

trilogía

REVISTA CIENCIA TECNOLOGÍA SOCIEDAD

Vol. 6 • Núm. 11 - julio/diciembre de 2014

Indexada en Publindex

ISSN 2145-4426

**Grupo de Investigación CTS+i
FACULTAD
DE ARTES Y HUMANIDADES**



Instituto Tecnológico Metropolitano



TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad / Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades. Grupo de Investigaciones CTS+i -- Vol. 6 - Núm. 11 (jul.- dic. 2014) .-- Medellín : Fondo Editorial ITM, 2014. 147 p. : il. ISSN 2145-4426

1. Ciencia, tecnología y sociedad 2. Ciencias sociales I. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades. Grupo de Investigaciones CTS+i. 303.483 SCDD Ed.21

Catalogación en la publicación – Biblioteca ITM

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
Institución Universitaria. Adscrita al municipio de Medellín

TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad
Vol. 6 Núm. 11, jul - dic de 2014
p-ISSN 2145-4426 • e-ISSN 2145-7778
Indexada en Publindex, Categoría C

Revista dirigida a la comunidad científica de habla hispana interesada en temas de Ciencia, Tecnología y Sociedad e Innovación

Rectora

LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Vicerrector de Docencia

ALEJANDRO ROSALES VALBUENA

Decana de Facultad de Artes y Humanidades

PAULA BOTERO BERMÚDEZ

Editora

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Comité Editorial

Rosa María Torres Valdés, PhD

Universidad de Alicante - España

Carlos Túlio da Silva Medeiros, PhD

Instituto Federal Sul Rio Grandense – Brasil

Mónica Lozano, PhD

Convenio Andrés Bello – Colombia

Cruzana Echeverri Restrepo, PhD

Universidad de Antioquia – Colombia

Raúl Alberto Domínguez Rendón, PhD

Universidad Pontificia Bolivariana – Colombia

Nicanor Ursua Lezaun, PhD

Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea – España

Matilde Luna Ledesma, PhD

Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM- México

Gloria Baigorrotegui Baigorrotegui, PhD

Universidad Santiago de Chile – USACH- Chile

Carlos Osorio Marulanda, PhD

Universidad del Valle – Colombia

Javier Castro Spila, PhD

Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées – Francia

Jaime Restrepo Cuartas, Dr.

Universidad de Santander - Colombia

Silvia Inés Jiménez Gómez, MSc.

Instituto Tecnológico Metropolitano – Colombia

Marta Cecilia Palacio Sierra, MSc.

Instituto Tecnológico Metropolitano – Colombia

Álvaro David Monterroza Ríos, MSc.

Instituto Tecnológico Metropolitano – Colombia

Jose Gabriel Cataño Rojas, MSc.

Instituto Tecnológico Metropolitano – Colombia

Francisco Luis Giraldo Gutiérrez, MSc.

Instituto Tecnológico Metropolitano – Colombia

Elsa Beatriz Acevedo Pineda, MSc.

Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI – Colombia

Asistente Editorial

Carolina Castañeda Vergel

Diseño Gráfico Editorial

Alfonso Tobón Botero

Revisión de Textos en Inglés

Jorge Mario Largo Guarín

Revisión de estilo

Lila María Cortés Fonnegra

Fotografía carátula

Alfonso Tobón Botero

Impresión

Ediciones Diario Actual

edicionesdia@yahoo.es

Artículos abiertos a discusión y crítica.

Se solicita canje.

Los artículos contenidos en esta publicación son responsabilidad de cada autor, por lo tanto, no comprometen la opinión del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.

TRILOGÍA autoriza la reproducción parcial o total de los artículos solo con fines académicos, con la solicitud expresa de mencionar fuente.

Dirección de correspondencia:

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Fondo Editorial ITM

Calle 73 N° 76 A – 354

Tel: (574) 440 52 98 /440 52 46

revistacts@itm.edu.co • <http://trilogia.itm.edu.co>

Medellín • Colombia

Contenido

Pág.

Presentación.....	07 - 09
Presentation	
1. Enfoques sociales sobre los sistemas tecnológicos	11 - 32
Social approaches to technological systems	
Carlos Osorio Marulanda	
2. Los estudios CTS: un enfoque pragmatista	33 - 48
STS studies: a pragmatist approach	
Jaime Fisher	
3. Linajes técnicos, tradiciones culturales. Breve excursión por las transversalidades entre técnica y cultura	49 - 59
Technical lineages, cultural traditions. Quick tour across the transversalities between Technology and Culture	
Juan Diego Parra Valencia	
4. Comprensión sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)	61 - 76
Understanding the nature of science in science education from the Science, Technology and Society (STS) approach	
Gustavo Adolfo Muñoz García	
5. Discursos sobre <i>Acceso Abierto</i> en científicos chilenos.....	77 - 89
Discourses on Open Access by Chilean scientists	
Pablo Cárcamo	
Klaus Lehmann Meléndez	
6. La gestión del conocimiento para el desarrollo local. Caso de estudio Florencia-Cuba.....	91 - 103
Knowledge administration for the local development. Florence- Cuba case of study	
Niria Castillo Arzola	
Julio V. Santana Cruz	
7. Humanismo y consumo en la perspectiva de Herbert Marcuse.....	105 - 114
Humanism and consumerism in Herbert Marcuse's perspective	
Francisco Luis Giraldo Gutiérrez	

8.	Estrategias de afrontamiento del equipo multiprofesional ante la muerte del paciente pediátrico con cáncer	115 - 129
	Coping strategies of the multidisciplinary team on the death of pediatric patient with cancer	
	María del Consuelo Cabral-Gallo - Alma Olga Delgadillo-Hernández	
	Norma Lorena Jiménez-Alzaga - Susana Delgado-Hernández - Fernando Antonio Sánchez-Zubieta	



ENFOQUES SOCIALES SOBRE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS

Social approaches to technological systems

Carlos Osorio Marulanda*



*Doctor en Filosofía, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Miembro de la Red Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad e Innovación CTS+I, de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura OEI. Cali-Colombia, carlos.osorio@correounivalle.edu.co

Fecha de recepción: 8 de abril de 2014

Fecha de aceptación: 14 de noviembre de 2014

Cómo citar / How to cite

Osorio, C. (2014). Enfoques sociales sobre los sistemas tecnológicos. *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(11), 11-32.

Resumen: en este artículo se presenta una caracterización sobre los sistemas tecnológicos desde los enfoques sociales; con ese fin se muestra un conjunto de elementos que definen tanto el funcionamiento de dichos sistemas tecnológicos como el papel de las personas ellos. En segundo lugar, y con base en los enfoques señalados, así como en la tradición social sobre los sistemas complejos, se formula una propuesta de interpretación sobre las propiedades, la dinámica y la participación pública en los sistemas tecnológicos.

Palabras clave: sistemas tecnológicos, participación en ciencia y tecnología, tecnología y sociedad, teoría general de sistemas.

Abstract: this article presents a characterization of technological systems from social approaches. This is a set of elements that seek to define both the functioning and the role of people in technological systems. In the second place, and based on the preceding approaches, as well as on the social tradition of complex systems, we will seek to develop a proposal for interpreting the properties, dynamics and public participation in technological systems.

Keywords: Technological systems, participation in science and technology, technology and society, general systems theory.

INTRODUCCIÓN

La teoría de los sistemas tecnológicos ha tenido diversas versiones desde la tradición humanista de la tecnología. En este caso, el sistema tecnológico excede el carácter ingenieril, al tratarse de un enfoque comprehensivo de la producción y funcionamiento de la tecnología a partir de sus diversos componentes sociales, naturales, técnicos y de diversos tipos de conocimiento, tal como algunos autores lo han descrito: Mumford (1934); Gille (1978); Quintanilla (1988, 2001); Pacey (1983); Hughes

(1983); Wynne (1983); Sérís (1994).¹ En la primera parte del presente trabajo se revisan algunos de estos enfoques, en particular para identificar el papel de las personas y las comunidades no expertas en dichos sistemas.

En la segunda parte y como aspecto central, formularemos una propuesta de interpretación sobre los sistemas tecnológicos, teniendo en cuenta tanto la tradición humanista, como los conceptos básicos sobre las propiedades y el funcionamiento de los sistemas de acuerdo a los aportes de la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1968; Simon, 1978), en particular la referencia a los enfoques sobre los sistemas complejos (Luhman, 1984; Maturana, 1995; Morin, 1995). Con ello se aspira a considerar la importancia de la participación de las personas en los sistemas tecnológicos.

EL SISTEMA TECNOLÓGICO

El enfoque sistémico ha sido propuesto para comprender e interpretar la tecnología desde posturas históricas y sociológicas. En este enfoque se entiende a la tecnología no dependiente de la ciencia, como tampoco representada por el conjunto de artefactos sino como producto de una unidad compleja en donde forman parte: los materiales, la naturaleza, las instituciones sociales, los artefactos y la energía, así como los agentes que la transforman. A continuación se presentan algunas de las diversas interpretaciones existentes sobre el sistema tecnológico, en algunos casos denominado como sistema técnico.

¹ Otros enfoques sobre los sistemas tecnológicos son los que propone Ropohl (1999) en términos de sistemas sociotecnológicos, a partir de la filosofía de la tecnología de tradición ingenieril. La noción de sistema sociotécnico fue creada en el contexto de los estudios sobre el trabajo por el Tavistock Institute de Londres, a finales de los años 50 del pasado siglo. También Autio y Hameri (1995) se han referido a los sistemas tecnológicos desde los aspectos organizacionales con base en el papel de los expertos en los procesos de Investigación y Desarrollo -I+D-.

La máquina como sistema

Mumford (1934) en su trabajo *Técnica y civilización*, nos advierte desde las primeras páginas que el estudio de «la máquina» no puede ser un hecho aislado de la cultura dispuesta para utilizarla y aprovecharla, de la orientación de los deseos, las costumbres y metas que las sociedades le imponen. Y aunque Gille (1978) señala que Mumford no usa la palabra sistema, «la máquina» propuesta por Mumford solo puede ser captada desde todo un «complejo» tecnológico. Dicho complejo abarca el conocimiento, las pericias y las artes derivadas de la industria o implicadas en la nueva técnica; incluye varias formas de herramientas, instrumentos, aparatos y obras así como máquinas propiamente dichas; a ello habría que agregar la cuestión ideológica y cultural (Mumford, 1934).

