

El enfoque evolucionista del cambio tecnológico

Abstract. *The paper reviews several evolutionary theories of technological change, gathering them in two groups: (a) historical and philosophical; (b) economic. The goal is to determine and analyze the philosophical issues, themes and vocabulary common to such theories. These theories are contrasted with the pseudo-evolutionary and social-constructivist theories. The study moves from determinist, linear evolutionary theories, to the bi-directional and multi-linear evolutionary theories. An analogy between technological change and the theory of evolution is established. Based on this revision, the paper upholds an evolutionary theory of technological change denominated the Third Way.*

Key words: evolutionary theory of technology, technological change, philosophy of technology, technological determinism, social constructivism.

Resumen. *El trabajo revisa una diversidad de teorías evolucionistas del cambio tecnológico, ubicándolas en dos grupos: (a) las histórico-filosóficas; (b) las económicas. El objetivo es determinar y analizar los problemas filosóficos, los temas y el vocabulario común a tales teorías. Estas teorías se contrastan con las pseudoevolutivas y las constructivistas sociales. El trabajo transita de las teorías evolucionistas deterministas y lineales a las teorías evolucionistas bidireccionales y multilineales. Se establece una analogía del desarrollo de la tecnología con la teoría de la evolución. A partir de esta revisión se defiende una teoría evolucionista del cambio*

tecnológico que aquí se la denomina como la Tercera Vía.

Palabras Clave: teoría evolucionista de la tecnología, cambio tecnológico, filosofía de la tecnología, determinismo tecnológico, constructivismo social.

1. Introducción

La perspectiva evolucionista es un enfoque atractivo porque aplica los principios de la evolución darwiniana a la tecnología y la economía. Sin embargo, no todas las posiciones teóricas que usan el término *evolución* pueden considerarse evolucionistas, ya que no recurren a dicha analogía. Por ello es importante diferenciar las teorías que tan sólo hablan del cambio tecnológico de las evolucionistas propiamente dichas. En este sentido, muchas tendencias teóricas miran el cambio tecnológico como un proceso que se manifiesta a partir de saltos o revoluciones semejantes a los políticos o llanamente la tecnología es concebida como una institución social en constante transformación; ejemplo de esto último son las teorías que proceden de la sociología y la antropología que conciben la tecnología como siendo una construcción social, y que, como tal, se encuentra bajo el absoluto dominio de los intereses humanos o respondiendo de manera absoluta a tales intereses, de modo que el desarrollo de la tecnología en ningún momento se la piensa como un proceso natural. En contraste, otras perspectivas teóricas se refieren a la noción de *evolución* para indicar que la tecnología se desarrolla de manera natural

siguiendo su racionalidad interna: esta evolución natural se la mira como legitimadora del *estatus quo*. Empero, si la tecnología fuese un proceso natural de tipo determinista no habría posibilidad de modificar la dirección que actualmente la orienta, por ende, este enfoque justificaría los usos tecnológicos de dominación y destrucción.

A lo anterior, hay que agregar que el enfoque evolucionista es complejo, ya que pueden encontrarse dos vertientes: (a) aquella que intenta una visión global del cambio tecnológico a través de la historia, esfuerzo que se realiza desde la historiografía y la filosofía (Basalla, Hielbrones, Hughes y Mumford, entre otros) y (b) la que se fija en el cambio tecnológico en las sociedades contemporáneas (Nelson, Winter y Pavitt), estos estudios se hacen, básicamente, desde la economía, la administración de empresas y la sociología. La primera perspectiva se fija en el desarrollo de la tecnología a través del tiempo, sobre todo enfatizan el largo plazo e intentan establecer sus grandes líneas de transformación. A veces se trata de reflexiones muy especulativas con aires fuertemente metafísicos y ontológicos, otras son más moderadas y acertadas acerca de cómo se da el cambio tecnológico. La segunda aproximación intenta ser más operativa y busca un uso más instrumental de la comprensión de dicho cambio. Por lo general, las explicaciones económicas del cambio tecnológico se fijan en un período de tiempo más corto y son estudios referidos al sistema de producción capitalista y, sobra decirlo, la mayoría de estas teorías abordan el asunto del cambio tecnológico en razón de ser un mecanismo que conlleva al mejoramiento y al crecimiento de la economía, ya sea en un sector económico específico, una empresa en particular o un país.

El objetivo de este artículo es determinar y caracterizar la explicación evolucionista del cambio tecnológico, así como los problemas filosóficos que surgen al intentar ofrecer dicha explicación. Esta labor si bien parece simple a primera vista, no resulta tan sencilla debido al ya mencionado asunto de la diversidad de las versiones teóricas del evolucionismo tecnológico. Por lo que, la intención es hallar aquellos conceptos e ideas comunes a la variedad de tendencias y mostrar algunos elementos de continuidad teórica

entre los enfoques filosóficos e históricos con los económicos, puesto que a veces parece que dichas disciplinas hablan de cosas diferentes. Empero, no ha sido posible analizar todas las tendencias teóricas sobre el tema en escrutinio, tan sólo se escogieron algunas teorías que resultan útiles para destacar y discutir algunos de los problemas filosóficos más importantes acerca del cambio tecnológico, y cuyo contraste contribuye a mostrar lo fructífero de un enfoque evolucionista revisado y no determinista radical al que he llamado de la *Tercera Vía*.

2. El pesimismo evolutivo como una pseudoteoría evolucionista

Una tesis fantástica que se vale de la analogía biológica darwiniana de evolución natural es aquella que asevera que la tecnología se desarrolla de manera no intencional e independientemente de los intereses del ser humano tal y como sucede en la evolución biológica. Se supone en tal caso que artefactos y máquinas inertes, en algún momento, llegarán a desarrollar conciencia y a dominar al ser humano. Ésta es la propuesta que se encuentra en el filme *The Matrix* o en el pensamiento del pesimismo evolutivo de Samuel Butler (1835-1902). Pero, es importante destacar que en realidad no se trata de un evolucionismo: en primer lugar, porque el evolucionismo no implica un sentido, no es ni pesimista ni optimista; en segundo lugar, porque la idea de un evolucionismo con un sentido es predarwiniano, y detrás lo que se haya es una idea cuasireligiosa. Por esto, previo a realizar la labor aquí propuesta es necesario hacer algunos comentarios a este tipo de enfoques, con el propósito de diferenciarlos de aquellos propiamente evolucionistas, en tanto que pretenden una explicación y descripción del cambio tecnológico y no una simple visión apocalíptica y moralizante de dicho cambio.

