

# REVOLUCIÓN CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA Y ENERGÉTICA: LA INFLUENCIA SOBRE EL PENSAMIENTO ECONÓMICO DE LOS SIGLOS XVI Y XVII <sup>1</sup>

SINCLAIR MALLET GUY GUERRA\* / GUSTAVO DE CONTI MACEDO\*\*

TANIA MARÍA DE CASTRO CARVALHO NETO\*\*\* <sup>2</sup>

\*Instituto de Electrotécnica y Energía  
Universidad de Sao Paulo (USP)

\*\*Departamento de Energía  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
Universidad de Campinas (UNICAMP)

\*\*\*Centro de Ciencias Sociales  
Universidad del Estado de Río de Janeiro (UERJ)

Recibido: 28 de julio de 2004

Aceptado: 25 de mayo de 2005

---

**Resumen:** Este trabajo sitúa algunos de los escritos económicos de los siglos XVI y XVII en el contexto de las revoluciones científicas y tecnológicas de ese período y precedentes, fase de transición del feudalismo al capitalismo. También discute el cambio del centro de atención de los autores, ya que de asuntos teológicos, lógicos y éticos se pasa a tratar las "cosas prácticas de la vida", tal y como ocurrió en los dos siglos estudiados. Para ello se da relevancia al trabajo de William Petty. Continúa discutiendo el progreso en la apropiación de sistemas energéticos y como este hecho transformó la realidad feudal dirigiéndola hacia una economía mercantilista, alterando también las preocupaciones de los letrados en relación con las cuestiones sociales, induciéndolos a percibir el comercio internacional como uno de los factores que explicarían el enriquecimiento de un estado. Finalmente, el pensamiento económico del período fue analizado detalladamente procurando resaltar en los escritos la influencia de los sistemas energéticos y de la tecnología, así como la visión sobre estos temas de los autores o de las escuelas de pensamiento.

**Palabras clave:** Avance científico y tecnológico / Economía mercantilista / Pensamiento económico / William Petty / Energía.

## SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND ENERGY REVOLUTION: THE PRECEPTS OF THE ECONOMY THINKING OF THE XVI AND XVII CENTURIES

**Abstract:** This work places some of the economic writings of the XVI and XVII centuries in the context of the technological and scientific revolutions of the period and those preceding it, the transition phase from feudalism into capitalism. It also discusses the change in focus by the authors, from theological, logical and ethic subjects to the "basic facts of life", as occurred in the centuries studied. For this, relevance is given to William Petty's work. It goes on to discuss the progress in the adequacy of energy systems and how this transforms the feudal reality into the guidelines of a mercantilist economy, also altering the concerns of the knowledgeable into social issues, leading them to acknowledge international trade as one of the factors explaining the enrichment of a Nation. Finally, the economic thinking of the period is broken down, aiming to stress the influence of the energy systems and of technology on the writings, as well as the authors' view or that of the academy on those issues.

**Keywords:** Scientific and technological improvement / Mercantilist economy / Economic thinking / William Petty / Energy.

---

<sup>1</sup> Se trata de la primera parte de tres estudios que los autores están elaborando y cuyo fin es relacionar el pensamiento económico y las transformaciones científicas y tecnológicas que contribuyeron a la adecuación y uso de las nuevas fuentes y formas energéticas que tuvieron lugar en los períodos comprendidos por los siglos XVI/VXII, XVII/ primera mitad del XIX y, finalmente, segunda mitad del XIX/XX.

<sup>2</sup> Los autores agradecen a los dos evaluadores anónimos sus aportaciones crítico-analíticas. También agradecen los comentarios realizados por el profesor doctor César Honorato de la UERJ.

## 1. INTRODUCCIÓN

La revolución científica que tuvo lugar en la Europa de los siglos XVI y XVII estuvo motivada por un ideal de ruptura con la rigidez institucional de la Edad Media. Por un lado, el monopolio intelectual y el universalismo cultural de la iglesia católica y, por otro, el particularismo legislativo de los feudos fueron desmontados con la lenta introducción de tecnologías energéticamente más eficientes. Éstas empezaron a sustituir máquinas movidas por energía humana y animal por otras movidas por agua, viento y calor para la producción manufacturera, agrícola y para el transporte.

Fue exactamente en el transporte donde la introducción de tecnologías más eficientes en la utilización de la energía eólica (como el mástil principal, los tres mástiles, la vela redonda, la brújula y la capacidad de carga a gran escala) propició la expansión comercial y la consiguiente transición hacia economías mercantilistas.

La producción intelectual intentaba, a través de las ciencias naturales, romper con el inflexible sistema educacional imponiendo nuevos métodos de análisis, nuevas preocupaciones, un nuevo concepto de acumulación de conocimiento y un nuevo lenguaje de entendimiento: la matemática. De esta forma, primero la astronomía y la filosofía y después otros campos del conocimiento, se rindieron a estos nuevos paradigmas. En la economía política, esta nueva realidad trajo preocupaciones diferentes de los dictámenes morales y reguladores de la Edad Media. Los avances en la tecnología y en la apropiación energética y material impusieron una pauta de discusión en la cual el comercio y la acumulación de monedas parecían ser la piedra angular del desarrollo de una nación (o mejor, del enriquecimiento del rey) y así fue analizado por los bullionistas y por los mercantilistas. William Petty, perteneciente a una segunda generación de pensadores de la revolución científica, ya en el siglo XVII, preocupados por temas más prácticos que académicos, introduce la matemática como lenguaje científico en los análisis económicos y la aritmética política.