Esta definición de Mumford de «la máquina» involucra una noción sistémica de la tecnología, al menos desde el complejo tecnológico como totalidad. El complejo permite diferenciar las partes de la máquina así como procesos de conocimiento, en una cadena que va desde el productor hasta el usuario, con diversas expresiones históricas que Mumford acuña en términos de las tres edades de la máquina conocidas ampliamente, las cuales podríamos denominar como «tres sistemas de la máquina».

La máquina solo puede ser entendida por el sistema en el que está inmersa, siendo insuficiente la definición de máquina en sentido individual, como mera expresión artefactual. Un ejemplo típico sobre este particular es el caso del reloj mecánico: no apareció hasta que las ciudades del siglo XIII exigieron una rutina metódica, el hábito del orden mismo y de la regulación formal de la sucesión del tiempo; el tiempo abstracto se convirtió en el nuevo ámbito de la existencia (Mumford, 1934).

El sistema es coherencia de estructuras y líneas

Otros autores se han referido a la noción de sistema técnico dentro de un modelo explicativo de la historia del desarrollo técnico. En este caso, el sistema técnico es: «[...] el conjunto de todas las coherencias que a distintos niveles se dan entre todas las estructuras de todos los conjuntos y de todas las líneas» (Gille, 1978, p. 51).

La estructura consiste en una combinación unitaria de elementos técnicos, la cual puede ser simple o compleja. La línea o fila corresponde a las series de conjuntos técnicos destinados a proporcionar un producto deseado, cuya fabricación se realiza a menudo en etapas sucesivas. La coherencia entre estas estructuras y líneas es lo que permite hablar de sistema, comprende la noción de totalidad del mismo. El concepto de sistema sería la clave para entender los nexos entre la técnica, su naturaleza y las exigencias del entorno. Señala Gille (1978), que aunque algunos autores consideran al sistema técnico dentro del sistema económico, él se inclina más bien por una interrelación con el sistema económico en donde habría fuerzas autónomas en ambos sistemas. El sistema técnico tendría límites, los cuales vienen dados por tres factores: el suministro de materias primas, la crisis de la rama tecnológica y los límites de tipo económico. Como vemos, el sistema técnico en este autor compete a los aspectos estrictamente técnicos, incluida la innovación y la transformación de los materiales. Los aspectos sociales y organizativos estarían por fuera a través de un proceso sinérgico.

El sistema hace parte del fenómeno técnico

El sistema técnico también ha sido visto como una característica del fenómeno técnico, siendo las otras dos características «la normatividad» y «la irreversibilidad».² La sistematicidad de la técnica comporta un conjunto de etapas, con mediaciones instrumentales (útiles, máquinas,

² La noción de fenómeno técnico también ha sido usada por Ellul (1954), el fenómeno técnico puede resumirse como la búsqueda del mejor medio en todos los dominios, y quien los elige es el especialista.

instituciones) o metódicas (maniobras, procedimientos, programas); pone todas estas mediaciones en mutua implicación y dependencia a través de un vasto sistema de intercambios y de comunicación.

La normatividad se refiere a la capacidad de la técnica de ser normativa; la norma es menos y más que un modelo. Menos que un modelo en la medida en que no dictamina más que sobre ciertos puntos (dimensiones, calibres, proporciones, grado de aproximación, tolerancia, márgenes), sin concretar el resultado final de la totalidad de un proyecto en un único ejemplar. Las normas son orientadoras de un futuro de mejoramientos en la búsqueda de la máxima eficacia. Mientras que la normalización está ordenada al bien de la sociedad en su conjunto, o al conjunto de su sistema axiológico; la norma sería más que un modelo.

La irreversibilidad se refiere al devenir y a las transformaciones del sistema y de las normas; por el sistema es imposible reactualizar un elemento de un sistema anterior si es incoherente en el sistema presente y si se dejan íntegras las normas (Séris, 1994, p. 45-102).

Bajo este entramado de fenómeno técnico, el sistema técnico se presenta a primera vista como una concatenación lineal, si se toma en relación con el producto-objeto técnico. Sin embargo, la cadena técnica no es la concatenación de operaciones indiferentes, el sistema técnico es un tejido de relaciones. El sistema técnico no significa autonomía absoluta y fatalidad de un devenir incontrolable y puesto en cuestión, como en el determinismo tecnológico. La sistematicidad es coherencia, es decir, es menos ligazón y unión que relación. Es coherencia de materiales y de sus condiciones de elaboración, de sus efectos y de sus usos. El carácter de sistema le permite poner en correlación a los individuos y los grupos (de productores, consumidores, participantes del intercambio), las materias, los medios disponibles y los fines propuestos.

El sistema como práctica tecnológica

Otra definición de sistema, en este caso bajo la denominación de práctica tecnológica es la que propone Arnold Pacey.³ La práctica tecnológica se define sobre la base de la interacción de tres grandes campos, a saber: los patrones de organización, planeación y administración; los aspectos culturales, esto es, los valores y códigos éticos, entre otros; junto con los aspectos propiamente técnicos, como son las destrezas, conocimientos, máquinas y equipos en general. Lo «técnico» en este caso es considerado como el intento por solucionar un problema ignorando los posibles efectos de esa práctica. Mientras que los aspectos organizativos hacen mención a los «desarrollos tecnológicos», por tanto no se circunscriben a la forma técnica. Esta disparidad, ha sido con frecuencia la base de proyectos con ajustes organizativos inapropiados, al no tener en cuenta a los usuarios de los equipos y a sus modelos de organización (Pacey, 1983, p. 22).

Pacey (1999) también propuso un cuarto componente de la tecnología, oculto y, como en el subsuelo de los otros tres, se trata de la experiencia personal, la que está presente en relación con los sistemas tecnológicos dando un sentido de vida.⁴ En esta dirección, Pacey busca explorar la existencia de los sentimientos sobre la tecnología, por ejemplo, desde la experiencia visual y táctil es posible hablar del «Sentido de la forma», entendida como una capacidad de reconocer patrones de una u otra clase de formas que pueden ser características de las disciplinas de conocimiento. Sentido que puede ser comparado con la capacidad de un buen

³ El mismo Pacey (1983) señala que el concepto de práctica tecnológica puede ser entendido de forma similar al concepto de sistema de acuerdo con la Teoría General de Sistemas, siempre y cuando no se reduzca al uso de modelos computarizados en donde el público es frecuentemente mistificado. Igual precaución hay que tener cuando el trabajo es solo entre expertos interdisciplinarios; señala Pacey que sin participación pública no se llegaría lejos de manera correcta.

⁴ La experiencia personal es explorada por Pacey a través del tema del conocimiento tácito o implícito descrito por Polanyi (1958), por los estudios sobre la educación y por las interpretaciones de la psicología y el psicoanálisis.

ingeniero para evaluar «a ojo» un diseño estructural. La capacidad de envolver materiales en la propia experiencia, de hacerlos partícipes de la actividad creativa, de aquel conocimiento que se gana como respuesta al sentido personal en el trabajo, de combinar las intuiciones con el sentido de la forma, es lo que Pacey denomina como participativo. Participativo en dos sentidos: la incorporación de las personas partiendo de que sus respuestas a la tecnología son diferentes, el sentido social de la tecnología coexistiría entonces con las respuestas personales. Y por otro lado, lo participativo es también la posibilidad de incorporar la naturaleza en un sentido creativo en la búsqueda de soluciones tecnológicas que den cuenta de ella. Se trata de una manera distinta de ver la tecnología, tradicionalmente centrada en el objeto, ahora la tecnología estaría centrada en las personas y el medio ambiente (Pacey, 1999, p. 103-122). Una tecnología centrada en las personas, en los beneficios que obtienen en su calidad de vida, invoca la noción de tecnología apropiada, así como de «convivencialidad» como vía de práctica tecnológica.⁵

Un sistema de acciones

También Quintanilla (1988) se ha referido a los sistemas tecnológicos de sociedades industriales en términos de «sistema técnico». Un sistema técnico es un sistema de acciones, intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado que se considera valioso (Quintanilla, 1988, p. 34). Insiste en que cualquier realización técnica concreta, independiente de su magnitud y complejidad, presenta esa doble dimensión física y social, de artefactos y de organizaciones, que obviamente es más visible en los grandes sistemas tecnológicos. Quintanilla señala que la tecnología trata de un tipo especial de acciones, las acciones intencionales, siendo la cooperación un tipo de

composición intencional. Para conocer la naturaleza de un sistema técnico se requiere determinar los siguientes aspectos (Quintanilla, 2001): componentes materiales (las materias primas que se utilizan y se transforman en el sistema, la energía que se emplea para las operaciones y el equipamiento); componentes intencionales o agentes (usuarios, operadores o gestores del sistema, en sistemas complejos estas funciones pueden transferidas a mecanismos de control automático); la estructura del sistema (definida por las interacciones de transformación de los procesos físicos y de gestión de los agentes intencionales en donde el flujo de información permite el control y la gestión global del sistema); los objetivos; y los resultados (que no siempre coinciden con los objetivos de la acción).

Los sistemas tecnológicos complejos tienen «momentum»

La concepción de sistema tecnológico propuesta por Hughes (1983, 1987, 1996), se ha convertido en un punto de referencia para la teoría de los sistemas tecnológicos. Para Hughes (1987, 1996), los sistemas tecnológicos contienen complejos y desordenados componentes de solución de problemas. Los componentes de los sistemas tecnológicos son artefactos físicos, los cuales pueden ser analizados como subsistemas. También las organizaciones son componentes de los sistemas tecnológicos, entre las que se cuentan: empresas de manufactura, compañías de servicio público y bancos de inversión. Se incluyen también los componentes usualmente descritos como científicos: libros, artículos, enseñanza universitaria y programas de investigación. Los artefactos legislativos tales como leyes, pueden hacer parte de los sistemas tecnológicos. Igualmente los recursos naturales pueden ser considerados como artefactos de un sistema tecnológico. Las personas, inventores, científicos industriales, ingenieros, gerentes, financieros y trabajadores, son componentes del sistema pero no deben ser considerados como artefactos del mismo, ellos tienen grados de libertad que no poseen los artefactos, pueden expresarse en el diseño y funciones del

⁵ La noción de 'convivencialidad' se refiere a la propuesta de Illich (1973) acerca de la tecnología. Se trata de oponer una tecnología de libre elección personal, no monopolizada por alguna elite profesional; tecnología potenciadora de la creatividad, autonomía y libertad personal.

sistema, además retroalimentan la ejecución de las metas y corrigen los errores. El grado de libertad ejercida por las personas en un sistema, en contraste con la ejecución rutinaria relacionada con el desempeño del trabajo mismo, depende de la madurez y el tamaño o autonomía de un sistema tecnológico (Hughes, 1987, p. 54).