La tendencia de la literatura de *ciencia ficción* con matices éticos de Butler, se manifiesta como antiutópica. En su libro *Erewhon o Allende de la montaña* (1872), la palabra *Erewhon* es el anagrama del término inglés *nowhere* que significa *en ningún lugar*, que puede interpretarse como *utopía*. No obstante, en esta obra no se propone

la organización de una nueva sociedad, sino un examen de la sociedad de la revolución industrial, es decir, una crítica del modernismo. En el capítulo 23, titulado "El libro de las máquinas", Butler expone las razones del por qué en Erehwon se destruyeron las máquinas, y para tal propósito aplica la teoría de la evolución de Charles Darwin a la tecnología. Los artefactos se desarrollan al igual que en la evolución biológica. Adquieren autonomía pues se transforman por sus propias leyes, convirtiéndose en un riesgo para la humanidad. Este peligro se manifiesta en la posibilidad de que éstas adquieran conciencia, así pasan de estar al servicio del ser humano a convertirse en esclavizadoras de éste. En palabras de Butler:

...no existe garantía [...] contra el desarrollo final de la conciencia mecánica en el hecho de poseer las máquinas poca conciencia en la actualidad. Tampoco un molusco posee mucha conciencia. Recapacítense los adelantos extraordinarios hechos por las máquinas en los últimos siglos, y obsérvese con qué lentitud progresan los reinos animal y vegetal. Las máquinas de organización más complicada son creaciones no ya de ayer, sino de los últimos minutos, por decirlo así, en comparación con el pasado. Admítase, para hacer más clara nuestra argumentación, que los seres conscientes hayan existido unos veinte millones de años ¡y véanse qué camino han recorrido las máquinas durante los últimos diez siglos! ¿No puede durar el mundo veinte millones de años todavía? Si así fuere, ¡qué no llegarán a ser las máquinas!..." (234-235).

Este temor refleja la época de Butler: el progreso de la sociedad industrial, con la consecuente deshumanización que produce la fe en la máquina. Para los habitantes de Erehwon, el rápido adelanto de las máquinas desborda la capacidad humana para su comprensión, por eso destruyen la tecnología de los últimos 300 años. Ellos toman la decisión política de quedarse en un determinado estado del avance de la tecnología: la etapa mecánica frente a la automatización (fordismo). Butler no sólo rechaza un tipo determinado de tecnología sino que también el evolucionismo de Darwin. Ahora, la razón ofrecida por Butler para la no destrucción de la totalidad de las máquinas se debe a la ambivalente relación del ser humano

con la tecnología. Ésta última si bien puede subyugar o crear molestias al hombre, también, le es indispensable para la sobrevivencia:

...si todas las máquinas fuesen aniquiladas en un instante, de tal modo que no le quedase al hombre ni un cuchillo, ni una palanca, ni un harapo de sus vestidos, nada en absoluto más que su cuerpo desnudo, tal como llegó a este mundo; si toda su ciencia de las leyes mecánicas le fuesen arrebatadas, de tal modo que no pudiese construir nuevas máquinas; si todos los alimentos hechos por procedimientos mecánicos fuesen destruidos, de modo que la raza humana quedase como desnuda en una isla desierta: entonces desaparecería en seis semanas. Unos pocos individuos quizá prolongarán algo su miserable existencia; pero hasta éstos, al cabo de un par de años, habríanse convertido en algo peor que monos. El alma misma del hombre se debe a las máquinas, está hecha a máquina. Piensa lo que piensa, siente lo que siente, merced a los cambios que las máquinas han operado en él, y la existencia de aquéllas es un *sine qua non* para la suya, lo mismo que depende de su vida la de ellas. Este hecho nos impide proponer la aniquilación completa de toda maquinaria, mas indica ciertamente que deberíamos destruir todas aquellas máquinas a que nos fuera posible renunciar, para evitar que nos dominen aún más tiránicamente..." (243-244).

Este enfoque es fruto del pensamiento del determinismo tecnológico que ve en la tecnología una tragedia difícil de superar. En el caso de Butler lo que hace es utilizar la teoría evolutiva de Darwin para apoyar su tesis pesimista. Por tanto, a este enfoque no se le puede denominar *evolucionista*.

3. Caracterización del evolucionismo tecnológico a partir de dos tipos de problemas filosóficos sobre el cambio tecnológico

Una vez aclarado en qué consiste el pseudoenfoque *evolucionista*, puede caracterizarse el enfoque evolucionista en tecnología. En este trabajo se defiende la idea de que la tecnología evoluciona de manera análoga a como lo hace el

mundo natural, en general se trata de un desenvolvimiento de la tecnología a través de la historia como siguiendo pautas, rutas o "leyes" semejantes a la evolución biológica. Pero, a diferencia de esta última, la tecnología está orientada por el ser humano que le imprime un sistema de valores y una estructura institucional determinada, por lo cual, la analogía entre evolución biológica y tecnológica no es estricta, esto sería imposible, pues la tecnología, si bien en parte se encuentra ligada al mundo natural, también es un producto cultural. De ahí que la tecnología se presta a ser concebida como siendo un proceso que por un lado es natural y por otro es cultural, pues ella se encuentra mediada por las dinámicas biológicas, físicas y culturales. Bertrand Gille, en *Historia de las técnicas* (1977), afirma que se trata de un tercer tipo de entes intermedios entre los orgánicos y los físicos, a los que denomina *entes inorgánicos organizados*, se trata de una organización no orgánica de la materia. Esta materia organizada está mediatizada por la cultura y responde, en principio, a los intereses de los seres humanos.

La escueta presentación de la analogía entre la evolución biológica y la natural no recoge todos los aspectos de dicha comparación, por lo que, otros elementos de la analogía aparecerán en el transcurso de la exposición de este enfoque teórico. La mejor manera de hacerlo es a partir de dos grandes ámbitos de problemas filosóficos del estudio del cambio tecnológico. A estas dificultades se han dado diferentes respuestas, las que marcan las distintas posiciones teóricas que intentan explicar los mecanismos que inducen a dichas transformaciones. Con base en estos dos grupos de problemas se pretende caracterizar una concepción adecuada del evolucionismo tecnológico. Así, el centrarse en las dimensiones de problemas facilita el discernir entre las diversas teorías evolucionistas. Este procedimiento también contribuye a señalar las discrepancias entre el evolucionismo tecnológico en relación con otras perspectivas teóricas.

Un primer grupo de dificultades tiene que ver con las siguientes dicotomías: continuismo-discontinuidad, evolución-revolución, acumulación de conocimientos-aparición sorpresiva de tecnologías, proceso natural-social, linealidad-

multidireccionalidad, determinismo-no determinismo, entre otros. Un segundo conjunto de complicaciones están relacionadas con la dirección de causalidad entre dos ejes: (a) tecnología-sociedad y (b) el asunto de si la tecnología es autónoma o no.

