.

Así, el trabajo es el empleo real y efecto de las fuerzas productivas mediante las cuales se modifica el valor de uso y se añade valor a las mercancías, pero no es el mismo una mercancía. La fuerza de trabajo está constituida por las capacidades físicas e intelectuales que se ponen en movimiento cuando se producen valores de uso, y esta es una mercancía que el obrero vende al empresario (Muñoz 2018: XCI).

En definitiva, según Marx dice Bianchi, solo partiendo del trabajo concreto (individual) y llegando al abstracto (social) puede comprenderse la formación de valor: justifica la homogeneidad cualitativa de las mercancías y permite la formación de valor de cambio en su aspecto cuantitativo (Bianchi 1975: 32). Es decir, se vuelven conmensurables: “Como la magnitud de valor de una mercancía representa sólo el *quantum* de trabajo contenido en ella, las mercancías, tomadas en cierta proporción, tienen que ser siempre valores de igual magnitud” (Marx 2018: 94). Concluyentemente, las mercancías cuentan como cantidades determinadas de trabajo objetivado o abstracto, que a su vez cuentan según la medida de su tiempo: el capitalista ha comprado la fuerza de trabajo por un determinado periodo de tiempo (p.107).

Este proceso de abstracción del trabajo guarda una relación paralela al que observamos en el caso de las fuerzas naturales, que pasaron de sus características cualitativas concretas, como magnetismo, calor, electricidad, etc., a su abstracción, posibilitando su intercambio o equivalencia cuantitativa (nótese que la definición más común de energía en física es, justamente, la capacidad de realizar un trabajo). Veamos cómo lo expresa Marx: “¿Cómo medir la magnitud del valor? Mediante el *quantum* de sustancia formadora de valor, el *quantum* del trabajo contenido en él [...] lo que determina la magnitud de valor de un valor de uso es solo el *quantum* de trabajo socialmente necesario o tiempo de trabajo socialmente necesario para su producción (Marx 2018: 87,88)”.

<sup>23</sup> El intercambio de productos corresponde a la forma de producción que a su vez responde al antagonismo de clase, según Marx.

Ahora bien, la materia nutriente necesaria para reemplazar la energía utilizada en el trabajo era el insumo material incluido en el trabajo humano; y la posibilidad y dimensiones de la plusvalía dependían de que el valor de la primera fuera menos que el valor creado como producto del trabajo que sostenía, es decir, la diferencia entre el tiempo de trabajo necesario (insumo) y el tiempo de trabajo total realmente gastado en la producción. Así, cuando Marx distingue entre trabajo y fuerza de trabajo, establece también que tal diferencia depende de que exista un proletariado desposeído de propiedad. De esta forma, la fuerza de trabajo se convierte en una mercancía susceptible de ser adquirida en el mercado y venderse por su valor de acuerdo a las reglas de la competencia. Por tanto, la jornada laboral incluye el trabajo necesario y el plustrabajo. Durante el primero el trabajador repone su valor, durante el segundo trabaja sin remuneración, para el capitalista.<sup>24</sup> (Dobb 2004: 169).

El poder de trabajo era el número de horas que debía trabajar un hombre para ganar un salario para subsistir y reproducirse, la diferencia entre la cantidad de ese tiempo y el tiempo adicional que el empleador obliga a permanecer en el trabajo es la medida de la explotación del trabajador, la plusvalía o la ganancia, porque el capitalista vende todo el tiempo de trabajo incorporado en los bienes que el trabajador ha producido (Diggins 2003: 117). Por tanto, el valor de los productos está determinado por el trabajo contenido en ellos, no por aquella parte de trabajo contenida en ellos que ha sido pagada por el patrón. De esta forma, podemos ver que la formulación marxiana del valor se fundamenta en la distinción entre valor como tal (según la forma) y su forma fenoménica, el valor de cambio (las relaciones entre las magnitudes de valor).