La importancia del trabajo de Hughes radica en su concepción de la dinámica del sistema tecnológico en términos del «Momentum Tecnológico». Se trata de la propensión de las tecnologías por desarrollar trayectorias previamente definidas en un determinado momento de su desarrollo. Señala Hughes (1996), que en un sistema joven, el entorno configura el sistema. A medida que el sistema va siendo mayor y más complejo, va cobrando impulso o momentum de tal forma que el sistema se vuelve menos configurado por su entorno y por el contrario tiende a configurarlo. En otras palabras, el sistema tiende a configurar la sociedad aunque también es configurado por ella; la interacción con la sociedad no es simétrica a lo largo del tiempo, depende de la evolución en el tiempo. De donde Hughes concluye que los constructivistas sociales tienen una clave para comprender la conducta de los sistemas jóvenes, al considerar que los grupos sociales o de interés definen los artefactos y les dan significado. Mientras que los deterministas parecen tener razón, en el caso de los sistemas tecnológicos maduros. Sin embargo, el concepto de impulso tecnológico constituye un modo de interpretación aún más flexible y acorde con la historia de los grandes sistemas tecnológicos. Este permite considerar que la configuración social se presenta principalmente antes de que el sistema haya adquirido componentes políticos, económicos y de valores. También se deduce que un sistema que tenga un gran impulso tecnológico, puede cambiar la dirección de su trayectoria si diversos componentes son sometidos a las fuerzas del cambio.

Hughes (1996) nos dice que los sistemas tecnológicos son burocracias reforzadas por infraestructuras físicas o técnicas. Lo social y lo técnico se interrelacionan en los sistemas tecnológicos. Mediante el estudio de la

EBASCO (*Electric Bond and Share Company*), sociedad de cartera americana especializada en el sector eléctrico en los años de 1920, un sistema tecnológico maduro que involucraba compañías eléctricas, servicios de finanzas, gestión, inventores, ingenieros, así como instituciones de formación, investigación y consultoría, entre otros, y que contaba a su vez con un núcleo técnico; Hughes muestra cómo en algunas ocasiones este núcleo técnico fue la causa del desarrollo de la sociedad y en otras fue el efecto. El sistema configuró la sociedad y fue configurado por ella. A esto le denominó «impulso tecnológico».

Un sistema con momentum importante significa que tiene masa, velocidad y dirección, esta última involucra las metas del sistema. En el caso de los sistemas tecnológicos definidos para el sector eléctrico, la masa consiste en máquinas, aparatos, estructuras y otros artefactos físicos, en los cuales el capital invertido es considerable. El momentum también involucra a las personas que aplican sus conocimientos al sistema. Las empresas, agencias de gobierno, sociedades profesionales, instituciones educativas y otras instituciones que conforman el núcleo técnico, también aportan momentum al sistema. Un sistema con cierta masa usualmente tiene una tasa de crecimiento o velocidad, la cual frecuentemente se acelera. La definición de metas o de dirección es más importante cuando el sistema es joven que cuando es maduro, ya que el momentum proporciona más inercia y dirección del sistema. El sistema puede ser influenciado por situaciones sociales, como sucedió con el sistema eléctrico en la Primera Guerra Mundial, en donde las decisiones hechas por los gestores durante ese período mostraron su influencia en una producción de energía con énfasis de tipo cooperativo, antes que en la búsqueda de un crecimiento autónomo.

Otro de los aportes de Hughes tiene que ver con la propuesta que nos presenta sobre la forma de analizar los problemas críticos que debe enfrentar un inventor o aplicador de la ciencia. Se trata de transformar las adversidades o zonas de desequilibrio de un sistema, en problemas que puedan ser resueltos. Resolver un problema crítico o «contrasaliente»

—en la terminología de Hughes— permite que el sistema crezca. El término ‘contrasaliente’ viene a ser una expresión establecida durante la Primera Guerra Mundial, a causa de la prolongada lucha de los alemanes por eliminar las dificultades a lo largo del frente occidental hasta Verdun. Hughes prefiere este concepto a diferencia de otros como el desequilibrio o embotellamiento, usados por economistas e historiadores. El primero sugiere una abstracción directa de la ciencia física y embotellamiento implica una metáfora geométrica que puede ser simétrica. Mientras que el concepto de ‘contrasaliente’ se refiere a una situación extremadamente compleja en la cual individuos, grupos, fuerzas materiales, influencias históricas, accidentes y tendencias, así como factores de tipo idiosincrático son agentes causales. Un ‘contrasaliente’ aparece cuando un componente del sistema no marcha armoniosamente (en términos de economía y eficiencia) con los otros componentes del sistema. Esto conlleva a sugerir la necesidad de una acción concentrada de investigación y desarrollo I+D, aunque el estado de la tecnología u otros factores no lo favorezcan.

El sistema es un socio-ecosistema

Otro enfoque sobre los sistemas tecnológicos en donde también se reconoce el papel de las personas, en este caso para valorar los aspectos ambientales, es el que nos propone Wynne (1983), Schienstock (1994), González et al. (1996), y López y González (2002). Bajo esta perspectiva se enfatiza en los aspectos sociales sobre los técnicos, al considerar que las tecnologías son formas de organización social que implican de manera característica a la producción y uso de artefactos, así como a la gestión de recursos. Por tanto, el papel de los aspectos valorativos y de carácter social resultan decisivos a la hora de definir políticas científico-tecnológicas y de intervención ambiental. Wynne (1983, citado por González et al., 1996), propone incluir la participación externa, especialmente a los posibles usuarios, frente a la tradicional forma de definir la tecnología centrada solo en los expertos y gestores del proceso de I+D.

Un experto es alguien que ha probado y manejado conocimiento a través de la experiencia. La experticia no es una simple propiedad o relación, surge de un conjunto dinámico de interacciones cuyos dos polos son la producción y el consumo de conocimiento. La literatura sobre la experticia registra diferentes enfoques para integrar estos elementos, como son: el enfoque fenomenológico o de naturaleza institucional; el enfoque sobre el poder discrecional e ideología de la experticia; y el enfoque basado en el carácter distributivo (Crease & Selinger, 2005). En el primer caso, Dreyfus (1990) ha analizado la experticia mediante un modelo general de adquisición de herramientas que detalla los cambios cognitivos y afectivos, y que lleva a las personas a convertirse en pequeños expertos en un dominio específico, de acuerdo con decisiones intuitivas que tienen que ver con el ser de los expertos. Desde la perspectiva discrecional se destaca que los expertos poseen una clase especial de conocimiento y habilidad que los no-expertos no tienen; esta cuestión cognitiva implica a su vez un reconocimiento del poder de los expertos. Se trata de un poder discrecional, como señala Fuller (1994), que actúa a través de la persuasión, en donde un deseo puede ser fabricado, creado y mantenido por una clase de expertos que quieren que sus servicios sean percibidos como necesarios o útiles. Al respecto, Collins y Evans (2002) distinguen dos tipos de experticia, la «interaccional» y la «contributiva». Un experto contributivo es un profesional que hace contribuciones a un campo de conocimiento por estar sumergido en él como «forma-de-vida»; por el contrario, un experto interaccional es alguien que puede hablar competentemente sobre aspectos de un campo, pero aprende sobre el campo solo por hablar con las personas que han adquirido experticia contributiva, desde esta perspectiva los activistas políticos, que son lingüísticamente socializados en un discurso experto, adquieren el vocabulario técnico desde el cual pueden justificar sus solicitudes de cambio social (Selinger & Mix, 2004). Por último, el enfoque de la experticia basado en la forma como es distribuida, se refiere a la externalización de la experticia en una red de herramientas y prácticas, y en ambientes tales como el laboratorio y las redes sociales (Mialet, 1999).

Para Wynne (1983), más cercano a una perspectiva de experticia distribuida, señala que la «interferencia externa» no solamente no es un obstáculo para el desarrollo tecnológico sino más bien una necesidad para su viabilidad, una vez tenido en consideración el crucial componente social de cualquier forma de tecnología. Esto significa, darle un peso a los factores no epistémicos (expectativas profesionales, presiones económicas, disponibilidades técnico-instrumentales, convicciones y valores personales, etc.), para resolver problemas y conflictos de origen tecnológico. Tal consideración lleva consigo una flexibilidad interpretativa, es decir, el reconocimiento de las diferentes interpretaciones de los actores sociales involucrados en un proceso de generación de conocimiento, o sobre los artefactos tecnológicos en relación con su interpretación y diseño (Pinch y Bijker, 1984).

Bajo este punto de vista, un sistema tecnológico también puede ser entendido como un socio-ecosistema, si se tiene en cuenta la analogía con el concepto de ecosistema en ecología, tal como González et al. (1996) han señalado. Es más, como la innovación tecnológica y la intervención ambiental ignoran a menudo las características del sociosistema en el que van a integrarse, la transferencia de tecnología a sociosistemas extraños puede producir más perturbación social y económica que mejora de la calidad de vida. El socio-ecosistema se constituye entonces como elemento regulador, al permitir la posibilidad de introducir factores de control y corrección a los desequilibrios tecnológicos sobre la sociedad y el medio ambiente, con base en la participación de los diversos actores sociales del sistema.