La expansión de las fronteras comerciales proporcionó mayores flujos de mercancías y el desarrollo de industrias locales como la naval, la textil y la metalúrgica. Las fuentes energéticas eran el agua, el viento y la leña, es decir, fuentes renovables. Quien dominaba más eficientemente estos recursos disponibles, dado el estado de la tecnología, era Holanda. En este período embrionario, pre-revolución industrial, Holanda surge como paradigma de desarrollo a medida que supera en riqueza a Francia, y los factores que llevan a esto son individualizados por los escritores económicos de la época. De hecho, la discusión propuesta por Petty intenta enumerar los motivos por los cuales Holanda, siendo un país pequeño y poco poblado, puede ser más rica que Francia. Especificidades geográficas e inserción en el comercio internacional fueron los factores explicativos. La producción tecnológica y la eficiente apropiación energética (disponibilidad de vientos y, en consecuencia, de molinos) fueron reconocidos por Petty como una de las principales causas del dominio holandés en el comercio internacional.

El mercantilismo y la aritmética política son, por lo tanto, contemporáneos: i) al uso de sistemas energéticos renovables como la leña, el agua y el viento; ii) a la lenta transición del feudalismo al capitalismo; iii) al cambio de la agricultura al comercio como sector productivo preponderante; iv) a la difusión del uso del lenguaje matemático en las ciencias naturales y sociales en contraposición a la lógica escolástica. No constituyen escuelas de pensamiento estructuradas en teorías e hipótesis bien definidas. Es un tiempo de competición en el comercio internacional entre países (entre reyes) debido a los avances tecnológicos en la apropiación energética, y los argumentos económicos están marcados por esta realidad. El afán por resolver los problemas prácticos impide una construcción analítica menos corporativista y coherente con la realidad. Se trata de la gestación del pensamiento económico, que aún se presenta de forma confusa y poco definida, introduciendo temas y lenguajes que serán definitivamente organizados a partir de Adam Smith.

La primera parte de este trabajo intentará situar los escritos económicos de los siglos XVI y XVII en el contexto de las revoluciones científicas y tecnológicas del período y precedentes, que están en el centro de la lenta transición del feudalismo al capitalismo.

En la segunda parte se discutirá el cambio del centro de atención de los autores, ya que de asuntos teológicos, lógicos y éticos se pasa a tratar las “*cosas prácticas de la vida*”, tal y como sucedió en los dos siglos estudiados.

En la tercera parte se discutirá el progreso en la apropiación de sistemas energéticos y como esto transformó la realidad feudal en una economía mercantilista, alterando también las preocupaciones de los letrados con las cuestiones sociales, llevándolos a percibir el comercio internacional como el factor explicativo del enriquecimiento de un estado.

En la cuarta y en la quinta partes se analizan minuciosamente los pensamientos económicos del período y se intentará resaltar la influencia de los sistemas energéticos y de la tecnología en los escritos, así como la visión sobre estos temas de los autores o de las escuelas de pensamiento.

## 2. LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y CIENTÍFICA DE LOS SIGLOS XVI Y XVII

La aritmética política es una división metodológica del pensamiento económico del siglo XVII, cuya creación se asocia habitualmente al inglés William Petty (1623-1687). El nombre “aritmética política” puede ser explicado por una carta publicada en el año 1927-1928 bajo el título *The Petty-Southwell Correspondence*, originalmente escrita en el año 1687: “[*El álgebra*] fue traída por los moros de Arabia a España y de allí a nuestro país, y William Petty la utilizó para otros asuntos que aquellos puramente matemáticos, esto es, en la política bajo el nom-

*bre de Aritmética Política, reduciendo muchos términos de reflexión en número, peso y medida para permitir un tratamiento matemático*<sup>3</sup>.

Los siglos XVI y XVII observan la afirmación de la física cuantitativa sobre la vieja física entendida como la descripción de las cantidades sensibles de los objetos; en todos los campos de la investigación científica las medidas de cantidad son utilizadas sobre el objeto de análisis. La concepción matemático-mecánica del hombre y del mundo se encuentra en varios autores de este siglo como en Hobbes (1588-1679), profesor de Anatomía y de Astronomía de Petty en los años 1645-1646, que estudia las razones matemáticas de la anatomía humana; en Descartes (1596-1650), creador de la Geometría Analítica, que en su *Compendium musicae* indaga sobre las relaciones matemáticas en la música; en Francis Bacon (1516-1626), que desarrolla el método inductivo; en Newton (1642-1727), que defendió un universo regido por leyes universales susceptibles de expresión matemática; en Giordano Bruno (1548-1600)<sup>4</sup>; en Kepler (1571-1630); en Copérnico (1473-1543); en Galileo (1564-1642)<sup>5</sup> y en tantos otros.

En síntesis, el estado de ánimo de la revolución científica de los siglos XVI y XVII preconiza: 1) el llamamiento a la “experiencia”, lo que implica la existencia de “verdades científicas” o incluso la “neutralidad de la ciencia”; 2) la convicción de que el saber científico es acumulativo, lo que implica un desarrollo lineal y permanentemente incompleto y aún más: la democratización del conocimiento como condición para alcanzar la “verdad”; 3) un lenguaje científico universal: la matemática; 4) la liberación de la limitada inteligencia humana de los preconceptos y amarras institucionales que obstruyen su funcionamiento normal; 5) la independencia entre ciencia y teología<sup>6</sup>.

Esta percepción del mundo surge como contrapunto a la concepción estrictamente religiosa de los siglos precedentes. El cambio de las preocupaciones o del método de análisis es radical para los pensadores de la época en comparación con la Edad Media. Agostinho d’Ippona (354-430) y Tomás de Aquino (1225-1274) fueron los grandes autores de la época medieval y sus preocupaciones podrían ser resumidas a grandes rasgos en cuestiones éticas y de reglas de conducta (ciencias

<sup>3</sup> Petty (1927a, p. 15, carta a Southwell de 03-11-1687).

<sup>4</sup> Giordano Bruno, en sus escritos del *Spaccio*, parece haber sido el primer defensor de la idea de “progreso”. Reivindica la “plena dignidade de la acción técnico-económica, del esfuerzo de transformación y producción en lugar de la rigurosa y poco propicia naturaleza” (Rossi, 1989, p. 74).