3.1. La confluencia de los factores técnicos y sociales en la evolución histórica continuista y multilineal de la tecnología

En contraposición a la *tesis continuista* de la historia de la tecnología existe lo aquí se denomina como la *tesis discontinuista*; a grandes rasgos esta tesis sostiene una discontinuidad histórica entre técnica y tecnología. Este enfoque se basa en una noción de *tecnología* que supone que ésta es ciencia aplicada. Otra manera de asumir el discontinuismo es presumir que la historia de la tecnología se da por saltos, especies de revoluciones que no tienen antecedentes en etapas anteriores. Dicha tesis está equivocada. En lo fundamental, asumo que la historia de la tecnología es continua y, aunque, puedan darse en apariencia algunos saltos, éstos siempre tendrán algún tipo de antecedente inmediato o remoto ya sea en otras tecnologías o en algún tipo de conocimiento. Empero, no puede excluirse que la existencia de algunas excepciones. La idea de discontinuidad también supone el mito del inventor genial que realiza una invención sin que medien conocimiento, investigación o artefactos antecedentes. Si bien, es cierto que a veces se requiere la existencia de un personaje, pues la historia está hecha por ellos, el personaje no puede ocultar el proceso histórico. La opción por el continuismo reside en que el evolucionismo aquí defendido supone una continuidad en las líneas de evolución de las tecnologías, así como una acumulación de conocimientos, experiencias y aprendizajes que anteceden a las nuevas tecnologías, una sucesión de etapas que no necesariamente tiene por qué seguir la sucesión tal y como históricamente se ha dado, sino que pudo manifestarse de otra manera.

Cuando se leen las diferentes historias de la tecnología lo primero que salta a la vista es que la mayoría plantean una secuencia, en donde unas etapas siguen a otras. Esta secuencialidad, en muchos casos, es concebida como lineal,

connotando un teleologismo; es decir, la tecnología se desarrolla hacia un fin determinado y siguiendo la lógica interna de la racionalidad tecnológica. Según este punto de vista, la tecnología es autónoma y está separada de lo social, por lo cual, ésta se impone a lo social. Algunos de estos enfoques son evolucionistas, aunque su simplicidad no recoge la complejidad de la analogía con la evolución biológica. Además, ontológicamente se asume que la tecnología es una especie de ser viviente que se autodespliega (Véase Spengler, 1994). Las críticas hechas a dicho enfoque hace que las teorías evolucionistas se modifiquen; por ejemplo, algunas teorías afirman que el desarrollo lineal no se da en todas las culturas sino tan sólo en aquellas que optan por el desarrollo tecnológico (Heilboner, 1994), empero, siempre se trata de una especie de determinismo tecnológico. Como puede apreciarse el tema del continuismo de la evolución de la tecnología en algunas teorías evolucionistas entronca con el problema de la linealidad o multilinearidad de dicha evolución.

En contraste, algunas teorías no evolucionistas sostienen que la tecnología no se desarrolla de manera lineal, sino que existen una serie de factores tanto tecnológicos como sociales que intervienen en su desarrollo. Estas teorías y sus correspondientes modelos son multilineales. Se trata de una perspectiva más de corte social, en la que confluyen teorías sociológicas y antropológicas, entre ellas *la construcción social de artefactos*, a este conjunto de teorías puede llamarse *constructivismo social*. Si bien, algunos de sus representantes utilizan el término *evolución*, tan sólo se trata de una sinonimia con un proceso de desarrollo tecnológico. Este conjunto de posiciones entiende que la tecnología no se guía por su lógica interna, sino que se trata de una institución que se desarrolla según los actores que intervienen, la innovación aparece por azar, y las tendencias de desarrollo tecnológico no son leyes naturales sino más bien convenciones que así lo estipulan.

Un autor que se inscribe en la anterior posición es Eduard Aibar. Para él, por ejemplo, el concepto evolucionista de *trayectorias tecnológicas*, esto es, la idea de que la tecnología sigue rutas y rutinas que responden a la lógica interna

de la tecnología, si bien tiene potencia explicativa, asume el supuesto de que la tecnología se desarrolló como siendo un proceso natural, ya que, según él, las trayectorias tecnológicas "... pueden explicarse mejor como *instituciones*, en el sentido sociológico del término: estructuras que se mantienen a lo largo del tiempo, pero no por una lógica interna que las dota de una secuencia necesaria de evolución, sino por los intereses que acompañan a su desarrollo y por la creencia de que continuarán existiendo en el futuro. Ello, naturalmente, no significa que cualquier trayectoria tecnológica se pueda mantener únicamente por la creencia en su regularidad. La historia de la tecnología está llena de predicciones y expectativas que han resultado flagrantemente erróneas, pero desacredita, en último término, la tesis de la tecnología autónoma, al hacer de las expectativas de éxito un componente fundamental de la futura difusión de una innovación..." (2002b, 78). Este enfoque resalta los procesos sociales ante la racionalidad de la tecnología.

Para el constructivismo social el desarrollo de la tecnología es holista y se trata de una especie de red o rizoma: "... en lugar de un desarrollo lineal o de una estructura arborescente de menor a mayor complejidad y diversidad, la evolución de la tecnología se parece más a una red de caminos entrecruzados, de distintas anchuras, algunos de los cuales quedan de repente truncados para siempre, mientras que otros se retoman al cabo de un tiempo o se fusionan entre sí. Se trata, en resumen, de un modelo multidireccional (Aibar, 2000b, 78). Si bien la metáfora de la red es muy atractiva y ofrece una imagen completa y realista de la evolución de tecnología, no necesariamente hay que ser constructivista social para compartir tal imagen, por lo cual, esta metáfora puede tomarse prestada para la tesis evolucionista que aquí se defiende. En todo caso, la imagen de la red puede rastrearse, desde una perspectiva evolucionista que combina lo social con lo tecnológico, a través de varios autores que no son constructivistas sociales. Particularmente, pueden destacarse aquellos conceptos que combinan los factores tecnológicos y culturales que influyen en la dirección o las direcciones de la evolución de la tecnología. Por ejemplo, se podría combinar la idea de Mumford de *tecnología definitoria* en

cada época, la que responde a la lógica interna de la tecnología y las estructuras sociales, con la idea de Kondratieff de sus *ciclos tecnológicos*. Las tecnologías definitorias serían aquellas que determinan un patrón de solución de problemas tecnológicos y que de alguna manera especifican una orientación general de la tecnología. Las tecnologías definitorias según los ciclos tecnológicos serían aquellas tecnologías que emergen al inicio del ciclo.