HACIA UNA PROPUESTA SOBRE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS

Hemos visto en los apartados anteriores, un conjunto de definiciones sobre el concepto de sistemas tecnológicos desde la tradición humanista. Con base en ellas y con otros aportes sobre la tradición del pensamiento sistémico vamos a elaborar una propuesta sobre la forma como entendemos el sistema tecnológico y en particular sobre la participación de las personas en él. Se partirá de la siguiente definición: un sistema tecnológico es un sistema complejo, en donde se produce y apropia un determinado tipo de tecnología, gracias a la acción de las personas, las organizaciones, máquinas, equipos, sistemas biológicos (en algunos casos), entre otros. Los sistemas tecnológicos presentan las propiedades de organización, límites, totalidad, evolución, autorreferencia y participación social, tal como se intentará mostrar a continuación.

Organización

La organización en los sistemas tecnológicos remite a la composición de partes o componentes heterogéneos relacionados, que van desde artefactos físicos, organizaciones, conocimientos, normas y recursos naturales, junto con la participación de una variedad de actores sociales (inventores, científicos, industriales, ingenieros, gerentes, financieros, trabajadores y usuarios del sistema). Estos componentes están conectados por una red de relaciones, la cual le confiere el estatuto de complejidad al sistema. El sistema funciona en completa interacción entre sus componentes, en donde el estado o actividad de uno de los componentes afecta el estado o actividad de los otros. Más adelante se volverá a retomar a los actores sociales como elementos distintivos de los demás componentes, en particular por la característica de tomar decisiones.

Para hablar de organización en los sistemas tecnológicos, se debe volver a las fuentes sobre la teoría de los sistemas. Como se sabe, muchos de los conceptos iniciales de la Teoría General de Sistemas de Bertalanffy fueron tomados como

descripciones de características de los sistemas vivos, fue el caso de conceptos como organización y medio, entre otros. El concepto de organización, ampliamente usado en biología desde el siglo XVIII, es lo que rige la forma, las propiedades y el comportamiento de un ser vivo; en conjunto corresponden a la organización (Jacob, 1970).

La organización en un sistema tecnológico remite a las nociones de totalidad, jerarquía y evolución, tal como se verá más adelante. La organización es la disposición de las partes y las relaciones entre tales partes o componentes. Ella transforma, produce, reúne, mantiene. La disposición de los componentes asegura cierta posibilidad de duración, a pesar de las perturbaciones aleatorias que pudieran presentársele al sistema. La idea de la organización remite a la disposición de las partes dentro, en y por un todo.

Límites

Pese a que en la teoría de los sistemas los conceptos de medio y límites han sido paulatinamente reemplazados por la diferenciación entre sistema y entorno, nos parece que debido a las continuas referencias al problema de los límites en el sistema tecnológico, dicho tema requiere ser tratado. En Simon (1978), por ejemplo, la distinción entre medio exterior e interior ayuda a predecir el comportamiento de un sistema teniendo presente los objetivos del mismo, a partir de unos presupuestos mínimos en relación con el medio interior. El medio exterior determina las condiciones favorables a la consecución del fin propuesto: si el sistema interno está adecuadamente diseñado se adaptará al medio externo. Pero tal adaptación tiene límites, a saber, aquellos planteados por las propiedades limitadoras del medio interior.

Un sistema tecnológico usualmente tiene un medio ambiente constituido por factores que no necesariamente están bajo el control de los gestores del sistema. Si un factor en el medio ambiente, por ejemplo una fuente de energía, debe estar bajo el control del sistema, entonces se considera que constituye una parte interactuante de él.

Muchas veces la gestión de los sistemas tecnológicos se incrementa al incorporar el medio ambiente en el sistema.

Quizá la situación ideal para el control del sistema fuera un sistema cerrado, no afectado por el medio ambiente; en un sistema cerrado o en un sistema sin medio ambiente los gestores podrían recurrir a la burocracia y a la rutina para eliminar la incertidumbre y la libertad de actuación. Habría entonces dos clases de relación con el medioambiente en los sistemas tecnológicos, de un lado, cuando los sistemas son dependientes del medio ambiente; de otro, cuando el medioambiente depende del sistema. En ninguno de los dos casos la interacción entre el sistema y el medio ambiente es una simple vía de influencia.

Con relación a los límites en los sistemas tecnológicos, Gille (1978) se refería a ellos como los límites del suministro de materias primas, la crisis de la rama tecnológica o los límites de tipo económico. Desde nuestro punto de vista, los límites de un sistema tecnológico dependen del control ejercido por los artefactos, los sistemas vivos y los operadores humanos. Los humanos ejercen un control dependiendo de la estrategia para la investigación y gestión.⁶ La estrategia de control puede involucrar procesos que pueden ser rutinarios y no rutinarios, vinculados a formas organizacionales específicas, siendo los no rutinarios los relacionados con actividades de innovación o, siguiendo la terminología de Hughes, con la solución de contrasalientes. Se entiende que un proceso de innovación comporta cuestiones que exceden los aspectos técnicos, en tanto implican decisiones políticas, económicas, éticas y culturales, las cuales son consideradas en las decisiones humanas de carácter estratégico. En este sentido, el control es mucho más que un acoplamiento funcional, puesto que los humanos deben considerar cuestiones extraepistémicas, por tanto políticas y valorativas, a la hora de tomar decisiones en un sistema tecnológico.

⁶ Desde el punto de vista de la gestión del control, podemos distinguir niveles estratégicos, tácticos y operacionales; del nivel estratégico dependen los otros dos, por tanto es el principal (Sutherland, 1989, citado por Toribio, 1995, p. 128).

En las máquinas, equipos, estructuras materiales, etc., el control que ejercen depende del programa de acción. El concepto de programa hace referencia a una operación y ejecución de trabajo, que en el caso de las máquinas remite a una idea de automatismo. Desde Babbage (1835), lo automático prescribe que la máquina trabaje por su propia cuenta, es su propio jefe y reemplaza al trabajador en su propia obra. El sentido moderno de lo automático depende del programa. La noción de programa se refiere a las instrucciones y datos comunicados a la máquina, para permitirle ejecutar una serie de operaciones determinadas. Por el programa, la máquina puede adaptar su comportamiento con lo externo a partir del principio de regulación, entendido como una cierta autosuficiencia funcional.

En el caso de los sistemas biológicos, que hacen parte del sistema tecnológico, el control se refiere a los programas adaptativos y reproductivos de los organismos y ecosistemas vivientes. Esta clase de programas guarda cierta relación con la capacidad genética de los organismos o sistemas vivos de conservar su homeostasis, es decir, de mantener constantes las normas fisiológicas retomando y corrigiendo las influencias perturbadoras tanto externas como internas.

Reiteramos: los límites de un sistema tecnológico están definidos por el control ejercido por las partes del sistema. Dicha funcionalidad podría responder al interrogante planteado sobre los sistemas tecnológicos por parte de la teoría del Actor-Red. Señala Callon (1987), que en la teoría de los sistemas tecnológicos el problema de definir los límites no es claro, de ahí que proponga considerar una teoría de las redes que ya no se imbricaría con la definición de unos límites, sino

con una estructura (también funcional) inestable que puede variar en cualquier punto de la red. Si bien Callon emplea igualmente el concepto de programa y de antiprograma para humanos y no humanos; en el caso que aquí se propone dicho concepto se limitaría a las máquinas y estructuras técnicas así como a los sistemas vivientes no humanos. En el caso de las personas, no hablaríamos tanto de programas sino de estrategias. De este modo, el control podría verse como un juego de poder entre humanos y aspectos no-humanos, pero en donde los primeros tienen la libertad de valorar las acciones a seguir, antes que un mero acoplamiento funcional. Como se observa, en esta propuesta la noción de simetría no es total entre humanos y no-humanos.

El tema del control puede diferir respecto del tamaño del sistema tecnológico. Un sistema tecnológico puede iniciar en una escala regional e insertarse luego en dimensiones más amplias de orden nacional o transnacional, con soluciones que pueden diferir de un ámbito a otro, tal como lo explica ampliamente Hughes (1983). Este proceso transversal de espacios geográficos envuelve ciertos componentes y conexiones técnicas y sociales, que en algunos casos pueden estar controlados de manera centralizada, allí los límites del sistema estarían establecidos por la extensión de dicho control. Piénsese, por ejemplo, en el carácter altamente centralizado del sistema de producción de hidrocarburos. Señala Rifkin (2002), que su carácter centralizado ha generado empresas comerciales organizadas del mismo modo, que para la actual época de fusiones corporativas significa el control de la energía global en un reducido número de instituciones, de ellas depende el bienestar de buena parte de la humanidad. Pero los sistemas tecnológicos también pueden tener un esquema de control descentralizado, en este caso los límites dependerían del control a pequeña escala y de forma diversa, en donde la participación de los actores sociales en las decisiones del sistema podría ser más activa. La especificidad y diferenciación de un lugar a otro, también afecta las características de los

componentes que hacen parte de un sistema;⁷ incluso las formas de interacción región-tecnología pueden variar respecto de la relación nación-tecnología.⁸ Esto nos sugiere que tales sistemas debamos considerarlos, primeramente, como artefactos culturales antes que sistemas de objetos técnicos.

Constant II (1987), refiriéndose al trabajo de Hughes (1983), señala que el control implica la noción de jerarquía, en donde los niveles más bajos del sistema pueden ser considerados como el hardware del sistema. En niveles más altos, el tema organizacional toma lugar, la tecnología por sí misma es conocimiento sistematizado y cultura que envuelve una variedad de organizaciones económicas e instituciones sociales. Dicha cultura de la tecnología, expresada tanto en organizaciones de gran tamaño como en los compromisos profesionales de los investigadores individuales, crea el momentum tecnológico (Constant: 1987, p. 229). Desde esta perspectiva, la jerarquía depende de la complejidad del sistema y por consiguiente de la integración de comunidades específicas bajo situaciones organizacionales, esto es lo que crea una cultura tecnológica específica,⁹ una cultura

formada por especialistas. No obstante, podría suceder que tales comunidades especializadas no pudieran abordar los contrasalientes más recalcitrantes y complejos y requiriesen de la participación de múltiples comunidades, instituciones y organizaciones, no necesariamente portadoras del mismo tipo de experticia que las comunidades de especialistas. En ese sentido, tendría especial cabida el tema de la participación pública en el sistema tecnológico; las comunidades no expertas participarían del cambio tecnológico y de la creación del momentum tecnológico como fuerza para generar nuevos cambios sociales.

