

# Los dos grandes procesos de convergencia tecnológica<sup>1</sup>

## JAVIER ECHEVERRÍA

Profesor de investigación del Instituto de Filosofía, CSIC  
Investigador Ikerbasque del Departamento de Sociología 2 de  
la Universidad del País Vasco

echeverria@ifs.csic.es / javier\_echeverria@ehu.es

### Resumen

Desde un punto de vista sistémico, la convergencia tecnológica puede ser considerada como una consecuencia de la formación progresiva de sistemas tecnológicos. Además, también podría ser comparada con la composición de acciones humanas, individuales y colectivas, que expanden los correspondientes espacios de capacidades y desempeños (A. Sen). Este artículo aplica estas tres hipótesis filosóficas a la convergencia entre algunas tecnologías de la información y la comunicación, por una parte, y a la convergencia NBIC (nano-bio-info-cogno), por la otra. En ambos casos se subraya la importancia de la apropiación social de esas tecnologías convergentes y del papel de los usuarios en dichos procesos de apropiación socio-tecnológica. Por tanto, la convergencia tecnológica depende de la convergencia social entre usuarios de diferentes sistemas tecnológicos.

### Palabras clave

Filosofía de la tecnología, tecnologías convergentes, apropiación social.

### Abstract

From a systemic point of view, technological convergence can be considered a consequence of the progressive formation of technological systems. Furthermore, it could also be compared with the composition of individual and collective human actions, which broaden the respective scope of capabilities and activities (A. Sen). This paper applies these three philosophical hypotheses: on the one hand to convergence between several information and communication technologies (ICTs) and, on the other, to NBIC (nano-bio-info-cogno) convergence, in both cases focusing on the social appropriation of these convergent technologies and on the role of users in processes of socio-technological appropriation. Consequently, technological convergence depends on social convergence among users of different technological systems.

### Key words

Philosophy of technology, Converging Technologies, social appropriation.

## 1. Sistemas tecnológicos y acciones humanas

Las técnicas humanas tienen orígenes muy diversos y suelen ser estudiadas por separado, conforme al paradigma atomista que ha predominado durante décadas en los estudios de ciencia y tecnología. Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado el enfoque sistémico, en cuyo marco se sitúa este artículo. En su libro *Tecnología: un enfoque filosófico* (1989), Quintanilla sentó las bases de la concepción sistémica de las tecnologías, según la cual conforman *sistemas tecnológicos*, en lugar de funcionar aisladamente. A lo largo de la historia de la técnica abundan los ejemplos de técnicas que se han ido acoplando y ensamblando entre sí, generando artefactos mixtos. El carro es un buen ejemplo, porque combina la rueda, el cajón y la tracción animal, pero también valen los aperos de un labrador, los artilugios que conforman una cuadra, las herramientas básicas de un carpintero o un minero, o los aparejos de un barco de pesca. Esos diversos artefactos tecnológicos, cada cual con su propia función, se componen entre sí,

conformando sistemas técnicos en los que se mezclan tecnologías de orígenes distintos. Algunos de esos sistemas tecnológicos han sido muy duraderos y han caracterizado a culturas enteras, al facilitar la supervivencia en un entorno determinado. Por otra parte, muchas invenciones han surgido mediante transferencia de ideas y recursos técnicos de unos sistemas a otros (Edgerton 2007, p. 270). Baste el ejemplo de la electricidad, que, una vez inventada y consolidada como sistema tecnológico (centrales eléctricas, redes de transporte, acumuladores, reguladores de tensión, tomas de corriente, conexiones, etc.), generó múltiples innovaciones, desde la bombilla a la plancha eléctrica, pasando por el horno eléctrico, el motor eléctrico o los trolebuses, tranvías y demás ingenios de transporte en base a la energía eléctrica. La combinatoria siempre ha sido una gran fuente de invención, como supo Leibniz, y la historia de las tecnologías no es una excepción.