<sup>5</sup> Para Galileo, “la filosofía está escrita en este gran libro que permanece siempre abierto ante nuestros ojos; pero no podemos entenderla si no aprendemos primero el lenguaje y los caracteres en que ésta fue escrita. Este lenguaje es la matemática y los caracteres son los triángulos, los círculos y otras figuras geométricas” (Randall, 1976, p. 237).

<sup>6</sup> Hooykaas, en su libro *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*, profundiza en la cuestión de la ruptura entre teología y ciencia. Según este autor, “(...) os protestantes foram mais numerosos entre os cientistas do que seria de se esperar” en función de la proporción de católicos romanos/protestantes de la población total. En todos los países de Europa parece que el protestantismo sirvió como ideología de fondo para los estudiosos y científicos del siglo XVII.

sociais) y en la adecuación de los fenómenos naturales a los escritos bíblicos (ciencias naturales). El método es el principio de la autoridad y de la fe.

La exaltación a los valores espirituales y de la tradición frenó la libertad científica, la innovación tecnológica y la expropiación de los recursos naturales. Instituciones como las corporaciones de artes y oficios y la iglesia están en plena sintonía con la producción para el consumo local y con el modo de vida espiritual. Como afirma Weber (1864-1920) y su famosa obra *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, la ruptura con las instituciones feudales se inicia con la reforma protestante de Martín Lutero (1483-1546). Otros autores vieron en la obra *Essays de théodicée* (1710) de Leibniz (-1716) –en la que critica maliciosamente la posición católica tradicional de la metafísica newtoniana<sup>7</sup>– la ruptura necesaria entre pensamiento científico y teología, o mejor, “*un paso en dirección a la exclusión definitiva de Dios del universo*” (Hall, 1980, p. 158).

La realidad feudal es lentamente transformada por la introducción de tecnologías cada vez más eficientes energéticamente como los molinos de viento e hidráulico, la prensa con caracteres móviles<sup>8</sup>, los navíos de vela, los mecanismos de transmisión como la biela y el pistón, el arreo de cuarto delantero y la pólvora que, perfeccionados y difundidos a partir del siglo X, modificaron la estructura institucional feudal, las relaciones sociales y económicas y la producción científica.

La lenta transformación de esta sociedad trajo nuevos problemas a los pensadores económicos. Conceptos como precio, mercancía, mercado y riqueza nacional pasaron a ser objeto de análisis. Los primeros en pensar de forma consciente –por métodos normativos o descriptivos– fueron los bullionistas, los mercantilistas y los aritméticos políticos, y sus teorías serán discutidas más adelante teniendo en cuenta los cada vez más eficientes contextos energéticos.

El contexto histórico es de afirmación de los estados nacionales y la noción de equilibrio de poder dentro de Europa (*raison d'état*), de expansión comercial europea monopolista (colonización ultramarina) y de la reforma protestante de Martín Lutero (1483-1546). Las reflexiones de los pensadores económicos adoptan en sus escritos la óptica de “consejeros del príncipe” preocupados por aumentar el poder económico del príncipe y, en consecuencia, su poder militar. La riqueza nacional es la principal preocupación de las discusiones económicas.

---

<sup>7</sup> La discusión sobre Dios y la extensión de la ley de la gravedad a todo el universo era recurrente a finales del siglo XVII. Los autores escolásticos, así como Galileo, Bacon y otros, defendían la posición newtoniana de que Dios había guiado providencialmente la evolución del cosmos hacia la creación, muerte y redención del hombre. Leibniz era contrario tanto a la generalización de la ley de la gravedad como a la idea de la evolución del universo dirigida por Dios.

<sup>8</sup> El primer libro impreso en Europa por Gutenberg fue la Biblia (1445) y en treinta años esta nueva técnica se difundió por casi todo el continente. La prensa con caracteres móviles que proporcionó una notable reducción en el coste de los libros fue, sin duda, la que más repercutió en este florecimiento científico. Spiegel (1971, p. 94) usa como indicador –aunque no es el ideal– el catálogo de la Kress Library de la Universidad de Harvard, donde había cerca de 200 obras (libros y panfletos) en el siglo XVI, unos 2.000 en el siglo XVII y unos 5.000 entre los años 1700 y 1776.

### 3. SABER INTELECTUAL VERSUS SABER TÉCNICO

La literatura de los siglos XVI y XVII es extraordinariamente abundante en cuanto a la discusión del contacto que en aquel momento existía entre el saber científico y el saber técnico-artesanal (Rossi, 1989). El nacimiento de la cooperación entre escuela y procedimientos técnicos tiene lugar a partir del siglo XV. Polémicas y apasionadas acusaciones por ambos lados revelan la insatisfacción con la antigua visión griega, presente en las obras de Aristóteles, de Platón y de otros, en la que el trabajo manual es tenido como depreciativo de las cualidades humanas<sup>9</sup>. A diferencia de la antigüedad clásica y de la Edad Media, los técnicos-artesanos de la edad moderna escribieron incluso sin rigor ni calidad científica, metodológica ni literaria y publicaron libros sobre las artes, la ciencia y la sociedad, polemizando contra la tradición escolástica practicada en las universidades.

Preocupados por estas lagunas, grupos de intelectuales empezaron a interesarse cada vez más por aspectos prácticos del desarrollo pleno del saber científico. Esta tendencia de la adaptación de los saberes intelectuales a las nuevas exigencias del mundo moderno a través del programa educativo para nobles ingleses es recogido por Humphrey Gilbert en su *Queen Elizabeth Academy*, escrito hacia el año 1562 (Rossi, 1989, p. 47). En él, “*la enseñanza de la lógica se une a la de la retórica y tienden a dar condiciones al alumno para proferir oraciones políticas y discursos militares. La filosofía política tiene la tarea de estudiar la historia de los varios estados, los sistemas de gobierno, los sistemas tributarios, la administración de la justicia. Pero es en el estudio de la filosofía natural y de la matemática donde predomina claramente la transformación del saber ‘físico’ en un saber de carácter técnico relativo a las fortificaciones, a la estrategia, al uso de las artillerías. La geografía y la astronomía son enseñadas en función de la navegación; la medicina, para la atención y medicación de los heridos. Los resultados de los estudios y experimentos ‘deverán ser presentados sin frases enigmáticas y oscuras’. Una nave armada y un jardín experimental estarán a disposición del estudiante. La enseñanza del derecho, de las lenguas modernas, de la música, de la esgrima y de la danza completará la educación del joven noble*”.