Totalidad

Estrechamente ligada con la noción de organización en un sistema tecnológico se encuentra la noción de totalidad. El todo, el «holismo», se opone a la noción de «parte», de elemento que invoca un orden reduccionista. En algunos casos se ha cuestionado este exceso de holismo que no permite ver las diferencias y restricciones de las partes y por consiguiente de la organización. No obstante, vamos a considerar al todo como una condición de la noción de sistema tecnológico.

También la idea de totalidad para el pensamiento sistémico es tributaria de la biología organísmica, principalmente de finales del siglo XIX y comienzos del XX. El tema del «todo» en el pensamiento biológico tiene sus raíces en Aristóteles, cuando se refiere en la *Metafísica* (26), a:

[...] aquello a lo cual no le falta ninguna de las partes que están llamadas a constituir normalmente un todo. Es también aquello que contiene los componentes de tal suerte que forman una unidad, o de su conjunto resulta la unidad. De estas últimas clases de todos, los seres naturales son más verdaderamente un todo que los seres artificiales [...] Además, al tener las cantidades un principio, un medio y un fin, aquellas en las cuales la posición de las partes es indiferente son llamadas un total (pan) y las otras un todo (holón).

⁷ En los sistemas eléctricos de potencia descritos por Hughes, las variaciones envolvieron cambios a nivel de recursos, tradiciones, prácticas económicas y políticas, de una sociedad y de un tiempo a otro. Si bien EE.UU., Alemania e Inglaterra, tenían el mismo fondo tecnológico al cual recurrir, los sistemas tecnológicos fueron apropiados de forma variada debido a las diversas características de tipo geográfico, cultural, gerencial, ingenieril y emprendedor.

⁸ Este hecho se reflejó igualmente a nivel del sistema de energía nuclear en la década de los años 70 del pasado siglo en los EE.UU, tal como lo pone de manifiesto Shrader-Frechette (1983). En principio eran los estados de la Unión los que debían decidir sobre los criterios más elevados para proteger la seguridad y la salud públicas frente a la radiación que se consideraba permisiva: 0.5 Rad de radiación, con un costo de compensación de 1000 dólares por año/persona expuesta. Frente a lo cual intervino el centralismo de Washington al sancionar la Ley de la Energía Atómica y legislar en contra de la voluntad de los Estados confederados.

⁹ Tales culturas tecnológicas al interior de una organización pueden ser consideradas como culturas epistémicas (Vaughan, 1999; Knorr Cetina, 1999). Se trata de culturas de conocimiento situadas, que definen el significado de lo empírico y el establecimiento de relaciones de conocimiento. Para explorarlas, se sugiere una observación conjunta de las prácticas de conocimiento, las prácticas de trabajo y los símbolos culturales y de significado.

Como vemos, el todo requiere de una condición: que la posición de las partes tenga que ver con la organización. En otras palabras, el todo no es sumatoria de partes, es una esencia cuyo ejemplo a mostrar es el viviente. Si el todo orgánico no es indiferente a la posición de las partes, la finalidad orgánica aquí presente, en cambio, es de tipo técnico. La concepción aristotélica del todo organicista impide cualquier indiferenciación orgánica, lo que confiere al todo una forma estática, de cierta forma una presentación tecnológica: las partes son asimiladas a herramientas y a piezas de máquina, las cuales están racionalmente concebidas como medios de la finalidad del todo, en tanto que el todo es el producto de la composición de las partes (Canguilhem, 1966, p. 318-333). Este modelo tecnológico del viviente habría de ser radicalmente rechazado desde finales del siglo XVIII y en la primera mitad del siglo XIX. Por un lado, bajo la reacción romántica alemana y de los vitalistas,¹⁰ luego por el advenimiento de la embriología y por la fisiología. Como señala Canguilhem (1966), con los trabajos acerca del cultivo de tejidos *in vitro*, un elemento orgánico no puede ser considerado elemento más que en el estado de no-separado, el todo es el que realiza la relación de partes entre sí como partes, de suerte que por fuera del todo no existen partes (Canguilhem, 1966).

Pero esta noción de «todo orgánico» como base para la teoría de los sistemas tecnológicos tiene sus restricciones. Primero, porque el todo orgánico no puede ser explicado por el modelo tecnológico, este no permite restituir el carácter de los organismos de que se crean a sí mismos. Segundo, el todo orgánico no opera bajo el modelo económico y social; para el organismo, la organización es un hecho dado, cuyo modelo de explicación es el organismo mismo, la organización biológica sigue unas líneas de estructura y funcionamiento dictadas por una información hereditaria, las cuales se conservan por la evolución en el caso de la especie y por la homeostasis a nivel de la organización

de cada organismo. La organización biológica no es un quehacer que deba ser permanentemente buscado como objetivo a compartir entre sus miembros, a partir de la generación y apropiación de innovaciones, como sucede en un sistema tecnológico. En este sentido, consideramos que el todo propuesto por Bertalanffy, basado en el todo orgánico, resulta insuficiente como modelo explicativo para los sistemas tecnológicos.

Una consideración acerca del todo, que sea incluyente de los sistemas tecnológicos, debería cumplir con algunos requisitos. En primer lugar, superar la noción reduccionista que se concentra en el análisis de las partes individuales, ya sean componentes físicos, organizaciones, personas, la naturaleza, etc. También debe superar la tentación del holismo de ignorar los constreñimientos internos, las pérdidas de cualidad a nivel de las partes. Se trata de que no haya aniquilación del todo por las partes, ni de las partes por el todo. El todo retroactúa sobre las partes, entendida como una retroacción organizacional. Un artefacto sea físico o no, en un sistema tecnológico, interactúa con otros artefactos, de este modo contribuye directamente o a través de otros a las metas comunes del sistema. Si un componente es removido o si sus características cambian, los otros artefactos en el sistema se alteran. Como señala Hughes (1983) para el caso de los sistemas de energía eléctrica, un cambio en la resistencia, o en la carga, hará que se presenten cambios compensatorios en la transmisión, distribución y generación de energía; si esto se repite, se produce un cambio en las políticas de inversión de un banco o agencia de inversión, lo cual igualmente trae cambios en las políticas de las ventas de una empresa productora del sector eléctrico, ya que ambas entidades están íntimamente relacionadas en el sistema. El todo en este caso es más que la suma de las partes, ya que de él emergen propiedades nuevas que no contienen las partes separadamente; el sistema como un todo, es el que puede generar nuevos procesos.

Sin embargo, las emergencias o novedades pueden estar en el orden de las partes aisladas. Es el caso de las invenciones

¹⁰ La escuela romántica alemana considera a la naturaleza entera como un inmenso organismo viviente, el cual se halla sometido y mantenido por una fuerza de configuración que actuaría como principio de operación (Albarracín, 1983).

en un sistema tecnológico, producto de una de las partes del sistema, por ejemplo, del subsistema de los laboratorios de investigación; tal emergencia desencadenará todo un cambio en la organización del sistema. En este caso, el todo no solo es más que la suma de las partes, sino que la parte es en, y por el todo, más que la parte.

Esta clase de emergencia, que en el caso de los sistemas tecnológicos llamaremos una invención, se convierte en innovación tecnológica en la medida en que entra al mercado. Su carácter de novedad, de acontecimiento, constituye un hecho irreductible que transforma el sistema, lo dota de nuevas propiedades; la globalidad, la totalidad, adquiere con ella nuevas características. También la emergencia puede desencadenar otras emergencias: una innovación trae a otra innovación, ya sea gradual o radical.¹¹

Pero el todo también tiene constreñimientos que lo hacen menos que la suma de las partes, es decir, las cualidades o propiedades del sistema al pasar de un nivel a otro dentro del propio sistema tienden desaparecer. En un sistema tecnológico se presenta cuando un componente físico, por ejemplo una máquina, impone constreñimientos al sistema en su conjunto o a la organización social que demanda para que pueda funcionar. Dicha perspectiva, que el todo sea al mismo tiempo más que la suma de las partes y menos que ellas, es una característica de la complejidad (Morin, 1995). Bajo estas características, el todo tiene emergencias, pero también tiene restricciones. Las emergencias o innovaciones surgen en una especie de

morfogénesis sistémica, inseparable de la transformación de los elementos; pero también en una especie de dialéctica de interrelación y antagonismo (una innovación requiere del mercado, pero el mercado puede rechazar la innovación). Tal antagonismo conlleva a que la noción organizacional que impera en el todo, necesita y actualiza un principio de complementariedad, de las emergencias y los constreñimientos, que genera la regulación o retroacción del sistema.

Ahora bien, el carácter antagónico que registra el todo conlleva igualmente el peligro de su propia desaparición en algún momento determinado. Un ejemplo sobre dicha desaparición es el que nos plantea Rifkin (2002), a propósito del sistema tecnológico basado en los hidrocarburos. A lo largo de la historia de la humanidad, las diversas civilizaciones han tenido maneras de resolver sus asuntos energéticos, lo que les ha permitido el uso, agotamiento y sustitución de sus recursos, no sin el peligro de perecer en dicho proceso. En este sentido, las sociedades, como lo hacen los seres vivos en la naturaleza, luchan por remontarse a la segunda ley de la termodinámica. Esta curva de entropía se altera al introducir nueva energía para sostener el orden energético y por consiguiente el orden social. En este sentido, cabe entonces la preocupación de ¿cuánta energía requieren las sociedades para conservar su estilo de vida actual, frente al hecho de que los recursos energéticos se están agotando? Si la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, el problema radica en el sentido de esta transformación, el cual va de una energía disponible a una no-disponible. Con base en esto, Rifkin (2002, p. 72) nos advierte que las sociedades que más duran son aquellas que consiguen el mejor equilibrio entre el balance de la naturaleza y de la sociedad humana, dentro de los límites que impone inevitablemente la segunda ley, de lo contrario las sociedades colapsan.