Asimismo, resulta evidente para Marx que el trabajo (concreto) tiene una relación causal con la creación del valor, sin embargo, esta es invertida pues, en tanto mercancía su fuerza de trabajo (abstracto) sólo se retribuye en tanto efecto: A este respecto afirma Marx: “[...] como mercancía el obrero no vende el uso que se hace de sí mismo, no se vende como causa, sino como efecto” (Marx 1972: 67). Por esta inversión, afirma que el trabajo humano es cosificado (el trabajador es en última

---

<sup>24</sup> Esta era la relación de explotación crucial en que se basaba la estructura de la distribución del ingreso entre aquellos que son propietarios y los que no lo son.

instancia mercancía) y las cosas personificadas, lo que llama el fetichismo de las mercancías en las que se establecen “relaciones de cosas entre personas y relaciones sociales entre cosas” (Marx 1968: 38)<sup>25</sup>. De igual forma, para Marx, como ya anunciamos, esta inversión que implica la reducción del trabajo a trabajo abstracto no es un proceso o hecho natural, un reflejo del orden natural en el económico, como podría ser para Smith, sino es un proceso histórico que está determinado por las relaciones de producción específicas del capitalismo.

Así, antes de Marx no hay un doble carácter del trabajo. Aunque ya dijimos que Smith y Ricardo distinguen implícitamente entre trabajo concreto y abstracto (cuantitativo y cualitativo), no realizan el salto completo al trabajo general que es el creador de valores de cambio, como pura determinación cuantitativa, y que se distingue del trabajo como productor de valor de uso, como actividad útil, concreta y específica (Bianchi 1975: 81-3). Por tanto, en la teoría marxista, la generación de la plusvalía y la justificación de la sustancia del valor son una y la misma, producto de la completa abstracción del trabajo.

Pero Marx no se salva de tensiones, ya que como afirma Mirowski, podemos encontrar en sus textos dos versiones de la teoría del valor-trabajo: una del valor cristalizado o la aproximación sustancial y otra de la aproximación del costo real. En la primera, el tiempo de trabajo extraído del proceso de producción reencarna en la mercancía, y subsiste a cualquier actividad del mercado. Más aún, en ella, el valor no desaparece cuando la mercancía se consume por el uso; más bien, éste pasa hacia la siguiente mercancía (si el uso está localizado en la esfera de la producción) o en el ser humano que consume la mercancía (para aportar su fuerza de trabajo). En la segunda, el valor tiene un carácter contingente, porque una mercancía solo posee

---

<sup>25</sup> A este respecto, el trabajo abstracto, también da cuenta y se relaciona con la enajenación del trabajo (proveniente de la filosofía hegeliana) en la economía capitalista, donde el trabajador produce un objeto extraño, que no le pertenece (porque no es dueño de los medios de producción), porque lo empobrece más mientras más produce (en un proceso contradictorio) y porque la alta especialización y división que el producto final de su trabajo le sea ajeno, un objeto con el que no tiene ningún vínculo y que le es misterioso, y que en últimas cuentas le convierte también a él en mercancía (Marx 2018: 210). Hay una contradicción entre el proceso de producción y de valorización que es resultado de la separación de los productores inmediatos y los medios de producción

valor en relación a la configuración de la producción del momento (no importa la historia). La primera construye una dinámica basada en una unidad invariante, en la misma línea de las teorías de la sustancia natural cartesiana, que lo vinculan con la historia de la energía que hemos esbozado en la primera parte de este trabajo. La segunda evita invariantes explícitas y apunta a una secuencia de equilibrio estático en donde la unidad de valor-trabajo no es comparable con la siguiente (la magnitud de la ganancia puede ser alterada en el intercambio).

### 3. Relaciones entre termodinámica y economía: la conservación de la energía y la teoría del valor

Como ya hemos apuntado, en estos dos breves relatos encontramos un conjunto de semejanzas estructurales que a su vez resultan paralelos temporalmente. Estas semejanzas se presentan a nuestra consideración como elementos sugerentes para aportar una lectura filosófica plausible sobre la heteronomía de la ciencia, sus relaciones y el contexto social en el que se gestan.

Lo que intento mostrar es que el proceso de cómo se realiza la abstracción del movimiento en la naturaleza a través de la fuerza y luego de la energía, resulta análogo, en varios sentidos, a la forma en que se abstrae el valor económico de las mercancías en el concepto de trabajo en la economía clásica, particularmente, en la teoría marxista. Asimismo, esta estructura análoga en ambas disciplinas habla no sólo de una mutua influencia entre disciplinas, sino, sobre todo de la importancia cultural, tanto de la ciencia moderna como del capitalismo en la configuración más básica de la realidad. Es decir, que los supuestos de la metafísica que guían estos dos fenómenos, ciencia natural y capitalismo, permean en nuestra forma de estructurar el mundo y eso se vuelve particularmente significativo en la termodinámica y la teoría del valor entre los siglos XVIII y XIX.