Los libros sobre máquinas publicados en Europa en la segunda mitad del siglo XVI y en la primera mitad del siglo XVII están dedicados al arte militar, a la minería, a la metalurgia, a la industria del vidrio y a la navegación. Éstos son los problemas que se presentan a las personas de la época como resultado de los recientes descubrimientos geográficos y astronómicos y de la apropiación eficiente de sistemas energéticos, esto es, el viento para la navegación y el molido de granos, y la energía térmica para la fundición. Son preocupaciones por la adquisición de conocimiento de las cosas prácticas y que, en la gran mayoría de los casos, están escritas por personas estudiadas y dedicadas a resolver problemas técnicos y no por artesa-

---

<sup>9</sup> Para Aristóteles “*algunos hombres, por naturaleza superiores, son libres y otros esclavos y, para estos últimos, la esclavitud es conveniente, adecuada y cierta*”.

nos sin estudios<sup>10</sup>. A mediados del siglo XVII se crearon las primeras asociaciones de investigación basadas en la cooperación entre los investigadores y el estado para el “avance y el progreso de las ciencias y de las artes a través de la colaboración”: la *Accademia Del Cimento* (1657), la *Royal Society* (1662) y la *Academie des Sciences* (1666).

A partir de la segunda mitad del siglo XVII, con la muerte de F. Bacon, de Descartes, de Galileo y de Kepler, surge una segunda generación de investigadores reformadores: Samuel Hartlib, John Dury, William Petty, John Evelyn y Robert Boyle, que se muestran interesados en perfeccionar los inventos y la sociedad. Influenciados por los ideales y por los métodos de la generación anterior, son la expresión de una sociedad que ve aumentar rápidamente su bienestar gracias a las rápidas mejoras tecnológicas. En palabras de John Wilkins: “*en mis investigaciones filosóficas y matemáticas, más allá de la felicidad y del placer que me proporcionan, hay también la posibilidad de un efectivo beneficio de carácter práctico: especialmente para aquellos nobles que arriesgan su patrimonio en aquellas onerosas y dispendiosas aventuras, como la extracción del carbón mineral, la extracción de las minas (...) y también para aquellos artesanos que son hábiles en la práctica de esas artes*”.

En William Petty encontramos elementos que caracterizan la filosofía experimental: la polémica contra la cultura demasiado teórica; la utilidad práctica de la ciencia; la indivisibilidad entre ciencia, técnica y artes; y el optimismo del desarrollo de las máquinas y de la ciencia.

El entusiasmo de estos hombres por la técnica y por las artes mecánicas se debía a un movimiento de contracultura, es decir, contra la cultura tradicional del escolástico erudito ligado al sistema educacional universitario, y procientista/experimentador. Para Boyler, “*son la filosofía natural, las mecánicas y la agricultura, de acuerdo con nuestro nuevo gremio filosófico, lo que valoriza el conocimiento en cuanto es útil a la práctica*”<sup>11</sup>. Más tarde, en el año 1671, en su obra *Considerations Touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy*, Boyle reafirma el programa científico formulado por F. Bacon pero ahora para la esfera económica: “*que los bienes de la humanidad pueden ser bastante aumentados en función del interés de los filósofos naturales por la industria*”.

#### 4. ENERGÍA, COMERCIO Y PRODUCCIÓN

A *grosso modo*, desde el año 1000 hasta el siglo XV hay un período de lentas transformaciones que son el resultado de deliberados esfuerzos de sustitución de la

---

<sup>10</sup> Georg Bauer Agrícola es un buen ejemplo de ello. Nacido en Sajonia en el año 1494, estudió en Leipzig, en Bolonia y en Venecia. Escribió sobre geología y mineralogía (entre sus publicaciones, cabe citar el clásico *De Re Metallica*) mientras desempeñaba funciones de médico y de diplomático.

<sup>11</sup> Carta de Boyle a Marcomber fechada en octubre del año 1646 y publicada en el año 1744 por Bich en Londres bajo el título *Works*, I, p. 20 (Rossi, 1989, p. 106).

energía humana por otras energías observables en la naturaleza. En este sentido, el dominio de la tecnología mecánica sustituyó a los sistemas energéticos de tracción animal por máquinas movidas por el viento y por agua, más eficientes productiva y energéticamente. Descartes, en su obra *Discurso sobre el método* (1637), afirma que “*si conociéramos la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de las estrellas, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean con la misma precisión con que conocemos los diversos oficios de los artesanos, podríamos aplicarlas, de igual manera, a todos los usos que le son propios y convertirnos así en amos y partícipes de la naturaleza*” (Descartes, 1637, pp. 61-62, citado en White (1962, p. 96)).

Alrededor del siglo XV se encontraban en toda Europa cada vez más instalaciones mecánicas movidas por molinos de agua o de viento encargadas de “*curtir o lavar; serrar maderas; triturar cualquier cosa, desde aceitunas hasta minerales; para accionar fuelles de altos hornos, martillos de forjas o muelas destinadas a retocar y pulir armas y armaduras; para reducir los pigmentos que se usaban en las pinturas o en la pulpa para el papel, o en la malta para la cerveza. La revolución industrial de la Edad Media, basada en el agua y en el viento, parece haber alcanzado su máximo refinamiento en el año 1534, cuando el italiano Matteo dal Nassaro instaló en las márgenes del Sena una pulidora de piedras preciosas, de la que se apropió la Casa Real de la Moneda en el año 1552 para fabricar las primeras monedas «acuñadas mecánicamente»*” (White, 1962, p. 106).