Una segunda idea que aportó Quintanilla resulta también importante, porque está a la base de esa integración de herramientas diversas en sistemas tecnológicos duraderos y esta-

bles. Según él, las tecnologías son “sistemas de acciones humanas intencionalmente orientados a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado valioso”.<sup>2</sup> Por tanto, lo importante no son los artefactos, sino las acciones que los seres humanos pueden hacer gracias a esas herramientas. Una vez definidas así las tecnologías, resulta muy fácil explicar por qué convergen entre sí y conforman sistemas tecnológicos. Al ser acciones humanas, en la medida en que dichas acciones puedan combinarse e integrarse en una misma actividad, individual o colectiva, las tecnologías correspondientes convergerán en sistemas tecnológicos. Puesto que una misma persona o varias pueden coordinar sus acciones y componer acciones complejas (cooperación, colaboración), las herramientas que facilitan dichas acciones se irán integrando en artefactos mixtos y complejos, y a la postre en sistemas tecnológicos.

Como segunda hipótesis de partida, diremos por tanto que la convergencia tecnológica surge porque las acciones humanas se pueden componer entre sí, dando lugar a acciones complejas. En particular, las acciones humanas generan acciones colectivas, en la medida en que unas y otras personas hacen concordar sus acciones individuales de modo que surja una acción conjunta, lo cual es habitual desde épocas primitivas (cultura cazadora). Hay sistemas tecnológicos de uso individual (un carpintero), pero también de uso colectivo (un equipo, un grupo de trabajadores). Algunos de estos sistemas colectivos han influido poderosamente en la constitución de modos específicos de producción, distribución, suministro, utilización o almacenamiento de diversos tipos de bienes, y por ende a la conformación de sistemas económicos, culturales y sociales estables. Aun estando en contra del determinismo tecnológico, hay que reconocer que los sistemas tecnológicos son una componente importante de otros muchos sistemas, incluidos los sistemas científicos, artísticos, literarios y educativos, por no hablar de los sistemas bélicos, jurídicos y administrativos, que también funcionan con la ayuda de sistemas tecnológicos específicos. Un laboratorio, una orquesta, un libro, un aula, un bombardeo, un juzgado y una oficina pueden ser vistos y analizados en función de los sistemas tecnológicos que operan en dichos espacios, los cuales requieren herramientas y habilidades específicas, tanto para manejarlos individualmente (*know how*) como para integrarlos en una acción o proyecto conjunto. Diremos por tanto, reinterpretando a nuestro modo las propuestas de Quintanilla, que *la composición de acciones humanas está a la base de los diversos procesos de convergencia tecnológica*, los cuales acaban generando sistemas tecnológicos.

Al enfoque sistémico y a la concepción de las tecnologías como acciones humanas le añadiremos una tercera hipótesis. En este caso nos basamos en Amartya Sen y en su concepción de la riqueza y la pobreza en base a los espacios de capacidades (*capabilities*) y desempeños (*functionings*). Reinterpretadas sus tesis, resulta que las tecnologías aportan una ampliación del espacio de capacidades de los seres humanos, y en la medida en que se posean y se sepan utilizar, también amplían y

enriquecen su espacio de desempeños. Dicho en términos muy sencillos: muchas tecnologías han sido diseñadas precisamente para incrementar y mejorar las capacidades humanas, por ejemplo la capacidad motriz (carro, canoa, bicicleta, moto, coche, camión, tren, avión, barco, etc.), o la de percepción (gafas, audífonos, microscopios, telescopios, etc.). Quien tiene un coche o dispone de un servicio de autobuses y metro puede trabajar a varios kilómetros de su casa, como millones de personas hacen a diario en las grandes metrópolis. Dichas tecnologías, que en parte son industriales y en parte son sociales (organización del servicio, señalización, etc.), incrementan la capacidad de desplazamiento de las personas, y en último término otras capacidades básicas para evitar la pobreza, como poder ganarse la vida mediante un trabajo retribuido. La cultura urbana e industrial está basada en un conjunto de sistemas técnicos que la mayoría de las personas que vivimos en las ciudades utilizamos a diario, por ejemplo el subsistema de transportes. No sólo estamos hablando de automóviles, trenes, carreteras o redes ferroviarias, que también. Lo importante son las acciones humanas que pueden desarrollarse gracias a esa multiplicidad de sistemas técnicos convenientemente engarzados entre sí, y en particular el incremento y mejora de las capacidades humanas que en conjunto posibilitan. Esta hipótesis vale para las capacidades y desempeños individuales, pero también para las colectivas.