Como vemos, el todo tiene constreñimientos tanto externos como internos que le plantean su finitud. El todo es también uno y diverso. Lo uno es la unidad compleja que contiene lo múltiple, como en el ejemplo de los grandes

¹¹ Considera Freeman (1988), que la innovación radical es aquella que requiere una nueva fila y una nueva columna en una tabla *input-output* completa. Las innovaciones incrementales, en cambio, requieren solamente nuevos coeficientes en la tabla de productos y servicios existentes, ya que se refieren solamente a las mejoras en el rango de *outputs* ya existente.

sistemas de potencia de Hughes (1983). Lo múltiple son las partes o componentes (las máquinas, los grupos sociales, las organizaciones, los conocimientos, las leyes, la naturaleza) que conservan una identidad común de pertenencia a la unidad global. Para ello se requiere que el sistema funcione retroactivamente, ya que optimiza la ejecución del sistema como también lo dirige hacia el cumplimiento de sus propósitos. La retroalimentación conserva la invariabilidad del sistema en condiciones de eficiencia. Pero la retroalimentación en un sistema tecnológico involucra las decisiones humanas, que como se señaló antes, son de carácter estratégico y por tanto con componentes extraepistémicos, políticos, culturales y valorativos; no es pues, una simple retroalimentación funcional. A ello se suma la condición de novedad, la generación de innovaciones y en últimas la evolución del sistema.

Evolución

Los sistemas tecnológicos evolucionan, el concepto de impulso tecnológico es una clara alusión al tema, pero en este caso, nos dice Hughes, la evolución tiene un sentido, el de la estabilización de las trayectorias tecnológicas. Esta idea no implica necesariamente una condición determinista, puesto que la existencia de mecanismos de regulación permitiría ajustar el sistema a los fines que una sociedad le confiere, es decir, el tema del determinismo no puede verse en un sentido funcional, en tanto las trayectorias tecnológicas demanden determinadas características de organización social. El problema del determinismo implica, entre otros aspectos, un asunto con los fines del sistema, por tanto habría que revisar la orientación y fines del impulso tecnológico como condición de la propia naturaleza del sistema.

Simon (1978) nos dice que los sistemas complejos evolucionan y que lo hacen privilegiando los sistemas jerárquicos, cuyo ejemplo serían los sistemas energéticos. Los sistemas tecnológicos pueden ser considerados como sistemas sociales, pero no del tipo propuesto por Luhmann

(1984) enfocados a la comunicación, tal como veremos más adelante, ya que guardan una heterogeneidad de otro orden y pueden evolucionar bajo una idea de artificialidad. Simon propone la artificialidad de forma análoga a como se presenta en los procesos de selección natural. En este caso, se trata de la resolución de problemas a nivel humano, a partir de un proceso de incorporación de variaciones de apuestas de solución, en donde la selección de aquellas más prometedoras van indicando los caminos que habrán de ser usados. Esta forma de actividad involucra una cierta heurística de solución.

Ambos procesos, el de la selección en el sentido que nos propone Simon y el del impulso tecnológico de Hughes, son compatibles. El primero conduce al segundo, el segundo estabiliza la evolución, al menos hasta la aparición de otras novedades. En todo este proceso, contar con mecanismos de gestión abierta, es decir, con organizaciones capaces de modificar su propio comportamiento por presiones tanto externas como internas y al mismo tiempo conservar su unidad al sistema, es lo que facilita la participación de las personas, son ellas quienes juegan un papel fundamental en la definición de los fines del sistema.

Autorreferencia

Estaríamos tentados por usar esta categoría de la autorreferencia, tal como la propone Luhmann para los sistemas sociales, o como lo propone Maturana (1995) para los sistemas vivos. En ambos casos, la idea de autorreferencia remite a la condición de reproducción inmanente del sistema bajo sus propias condiciones. En el caso de Luhmann, sería el lenguaje lo que permite la reproducción del sistema social, en donde las personas no son las que comunican sino el sistema. En Maturana, de acuerdo con sus propios términos, sería el «lenguajear» propio de las personas, al involucrar componentes cognitivos y emotivos. En ambos autores, la doble contingencia asegura el *alter-ego* para definir las características de la interacción.

Sin embargo, el asunto no resulta tan evidente cuando se trata de sistemas tecnológicos al contener estos, además de personas, máquinas e incluso el medio ambiente. Al respecto, podemos hacer uso de varias propuestas para definir las condiciones de autoproducción. De un lado, hacerlo depender del carácter intencional de las acciones, propuesto en la definición Quintanilla (1988), intencionalidad que obviamente es tributaria de los actores humanos del sistema: ella aseguraría la pertenencia de las partes al todo, incluyendo a los sistemas físicos como máquinas que obedecen a programas preestablecidos, o bien a la naturaleza que puede estar fuera del sistema o haciendo parte de él.

Al involucrar la participación del hombre como actor, el sistema queda sujeto al deber-ser del hombre. Planificar y tomar decisiones, algo propiamente humano, serían las bases del control sobre el sistema. El deber-ser, al estar implícito dentro del sistema, articula niveles de decisión sobre condicionamientos heterogéneos (tanto técnicos como socioeconómicos) y en general holísticos. El deber-ser es una intencionalidad y por lo tanto se carga de conocimientos como de representaciones para tomar decisiones.

Sin embargo, tal noción de intencionalidad es posible que no permita recuperar la idea de autorreferencia, ya que en este caso la sociedad (y con ello nos referimos a intencionalidad), solo se relacionaría con la tecnología en la medida en que fuera tributaria de todo control humano. Es difícil conservar esta categoría de la autorreferencia, a menos que se encuentre una posibilidad de relacionar los diferentes subsistemas al interior del sistema, es decir, tránsitos posibles entre los objetos físicos, las organizaciones, las personas y la naturaleza. Y que tales tránsitos reproduzcan incesantemente el sistema. Es

en este sentido que Hughes (1987: 54) acuña el término «tejido sin costuras», el cual que permite relacionar objetos tecnológicos con personas y organizaciones sociales. Es así como debe entenderse su descripción de tipo pragmática y funcional que relaciona uno y otro componente. En dicho contexto, las personas participan en el diseño y las funciones del sistema, y de la retroalimentación de los demás componentes. Con sus condicionamientos y restricciones se contribuye a la ejecución de las metas del sistema, se corrigen los errores y se fuerza la unidad a partir de la diversidad, la centralización en la forma del pluralismo y la coherencia a partir del caos.

El tejido sin costuras asegura la coherencia que permite la recursividad del sistema. De este modo, lo que produce el sistema es reintroducido en un ciclo auto-constructivo, bajo formas y productos diversos, pero en un ciclo que permite la existencia del sistema. La característica de la totalidad, definida antes, hace posible el juego de la creación de la novedad y de los constreñimientos internos, tanto como la propia finitud del sistema.

No se trata, como señala Colina (s/f), de que el sistema tecnológico en tanto sistema autopoietico, que crea su propia estructura y sus elementos, tiene como operación fundamental la comunicación, cuyo código está regido por la eficacia; la búsqueda de esta eficacia permitiría elegir el mejor de los procedimientos, ella misma relacionada con la rentabilidad económica. La tecnología es mucho más que eficacia, traducida esta a flujo de dinero. Como señala Pacey (1983) otros factores adicionales intervienen en el hacer tecnológico, por ejemplo los valores de goce existencial, la creatividad, los valores estéticos, la idea de conquista de la naturaleza, entre otros.

En otras palabras, la eficacia interviene pero no creemos que sea el factor que asegure la autopoiesis del sistema; contribuye a ella, pero no define la autoproducción del sistema. Quizá no podamos responder al interrogante acerca de cuál es la causa que asegura la autoproducción del sistema. Lo que si nos atrevemos a considerar es cuál

es la condición para que dicha autoproducción se genere en un sistema tecnológico. Al respecto, creemos que esto es posible gracias a lo que Hughes denomina como «tejido sin costuras», ese tránsito continuo de elementos heterogéneos que interactúan gracias al principio de totalidad que hemos definido antes.

Participación social

Los grandes sistemas tecnológicos han sido vistos igualmente como una amalgama de hardware, productos de ingeniería, grandes grupos de personas y redes de distribución de bienes manufacturados, al igual que de entidades económicas; cada uno de estos componentes tiene cuestiones diferentes que implican grupos sociales, con intenciones y comportamientos organizacionales diversos (La Porte, 1994).

Los sistemas tecnológicos crecen franqueando desafíos, que no se refieren únicamente a la tecnología, también implican demandas económicas y de los ciudadanos. Lograr una estabilidad entre tales intereses requiere de la diferenciación de los aspectos sociales y técnicos, en la operación de los sistemas. El incremento de la escala de operaciones necesarias para realizar y distribuir el sistema precisa de la participación de las personas y de las organizaciones de la red tecnológica.

Schot (1997) nos comenta sobre la importancia de las personas en los niveles *ex-ante*, en procesos de innovación tecnológica, que tienen lugar en los sistemas tecnológicos. Nos dice, que dentro de un proceso de desarrollo tecnológico, especialmente de aquellos que tienen en cuenta al medio ambiente, sería posible distinguir tres tipos de actores, como son: i) actores que están directamente involucrados en la formulación de objetivos y reglas heurísticas, por tanto

determinan el contenido de la generación de variaciones en un proceso de innovación (e.g. departamentos de I+D, institutos tecnológicos financiados por el gobierno); ii) actores que intentan influir selectivamente en las variaciones con el fin de obtener ciertos efectos deseados, pese a que no formulan ellos mismos los objetivos del desarrollo tecnológico (e.g. instituciones gubernamentales y colectivos sociales que intentan forzar el cambio tecnológico aunque por vías diferentes, en un caso por leyes y en otro por la acción política); iii) actores que unen la selección y variación dentro del proceso innovador, y que se les puede denominar como nexos tecnológicos en tanto traducen las demandas desde el ambiente, y por otro lado, imponen al ambiente de selección las demandas que surgen desde determinadas variaciones tecnológicas (departamentos de mercadotecnia y otros actores sensibles a las presiones del público, departamentos ambientales de las empresas, departamentos de control de calidad).