El afán general por dominar la energía natural y por aplicarla en beneficio humano se pone de manifiesto, a partir del siglo XII en India y del siglo XIII en Europa, en los intentos por conseguir el “movimiento perpetuo”. El interés por esas máquinas de movimiento, que podían diversificar los medios de fuerza e impulsión, despertó la percepción del universo como una “máquina en perpetuo movimiento”. Los éxitos tecnológicos despertaban las mentes y rompían con la rigidez intelectual e institucional de la Edad Media. El creciente dominio de la energía mecánica hacía aumentar la idea y la fantasía de que el universo era un inmenso depósito de energías controlables por la voluntad humana. En el año 1260, Roger Bacon escribió que “*es posible construir máquinas gracias a las cuales los grandes barcos, con apenas un hombre manejándolos, navegarán más velozmente que si estuviesen llenos de remadores; es posible construir vehículos que se moverán a velocidades increíbles y sin ayuda de animales; es posible construir máquinas voladoras en las que el hombre... podrá vencer al aire con alas como si fuese un pájaro...; las máquinas permitirán llegar al fondo de los mares y de los ríos*” (White, 1962, p. 152).

Los límites a la apropiación de los recursos naturales a gran escala, ya iniciados con el dominio de los sistemas energéticos hidráulicos y eólicos –que hicieron aumentar la producción agrícola, el crecimiento demográfico, la expansión de las ciudades y la producción metalúrgica– (Rich y Wilson, 1967, vol. IV, cap. I), fueron definitivamente vencidos cuando se sustituyó en la navegación la energía humana



de los remos por la energía eólica. Las mejoras en el transporte marítimo –sobre todo, el timón de popa alrededor del siglo XIII– desencadenaron el desarrollo comercial, la acumulación capitalista, la ruptura institucional con el feudalismo, los cambios sociales y el surgimiento de los economistas políticos “mercantilistas” (Cipolla, 1989).

Cabe señalar que “*la construcción de navíos, su manutención y su avituallamiento representan inversiones que favorecen el crecimiento de un verdadero capitalismo financiero*” (Hémery, Debeir y Deléage, 1993, p. 132). La expansión en la construcción de navíos, gran consumidora de madera, que se produjo en Europa a partir del siglo XV tuvo lugar, en primer lugar, en la península Ibérica, extendiéndose después a Holanda en el siglo XVI y a Inglaterra en el siglo XVII. Entre los años 1649 y 1688 se construyeron en Inglaterra 209 nuevos navíos, casi todos de guerra. La industria naval era, a esta altura, una de las mayores en cada país que la poseía, generando empleos y renta (Oppenheim, 1896, citado en Church y Wrigley, 1994).

La transición del feudalismo hacia el capitalismo está marcada, como ya se dijo, por la sustitución de los sistemas energéticos renovables (agua, viento y leña) por las energías fósiles y el principio de esta sustitución tuvo lugar en los siglos XVI y XVII como consecuencia de la escasez de los primeros. El carbón mineral, sustituto escogido por su abundancia y proximidad técnica con la leña, pasa a ser utilizado en diversos sectores de la manufactura. Una petición de patente en el año 1610 en nombre de Sir William Slingsby esclarece las dificultades de sustituir la madera por el mineral. En su petición, Slingsby divide las manufacturas en dos grupos: aquellas en las cuales el carbón mineral fue utilizado con éxito y otras en las que esta sustitución falló. Según su división, el primer grupo incluía las tecnologías de ebullición: “cerveza, sal marina, azúcar, tinte”. En el segundo grupo colocó el cocimiento de “malta, pan, ladrillos, tejas, cerámica” y la fundición de “metal de campanas, cobre, latón, hierro, plomo y vidrio” (Nef, citado en Church y Wrigley, 1994). En el año 1700 solamente la producción de hierro aún no se había adecuado a la utilización del carbón mineral.

Esas nuevas líneas de producción que utilizan energía térmica exigirán inversiones cada vez mayores en capital, así como la aproximación de la ciencia a la técnica. “*La energía se vuelve desde entonces un campo de trabajo para inversores, sabios e ingenieros (...) que desempeñará un papel decisivo en la nueva economía*” (Hémery, Debeir y Deléage, 1993, p. 139).

## **5. PENSAMIENTO ECONÓMICO: BULLIONISTAS Y MERCANTILISTAS**

Como se señaló anteriormente, las cuestiones morales dominaron los debates sobre temas económicos en toda la Edad Media. “*La doctrina económica medieval*

*constaba (...) de un cuerpo de definiciones y preceptos destinados a regular la conducta cristiana en las esferas de la producción, del consumo, de la distribución y del intercambio de bienes*” (Pribram, 1988, citado en Roncaglia y Labini, 1995, p. 156). La intención no era entender el funcionamiento de los fenómenos naturales o de los sistemas económico-sociales, sino imponer reglas de conducta que no alterasen el *status quo* político-intelectual.

Las innovaciones tecnológicas apropiadoras de energías no humanas modificaron definitivamente la estructura institucional de la Edad Media a través de mejoras en los transportes marítimos de largo recorrido. El comercio internacional se hacía ahora a gran escala y a distancias cada vez mayores, permitiendo la acumulación de riquezas para los países que dominaban la tecnología náutica. En resumen, las principales mejoras fueron, después del año 1300, la adopción de la vela redonda y del mástil principal, la transición de los navíos de un mástil a los de tres, la brújula, el aumento de la capacidad de carga –en el siglo XV–; y la introducción de los cañones para ataque y defensa dentro de las embarcaciones –en el siglo XV–<sup>12</sup>.