Esto justifica la utilidad e importancia de la convergencia tecnológica, la cual, en primera instancia, consiste en el ensamblaje de dos o más artefactos diferentes de modo que los incrementos que cada aparato aporta al espacio de capacidades se sumen entre sí. Cuando una cadena, un pedal y una rueda se acoplan, surge un nuevo sistema tecnológico, que está basado en la convergencia e integración de tecnologías previas. Una vez resueltos otros problemas técnicos (equilibrio, dirección, frenado, etc.), la convergencia genera una innovación de ruptura, la bicicleta, que luego es mejorada paulatinamente mediante mejoras acumulativas (tubulares, luces, guardabarros, etc.). La convergencia e integración de varias tecnologías previamente existentes en un nuevo sistema tecnológico es una de las principales fuentes de innovación tecnológica, y ello porque dicha combinación posibilita nuevas composiciones de las capacidades humanas.

La convergencia tecnológica tiene que ver con los sistemas, las acciones y las capacidades humanas, tanto si éstas son individuales como colectivas. Algunos grandes cambios sociales han venido acompañados por cambios tecnológicos paralelos. Las tecnologías nunca son la causa del cambio social, si se entienden como artefactos y herramientas, pero cuando las concebimos como sistemas de acciones humanas, individuales y colectivas, resulta más fácil entender por qué los cambios tecnológicos tienen una considerable relevancia en muchos procesos de cambio social.

## 2. Convergencia de las tecnologías de la información y la comunicación

Las tecnologías de la información y la comunicación conforman uno de los principales ejemplos actuales de convergencia tecnológica que ha suscitado profundos cambios sociales, los cuales suelen quedar resumidos en la emergencia de una nueva modalidad de sociedad, la *sociedad informacional* (Castells 1995-97). Es frecuente identificar la sociedad de la información con la red Internet, pero a nuestro modo de ver hay que distinguirlas. En primer lugar, porque Internet es un espacio telemático compuesto por redes y ordenadores interconectados, no una sociedad. En segundo lugar, porque el sistema tecnológico TIC (tecnologías de la información y la comunicación) es más amplio que Internet. La televisión, la radio y el sonido digital (Mp3, Mp4, música electrónica), el dinero electrónico, los videojuegos, las tecnologías multimedia, las bases digitalizadas de datos y metadatos, los artefactos de realidad virtual, las torres y satélites de telecomunicaciones y, por supuesto, las redes telemáticas que se integran y conectan a Internet, conforman un *nuevo sistema tecnológico*, el sistema TIC, que ha transformado radicalmente los procesos de producción, distribución, suministro, utilización y almacenamiento de la información, posibilitando la emergencia de una nueva modalidad de sociedad, la sociedad de la información, en la que los flujos informacionales conforman una nueva modalidad de riqueza. El sistema tecnológico TIC no sólo es Internet, sin perjuicio de que la red aporte su gran espacio de despliegue por todo el mundo. Obvio es decir que la red por sí misma se basa en el funcionamiento de un complejísimo sistema tecnológico que interconecta ordenadores y flujos informacionales en todo el mundo, y por ende personas, instituciones y diferentes agentes sociales y económicos. Tanto Internet como el sistema TIC han incrementado enormemente las capacidades humanas relacionadas con la información y la comunicación, de ahí su éxito, tanto a nivel individual como colectivo.

Pues bien, las diversas tecnologías que se integran en dicho sistema tienen orígenes y funciones muy distintas. Lo importante es que todas ellas han ido compatibilizándose entre sí en las últimas décadas. Hoy en día es posible ver la televisión por la pantalla de un ordenador o de un teléfono móvil, editar textos y fotos digitales, hacer operaciones de banca *on line* por la pantalla de un cajero electrónico o de un ordenador doméstico, jugar a un videojuego, visitar museos virtuales, asistir a conciertos, chatear y acceder a los grandes depósitos del conocimiento científico y humanístico de nuestra época (revistas, bibliotecas digitales, etc.). Las procedencias de todas esas tecnologías son muy distintas. Muchas de ellas, por cierto, tienen un origen militar, lo que no les ha impedido evolucionar y pasar a ser útiles en múltiples ámbitos de la vida civil. La creación de tecnologías simbólicas (lenguaje HTML, códigos URL, Unicode, formato .jpg, compresión .zip, etc.) ha sido vital para que dichas tecnologías se hayan ido compatibilizando entre sí,

pese a sus orígenes y diseños heterogéneos. Tanto Internet como el sistema TIC son el resultado de múltiples procesos de convergencia tecnológica.