Si tomamos la propuesta de Schot (1997) podríamos atrevernos a considerar que los actores sociales que conforman un sistema tecnológico pueden ser de diferente procedencia. Van desde actores que vamos a denominar como de primer nivel, en calidad de constructores del sistema, como son los investigadores, inventores, expertos, entre los cuales se encuentran los inventores-emprendedores como Edison (según Hughes), que difieren de los inventores ordinarios en la medida en que los primeros extienden las ideas inventivas al desarrollo y uso del invento en cuestión; en otras palabras, tienen la riqueza y la competencia de investigar, gestionar desarrollar, incluso financiar y gerenciar sus invenciones (como el telégrafo, el teléfono, la iluminación eléctrica incandescente, el almacenamiento en batería); en otras palabras, van del laboratorio a la sociedad y de la sociedad al laboratorio.¹²

¹² En la ciencia se han descrito diversos ejemplos de investigadores que salen de su laboratorio e involucran a la sociedad, para volver de nuevo al laboratorio, como el caso de Pasteur citado por Latour (1983).

Se trata de ingenieros heterogéneos, de acuerdo con la naturaleza de los obstáculos o contrasalientes.¹³ Y de otro lado, también se encuentran en este grupo los ingenieros, gestores y financieros que hacen parte de la invención y el desarrollo del sistema, pero como señala Hughes (1983) refiriéndose a la primera fase del sistema eléctrico, estos últimos no determinaron el crecimiento del sistema hacia fases posteriores.

En este primer nivel de actores también pueden hacer parte los actores sociales no-expertos, es decir, personas, grupos o comunidades que participan del sistema con sus conocimientos. Al respecto, existen numerosos ejemplos que destacan este hecho, como en el caso de los llamados «grupos sociales relevantes» en la invención y estabilización de la bicicleta moderna (Pinch y Bijker, 1984). Bajo esta perspectiva conocida como constructivismo social, la tecnología se configura a través de un proceso de interacción (variación y selección) entre las percepciones de los grupos sociales relevantes; no existe desarrollo tecnológico por fuera de la percepción de tales grupos. Este enfoque elimina la distinción entre factores tecnológicos y contextuales al considerar el desarrollo tecnológico como un proceso enteramente social. No obstante Pinch y Bijker señalan que lo social no tiene una posición explicativa privilegiada, que la tecnología podía igualmente jugar un papel explicativo, pero se trata de una tecnología socialmente construida (siempre a través de los ojos de un grupo social relevante).

Pero también podríamos considerar otros casos menos conocidos, como el relacionado con la generación de novedades agrícolas por parte del Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT-, quien ha introducido el

concepto de Comités de Investigación Agrícola Local -CIAL- en diferentes países de América Latina (Colombia, Honduras, Nicaragua, Ecuador y Bolivia). La metodología CIAL une diferentes tradiciones en investigación y desarrollo agrícola, les brinda a las Organizaciones No Gubernamentales —ONG- que frecuentemente trabajan con los campesinos en América Latina, y a los científicos formales más radicales, un proceso de diagnóstico abierto y una manera de establecer la capacidad de experimentación de los agricultores. Al mismo tiempo, motiva la demanda de los productos y los servicios de la investigación formal, al ofrecer un nuevo medio influyente de adaptación y difusión de la nueva tecnología que tanto necesitan los agricultores de escasos recursos. El CIAL es un servicio de investigación basado en el agricultor, en el cual él es responsable de su acción ante la comunidad local. La comunidad conforma un comité de agricultores escogidos por su interés en la investigación y por su disposición para servir a los demás. El CIAL investiga temas prioritarios que han sido identificados mediante un proceso de diagnóstico, en el cual todos son invitados a participar. Después de cada experimento, el CIAL presenta los resultados a la comunidad. Se trata entonces de una modalidad de investigación con participación activa de personas distintas a los tradicionales «expertos», es una participación colegiada en la que los investigadores están fuertemente involucrados en investigaciones con los propios agricultores.¹⁴

El «segundo nivel» de actores sociales se corresponde con grupos sociales más amplios en donde también tendrían lugar los agentes de las políticas científicas y tecnológicas, que si bien no tienen el mismo status de los grupos sociales no-expertos, tampoco tienen el del primer grupo. Los actores no-expertos conforman la llamada «interferencia externa»; tales actores, pueden participar en las decisiones sobre los sistemas tecnológicos desde las fases más tempranas, mediante mecanismos de participación pública. También los actores de este nivel se vinculan a los sistemas

¹³ La idea del ingeniero como constructor de sistemas ha sido planteada de manera equivalente por autores como Michel Callon (1987), en términos de ingeniero-sociólogo. Un ingeniero-sociólogo logra enlazar o interesar a diferentes actores en un proceso de innovación, al acercar igualmente los componentes físicos, organizativos y sociales que entrarían en juego en el sistema. También Carl Mitcham (2001) se ha referido a los ingenieros, al destacar que son los filósofos no reconocidos del mundo postmoderno. Lo distintivo de la base material de la postmodernidad es una materialidad ingenieril, comenta Mitcham.

¹⁴ Sobre la experiencia de los CIAL, véase: <<http://www.ciat.cgiar.org/ipra/vistazo.htm>>, (consultado el 13 de agosto del 2004).

mediante procedimientos organizacionales de gestión del propio sistema, esto favorece la canalización de demandas sociales y contribuye con la formulación de políticas públicas en donde los fines del sistema responden a tales preocupaciones sociales.

Tendríamos finalmente actores de tercer nivel, mediadores entre las tareas de invención y de innovación, tal como los describe Schot (1997); su función es tratar de articular los desarrollos tecnológicos y las demandas sociales (antes se ha citado a los departamentos de control de calidad, unidades de mercadotecnia, entre otros). En conjunto, estos tres niveles, conforman los «interesados» o *stakeholders* del sistema, los cuales se definen en relación con su capacidad de tomar decisiones.

En los grandes sistemas tecnológicos la importancia de la participación pública es muy notable cuando el sistema tiene una alta dependencia de algún proceso físico. Si este falla y produce un daño considerable en la salud, en la economía o en el medio ambiente (plantas de energía nuclear, control de tráfico aéreo y trenes, energía eléctrica de alta potencia, servicios de gas natural y transmisión de alta velocidad de datos financieros; en todo caso, tecnologías intrínsecamente azarosas o peligrosas), la preocupación pública aumenta y con ella las presiones a través de las organizaciones regulatorias. Dice La Porte (1994), que si tales demandas son tomadas en serio por las empresas y las agencias del gobierno, se produce como resultado la existencia de sistemas tecnológicos de alto azar y bajo riesgo, es decir, la predecible operación de los sistemas en condiciones ambientales favorables, con una reducción de riesgos.

La participación de los ciudadanos contribuye con la capacidad de las agencias públicas para actuar efectivamente en los sistemas. La confianza en las instituciones por parte de los ciudadanos vendría a ser un asunto importante para los sistemas tecnológicos. La erosión de la confianza pública en un gran sistema tecnológico varía en función del grado en el cual los ciudadanos perciben la distribución de los beneficios y de los costos.

La participación de los actores sociales no-expertos en los sistemas tecnológicos permite cuestionar los argumentos basados en el interaccionismo funcionalista con el que muchas veces se describe la actividad del sistema; tal participación contribuye a la redistribución del poder y en general a nuevas relaciones de poder entre los grupos que conforman los sistemas. Esto puede hacerse más evidente cuando se trata de sistemas tecnológicos relacionados con las necesidades básicas, como en el caso del agua potable de pequeñas comunidades (Brikké, 2000).

A MANERA DE CIERRE

Hemos visto, a lo largo de este trabajo, un conjunto de enfoques sociales sobre los sistemas tecnológicos, teniendo especial atención al papel de las personas en dichos sistemas. Decíamos al comienzo que si bien la noción de «máquina» propuesta por Mumford (1934) puede ser entendida como una noción sistémica de la tecnología, no contiene una teoría específica sobre el papel de la participación pública en el desarrollo del sistema. Esta misma consideración se presenta en el caso Gille (1978), incluso en Sérís (1994), pese a que en este último el papel de las personas es importante desde el punto de vista de la vigilancia y control de los resultados del sistema. En el caso de la definición de sistema como práctica tecnológica propuesta por Pacey (1983), hay que señalar la importancia de los aspectos organizacionales y culturales en donde las personas tienen lugar. También Quintanilla (1988, 2001) nos proporciona unos elementos valiosos para entender los

sistemas tecnológicos y la participación de las personas, entendidos como componentes intencionales, ya se trate de usuarios, controladores y productores mismos del sistema.

En el caso propuesto por Hughes (1983, 1984), su descripción permite recoger la relación entre tecnología y sociedad, sin que exista una escisión entre ambos componentes. Constituye una alternativa al tema del determinismo tecnológico, al hacerlo depender de la dinámica y madurez de un sistema tecnológico. Se trata de una teoría que ha sido propuesta para los grandes sistemas tecnológicos.

En esta vía de encontrar el papel de las personas en los sistemas tecnológicos también hemos hecho referencia a los aportes de Schot (1992), sobre la distinción entre tres tipos de actores: actores que están directamente involucrados en un proceso de investigación o innovación; actores que intentan influir selectivamente en las variaciones por la vía de la acción legal y política; actores que unen la selección y variación dentro del proceso innovador. Reconocer estos actores ha sido objeto del trabajo propuesto por Wynne (1983), Schienstock (1994), González et al. (1996) y López y González (2002).