Otra combinación conceptual puede incluir la idea de Schumpeter de cambio tecnológico con la de *impulso tecnológico* de Hughes (1969). En la concepción de cambio tecnológico de Schumpeter, según lo expone en *Capitalismo, socialismo y democracia* (1942), el sistema capitalista es dinámico y funciona por oleadas de innovaciones en donde existe un impulso endógeno de la metamorfosis de la industria. El impulso tecnológico de Hughes habla de la racionalidad interna y de los factores sociales que mueven al cambio, incluso este concepto de Hughes se asemeja a la idea de las *trayectorias tecnológicas*. De hecho las teorías evolucionistas en economía tienen como base alguno de estos enfoques o una combinación de ellos. De tal manera que muchos cambios tecnológicos se dan por razones puramente técnicas y en otras ocasiones son razones sociales, culturales o económicas. A veces aparecen tecnologías en competencia con otras, y a veces no es fácil explicar por qué unas triunfan (v. gr. el VHS) y otras desaparecen (v. gr. Beta), pues como en este último ejemplo no hay razones tecnológicas para preferir la primera a la segunda. La estandarización de cada tecnología puede explicarse no por razones económicas sino por razones técnicas. A veces unas tecnologías que se daban por desaparecidas reaparecen con modificaciones y a partir de otros enfoques. Lo que una tecnología consigue a un nivel (v. gr. telegramas, con sus textos breves escritos) regresa después de desaparecer por un tiempo como parte de otra tecnología más compleja (v. gr. mensajes de texto en teléfonos celulares, correo electrónico). A veces la razón es puramente de estatus económico (v. gr. hornos de barro para hacer pan en casas elegantes), entre otras posibles explicaciones. Esta manera de enfocar el asunto también se muestra multilineal de manera semejante a la idea de red o rizoma o de un *mapa de carreteras*.

En todo caso, ha de reconocerse que el constructivismo social tiene razón en cuanto que la tecnología sigue diferentes direcciones de desarrollo, que no necesariamente se ha de pasar por unas mismas etapas, y que las trayectorias tecnológicas actuales, así como la historia de la tecnología pudieron seguir otros itinerarios. También, es correcto el asunto de que no hay nada predeterminado ni un destino natural que se ha de cumplir irremediablemente. No existe una necesidad inherente de la evolución de la tecnología. Al respecto el constructivismo social y el evolucionismo amplio de Basalla y el específico de Nelson y Winter convergen. En general, aquí se considera correcta la posición que sostiene que a la historia de la tecnología ha de librarse del matiz metafísico de fatalismo u optimismo irremediables. Empero, el problema del constructivismo social reside en que a pesar de su supuesto holismo y su multireccionalidad, supone una dirección de causalidad unilineal, una especie de reduccionismo, de la relación entre tecnología y sociedad, en donde lo social es la única determinante de lo tecnológico.

Los modelos de cambio tecnológico de Nelson, Winter y Basalla suponen que la tecnología evoluciona como en el caso de lo biológico, sin que esto implique linealidad. De hecho la evolución natural no es lineal ni teleológica; no habría una finalidad hacia dónde se dirige la tecnología. La tecnología se desarrolla a partir de la influencia de los factores sociales y culturales así como siguiendo su lógica interna. Además, en el desarrollo de la tecnología pueden existir elementos de continuidad y discontinuidad, pequeños cambios y cambios radicales. Esta posición es la más interesante, pues efectivamente, la historia de la tecnología muestra cómo muchos objetos tecnológicos tienen precedentes muy remotos o inmediatos. Si bien, algunos objetos tecnológicos no tienen antecedentes físicos concretos, a veces se da el caso, que éstos son simbólicos, por ejemplo, los robots ya aparecen en la mitología griega; en las imágenes de los alquimistas medievales aparecen objetos que pueden compararse con los actuales televisores. Incluso, la idea de cálculo computacional y de control es tan antigua y en la actualidad lo único que cambia es el soporte físico. La ventaja del enfoque es que no es reduc-

cionista, ni pretende un holismo exhaustivo que tiende confundir y a dificultar analíticamente el estudio de la tecnología. Este enfoque se ajusta más a la historia de la tecnología.

3.2. La dirección del flujo causal del binomio tecnología-sociedad

En el análisis del primer conjunto de problemas se ha hecho alusión al segundo grupo, es decir, la dirección de la causalidad entre tecnología y sociedad. Existen varias maneras de enfocar el problema. Las dos primeras instituyen una relación unidireccional y una tercera posición establece una doble dirección de causalidad. Si se toma el enfoque lineal del desarrollo de las tecnologías es fácil observar que también asume una posición unidireccional de la relación tecnología-sociedad; es decir, es la tecnología la que determina el orden de lo social. El segundo enfoque, el constructivista social, también establece una unidireccionalidad, pero que va de lo social a lo tecnológico. Si bien, este enfoque se pretende holista, su holismo es muy difuso, puesto que lo tecnológico o social sólo se define en el contexto, cualquier cosa puede ser tecnológico o social, y desde el punto de vista normativo es difícil saber de dónde procede la dirección de causalidad, se trata más bien de una teoría que pretende ser descriptiva y explicativa, pero no predictiva. En última instancia todo es social. Aunque, algunos defensores del constructivismo social terminan avalando la idea de la bidireccionalidad, con lo cual se alejan de la posición original de la construcción social de artefactos, este es el caso de Aibar, para él "... la relación entre tecnología y sociedad es, ciertamente, *bidireccional* y mucho más compleja de lo que sugieren los estudios de impactos. No se trata, obviamente, de dismantelar el determinismo tecnológico para instaurar una nueva forma de reduccionismo: el *determinismo social*. Ya hemos dicho que en el concepto de *construcción social* el término 'social' no debe entenderse en el sentido puramente sociológico. Los estudios que hemos citado no apoyan la idea de que las innovaciones tecnológicas sean desencadenadas por las invenciones (como hacen las teorías del *technology push*), pero tampoco concluyen que sean el mero resultado de la demanda social (como rezan las

teorías del *demand pull*). La tesis es, más bien, que tecnología y sociedad se *co-producen* constantemente..." (Aibar, 2000b, 84).

Para el evolucionismo de la tercera vía, la dirección del flujo causal de la relación entre tecnología y sociedad se establece en ambas direcciones, es la sociedad y las personas que la integran, las que crean tecnologías, pero a la vez la tecnología define algunos aspectos de la estructura social. El que esta relación sea bidireccional no implica que exista tan sólo una manera de relacionarse lo tecnológico con lo social, sino que estas maneras pueden ser múltiples. Como pueden haber múltiples formas de relación también habrán muchas líneas de evolución tecnológica.