Por tanto, la emergencia de la sociedad de la información ha venido acompañada por una compleja convergencia tecnológica que ha conseguido compatibilizar e integrar tecnologías de información y comunicación muy relevantes, como el cine, la fotografía, la radio, la televisión, la informática y las telecomunicaciones. Cada una de ellas conformaba un sector económico por sí misma y tenía una importante presencia social. Así pues, la convergencia no sólo ha afectado al diseño de los aparatos, sino también ha implicado un proceso de convergencia entre múltiples agentes económicos y sociales, que han pasado a ubicarse en un mismo espacio social, el espacio electrónico o tercer entorno (Echeverría 1999). Los medios de comunicación, por ejemplo, se resistieron enérgicamente a Internet en la década final del siglo XX, haciendo publicidad negativa de la red. Hoy en día casi todos ellos tienen sus propias ediciones digitales y, sobre todo, han surgido múltiples formas de periodismo (blogs) mantenidas por ciudadanos individuales y pequeños grupos de "comunicólogos". La convergencia tecnológica TIC, por tanto, no sólo ha generado un sistema tecnológico, sino también un nuevo espacio social, ésta es la tesis básica que mantenemos. En el espacio electrónico, las capacidades de acción de los seres humanos se han ampliado, al ser posibles las interacciones a distancia y en red, algo que otros sistemas tecnológicos previos no habían posibilitado. En suma, la convergencia TIC tiene todas las características que detallamos en el apartado anterior: por una parte genera un nuevo sistema tecnológico, por otra amplía el espacio de las capacidades humanas, tanto individuales como colectivas, y, a la postre, genera un nuevo espacio social en el que emerge y se desarrolla ni más ni menos que una nueva modalidad de sociedad. La convergencia tecnológica está en estrecha correlación con una convergencia social que ha ido produciéndose por todo el mundo, y que ha acabado consolidando un nuevo espacio para las relaciones individuales y colectivas. Dicho proceso resulta plenamente inteligible si entendemos las tecnologías como sistemas de acciones humanas, en este caso como nuevas capacidades de acción individual y colectiva en relación a la información y la comunicación.

Cuando la ONU organizó la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información (Ginebra 2003 y Túnez 2005) y consiguió, no sólo que participasen todos los países del mundo, sino que consensasen una amplia declaración conjunta y un plan de acción, la convergencia tecnológica quedó definida como un proceso de convergencia social a nivel internacional cuyo desarrollo es lento y difícil, pero sigue produciéndose. La convergencia TIC presenta muchas facetas: es tecnológica, sin duda, pero también económica, social, cultural, jurídica (hay que hacer compatibles las legislaciones en el espacio electrónico) y política.

### 3. Convergencia tecnológica y sociedad civil

Conforme un instrumento es utilizado repetidas veces, uno comprueba si desempeña bien o mal la función para la que ha sido diseñado y puede imaginar mejoras en él. A muchos usuarios experimentados de una determinada herramienta se les han ocurrido modos de que cumpla su función más rápidamente, con mayor precisión y eficacia, más cómodamente o con un coste menor. La utilización de artefactos tecnológicos implica una valoración por parte de los usuarios de las ventajas que aportan esos instrumentos, pero también de sus posibles inconvenientes y defectos (*bugs*). Algunos de esos usuarios, los usuarios expertos, conciben mejoras posibles y, en algunos casos, las diseñan, implementan y ponen a prueba. De ahí la importancia de los usuarios en los procesos de innovación tecnológica, y en particular de los usuarios expertos (*leading users*). Siguiendo a Von Hippel (*Democratizing Innovation*, 2005), y como cuarta hipótesis de partida, diremos que la innovación tecnológica no sólo la generan los fabricantes y departamentos de I+D de las empresas. También los suministradores, distribuidores y usuarios son fuentes de innovación y, en particular, estos últimos generan una modalidad de innovación social muy importante, la innovación distribuida. Dicho de otra manera, una vez que la convergencia tecnológica ha sido asumida por la sociedad, los propios usuarios mejoran el sistema tecnológico y generan diversas formas de innovación social (mensajes SMS, Linux, Wikipedia, redes sociales, etc.).