En este contexto de dominio de la tecnología náutica, de la energía eólica, de la energía de explosión del cañón, que inutilizó las murallas de protección de los castillos, se formaron los estados nacionales. Las reflexiones sobre los fenómenos económicos intentan explicar básicamente de donde proviene la riqueza de una nación de cara a las nuevas formas de acumulación propiciadas por las tecnologías ahora disponibles. De esta forma, el debate se da, en primer lugar, entre bullionistas y mercantilistas<sup>13</sup>. Los primeros, de la palabra inglesa *bullion* que significa oro o plata en lingotes, representados por autores como Thomas Gresham (1519-1579), John Hales (muerto en el año 1571) o Bernardo Davanzati (1529-1606), asocian la riqueza de una nación al stock de moneda metálica en su poder. Es un tiempo en el que las informaciones estadísticas sobre producción son prácticamente inexistentes, mientras que los datos sobre la moneda están disponibles cuantitativa y cualitativamente. La atención de los estudiosos se concentra en los movimientos del capital y sus determinantes y sobre la calidad de la moneda (pureza del metal). Procuran identificar niveles de tasa de interés atrayentes de flujos de capitales.

Los pensadores mercantilistas destacan el papel del comercio internacional. Edward Coke –el ideólogo de la *Common Law*–, Antonio Serra –autor de *Il breve trattato delle cause che possono far abbondare li regni d’oro y d’argento dove non sono miniere con applicazione al Regno di Napoli*, escrito en el año 1613–, Thomas Mun –(1571-1641), que trabajó en la Compañía de las Indias y que defendía la

<sup>12</sup> Cabe decir que el cañón es el primer mecanismo de combustión interna inventado, constituyendo una apropiación eficiente de la energía por explosión (Cipolla, 1989).

<sup>13</sup> Como sugiere Magnusson, se debe considerar que la división smithiana entre bullionistas y mercantilistas es simplista y generalista debido a la dificultad para situar a los diversos autores en una o en otra línea de pensamiento. Sin embargo, en este trabajo se optó por no profundizar en esta cuestión específica –explorada en detalle por Magnusson (1993, 1994)– y por mantener la división tradicional –adoptada por autores como Roncaglia y Labini–, centrándonos en los aspectos generales que caracterizan los escritos económicos de la época.

exportación de monedas en intercambio de mercancías para ser reexportadas a otros países europeos–, Colbert –el influyente financiero de Luis XIV–, Laffemas –uno de los escritores mercantilistas más antiguos de Francia–, o Axel Oxenstierna –embajador de Suecia–, defienden la expansión del comercio internacional, ya que éste haría aumentar la riqueza de la nación en mayor medida que la industria y la agricultura. En esencia, tanto los bullionistas como los mercantilistas se interesan por la riqueza de la nación y por la forma de alcanzarla a través del flujo de monedas hacia dentro del territorio nacional.

Se trata del intento de explicarles a aquellos pensadores dos fenómenos contemporáneos propiciados por el dominio de la tecnología náutica y de los mares por dos países en el siglo XVII: España que, poseyendo todos los “tesoros” del mundo, se había empobrecido; y los Países Bajos, una nación pequeña y sin recursos naturales o financieros que se habría hecho rica. Estos acontecimientos llevaron a los mercantilistas a elegir el comercio como el gran factor explicativo de la riqueza nacional.

Historiadores del pensamiento económico como Heckscher (1931) y Schumpeter (1954) aún afirman que no se puede hablar de una “escuela de pensamiento mercantilista”. Según éstos, los autores de este período no llegan a un sistema interpretativo coherente de la realidad económica. No desarrollan conceptos ni análisis sistemáticos de los que pueda surgir una teoría. La utilización de los términos “mercantilismo” y “bullionismo” para referirse a doctrinas bien definidas no sería estrictamente correcta, pero es una generalización útil para indicar los dogmas económicos (generalmente relacionados con Inglaterra y con Francia en los siglos XVI y XVII y en cierta medida con Holanda, con España y con Italia) y las diferencias con la economía política clásica (Magnusson, 1993). Los diferentes autores no llegar a un acuerdo sobre cómo se relacionan el dinero, los intereses, los precios y el comercio exterior. Los aspectos prácticos prevalecen sobre las reflexiones teóricas. Las posiciones expresas sobre el papel del gobierno (proteccionismo comercial, autoritarismo económico y sustitución de importaciones) son interesantes, pero la principal contribución al desarrollo del pensamiento económico de la época se refiere a la visión de la economía como un sistema que debe ser desvelado a través del método baconiano de argumentación lógica y demostración de los hechos (Magnusson, 1993).

Las literaturas bullionista y mercantilista asumen un papel importante de afirmación del estado nacional contra el universalismo de la iglesia católica y el particularismo de la estructura del poder feudal. El objetivo no es el bienestar individual –como lo será para Adam Smith– sino la afirmación político-militar del estado (Heckscher, 1994, pp. 273-285). El apoyo a la competencia se refiere únicamente a la competencia entre naciones, privilegiando sistemas de tasas a las exportaciones de materias primas y a las importaciones de productos manufacturados. Todavía hay una clara expresión de exigencias típicamente capitalistas y empresariales, ya que el sistema comercial depende del desarrollo de mercados consumidores.

La concepción matemática y mecánica del mundo aún no está plenamente insertada en el discurso económico. Algunos autores, mientras, hacen referencias físicas y metafísicas en una clara transición del mundo espiritual feudal hacia el mecanicista de mercado. Utilizan expresiones metafóricas como “enfermedad del cuerpo político”, mercancías como el “cuerpo del comercio”, y el dinero y los títulos como el “alma del comercio” (Heckscher, 1994, p. 308). Estas analogías procuran legitimar la libertad institucional que comienza a surgir con el comercio, comparándolas con el funcionamiento del cuerpo humano e influenciadas por la teoría de la circulación sanguínea desarrollada por el fisiologista y anatomista inglés William Harvey (1578-1657)<sup>14</sup>. Incluso Thomas More –autor de *La utopía*, escrita en el año 1516– defiende la inocuidad legislativa si no se respeta el funcionamiento socioeconómico, es decir, una lectura no muy clara de la conexión entre leyes económicas y motivaciones del proceder humano. Éste es el inicio de la teorización de reglas económicas fijas y naturales en las que profundizarán Petty y los aritméticos políticos.