En primer lugar, el análogo económico del surgimiento de la escuela racionalista y mecanicista cartesiana, que como ya señalamos considera que “de la nada, nada se hace”, establece la *res extensa* como sustancia del mundo físico, lo podemos encontrar en el antecedente de la escuela clásica de origen también francés: los fisiócratas buscaban una base natural para la economía y una idea de la sustancia del valor. Este

intento, en términos generales, consistía en expresar el valor de una mercancía y la actividad económica en una métrica propia, abstracta, donde sus cualidades primarias estuvieran separadas de las secundarias, como la fluctuación de las condiciones monetarias y eventos contingentes de la economía. Tal proyecto, por tanto, presenta una conexión con los intentos de entender el movimiento abstraído de sus cualidades secundarias también, como reducido a un número. El origen común de la búsqueda de un fundamento natural para el valor no es una coincidencia pues, como también hemos apuntado someramente, varios de los filósofos de la naturaleza que trabajaban en los problemas de la ingeniería o de la mecánica y que exploraron la idea de los principios de conservación física, como Leibniz o Joule, estaban involucrados con los procesos económicos y de eficiencia. Ya vimos cómo el propio Leibniz promovió la analogía entre la medida de la extensión y la del valor económico.

Ahora bien, el modo de hacer esto, en ambos casos, era a través de un tipo de conservación o invarianza, justamente, la idea de Lindsay que hemos recuperado al inicio de este trabajo en la que se presupone que algo permanece constante en medio del cambio. En el caso de la conservación de la energía, este presupuesto permanece vigente, pero se va desplazando a través de diferentes magnitudes, de  $mv$  a  $mv^2$ , entre Descartes y Huygens o Leibniz, entre energía de movimiento y energía en reposo con Lagrange, del calor como sustancia con Lavoisier y Carnot, a la relación entre calor y trabajo con Mayer y Joule, etc., hasta que adquiere suficiente generalidad con Helmholtz para establecer una equivalencia cuantitativa entre toda la diversidad de fenómenos concretos del movimiento. Lo cual lleva a *grosso modo*, a la conclusión de que las diferentes fuerzas son, esencialmente, una manifestación diferente de la “misma cosa”<sup>26</sup> y que la suma de fuerzas convenientemente convertida era una constante en cualquier sistema.

---

<sup>26</sup> No obstante, elaborarlo en estos términos puede llevar a la exigencia de clarificar, en términos ontológicos, qué es “esa cosa” que permanece. Tal cuestión que ha sido y sigue siendo problemática en la teoría física y que lleva, con más éxito a una perspectiva ontológica más relacional que sustancialista de la física, que además se hace más evidente con la estructura de las teorías físicas contemporáneas como la relatividad, la mecánica cuántica o la teoría de cuerdas.

En el caso de la economía, encontramos el supuesto análogo: la producción era la actividad donde se creaba la sustancia del valor, el lugar de la permanencia; la circulación cambiaba la localización de esta sustancia entre sectores, clases y otras categorías fundamentales sujetas a condiciones en las que la equivalencia del comercio conserva la sustancia del valor. Y aunque el consumo era asociado con la actividad o lugar donde el valor se destruye, en Marx podemos encontrar aún ahí, como ya mencionamos, su conservación.

Smith estableció que el valor era el *stock* que es sujeto a principios de conservación en su movimiento: todos los hombres reproducen material existente bajo otra forma, que tienen una utilidad que no tenían antes (recuérdese también su recuperación sobre la historia de cómo en un principio el valor de la mercancía estaba relacionada con las propiedades del metal que se conservan y miden mejor). Ricardo identificó el precio natural, como la magnitud que incorpora la sustancia del valor, y que consiste en las horas de trabajo requeridas para producir un bien más las horas de trabajo requeridas para producir los insumos (al infinito), que se conservaba en el intercambio. Pero no podemos decir que la utilidad está incluida en el costo de producción (porque su exceso es justo el origen de la ganancia). Esto ocurre hasta que Marx construye el trabajo abstracto que adquiere suficiente generalidad para dar cuenta, como en el caso de la física, de una equivalencia cuantitativa entre mercancía y trabajo, por tanto, entre las cosas y trabajos concretos y particulares.