Puesto que las tecnologías son sistemas de acciones humanas, y no sólo artefactos, la cooperación y la interacción entre personas genera nuevas acciones, y por ende nuevos artefactos tecnológicos para llevarlas a cabo. La sociedad no sólo recibe y acepta (o rechaza) las innovaciones propuestas por las empresas y otros agentes de I+D+i, también genera innovaciones por sí misma. Las pequeñas o grandes mejoras que unos y otros van introduciendo son contrastadas por múltiples usuarios, con lo que la difusión de las innovaciones es muy rápida, porque los propios usuarios las ponen de moda. Como resultado de esos *procesos humanos de convergencia tecnológica*, al final aparecen nuevas herramientas y nuevas prácticas, algunas de las cuales devienen estándares en el correspondiente sector social o profesional. Para que una innovación sea aceptada socialmente y se convierta en un instrumento de uso corriente es preciso que esa innovación sea ampliamente utilizada, de modo que su uso se generalice y el correspondiente aparato se convierta en un estándar social. Diremos pues que *la convergencia tecnológica la suscitan los propios usuarios*. Además, los usuarios de las tecnologías, previa valoración derivada de su utilización habitual, pueden ser fuentes de innovación tecnológica.

Tal ha sido el caso de Internet, como Manuel Castells ha subrayado repetidas veces, y lo vuelve a ser a finales de la primera década del siglo XXI, conforme la llamada *Web 1.0* evoluciona hacia la *Web 2.0* (Benkler 2006). Esta última se caracteriza por un fuerte impulso *bottom/up*, dado que son los pro-

prios usuarios quienes suben los contenidos y generan redes sociales particularmente activas. No insistiremos en este punto, nos limitamos a señalarlo, pero cabe decir que la convergencia TIC está entrando en una nueva fase, en la que son los propios usuarios promueven la convergencia. Ello implica un paso importante hacia la democratización de la sociedad de la información, aunque ello todavía quedan muchas cosas por hacer, que pueden quedar resumidas en una: hay que *constituir Telépolis en el espacio electrónico*, afirmando la primacía de la *Res Publica* en el conjunto de las redes telemáticas. Los usuarios de la *Web 2.0* han empezado a generar auténticos espacios civiles donde múltiples personas convergen en Internet para interrelacionarse, tal es el principio de construcción de una ciudad telemática y global. Conforme vayan surgiendo sistemas de gobernanza de esos espacios públicos en red, Telépolis se irá conformando.

### 4. Convergencia tecnológica nano-bio-info-cogno

El comienzo del siglo XXI trae consigo un nuevo proceso de convergencia tecnológica, que afecta principalmente a las nanotecnologías (*nano*), las biotecnologías (*bio*), las tecnologías de la información (*info*) y las ciencias cognitivas (*cogno*). Una de las novedades de esta nueva integración de sistemas tecnológicos atañe a la escala a la que se realiza dicha convergencia, en los *nanocosmos*, es decir, a escala nanométrica. El sistema tecnológico que se pretende crear, sistema NBIC (Nano-Bio-Info-Cogno), no sólo será microcósmico, sino nanocósmico, y por tanto imperceptible a simple vista. Manipular las nanoherramientas que conforman el sistema NBIC no está al alcance de cualquier ser humano, por ser una escala del mundo que, aun siendo real, no ha sido accesible a la percepción humana hasta hace pocos años, y ello gracias a la invención de los microscopios de efecto túnel o de fuerzas atómicas, que mejoraron la capacidad perceptiva humana y permitieron representar los fenómenos que tienen lugar a escala nanométrica, así como operar con las pequeñas partículas, alterando la estructura de los átomos, las moléculas, el ADN y las células mediante ingeniería de materiales en los nanocosmos. Esos dos microscopios y otras tecnologías complementarias han posibilitado la manipulación de la materia a nivel atómico y molecular, algo que ningún otro sistema tecnológico había logrado. Así, las nanotecnologías han ampliado las capacidades de acción de los seres humanos, expandiéndolas desde los mesocosmos habituales en donde percibimos y actuamos a esos nanocosmos que anteriormente no podíamos percibir, y ahora sí, y en donde antes no podíamos intervenir, y ahora sí. La convergencia NBIC supone un nuevo ejemplo de expansión del espacio de capacidades humanas. Obvio es decir que las nanotecnologías ofrecen unas inmensas posibilidades de innovación, puesto que las diversas modalidades de materia, tanto viva como inerte, pueden ser reinventadas artificialmente a dicha escala.