## 6. WILLIAM PETTY Y LA ARITMÉTICA POLÍTICA

La aritmética política es entendida no tanto como una rama de la estadística sino más bien como la extensión de una nueva ciencia social, es decir, la afirmación de métodos cuantitativos en el análisis de los fenómenos sociales, en estrecha sintonía con la revolución científica de las ciencias naturales. “*Eran econometristas. Realmente, la obra que realizaron ejemplifica a la perfección lo que es la econometría y lo que pretenden hacer los econometristas*” (Schumpeter, 1954, p. 265).

William Petty y sus seguidores, como Gregory King (1648-1712) y Charles Davenant (1656-1714)<sup>15</sup>, procuran organizar datos cuantitativos de la sociedad como una rudimentaria contabilidad nacional, insertando definitivamente la instrumentalización matemática en la economía. No sistematizan eficientemente la relación entre stock, insumos y producción del sistema económico ni para su totalidad ni para la producción sectorial. Sus estadísticas, sin embargo, proporcionaban una base importante –a pesar de sus enormes deficiencias– para las elecciones del rey en el campo fiscal y en la política externa. El método es el baconiano inductivo, la fusión entre el método deductivo aristotélico y el empirismo de los alquimistas y técnicos-artesanos. De esta forma, los datos cuantitativos sobre los fenómenos sociales son racionalizados según la visión del autor.

Los autores aritméticos políticos eran administradores consultores con una importante formación académica. Por lo que se refiere a Petty, su formación es am-

---

<sup>14</sup> Harvey anuncia el descubrimiento en el año 1616, pero la publica en el año 1628 bajo el título *Eseritatio anatómica de motu cordis et sanguinis*.

<sup>15</sup> Y otros como el alemán Herman Conring, como Richard Cantillon o como François Quesnay.

plia. Marinero, médico del ejército inglés, anatomista –formado en París bajo la orientación de Hobbes–, inventor –en la década de 1640 intenta patentar una máquina de copias de manuscritos–, catedrático de Anatomía y de Música en Londres, fundador de la *Royal Society*, topógrafo y propietario de tierras.

Petty analizó problemas prácticos de su época y de su país como la tributación, la moneda, el nivel de empleo, la política y el comercio exteriores. No llegó a desarrollar una teoría económica consistente, pero tuvo la originalidad de utilizar los datos econométricos para deducir conceptos como el de la velocidad de la moneda, de la renta nacional y otros. Petty realiza un estudio sobre la actividad productiva de la época. Son contabilizaciones verticales de las actividades mineras, manufactureras, agrícolas, pastoriles y de pesca, desde la materia prima hasta el producto final.

La preocupación central de los escritos de Petty, tácita en todas las discusiones secundarias, se refieren a las causas que llevan a un estado a ser rico. Sin embargo, trata la sociedad como sometida a una única autoridad política que es el rey, lo que le impide desarrollar los conceptos de sectores económicos dentro del sistema productivo y las relaciones tecnológicas de ahí resultantes.

Afirma, entonces, que el estado debe encargarse de la protección militar, de la educación (provisión de escuelas y universidad, aunque no descarta la educación privada) y de la infraestructura de transportes y de irrigación como condición para producir internamente y comercializar externamente hasta el punto en que el país tenga “*más dinero que cualquier otro de nuestros vecinos (nunca menos), tanto en proporción aritmética como geométrica, esto es, cuando tengamos provisiones para un mayor número de años (...)*” (Petty, 1983, p. 102).

Profundizando en la cuestión de los motivos que llevan a un estado a la riqueza, en el capítulo I de su *Aritmética política* cuestiona como un “*país pequeño, con poca gente, puede ser equivalente en riquezas y en poderío a otro con un mayor territorio y con una mayor población y, particularmente, como la navegación y el transporte marítimo, de manera excelente y fundamental, conducen a eso*”. Inicia, entonces, su argumentación diciendo que “*gracias a su ingenio, un hombre puede realizar tanto trabajo como muchos sin él, por ejemplo, con un molino (...), con un tipógrafo (...), con un caballo tirando de un carro con ruedas (...)*”. El autor continúa comparando Holanda y su provincia “Zelandia” con Francia –utilizando sus datos estadísticos agregados de contabilidad nacional aunque sean rudimentarios– para deducir los motivos que llevaron a los dos primeros –países mucho menores en territorio y en población– a poseer una riqueza comparable a la de Francia. Llega a dos conclusiones. La primera de orden geográfica, es decir, en un país pequeño y de tierras fértiles como Holanda los costes militares y de alimentación son menores. Además de esto, los dos países están localizados en la entrada de tres ríos caudalosos, facilitando el comercio internacional de las manufacturas que producen. La segunda se refiere a la disponibilidad energética de Holanda, que siendo un

*“país llano (...) en cualquier parte se puede instalar un molino de viento y, como la tierra es húmeda y vaporosa, siempre hay viento soplando, propiciando la economía de muchos millares de brazos (...)”*.

En relación con la energía, afirma que Holanda y “Zelandia” se apropian con más eficiencia de la energía eólica para el transporte marítimo, lo cual se traduce en costes de transporte más bajos. Estos dos países estarían en la frontera tecnológica en la manipulación *“de la madera para la construcción de navíos, botes, mástiles y cascos; de cáñamo para cuerdas, velas y redes; de sal, de hierro, y también de brea, alquitrán, resina, cal, aceite y sebo (...)”* (Petty, 1983, pp. 115-122).

La importancia que Petty da a la apropiación de la energía es, por lo tanto, grande. La considera como una de las precondiciones para el desarrollo económico de un estado. Se refiere a las energías eólica e hidráulica reconociéndolas como sustitutas del trabajo humano. También escribe sobre la importancia de la tecnología en diversas partes de sus libros, concibiéndola como neutra y resultante de especificidades geográficas. Aunque no relaciona explícitamente el dominio de la tecnología con la riqueza, asume que nuevos inventos economizarán el trabajo manual del ser humano que estaría destinado, después de haber acumulado una gran cantidad de bienes, a ocuparse del desarrollo de la mente y de su relación con Dios.