De otro lado, también en este trabajo se ha propuesto una definición de sistema tecnológico entendido como un sistema complejo, en donde se produce el diseño y apropiación de una determinada tecnología, gracias a la acción de las personas, las organizaciones, máquinas, equipos, sistemas biológicos (en algunos casos), entre otros. Se trata de sistemas tecnológicos que presentan las siguientes características: i) composición heterogénea: en donde la complejidad deriva tanto de la diversidad de componentes como de la heterogeneidad de las relaciones entre las partes; ii) organización: el sistema presenta una organización que remite a la integración entre la disposición estructural y funcional de los elementos que lo integran; iii) límites: están dados por el control ejercido por las partes que lo conforman, el control humano se realiza

mediante procesos rutinarios y no rutinarios vinculados a formas organizacionales específicas, en donde intervienen criterios que exceden el funcionalismo básico al ser tenidas en cuenta las cuestiones sociales, políticas, económicas, éticas y culturales referidas a los sistemas tecnológicos. El control, contingente e inestable, no excluye la diferenciación entre humanos, sistemas biológicos y estructuras técnicas, aunque tampoco privilegia la acción humana, todo depende de estrategias humanas y programas de acción de no-humanos. El control puede tener fases que mantienen el principio de simetría entre los diferentes actores sociales con los no-humanos -estructuras biológicas e infraestructuras materiales—; pero también momentos asimétricos entre tales humanos y no-humanos, en particular cuando los humanos toman decisiones estratégicas que tienden a cambiar las trayectorias tecnológicas previamente configuradas. De otro lado, la noción de control reconoce un cierto principio de indeterminación de los resultados del sistema. En ese sentido, los mecanismos de gestión del riesgo con participación pública, permitirían construir estrategias permanentes y abiertas respecto de los impactos de un sistema tecnológico; iv) totalidad: en los sistemas tecnológicos el todo retroactúa sobre las partes, es más que la suma de las partes, ya que de él emergen propiedades nuevas que no contienen las partes separadamente; el sistema como un todo es el que puede generar nuevos procesos. Esto no impide que las emergencias, las invenciones, puedan surgir en el orden de las partes aisladas. Pero el todo también tiene constreñimientos que lo hacen menos que la suma de las partes, especialmente cuando las propiedades del sistema pasan de un nivel a otro y tienden desaparecer. La retroacción permite optimizar la ejecución del sistema, además de conservar la invariabilidad del mismo en condiciones de eficiencia, pero la retroalimentación en un sistema tecnológico requiere de la innovación; v) evolución: los sistemas tecnológicos tienen procesos evolutivos que dependen de la interrelación hombre-tecnología, en donde se tiende a la estabilización del sistema, la cual depende de las trayectorias tecnológicas pero también de cuestiones económicas y organizacionales; estabilización que es puesta en crisis durante los procesos

de innovación y cambio tecnológico; vi) autorreferencia: la tendencia reproductiva del sistema podría ser considerada desde la vía pragmática propuesta por Hughes, ya que permite mostrar las continuas interrelaciones entre los componentes materiales y humanos presentes en el sistema, una especie de tejido sin costuras que genera incesantemente las condiciones de permanencia del sistema. La condición de autorreferencia depende de la interrelación entre los componentes heterogéneos del sistema, y de la idea de totalidad que se ha señalado antes. La presencia de tal diversidad es la condición de la autoproducción del sistema, la cual entra en un ciclo autoprodutor incesante basado en la retroalimentación y en la novedad, antes que en la definición de algún valor propio del sistema como puede ser la eficiencia, o la utilidad, entre otros; vii) actores sociales: se destaca la importancia del papel de las personas bajo tres aspectos: por un lado, mediante estrategias durante los procesos de generación de innovaciones; en segundo lugar, mediante la diversidad de estructuras organizacionales que hacen parte de la gestión del sistema; y en tercer lugar, mediante mecanismos de participación pública, en donde los intereses de los grupos sociales externos intervienen con sus juicios de valor respecto de las finalidades del sistema y en algunos casos mediante sus conocimientos sobre la tecnología en cuestión. En particular se ha destacado en este trabajo a los actores que hemos denominado de «segundo nivel», los cuales pueden participar mediante mecanismos de participación pública, ya sea en las fases tempranas de la generación de conocimiento o innovación, o bien cuando se evalúa la intervención de un sistema tecnológico en un determinado ecosistema natural y humano. Dicha participación de estos actores de segundo nivel, puede darse por vías diversas, desde mecanismos de consulta amplios, hasta referendos, protestas sociales, consumo y presión mediática entre otros.

REFERENCIAS

Albarracín, A. (1983). *La teoría celular*. Madrid: Alianza Editorial.

Aristóteles (1975). *Metafísica*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.

Autio, E & Hameri, Ari-Pekka (1995). The structure and dynamics of technological systems: a conceptual model. *Technology in Society*, 17(4), 365-384.

Babbage, C. (1835). *On the economy of machinery and manufactures*. London: Charles Knight.

Bertalanffy, Ludwig Von (1968). *General system theory: foundations, development, applications*. New York: George Braziller.

Brikké, F. (2000). *Operation and Maintenance of Rural Water Supply and Sanitation Systems, A Training Package For Managers and Planners, Operation And Maintenance Network of the Water Supply and Sanitation Collaborative Council*. Delft, IRC-World Health Organization.

Callon, M. (1987). El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico, en M. Doménech, y F. J. Tirado (eds.): *Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Gedisa.

Canguilhem, Georges (1966). Le tout et la partie dans la pensée biologique, en G. Canguilhem: *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. París: Vrin.

Colina, Carlos (s.f). La teoría luhmanniana de la sociedad. La diferenciación y el subsistema tecnológico. *Humanita, Portal Temático en Humanidades* En: www.ucv.ve/ftpoot/anuario_ininco/ininco6/resart3.htm

Collins, H. & Evans, R. (2002). The third wave of science studies: studies of expertise and experience. *Social Studies of Science*, 32(2), 235-296.

Constant II, Eduard W. (1987). The social locus of technological practice: community, system, or organization, en W. Bijker; T. P. Hughes; T. Pinch (eds.). *The social construction of technological systems*. Cambridge (Mass.), MIT Press, pp. 223-242.

- Crease, R. & Selinger, E. (2005). Expertise, en C. Mitcham (ed.): *Encyclopedia of science, technology, and ethics*, Farmington, Macmillan, vol. 2, pp. 731-738.
- Dreyfus, H. (1990). What is morality? A phenomenological account of the development of ethical expertise, en D. Rasmussen (ed.): *Universalism vs. communitarism: contemporary debates in ethics*, Cambridge (Mass.), MIT Press, pp. 237-266.
- Ellul, J. (1954): *La technique ou l'enjeu du siècle*. Paris: Armand Colin.
- Freeman, C. (1998). The economics of technical change, en D. Archibugi & J. Michie (eds.): *Trade, growth and technical change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fuller, S. (1994). The constitutively social character of expertise. *International Journal of Expert Systems*, 7, 51.
- Gille, B. (1978). *Introducción a la historia de las técnicas*. Barcelona: Crítica-Marcombo.
- González, M.; López, J. A.; Luján, J. L. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- Hughes, T. (1983). *Networks of power*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Hughes, T. (1987). The evolution of large technological systems, en W. Bijker; T. P. Hughes; T. Pinch (eds.): *The social construction of technological systems*. Cambridge (Mass.), MIT Press, pp. 51-82.
- Hughes, T. (1996). El impulso Tecnológico, en M. R. Smith y L. Marx (eds.): *Historia y determinismo tecnológico*. Madrid: Alianza Editorial.
- Illich, I. (1973). *Tools for conviviality*. London, Calder & Beyers.
- Jacob, F. (1970). *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*. Paris, Éditions Gallimard.
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures*. Cambridge: Harvard University Press.
- La Porte, T. (1994). Large technical systems, institutional surprises, and challenges to political legitimacy. *Technology and Society*, 16(3). 269-288.
- Latour, B. (1983). Give me a laboratory and I will raise the world, en K. Knorr-cetina & M. Mulkay (eds.): *Science observed: perspectives on the social study of science*, Londres, Sage (Versión en castellano de M. I. González, Dadme un laboratorio y levantaré el mundo, Disponible en Internet: <www.oei.es>).
- López, J. A. y González, M. I. (2002). *Políticas del bosque*. Madrid: Cambridge University Press/OEI.
- Luhmann, N. (1984). *Social systems*. Barcelona: Anthropos.
- Maturana, H. (1995). *De máquinas y seres vivos*. Buenos Aires: Editorial Lumen.
- Mialet, H. (1999). Do angels have bodies: the cases of William X and Mr. Hawking. *Social Studies of Science*, 29, 551-582.
- Mitcham, C. (2001). La importancia de la filosofía para la ingeniería, en J. A. López; J. L. Luján; E. García (eds.): *Filosofía de la tecnología*. Madrid: OEI.
- Morin, E. (1995). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Mumford, L. (1934). *Technics and civilization*. New York: Harcourt, Brace & Company, Inc.
- Pacey, A. (1983). *The culture of technology*. Cambridge: The MIT Press.
- Pacey, A. (1999). *Meaning in technology*. Cambridge: The MIT Press.

- Pinch, Tr & Bijker, W. (1984). "The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other", W. Bijker; T. P. Hughes; T. Pinch (eds.): *The social construction of technological systems*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Polanyi, Michael (1958): *Personal knowledge*, London, Routledge.
- Quintanilla, Miguel Ángel (1988): *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid: Fundesco.
- Quintanilla, M. Á. (2001). "Técnica y cultura", en J. A. López Cerezo, et al. (eds.): *Filosofía de la tecnología*. Madrid: OEI, pp. 55-78.
- Rifkin, J. (2002). *La economía del hidrógeno. La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la tierra*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Ropohl, G. (1999). Philosophy of socio-technical systems. *Phil & Tech*, 4(3), 1-59.
- Schienstock, G. (1994). Technology policy in the process of change. Changing paradigms in research and technology policy? en G. Aichholzer & G. Schienstock, (eds.) *Technology policy: towards and integration of social and ecological concerns*. Berlin-Nueva York: De Gruyter, pp. 1-24.
- Schot, J. (1997). Evaluación Constructiva de Tecnologías y Dinámica de Tecnologías: El Caso de las Tecnologías Limpias, en M. González; J. A. López; J. L. Luján (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad. Lecturas seleccionadas*. Barcelona: Editorial Ariel, S. A.
- Selinger, E. & Mix, J. (2004). On interactional expertise: pragmatic and ontological considerations. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 3, 145-163.
- Séris, Jean-Pierre (1994). *La technique*. París: P.U.F.
- Simon, H. (1978). *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona.
- Sutherland, J. (1989). *Towards a strategic management and decision technology*. Dordrecht, Kluwer Academic Press.
- Toribio, J. (1995). "Semántica de las reglas tecnológicas: eficiencia y control en la organización y planificación de los sistemas tecnológicos", en F. Broncano (ed.): *Nuevas meditaciones sobre la técnica*. Madrid: Editorial Trotta.
- Vaughan, D. (1999). The role of the organization in the production of techno-scientific knowledge. *Social Studies of Science*, 29(6), 913-943.
- Wynne, B. (1983). Redefining the issues of risk and public acceptance. The social viability of technology. *Futures*, 15, 13-32.