Las tecnociencias no sólo pretenden conocer el mundo (observarlo, analizarlo, explicar y predecir fenómenos y sucesos...), como era el objetivo de la ciencia moderna. Además, tienden a transformarlo. El programa NBIC norteamericano lo anuncia claramente en su mismo título: *Converging Technologies for Improving Human Performance*.<sup>3</sup> Interesa saber cómo es el mundo a escala nanométrica y para ello se requiere mucha investigación básica. Sin embargo, el fin último no es el conocimiento, sino la mejora de las capacidades de acción humana: "las tecnologías convergentes podrían producir enormes mejoras en las habilidades humanas, así como beneficios sociales, mejorar la productividad de la nación y también la calidad de vida".<sup>4</sup> Por tanto, los promotores de la convergencia NBIC pretenden desde el principio incrementar las capacidades humanas (perceptivas, cognitivas, comunicativas), así como la productividad y competitividad de las empresas.

El objetivo general consiste en modificar la estructura atómica, molecular y celular de los diversos materiales, sean éstos inertes y vivos, generando nanopartículas y nanoherramientas que desempeñen funciones biológicas (atacar el DNA de las células cancerígenas), informacionales (almacenar gigas de información en un nanochip) o cognitivas (recorrir a nanosensores y nanotransmisores, sin renunciar a mejorar capacidades cognitivas más complejas). Para ello se requiere mucha investigación básica, puesto que a escala nanométrica rigen las leyes de la mecánica cuántica y, por ende, las propiedades de los nanomateriales y las nanopartículas son muy diferentes que las de sus homólogos a escala meso- y microcósmica. Algunas de esas propiedades pueden ser beneficiosas para las personas, otras dañinas. Se trata de explotar ese conocimiento que hay generar, produciendo desarrollos tecnológicos e innovaciones. Por nuestra parte, diremos que el fiel de la balanza siempre será la sociedad, que aceptará o no esas innovaciones propuestas. Por de pronto, surgen síntomas de desconfianza, y se apuntan los primeros riesgos derivados de la convergencia NBIC. En todo caso, y sin exagerar, las nanotecnologías han permitido descubrir una nueva dimensión del mundo material, por lo que la convergencia NBIC tendrá una importancia similar o mayor que la convergencia TIC anteriormente comentada.

Las nanotecnologías permiten modificar las propiedades básicas de la materia (cohesión, peso, dureza, conductividad eléctrica, absorción luminosa, etc.). En la medida en que convergen con las biotecnologías, se modifican la estructura y propiedades de las células y organismos, con la consiguiente incidencia en la medicina, la farmacología, la genética y, en general, las ciencias de la vida. La convergencia *nano-info* abre la posibilidad de numerosas innovaciones en el sector TIC: chips cuánticos, nanosensores, nanodetectores, etc. El objetivo final del programa, por lo que respecta a las ciencias cognitivas, consiste ni más ni menos que en la *conquista del cerebro*, a base de implementar, entre otras, las capacidades perceptivas, cognitivas, comunicativas y mnemónicas del cerebro humano. Si se pudiera implementar las capacidades de

las neuronas insertando nanodispositivos que las estimularan, las diversas capacidades del cerebro humano se verían modificadas y, en un caso hipotético, mejoradas. La convergencia NBIC es uno de los grandes objetivos de las tecnociencias contemporáneas porque, de lograrse, aportará cambios radicales a las capacidades de acción humana, así como nuevos objetos y artefactos que resultaría de dicha convergencia. El programa NBIC de los EEUU es particularmente fáustico. La ideología del transhumanismo subyace por doquier, aunque aquí no vayamos a comentar críticamente esos aspectos.