Una manera peculiar de apreciar esta relación o de resaltar los énfasis que se dan en uno u otro aspecto de la relación sociedad-tecnología es la que ofrece Robert Heilbroner (1994). Si bien este autor defiende una especie de determinismo cuya línea de causalidad en última instancia es de la tecnología a la sociedad, su análisis del *primer plano* y el *trasfondo* son reveladores de la relación. El primer plano es lo que aparece a primera vista, el trasfondo lo que se oculta al primer plano. En el enfoque de este autor, el trasfondo es la economía, que aparece como reguladora del movimiento de la tecnología, es la que establece el orden del cambio tecnológico. Empero, si en el trasfondo se coloca lo tecnológico puede apreciarse cómo los cambios tecnológicos producen cambios en la economía o cómo la tecnología influye en la economía. Según Heilbroner lo que se ponga en primer plano o en el trasfondo depende del tipo de estudio que se quiera hacer. Este modelo es bidireccional, ya que la tecnología cuando está en el trasfondo es el *motor de la historia* y cuando la economía está en el trasfondo es la fuerza que pone orden al proceso. Sin embargo, la propuesta de Heilbroner termina reduciendo el modelo a dos factores lo económico y lo tecnológico, olvidándose de otras dimensiones. Para el análisis de la tercera vía este instrumento de estudio es útil para analizar las relaciones entre los múltiples factores sociales y los tecnológicos; así, en el trasfondo puede colocarse algunas veces lo tecnológico, otras veces lo cultural y en otras ocasiones otros factores sociales, con lo cual se evita

el reduccionismo. El modelo ha de ampliarse para incluir las variables sociales y culturales.

Por otra parte, la misma noción de *trayectorias tecnológicas* de Nelson y Winter, implica esta doble direccionalidad. Este concepto responde de tanto a cuestiones internas de la racionalidad tecnológica como a factores sociales y económicos. Las trayectorias son una mezcla, un híbrido entre el desarrollo de racionalidad interna de la tecnología como de los factores sociales, puesto que aunque socialmente se quieran desarrollar algunas tecnologías, a veces no habría capacidad para ello, pues el mismo proceso interno del desarrollo de la tecnología, así como las leyes físicas y biológicas no lo permiten; por otro lado, muchas cosas, nos dice la tecnología, que pueden hacerse, pero lo social le pone límites e incluso selecciona tecnologías. La elección, a veces, sólo responde a un proceso interno de invención que no es sometido a la selección social como tal. Los factores sociales, económicos y culturales son muy importantes en la evolución de la tecnología; empero, lo que no puede negarse es la importancia que la lógica interna de la tecnología como parece hacerlo el constructivismo social.

La tecnología no es absolutamente autónoma, pero tampoco es completamente dependiente de lo social, aunque es un producto de lo cultural. Esta autonomía relativa no ha de ser vista como un proceso natural sino como un proceso social. En este sentido, la propuesta de autonomía relativa de la tecnología de Ladrière (1977) resulta muy útil para explicar este fenómeno. Según este autor cuando el término *cultura* se entiende como un sistema de valores que identifican y agrupan a las personas; estos valores se concretan en objetos materiales, institucionales y simbólicos. Además, el sistema de valores contribuye a la resolución de los problemas enfrentados por una determinada sociedad. Él ubica en el subsistema cultural a la ciencia y a la tecnología como dos subsistemas que por su estructura interna y las funciones que cumplen cuentan con una autonomía relativa. Tanto una como la otra se encuentran interrelacionadas, a la vez ambas influyen de manera positiva o negativa sobre la cultura. La tecnología no es completamente autónoma, no existe un determinismo absoluto de la tecnología hacia lo social, pero tampoco es un simple producto de lo social.

En esta misma línea, Thomas Hughes (1967) habla de *impulso tecnológico*, el cual se presenta como alternativa entre el determinismo tecnológico y el constructivismo social. Para él, los sistemas tecnológicos (que comprenden tanto lo social como lo técnico) están en constante evolución, a veces son causa, a veces efectos, en ocasiones configuran la sociedad, en otras son configurados por ésta. La interacción entre tecnología y sociedad no es simétrica a lo largo del tiempo (119), la preponderancia de una u otra depende de la época. Para este autor, el error de ambas posiciones (el determinismo y el constructivismo social) consiste en que: "... los sistemas, a medida que son mayores y más complejos, tienden más a configurar la sociedad y menos a ser configurados por ella. Por lo que puede situarse entre los polos del determinismo técnico y el constructivismo social. Los constructivistas sociales tienen una clave para comprender la conducta de sistemas jóvenes; los deterministas técnicos parecen tener razón en el caso de los maduros. Sin embargo, el impulso tecnológico constituye un modo de interpretación más flexible y acorde con la historia de los grandes sistemas..." (1994, 128-129). Se trata de una inercia del movimiento y el cambio. El constructivismo social tiene razón cuando dice que la configuración social es determinante pero sólo sobre los sistemas tecnológicos nuevos (en la etapa de diseño y primera salida al mercado cuando los usuarios contribuyen a modificar el diseño) no así cuando ya han adquirido componentes políticos, económicos y valores. Pero esto no niega que un sistema tecnológico con un gran impulso tecnológico pueda cambiar de dirección si sus diversos componentes son sometidos a las fuerzas del cambio. Y es que el mundo tecnológico es en parte natural y en parte humano, es un mundo híbrido, un mundo *Ciborg* afirma Broncano, Mumford habla del *hábitat orgánico* y Hughes de la *segunda creación*. Naturaleza y tecnología se mezclan, y esta última es creación humana. Es un caso de reflexibilidad un mundo en que los humanos crean, pero que una vez creado contribuye a configurar al ser humano o los cambios en la tecnología causan efectos que repercuten en los propios cambios (Conf. Williams, 2004, 102-107).

La perspectiva evolucionista que aquí se defiende es un modelo bidireccional del flujo de

causalidad del binomio tecnológico-social. En el desarrollo de la tecnología existen tecnologías definitorias que logran modificar el sistema de valores de una sociedad, además, se tienen trayectorias tecnológicas que dominan el desarrollo de las tecnologías. Pero no se trata de un proceso completamente natural, pues lo social, los intereses y diferentes actores inciden en el proceso, y a diferencia de la primera perspectiva no existe una determinación absoluta de la tecnología sobre lo social, sino que al igual que en la evolución, se pueden dar saltos y mutaciones y las trayectorias y las tecnologías definitorias pueden cambiar. A veces ese cambio es difícil pues una trayectoria tecnológica marca una época y a una sociedad. Si lo social fuese la determinante absoluta de la tecnología, ésta se adecuaría perfectamente a los intereses de los seres humanos, estaría bajo un control perfecto, pero esto no es así, hay algo que siempre se escapa a dicho control, además, no todo lo que se quiere socialmente se puede tecnológicamente.