Pero la conexión no termina ahí, como ya vimos también, la conservación del movimiento se vuelve particularmente relevante con Leibniz (como apuntan Elster y Mirwoski), quien en sus escritos establece conexiones metafóricas entre la teoría del movimiento y el valor económico. Por tanto, algunos autores apuntan que es justamente esta mezcla de metáforas la que permitió reelaborar el programa de la mecánica en términos de principios de conservación y variacionales, y estos últimos apuntan a una perspectiva en la que la naturaleza actúa de forma económica. Así, el supuesto metafísico equivalente elaborado en términos económicos que aparece en ambas disciplinas es el de que no puedes obtener nada de la nada (energía o valor). Dicho en jerga de la economía: en la naturaleza si obtienes algo, tienes que pagar, ello porque está ella sujeta también al cálculo capitalista. Recordemos que en términos de

Leibniz: Dios es un arquitecto preocupado por sus fondos. Las ecuaciones de Lagrange y el principio de mínima acción, expresan en su formalismo tal consideración, aunque la conexión entre conservación y minimización o economía se entendieran hasta más tarde, como hemos visto.

De esta forma, podemos concluir que hay una resonancia de las metáforas físicas en economía y viceversa respecto de los mismos supuestos en la construcción del concepto de energía y del valor. A nivel epistémico, podemos encontrar también dicha conexión en la función que la causalidad ejerce en ambas disciplinas. Como apuntamos al principio, Mirowski señala que justamente las explicaciones causales permiten establecer el presupuesto metafísico de la permanencia a nivel epistemológico. Hemos visto como la concepción de que la causa debe ser igual al efecto, aparece constantemente como argumento en contra de la posibilidad de una máquina del movimiento perpetuo. Recordemos que, en Kant, con influencia de Leibniz y sus principios de continuidad y razón suficiente<sup>27</sup>, efectivamente la causalidad permite unir A y B, bajo una determinada regla, que a partir de una síntesis le otorga unidad a la diversidad y es condición (*a priori*) de una ciencia objetiva (Kant 2003: 256). Bajo la perspectiva de tal consideración Mayer o Helmholtz establecen la equivalencia e interconvertibilidad entre calor y trabajo. De acuerdo con esta concepción en un proceso de conversión como este, el movimiento del trabajo debe tener una causa (una razón suficiente), este proceso no puede presentar saltos, debe ser continuo (el efecto no puede ser mayor a la causa, como en el movimiento perpetuo), permitiendo unificar los fenómenos a través de una sola categoría de energía. Así, este concepto de causalidad aplicado en la energía posibilita la afirmación de Helmholtz de que no se puede crear continuamente fuerza de la nada. Análogamente, en economía el enfoque causal permite a Smith presuponer que las fuerzas del mercado establecen un valor natural de las mercancías, y ello atraviesa todo el intento de la economía clásica de establecer la formación de un valor sustancialista.

<sup>27</sup> Recordemos, además, que diversas interpretaciones radicales del principio de razón suficiente lo reducen a la identidad, que nos remite a la versión metafísica que hemos desarrollado en los párrafos anteriores.

Por ello, reiteramos que la primera ley de la termodinámica y la teoría del valor, no surgen de su hallazgo en un experimento o la observación de los procesos económicos (aunque se confirmen por estos, al menos parcialmente en su contexto), sino que descansan en el supuesto sobre la sustancia invariable de sus objetos y su expresión epistemológica en la ley causal. Por tanto, hay un isomorfismo, como hemos apuntado, entre la imposibilidad del movimiento perpetuo, la conservación de la energía y los principios variacionales; y ellos parten del supuesto de la equivalencia entre causa y efecto o de que nada puede surgir de la nada. Este isomorfismo, como también hemos dicho, es una invocación a una estructura fundamental de la estructura del mundo sobre la unidad, que se ve reflejada en la teoría del valor en economía.

Marx se preguntaba cómo podía haber un valor de ganancia que solo surgiera del proceso de intercambio. Al parecer, su predisposición a las metáforas físicas excluyó la posibilidad de una explicación exclusivamente psicológica. Más bien, sus elucidaciones apelan a la simetría entre el comprador, vendedor, productor, consumidor y en su argumento hace referencia a que, como en el intercambio de energía, debe haber un juego de suma-cero: “La clase capitalista de un país, tomada como un todo no puede defraudarse a sí misma [...] la circulación, o el intercambio de mercancías, no crea valor”. (I p. 263-6). Esta resonancia con la física puede apelar, como hemos dicho antes, a su búsqueda por modelos de explicación científica (regularidades empíricas contrastables) mediante los cuales intenta aproximar, como dice J. Muñoz: “su hacer al de los científicos normales, a pesar del elemento organicista presente en su enfoque” (2018: LX). Pero también, a una forma más general de estructurar el mundo como producto de la influencia cultural de la propia física y metafísica de su tiempo.