Los programas de convergencia tecnológica que han desarrollado los diversos países desde 2001 tienen el objetivo general de *innovar*. Las innovaciones que el programa norteamericano NBIC promueve tienen como destinatario último a los gobiernos (defensa, administración), los mercados (eficiencia, productividad), la nación (liderazgo mundial), la sociedad (mejora de diversos servicios) y las personas (mejores capacidades sensoriales y cognitivas, comunicación directa entre cerebros, prolongación de la vida, tratamiento de la decadencia física y mental, etc.). No se trata de investigar cómo es el mundo, sino de transformarlo y mejorarlo. El programa NBIC fue diseñado para cambiar radicalmente y a nivel global los mercados y sociedades, introduciendo innovaciones que sean altamente competitivas y que resulten aceptables para los clientes y consumidores. En último término, se pretende modificar los hábitos y los comportamientos de las personas, de modo que incorporen a su vida cotidiana las diversas innovaciones que los diversos programas NBIC vayan generando. Aquí radica una nueva diferencia entre las ciencias y las tecnociencias. Estas últimas sobrepasan el programa baconiano, que propugnaba únicamente el control y dominio de la naturaleza. Las tecnociencias, en cambio, se orientan hacia la transformación de las personas y las sociedades. Esta es la razón por la que las relaciones entre las tecnociencias y las sociedades son complejas. Algunas innovaciones tecnocientíficas son bien recibidas, otras no. La identificación, análisis, evaluación, prevención y gestión de los riesgos resulta indispensable en las políticas tecnocientíficas. Sobre todo, hay que atender al criterio de los usuarios. Conforme éstos utilicen las tecnologías NBIC, se generará mucho conocimiento y surgirán innovaciones sociales en dichos sector, como ocurrió en el sistema tecnológico TIC.

El informe europeo sobre la convergencia NBIC (2004) también tiende a una profunda transformación social, pero de distinto tipo. Ha sido denominado "*Converging Technologies for the European Knowledge Society*" (CTEKS),<sup>5</sup> con lo que se señala cuál es el principal objetivo a lograr al impulsar la convergencia tecnológica: contribuir a la construcción de una sociedad europea del conocimiento que, conforme a la estrategia e-Europe 2003, e-Europe 2005 e i2010, convierta a la Unión Europea en el líder mundial del conocimiento en el año 2010 (Agenda de Lisboa 2000). Independientemente de la diferencia de objetivos finales, la UE y los EEUU comparten la tesis básica: hay que innovar. En el documento titulado "Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías"<sup>6</sup> se dice clara-

mente que “la excelencia europea en el ámbito de las nanociencias debe, finalmente, traducirse en productos y procesos comercialmente viables”.<sup>7</sup>

Pese a que la innovación es la prioridad, los documentos europeos insisten mucho más que los norteamericanos en la necesidad de investigar los riesgos:

“La nanotecnología se ha de desarrollar de forma segura y responsable. Su avance deberá respetar principios éticos y será preciso estudiar científicamente sus riesgos potenciales para la salud, la seguridad y el medio ambiente con el fin de prever la normativa necesaria. Habrá que evaluar y tener en cuenta el impacto a nivel social.”<sup>8</sup>

Otros muchos países están impulsando iniciativas similares: Japón, Corea, Taiwan, China, Rusia, Australia, Canadá, India, Israel, algunos países latinoamericanos, Nueva Zelanda, Filipinas, Singapur, Sudáfrica, Tailandia, etc. Cada país tiene sus propias estrategias. Otro tanto cabe decir de las empresas que fomentan la investigación, el desarrollo y la innovación en el sector NBIC. Los programas *Converging Technologies* no sólo pretenden revolucionar la actividad científica y tecnológica, también la política científica y la actividad empresarial e industrial. Para desarrollarlos se requiere una alta dosis de interdisciplinariedad en los equipos investigadores, así como la intervención de otros muchos agentes económicos, políticos, sociales, jurídicos y, no hay que olvidarlo, también militares. La *Nanotechnology National Initiative* que se aprobó en EEUU el año 2000 había sido demandada por las diversas Agencias de Defensa de los EEUU, las cuales han estado a la vanguardia de la investigación, los desarrollos tecnológicos y la innovación durante todo el siglo XX. En este caso, la convergencia tecnológica requiere la integración de agentes sociales y económicos muy distintos en una misma *agenda tecnocientífica*, que está claramente definitiva en los programas *Converging Technologies* de los EEUU y la UE.