Este enfoque de la bireccionalidad de la causalidad tecnología-sociedad puede rastrearse en varios autores, que a veces son considerados deterministas, lineales y que ven a la tecnología como autónoma. Se inicia este recorrido con Mumford, quien en 1934 (puede hablarse del primer Mumford, el de *Civilización y técnica*) indica que para que se den los cambios de los grandes inventos materiales del siglo XIX y parte del XX se requería no sólo un largo desarrollo de la técnica, sino también un cambio de mentalidad, para él "... antes de que pudiera afirmarse en gran escala los nuevos procedimientos industriales era necesario una nueva orientación de los deseos, las costumbres, las ideas y las maneras..." (1934, 21-22).

Para Mumford, explicar el papel preponderante de la tecnología a partir del siglo XIX requiere explicar la cultura que estaba dispuesta a utilizarlos y aprovecharse de ellos de manera extensa. Es decir, en la base del cambio tecnológico está la cultura que lo sustenta. El cambio tecnológico es el resultado de "...elecciones, aptitudes y esfuerzos, tanto pensados como inconscientes, a menudo irracionales cuando son incontrolables no son externos. La elección se manifiesta en la sociedad por pequeños incrementos y decisiones

instantáneas así como ruidosas luchas dramáticas; y el que no vea el papel que juegan las decisiones en el desarrollo de la máquina pone de manifiesto su incapacidad para observar los efectos acumulativos hasta tanto no estén tan arracimados conjuntamente que aparezcan completamente externos e impersonales. Por más que la técnica descansa en los procedimientos objetivos de la ciencia, no forma un sistema independiente, como el del universo: existe como un elemento de la cultura humana que promueve el bien o el mal. La máquina misma no tiene exigencias ni fines: es el espíritu humano el que tienen exigencias y establece finalidades. Para reconquistar la máquina y someterla a los fines humanos, primero hay que entenderla y asimilarla..." (1934, 24). El mundo de la técnica no está aislado ni es autónomo, reacciona ante las fuerzas y los impulsos remotos del medio.

Un ejemplo de progreso lineal de la tecnología, con alguna modificación a la versión fuerte del determinismo tecnológico es la de Heilbroner (1967); empero, lo que de este autor interesa rescatar es la forma en que concibe la bidireccionalidad de la relación cultura-tecnología. Para él, no hay estudios empíricos que demuestren que el desarrollo tecnológico sigue una secuencia fija por todas las culturas, al estilo del enfoque lineal, no hay por tanto una ruta que deban seguir o transitar todas las sociedades que se desarrollan tecnológicamente (1967, 71). Tampoco habría un determinismo absoluto, es cierto que la tecnología impone unas ciertas características sociales y políticas a la sociedad, pero a la vez la máquina refleja y es moldeada por las relaciones sociales existentes. Para nombrar a esta influencia relativa de las máquinas sobre la sociedad utiliza el término de William James de *determinismo blando*, pues para él una tecnología es una actividad eminentemente social y son las sociedades las que ofrecen incentivos para el desarrollo de la tecnología; además, el cambio tecnológico debe ser coherente con la tecnología circundante y con las instituciones económicas y sociales. Sin embargo, para él todas estas advertencias "...matizan más que invalidan la tesis de que el nivel de tecnología existente se impone poderosamente a la organización estructural del aspecto productivo de la sociedad..." (77). La tecnología sigue siendo el motor de la historia. Sin embargo,

el determinismo duro se manifiesta cuando en las sociedades donde se da el desarrollo tecnológico siempre habrá un determinismo tecnológico. Siempre habrá una secuencia por la que necesariamente pasarán las sociedades tecnológicas, y ésta consiste en: "...que el molino de vapor sigue al molino manual no por causalidad, sino porque es el siguiente 'paso' en la conquista técnica de la naturaleza que sigue una y sólo una gran vía de avance. En otras palabras creo que es imposible pasar de la era del molino de vapor sin haber pasado por la era del molino manual y que, a su vez, no podemos pasar a la era de la central hidroeléctrica sin haber dominado el molino de vapor ni a la era de la energía nuclear sin haber pasado por la de la electricidad..." (71). El desarrollo tecnológico sigue una línea de evolución acumulativa y continua sin saltos, y esto lo explica a partir de la analogía con la evolución biológica, pues si en la naturaleza no hay saltos repentinos, tampoco parece que los dé la tecnología (72). Aunque, esta apreciación no parece aplicarse del todo a la tecnología.

Un planteamiento que en algunas ideas parece muy avanzado, pero que en el fondo termina siendo conservador es el de Samuel Lilley (1967, 1973). Este autor supone que la relación entre tecnología y sociedad no es unilateral, por lo general, se refiere a la idea de que la tecnología se impone a la sociedad. Para él, la tecnología tiene efectos sobre la sociedad, pero también los tipos sucesivos de organización social producen efectos en el progreso de la técnica "... unas veces acelerándolo, otras retrasándolo, o desviando las líneas de dirección de este avance en un sentido u otro..." (1967, 319). Según esto, lo social puede cambiar el rumbo de la tecnología. Por una parte, la sociedad estimula la invención y el desarrollo de nuevas tecnologías, pero a la vez tiene una fase de resistencia a la introducción de lo nuevo, así que la relación entre tecnología y sociedad es compleja. El cambio tecnológico requiere de ciertas condiciones sociales si se desea que continúe el avance técnico. Si no se da el cambio social, esto resulta un obstáculo para el desarrollo de la tecnología. Su parte conservadora resulta de plantear una única línea de pensamiento por la que se da la evolución social como la que conduce

al desarrollo de la cultura europea y que se ha extendido a todo el mundo (1967, 321). La línea de evolución de una sociedad es así:

...el tipo de sociedad necesario para promover el progreso técnico depende del nivel que la técnica ha alcanzado ya; la sociedad necesaria para crear civilización a partir de las invenciones de los bárbaros es completamente distinta de la requerida para crear la civilización industrial a partir de las invenciones de los trabajadores medievales. En una cierta etapa, la organización y las instituciones de una sociedad joven se adaptan bien al desarrollo de la técnica que poseen. A medida que este progreso continúa, se eleva gradualmente el nivel de la técnica. Finalmente, alcanza un punto en que se requiere una forma diferente de organización social para facilitar los avances posteriores... (322-323).

La ley del cambio tecnológico que se obtiene de esta argumentación es: "...toda sociedad, en su etapa de juventud, estimula el avance de la técnica, pero a medida que el nivel técnico se eleva, la sociedad no consigue marchar al mismo ritmo, hasta que se produce un punto de ruptura en el cual la vieja sociedad se transforma en otra apta para desarrollar la técnica a mayores alturas..." (Lilley, 1967, 323). Esta ley responde al desplazamiento de los límites exógenos que hacen que emerja el nuevo sistema técnico, es decir, se encuentra en el orden social, cultural, institucional y económico; sin embargo, no contempla el desplazamiento de los límites endógenos al sistema técnico, es decir, aquellos que responden a las condiciones físicas, biológicas y el propio desarrollo de la racionalidad tecnológica.