No obstante, resulta de suma importancia matizar este isomorfismo o semejanza estructural, particularmente en relación a las causas. Cuando los filósofos de la naturaleza construyen una perspectiva económica de los procesos naturales y en particular del funcionamiento de las máquinas, no dudan en hacer una analogía entre la fuerza de estas con los animales para formalizar una equivalencia en términos económicos. Bajo esta lógica, cabe una analogía entre la fuerza física que

emplea un hombre al trabajar con la de una máquina. Pero, por un lado, no cabe interpretar en el universo marxiano una ley natural en su sentido causal y mecanicista clásico. Por otro, el concepto de fuerza de trabajo en Marx, parte justamente de que la abstracción del trabajo realiza una inversión entre causa y efecto. Por lo tanto, fuerza natural no es análoga a la fuerza de trabajo.

Marx parte de una contraposición fundamental entre cosa y hombre, entre simple objeto y el sujeto de la actividad productiva específicamente humana. Como hemos visto, su teoría del valor, descansa en el supuesto de que éste es creado por el trabajo vivo o concreto, la actividad del individuo, y que el trabajo abstracto o muerto sólo traspasa parte de ese valor objetivado en él, debido a un sistema automatizado, a saber, el capitalismo. Por lo tanto, es fácil ver que la identificación de la fuerza productiva con la de un animal o la de una máquina (el agua o el viento que hace girar la turbina) es una abstracción teóricamente falsa o que pierde el concepto de trabajo.

Dicha diferencia no solo da cuenta de que Marx en absoluto está intentado imitar y trasponer un concepto de fuerza o trabajo que venga de la física o explicar la dinámica económica como parte de un orden o en analogía a una estructura natural. Ya dijimos que para Marx las relaciones económicas son productos sociales, históricos y, de hecho, realiza una aguda crítica a los economistas, como Smith y Ricardo, que intentan naturalizar las fuerzas de producción del capitalismo, como leyes eternas e inamovibles (Marx 1975: 77). Pero, más aún, esta diferencia también da cuenta de la inversión entre causa y efecto señalada por Marx entre el trabajador y la mercancía. Es decir, podemos interpretar esta analogía falsa justamente como la generadora del fetichismo, la enajenación que invierte la relación entre personas y cosas, y del conjunto de contradicciones implicadas en ella como el empobrecimiento del trabajador cuanto más riqueza produce: “Existe un movimiento continuo de las fuerzas productivas, de destrucción de las relaciones sociales, de formación de las ideas: lo único inmutable es la abstracción del movimiento: *mors immortalis* (Marx 1975: 68)”.

Señalo esta importante diferencia entre el concepto de fuerza de trabajo de la teoría marxista, como abstracción del trabajo y la energía como abstracción de una

fuerza de la naturaleza porque, para nuestros propósitos, también da cuenta de que la semejanza estructural entre la abstracción del trabajo y la abstracción del movimiento en física es involuntaria. Marx no está intentando encontrar un orden natural en la economía ni trasladar dichas estructuras a la economía, va en contra de sus supuestos básicos.

De hecho, el papel del desarrollo de la ingeniería en la mejoría de máquinas es un elemento que acentúa la división del trabajo, simplifica y automatiza la tarea del obrero, reúne el capital, desarticula al hombre, y contribuye a la enajenación puesto que lo separa o desvincula respecto de su trabajo y lo que produce (Marx 1975: 94). En definitiva, Marx tiene una visión crítica sobre los desarrollos tecnológicos como dependientes y sometidos a esas mismas relaciones de producción explotadoras: “El desarrollo del capital fijo indica hasta qué grado el saber social general, el conocimiento, se ha convertido en fuerza productiva inmediata y, en consecuencia, las condiciones del proceso de vida social han pasado a estar bajo el control del intelecto en general, y son remodeladas de acuerdo con éste” (Marx 2018: 121).