## 5. Conclusiones

Las hipótesis que propusimos al principio resultan válidas para interpretar estos dos grandes procesos de convergencia tecnológica que están en pleno desarrollo ante nosotros mismos, el del sistema TIC, ya consolidado, y el del sistema NBIC, que ha ofrecido resultados importantes, pero cuyo futuro a medio y largo plazo está por ver. Es preciso analizar cada uno de los sistemas tecnológicos, la mayoría de los cuales han surgido en procesos de convergencia, que en muchas ocasiones son promovidos por los propios usuarios. También hay que estudiar los procesos de convergencia entre tecnologías y sistemas ya constituidos, como fue el caso de las TIC (piénsese en YouTube y la televisión digital, por ejemplo), o será la convergencia NBIC. De los comentarios anteriores, pese a ser demasiado breves y sucintos en algunos casos, podemos concluir que, en general, la convergencia tecnológica siempre tiene otras facetas (convergencia social, económica, cultura, de empresas e institucio-

nes, de usuarios, etc.), lo cual se debe a que las tecnologías no se limitan a ser herramientas y artefactos, sino que consisten en sistemas de acciones humanas. La convergencia tecnológica implica una convergencia de acciones humanas, y por tanto una colaboración o cooperación entre los agentes correspondientes, sean éstos individuales o colectivos.

Las tecnologías nunca están separadas de las sociedades que las promueven y usan. De hecho, buena parte de los cambios, mejoras e innovaciones de los sistemas tecnológicos provienen de la propia sociedad, en particular de los usuarios. En el caso de las TIC y de las tecnologías NBIC, lo importante es el proceso de apropiación social de dichas tecnologías, es decir, su incorporación a la vida cotidiana de las personas. Cuando eso sucede, un sistema tecnológico se integra en una cultura e influye en ella, pero sin llegar a ser determinante en ningún momento. Siendo sistemas de acciones humanas mediante las cuales se pretende obtener resultados valiosos, las tecnologías y su futuro dependen de los valores que los seres humanos apliquen a dichas acciones, tanto al hacerlas como al enjuiciar sus resultados. En último término, el meollo de las diversas convergencias tecnológicas consiste en una confluencia de valores contrapuestos, y en su caso la integración y generación de nuevos sistemas de valores. A cada sistema tecnológico le subyace un sistema de valores humanos, tanto individuales como colectivos. Por eso las tecnologías son entidades sociales. Hablemos de tecnologías y tecnociencias sociales.

## Notas

- 1 Este artículo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación HUM2005-02105/FISO financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia los años 2006, 2007 y 2008. La redacción final del mismo se hizo durante una estancia investigadora en el Center for Basque Studies de la University of Nevada, Reno (USA).
- 2 Quintanilla, *op. cit.*, p. 34.
- 3 M. C. Roco y W. S. Bainbridge (eds.), 2001
- 4 M. C. Roco y W. S. Bainbridge, o.c., p. IX.
- 5 A. Nordmann (coord.), 2004.
- 6 Bruselas, 12.5.2004, COM(2004) 338 final.
- 7 *Ibid.*, p. 3.
- 8 *Ibid.*

## Bibliografía

BENKLER, Y. *The Wealth of Networks*. Yale: Yale University, 2006.

CASTELLS, M. *La era de la información*. Madrid: Alianza, 3 vols., 1996-98.

ECHEVERRÍA, J. *Los Señores del Aire: Telépolis y el Tercer Entorno*. Barcelona: Destino, 1999.

ECHEVERRÍA, J. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica, 2003.

EDGERTON, D. *Innovación y tradición. Historia de la tecnología moderna*. Barcelona: Crítica, 2007.

NORDMANN, A. (rel.) *Report: Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies*. Bruselas: European Communities, 2004.

OLIVÉ, L. *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica (FCE), 2007.

ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS. *Informe final de la fase de Ginebra de la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información*. Ginebra: Documento WSIS-03/GENEVA/ 9(Rev.1)-S, 12 de mayo de 2004.

QUINTANILLA, M. A. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid: Tecnos, 1989.

ROCCO, M. S.; BAINBRIDGE, W. S. (ed.). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Arlington, Virginia: National Science Foundation (NSF), 2001.

ROCCO, M. S.; BAINBRIDGE, W. S. (ed.) *Converging Technologies for Improving Human Performance; Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington, Virginia: National Science Foundation (NSF), 2002.

SEN, A. *Desarrollo y libertad*. Barcelona: Planeta, 2000.

UNIÓN EUROPEA. *"i2010: Una sociedad de la información para el crecimiento y el empleo"*, COM(2005) 229, 2005.

VON HIPPEL, E. *The Sources of Innovation*. Nova York: Oxford University Press, 1988. Traducida al castellano con el título *Usuarios y suministradores como fuentes de innovación*. Madrid: COTEC, 2004.

VON HIPPEL, E. *Democratizing Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.