## 7. CONCLUSIONES

Los estudios económicos, una de las ramas de las ciencias sociales, poseen particularidades que dificultan la atribución del *status* “ciencia”, tal y como ocurre en las “ciencias naturales”. Se pueden enumerar fácilmente dos de estas particularidades: i) la dificultad de experimentación de las teorías; y ii) la mutabilidad del objeto estudiado, sea cual sea el comportamiento de la sociedad y del ser humano. Estos dos factores, mucho más que en las ciencias naturales, caracterizan la ciencia económica, y las ciencias sociales analíticas en general, como ciencias socialmente construidas. En otras palabras, los pensadores económicos desarrollan teorías económicas fuertemente contextualizadas, cuyas motivaciones pueden ser el interés de clase, el aprendizaje del desarrollo, la fundamentación de cierta doctrina, etc. Incluso ya fundamentada, como lo estará a partir del siglo XIX, sobre bases conceptuales psicológicas (lo mismo que superficiales), nada puede asegurar la inmutabilidad del objeto de análisis (el modo de proceder humano) a través de las generaciones.

Así, este trabajo ha procurado mostrar que las teorías económicas desarrolladas en los siglos XVI y XVII –la cuna del pensamiento económico capitalista– estuvieron fuertemente influenciadas por tres factores: 1) por la disponibilidad de energía no animal apropiada para la producción y el comercio de bienes; 2) por un fuerte rechazo al control institucional católico del feudalismo sobre la producción y la reproducción del pensamiento, que se tradujo en el deseo por desarrollar verdades (ciencia) universales o neutras –esta concepción llevó a la universalización del uso

del lenguaje matemático–; y 3) en contraposición al punto 2) y a la concepción neutra de la ciencia, por la construcción de las teorías económicas del período preocupadas por el enriquecimiento del rey y por el fortalecimiento del estado<sup>16</sup>.

La apropiación de fuentes energéticas no animales desempeña un papel decisivo al hacer más eficiente el transporte y al permitir el enriquecimiento gracias al comercio. Los países que dominan la energía eólica para el transporte marítimo –y lo cierto es que Holanda fue quien desarrolló navíos más veloces– obtendrán mejores resultados comerciales. Los autores económicos, atentos a esas transformaciones técnicas, pronto eligieron el transporte y el dominio del comercio internacional como los factores que deberían de ser incesantemente perseguidos por los estados. Estos autores, además, estuvieron en su gran mayoría al servicio del rey como consultores y administradores de su riqueza. De esta forma, su visión refleja los intereses particulares del rey. No proponen hipótesis analíticas sobre el funcionamiento económico para ser testadas, no pudiendo aún ser consideradas como un cuerpo teórico consistente y bien definido. En otras palabras, no constituyen verdaderamente una ciencia económica.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL, J.D. (1965): *Ciência na história*, vol. 1-7. Lisboa: Livros Horizonte. (Título original: *Science in History*).
- CIPOLLA, C.M. (1974): *The Economic History of Europe: The Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Fontana Books.
- CIPOLLA, C.M. (1989): *Canhões e velas na primeira fase da expansão europeia (1400-1700)*. Lisboa: Gradiva. (Título original: *Guns, Sails and Empires*, 1965).
- CHURCH, R.A.; WRIGLEY, E.A. [org.] (1994): *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*. (The Economic History Series). Oxford / Cambridge: Blackwell.
- HALL, A.R. (1980) *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HECKSCHER, E.F. (1994): *Mercantilism*. London/New York: Routledge. (Primera publicación en sueco en el año 1931).
- HÉMERY, D.; DEBEIR, J.C.; DELÉAGE, J.P. (1993): *Uma história da energia*. Brasilia. (Título original: *Lês servitudes de la puissance: une histoire de l'energie*. Flammarion, 1986).
- HOYKAAS, R. (1988): *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*. Brasilia: Polis. (Título original: *Religion and the Rise of Modern Science*. Scottish Academic Press, 1972).
- MAGNUSSON, L. (1993): *Mercantilist Economics*. Kluwer Academic Publisher.
- MAGNUSSON, L. (1994): *Mercantilism: The Shaping of an Economic Language*. London/New York: Routledge.

<sup>16</sup> Incluso cuando argumentan sobre el nivel de empleo o el fin de la mendicidad, la preocupación por liberar a las personas de la pereza es “proporcionar al rey los instrumentos más apropiados para sus negocios de todas las especies, estando tan firmemente obligadas a ser sus fieles servidores como sus propios hijos naturales (Petty, 1983, p. 22).

- PETTY, W. (1927-1928): *The Petty-Southwell Correspondence*. (Carta publicada en el año 1927-28, originalmente escrita en el año 1687).
- PETTY, W. (1983): *Aritimética política*. São Paulo: Abril Cultural. (Título original: *Political Arithmetick*, escrita no ano 1676 e publicada no ano 1690).
- PETTY, W. (1983): *Tratado sobre impostos e contribuições*. São Paulo: Abril Cultural. (Título original: *A Treatise of Taxes and Contributions*, publicado en torno al año 1662).
- PETTY, W. (1983): *Verbum sapienti*. São Paulo: Abril Cultural. (Obra escrita en el año 1665 y publicada en el año 1691).
- RANDALL, J.H. (1976): *The Making of the Modern Mind*. New York: Columbia University Press.
- RICH, E.E.; WILSON, C.H. (1967): *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, vol. IV, cap. I. Cambridge: Cambridge Economic History of Europe.
- RONCAGLIA, A.; LABINI, P.S. (1995): *Pensiero econômico: temi e protagonisti*. Roma/Bari: Laterza.
- ROSSI, P. (1989): *I filosofi e le machine: 1400-1700*.
- SCHUMPETER, J.A. (1954): *History of Economic Analysis*. New York: Oxford University Press.
- WHITE, L. (1962): *Medieval Technology and Social Change*. Oxford University Press.
- WEBER, M. (1983): *A ética protestante e o espírito do capitalismo*. São Paulo: Pioneira. (Título original: *Die protestantische ethik und der geits des kapitalismus*).