Según lo expuesto, se tiene que si se sigue un enfoque meramente lineal y determinista del cambio tecnológico que se impone al resto de la realidad social, implica una visión parcial del desarrollo de la tecnología, pues se anulan los factores de factibilidad económica, las escogencias sociales y el papel que cumple en la creación tecnológica la expansión militar de muchos países. Empero, no puede negarse que dentro del enfoque lineal pueden ubicarse versiones evolucionistas que introducen lo social, pero en última instancia

es la tecnología la que define. Pero, si se considera que sólo es correcto el punto de vista de la determinación social, también se tiene una visión parcial del cambio técnico, puesto que si bien es cierto que la tecnología es un producto cultural y son los seres humanos los que la producen, al igual que muchas otras estructuras sociales, la tecnología también impone unas ciertas condiciones materiales que contribuyen a configurar a los seres humanos y sus creaciones artificiales.

El punto de vista evolucionista que representa una tercera vía a las dos anteriores, indica que el desarrollo tecnológico está sometido a contingencias que pueden hacer cambiar las trayectorias y que el componente central del cambio, las propias trayectorias, son locales, dependientes del contexto, entre otros aspectos, (es claro, por ejemplo, que Basalla no utiliza el término *trayectorias tecnológicas*, pero para los efectos expositivos sobre el problema en discusión dicho concepto resulta apropiado para establecer la diferencia requerida). No puede haber pues un único factor de cambio, ni siquiera es definible una única línea de progreso. Lo que hay es resolución parcial de los problemas que plantean las soluciones anteriores. Así, no existe un único factor de cambio, sino que intervienen un gran número de variables; no es sólo social, ni únicamente cultural, ni la racionalidad interna a la tecnología. Es obvio que alguno de estos factores podría ser el preponderante en algún contexto dado.

4. Divergencia y selección tecnológica

La teoría evolucionista de Basalla establece una serie de paralelismos entre la evolución orgánica y la tecnológica. Para él la evolución de la tecnología no es autocreadora, sino un proceso dirigido por personas conscientes, activas y voluntarias, y este proceso es moldeado por fuerzas históricas (1988, 251). Al igual que en la biología aplica la noción de *diversidad* a la tecnología, pues parte del hecho de que en el mundo de lo artificial existe una gran diversidad de artefactos. Entre esta diversidad existe una continuidad en donde cada caso tiene un antecedente anterior. Ahora, si bien existe un factor de necesidad que impulsa a la tecnología, también hay factores sociales que intervienen en la invención

tecnológica. Estos se encuentran en los factores profundos de la cultura. Este enfoque aplica la noción de *selección* de la biología al desarrollo de tecnología. Ambos conceptos el de *diversidad* y el de *selección*, son utilizados por Nelson y Winter, así como por otros autores. El concepto de *selección* es importante en la teoría económica evolucionista, de hecho, para este enfoque son las empresas las unidades operativas que seleccionan las tecnologías. Según Basalla, en la tecnología se da un proceso de selección de artefactos entre los rivales para ser incorporados a la cultura de un pueblo. Para él "... las alternativas tecnológicas se han evaluado y seleccionado a lo largo de la historia mediante un proceso que sigue operando, a pesar de las crecientes presiones para restringir la libertad de elección tecnológica. La necesidad económica y militar, las actitudes sociales y culturales, y la prosecución de manías de novedades tecnológicas han influido en la selección de artefactos nuevos. La comprensión de la naturaleza de estas influencias puede ayudarnos a tomar decisiones mejor informadas en el futuro. En ocasiones, las restricciones socioeconómicas y culturales han limitado la búsqueda de alternativas tecnológicas, y deberíamos reconocer claramente la fuente de las limitaciones. Con demasiada frecuencia se nos ha dicho que las limitaciones técnicas imponen restricciones a nuestra libertad de selección, cuando el fallo está en poderosas actitudes o instituciones socioculturales..." (1988, 243-254). Lo social, de alguna manera limita el progreso tecnológico. Por otro lado, esta selección parece en ocasiones ser arbitraria, no hay un único patrón que lo determina. Y en este sentido, no hay una evolución tecnológica hacia un fin predeterminado. Aquí, cabe hacer la salvedad de que si bien la elección es muchas veces arbitraria, también, puede ser planificada; si no fuese así, las políticas tecnológicas no tendrían sentido. Muchos objetos tecnológicos son el resultado de la planificación por parte de las políticas tecnológicas.

En realidad lo que se da es un cambio del mecanismo reproductor, en el modelo más sofisticado y empíricamente fundamentado de la economía de la innovación —como los de Nelson y Winter— se propone —de manera similar a Basalla— una analogía explícita entre las rutinas o cursos de acción seguidas por las empresas y

los genes; según ellos "...toda empresa se mueve en un contexto de selección —donde, además del mercado, tienen un papel destacado otras estructuras institucionales que favorece la adopción de ciertas rutinas frente a otras. Los cambios tecnológicos, además implican por definición una profunda incertidumbre por lo que respecta a los costes y beneficios futuros. Todo ello hace que, en estas condiciones, no exista una estrategia completamente 'racional' que garantice la maximización del beneficio para las empresas..." (1988, 69; Cfr. Elser, 134). Lo que seleccionan son las trayectorias: rutinas, habilidades, capacidades y el proceso se concreta en las empresas.

También, su teoría "...reconoce los cambios mayores, a menudo asociados a inventores individuales, así como los cambios menores realizados a lo largo de un período considerable. Por ello, acepto los periodos de rápido cambio tecnológico y las épocas de estabilidad relativa..." (1988, 40). Y es una teoría "...arraigada en cuatro conceptos amplios: *diversidad*, *continuidad*, *novedad* y *selección*. A estos cuatro conceptos habría que agregar los de *convergencia* y *adaptación* de Rosenberg. Como ya he mostrado, el mundo artificial contiene mucha mayor variedad de cosas que las necesarias para satisfacer las necesidades humanas fundamentales. Esta *diversidad* puede explicarse como resultado de la evolución tecnológica porque exige una *continuidad*, la *novedad* es una parte integrante del mundo artificial; y opera un proceso de *selección* en la elección de nuevos artefactos para reproducción y adición del cúmulo de cosas artificiales..." (Loc. Cit.; la cursiva no es del texto original). El objeto y el sistema técnico evolucionan al igual que lo biológico por *convergencia* de elementos que son organizados y los unifican; la *adaptación* lo es a su entorno o al contexto, esta adaptación es diferente del mundo de lo orgánico, ya que el ser biológico se unifica por un principio de resonancia interna, mientras que el objeto tecnológico tiende a la unidad. Por último, "...la perspectiva evolutiva del cambio tecnológico revela que hay una diversidad de caminos abiertos para la exploración y explotación tecnológicas. Nuestra investigación de las fuentes de la novedad tecnológica ha descubierto las muchas alternativas disponibles, especialmente en las sociedades industriales. Y

el estudio de la selección de artefactos ha puesto de relieve la naturaleza arbitraria de las decisiones adoptadas. Una y otra vez, ni la necesidad biológica ni la económica determinaron el objeto de selección. Por el contrario, las decisiones se tomaron sobre la base de estos dos elementos en combinación con una amplia dosis de ideología, militarismo, manías y concepciones vigentes de la vida buena..." (231). Esta evolución tiene un *carácter ramificado*.