Por otro lado, aunque como ya dijimos, Marx no es indiferente al estatus epistémico y científico de su teoría, ello tendría que ver más con consideraciones metodológicas, de encontrar regularidades empíricas verificables, que metafísicas. Ello y el paralelismo cronológico que hemos narrado sobre las dos construcciones históricas me lleva a apuntar que la semejanza tiene una explicación más plausible en términos sociológicos y culturales. Es decir, que la semejanza entre las dos estructuras teóricas da cuenta, como ya dijimos, de que los supuestos de la invarianza, la ley causal y el comportamiento económico de la naturaleza, son elementos que se encuentran en el ambiente cultural de quienes participaron en ambos procesos. En ello encontramos cierta circularidad, debido a la importancia que en la época adquieren, tanto la ciencia moderna como el capitalismo para construir una visión de la realidad. Así, este proceso muestra cómo el desarrollo de la ciencia se convierte en un procedimiento no autónomo, que toma como premisas aquellos elementos del ambiente cultural (filosófico, intelectual, científico, sociológico, y de sentido común) que permeaban en el pensamiento y que resultaron herramientas útiles en su contexto para construir física y economía.

## Referencias

- Bianchi, Marina (1975). *La teoría del valor desde los clásicos a Marx*, Madrid, Alberto Comunicación.
- Cohen, Benard (1985). *Revolution in Science*, Cambridge, Harvard University Press.
- Coopersmith, Jennifer (2015). *Energy, The Subtle Concept. The discovery of Feynman's Blocks from Leibniz to Einstein*, Oxford, Oxford University Press.
- Diggins, John P. (2003). *Thorstein Veblen. Teórico de la clase ociosa*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Dirks, Henry & Verance, Percy (1916). *Perpetual Motion*, U.S.A., 20th Century Enlightenment Specialty Co.
- Dobb, Maurice (2004). *Teorías del valor y de la distribución desde Adam Smith. Ideología y teoría económica*, México, D.F., Siglo XXI.
- Elkhana, Yehuda (1974). *The Discovery of the Conservation of Energy*, Cambridge, Harvard University Press.
- Elster, Jon (1975). *Symmetry in Physics*, Oxford, Oxford University Press.
- Gillispie, Charles C. (2016). *The Edge of Objectivity. An Essay in the History of Scientific Ideas*, New Jersey, Princeton University Press.
- Helmholtz, Hermann von (1971). *Selected Writings*, Middletown Conn, Wesleyan University Press.
- Leibniz, Gottfried W. (1973). *Philosophical Writings*, Londres, GHR Parkinson.
- Leibniz, Gottfried W. (1992). *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, Madrid, Alianza Editorial.
- Leibniz, Gottfried W. (2004). *Tratados fundamentales. Discurso de metafísica*, Buenos Aires, Losada.
- Kant, Immanuel (2003). *Crítica de la razón pura*, Buenos Aires, Editorial Losada.
- Lindsay, Robert B. (1975). *Energy: Historical Development of the Concept*, Stroudsburg, Penn, Dowden Hutchinson and Ross.
- Marx, Karl (1968). *El capital*, Vol. I, México, Fondo de Cultura Económica.
- Marx, Karl (1970). *Contribución a la crítica de la economía política*, Madrid, Comunicación.
- Marx, Karl (1974). *Teorías de la plusvalía*, I, Madrid, Comunicación.
- Marx, Karl (1975). *La miseria de la filosofía. Respuesta a la Miseria de la Filosofía de P.-J Prudhon*, México, D.F., Siglo XXI.
- Marx, Karl (2018). *Textos de filosofía política y economía*, Madrid, Gredos, pp. 3-165.
- Meyerson, Emile (1962). *Identity and Reality*. New York, Dover.
- Mirowski, Philip (1989). *More Heat than Light. Economics as Social Physics: Physics as Nature's Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Muñoz, Jacobo (2018). *Estudio introductorio a Karl Marx*, Madrid, Gredos.
- Ord-Hume, Arthur W.J.G. (2005). *Perpetual Motion. The History of an Obsession*, Kempton Illinois, Adventures Unlimited Press.
- Redman, Deborah A. (1997). *The Rise of Political Economy as a Science*, Cambridge, MIT Press.
- Ricardo, David (1821). *On the principle of political economy, and taxation*, Londres.
- Ricardo, David (1952-73). *Works and Correspondence of David Ricardo*, P. (Sraffa and M. Dobs (eds.)), Cambridge U.K, Cambridge University Press.
- Smith, Adam (2018). *La riqueza de las naciones*, Madrid, Alianza Editorial.
- Westfall, Richard (1971). *Force in Newton's Physics*, Londres, American Elsevier and Macdonald.

# eikasía

REVISTA DE FILOSOFÍA