Una advertencia: toda teoría que intente explicar el cambio tecnológico ha de abordar el asunto de cómo unos sistemas técnicos son sustituidos por otros sistemas técnicos; cómo pueden subsistir unos sistemas técnicos anteriores con otros de reciente aparición; cómo unos nuevos sistemas técnicos pueden recuperar los viejos, y cómo sistemas técnicos que se creían desaparecidos reaparecen en una nueva reelaboración, entre otros casos. La historia de la tecnología consiste en una sucesión de sistemas técnicos en tanto tendencia general. Para Gille, el aspecto principal del cambio técnico es saber cómo se produce la invención tecnológica (1978, 22). Desde el punto de vista evolucionista la innovación tecnológica es considerada como una especie de *mutación* por analogía con la biológica. Se trata de descubrir cuál es la lógica de la innovación tanto en el momento actual como en los pasados.

5. Conclusiones

En este trabajo se han analizado varios problemas filosóficos del desarrollo de la tecnología a partir del enfoque evolucionista de la tecnología. El tipo de evolucionismo tecnológico que aquí se asume considera que una perspectiva evolucionista no tiene un sentido positivo o negativo, ni sigue una linealidad de evolución. La concepción evolucionista es más bien holista y de tipo ramificada o de red. Además, esta perspectiva teórica se la ha diferenciado de otros enfoques holistas y multilineales como la construcción social de artefactos. También, se ha delineado una concepción del evolucionismo que ve la relación tecnología-sociedad como bidireccional, en contraste con otros enfoques que perciben dicha relación como de una sola vía. Por otra parte, se ha encontrado líneas conceptuales y teóricas comunes a un tipo de evolucionismo amplio con el restringido de la

economía; por ejemplo, se establece una analogía entre la evolución biológica y la tecnológica; se comparte un lenguaje similar aunque no equivalente punto por punto y se establece soluciones a los problemas que resultan semejantes tanto en el evolucionismo general como el específico. También, se puede comprobar como algunos de estos temas comunes se pueden rastrear en la historia del desarrollo de las teorías evolucionistas.

El modelo evolucionista, como puede observarse, mantiene cierta semejanza con los ciclos largos de Kondratieff y la idea de cambio de Schumpeter. Pero esta visión del cambio requiere mayor precisión de la manera en que sucede dicho cambio.

Si se considera las aproximaciones general y específica al estudio del cambio tecnológico, es decir, el tipo de hechos o fenómenos que estudian los historiadores, los filósofos y los economistas; y si además se tiene en cuenta que las teorías que se enmarcan en ambas aproximaciones intentan explicar tipos diferentes de cambio. Si, por otra parte, se busca una explicación continuista que comprenda a ambas aproximaciones o los asuntos que tratan; entonces se requiere de una teoría general que ofrezca una explicación comprensiva o una encadenación de los hechos y los fenómenos que abarque la historia de la tecnología. Aquí lo único que se ha hecho es establecer algunos aspectos teóricos y conceptuales que comparten ambas aproximaciones que podrían permitir esa unificación, si tal acción es posible. Empero; no es objetivo de este trabajo realizar dicha empresa.

Bibliografía

Aibar, Eduard. (2002a) Cultura tecnológica. En: José Manuel de Cózar (ed.). *Tecnología, civilización y barbarie*. Barcelona: Anthropos, 37-62.

_____. (2002b) Innovación tecnológica y cambio social: más allá del determinismo tecnológico. En: *Cultura tecnológica. Estudios de ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona/Horsori, 59-90.

Broncano, Fernando. (2000) *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico*. Barcelona: Paidós.

Butler, Samuel. (1982 [1872]) *Erewhon o Allende a la Montaña*, Barcelona. Bruguera.

Cardwell, Donald. (1994) *Historia de la tecnología*. Madrid: Alianza, 2001.

Childe, Gordon. (1984) *La evolución social*. Madrid: Alianza Editorial.

_____. (1992) *Los orígenes de la civilización*, México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.

Daumas, Maurice. (1983) *Las grandes etapas del progreso técnico*, México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.

Elster, John. (1997) *El cambio tecnológico. Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social*, Barcelona: Gedisa.

Gille, Bertrand. (199 [1978]) *Introducción a la historia de la técnica*, tomo I, Barcelona: Crítica.

Heilbroner, Robert. (1996 [1994]) Reconsideración del determinismo tecnológico. En: Roe Smith & Marx, 83-94.

_____. (1996 [1967]) ¿Son las máquinas el motor de la historia? En: Roe Smith & Marx, 69-81.

Hughes, Thomas. (1996) El impulso tecnológico. En: Roe Smith & Marx, 117-130.

Ladrière, Jean. (1977) *El reto de la racionalidad. La ciencia y la tecnología frente a las culturas*. Salamanca: Sígueme/UNESCO.

Leroi-Gourhan, André. (1988 [1945 y 1973]) *El hombre y la materia* (tomos I y II). Taurus.

Lilley, Samuel. (1973 [1967]) *Hombres, máquinas e historia* (2ª ed.). Madrid: Artia.

Mumford, Lewis. (1994 [1971]) *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza Editorial.

Nelson, Richard. (1987) *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*. Amsterdam: North-Holland.

Nelson, Richard & Winter, Sidney. (2002) Evolutionary Theorizing in Economics. *The Journal of Economic Perspectives*. 16 (2), 23-46, Spring.

_____. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press.

Pavitt, K. (1984) Sectorial Pattern of Technical Change: Towards a Taxonomy and Theory. *Research Policy*. 13, 343-373.

Roe Smith, Merrit & Marx, Leo. (1996) *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid: Alianza Editorial.

Rosenberg, Nathan. (1979 [1976]) *Tecnología y economía*. Barcelona: Gustavo Gili.

_____. (1982) *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*. Barcelona: Hogar del Libro, 1993.

Stiegler, Bernard. (2002 [1994]) *La técnica y el tiempo. I. El pecado de Epimeteo*. Hondarribia: Galitée.

Williams, Rosalind. (2004 [2002]) *Cultura y cambio tecnológico: el MIT*. Madrid: Alianza, 2004.

Ziman, John (ed.). (2000) *Technological Innovation as an Evolutionary Process*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.