

EL SISTEMA EDUCATIVO Y EL IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

JOSE-MIGUEL RINCÓN

Departamento de Economía Aplicada
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad del País Vasco

Palabras clave: Educación, nuevas tecnologías.
Nº de clasificación JEL: I2, O3, O33

1. LA ACOMODACIÓN SOCIAL DEL PROGRESO TÉCNICO

Los grandes cambios sociales de los últimos tiempos han coincidido o, mejor dicho, han sido precedidos de un avance rápido de un progreso técnico, que ha supuesto un salto cualitativo en las formas de producción, reparto y uso de los bienes y servicios resultantes por parte de los colectivos humanos. Además, ese avance técnico se ha concentrado, en su implantación inicial, en un período o intervalo de tiempo relativamente corto.

En este sentido, poseemos ya la experiencia de que la fuerte mecanización de la producción y la aplicación de nuevas formas de transporte indujeron, a finales del pasado siglo y principios del actual, formas particulares de organización y teorías en su apoyo, que en su momento tuvieron gran difusión (taylorismo, fayolismo, productismo, etc.). Parece también evidente que la nueva y potente automatización de esa producción está actualmente revolucionando las relaciones de trabajo e interviniendo en la alteración de la estructura social; y que se prevén cambios muy radicales en el sistema ocupacional de las futuras generaciones de trabajadores de todo tipo, conforme se va consolidando lo que se empieza a llamar «revolución tecnológica». Caben aquí todos los avances realizados y previstos que están afectando a las comunicaciones, al

tratamiento de la información, a la medicina, a la biología, al orden espacial, etc. Su impacto cambiará profundamente no sólo las condiciones de trabajo, sino incluso la propia estructura del empleo y muchos aspectos de la vida cotidiana social, familiar e individual.

Hay sociólogos, prospectivistas y analistas del desarrollo de las sociedades avanzadas que opinan que el progreso técnico es un proceso autónomo que sirve de motor para la transformación social (Dehoux, 1982). Es mi opinión, no obstante, que ese aserto no es absolutamente cierto, puesto que en la asunción, adaptación y difusión de las nuevas técnicas influye de una manera determinante la estructura económica, social y, sobre todo, la base cultural de las sociedades que las ponen en marcha.

No hay que hacer muchos esfuerzos para darse cuenta que son los colectivos sociales cuyos miembros han poseído una buena y extensa estructura cultural, basada en una buena y extensa estructura educativa, los que han generado las invenciones tecnológicas, que han permitido no sólo su prosperidad, sino frecuentemente su estabilidad social y política. En un mundo tan inestable como el actual, los fondos educativos y culturales protegen a los ciudadanos de una degradación —y a veces de una destrucción total de las formas de convivencia— y mantienen

un nivel de relación democrática entre ellos, que preserva formas sociales aceptables y pasablemente confortables.

Toda técnica es un método mediante el cual el hombre *prolonga y multiplica la eficacia de su acción*. La tecnología tiene un componente dinámico que supone un avance en la mejora de esa eficacia a lo largo de un eje de tiempo, de forma que cada nuevo invento supone un valor añadido que no destruye lo ya conseguido, sino que lo revaloriza. De esta forma, cuando hablamos de la aparición y desarrollo de una «nueva tecnología», estamos pensando en una serie temporal de descubrimientos, inventos, mejoras y adaptaciones de un hecho general que se van poniendo paulatinamente a disposición de la sociedad. En Informática, por ejemplo, desde la aparición de los ordenadores, a finales de los 40 y principios de la década siguiente, hubo una euforia inicial basada en los rendimientos del cálculo automático, se pasó luego por una larga «travesía del desierto» hasta la eclosión actual de la microinformática y de las aplicaciones telemáticas.

Es la acumulación de mejoras lo que permite hablar de progreso técnico. Este progreso, no obstante, puede estar frenado por la inercia social, que se aferra a su personalidad conservadora porque no dispone todavía de las claves culturales necesarias para asumir ese proceso.

Desde el siglo XVIII, las grandes sociedades industriales, en Europa y más tarde en América, han considerado a la instrucción y a la educación en general como la condición previa y necesaria para que el progreso científico, técnico e industrial pueda tener lugar. Esta es una verdad evidente y referirlo a finales de este siglo es un lugar común, especialmente en lo que se refiere a la función técnica. Pero esta especie de «infraestructura social» sobre la que apoyar el progreso técnico viene acompañada de la necesidad de una mutación social si se quieren usar bien, con rendimiento y mínimo costo traumático, las innovaciones, especialmente aquellas que afectan a la generación, tratamiento y uso de la información.

Las innovaciones, por consiguiente, son una posible fuente de perturbaciones de las prácticas

corrientes de la comunidad en que se implantan y pueden repercutir en la mentalidad colectiva, afectando a su equilibrio global. Esta es una razón más para introducir un 'buffer', un amortiguador, entre el progreso técnico y el cambio social; que no puede ser otro que la adaptación del sistema educativo a las nuevas formas sociales, extendiendo el conocimiento de las nuevas técnicas y formas científicas.

Si las innovaciones son muy importantes y extensas —como es el caso de la Informática y lo serán los avances en Inteligencia Artificial, en Robótica y en intercomunicaciones informacionales—, se puede desencadenar una serie de transformaciones que afecten profundamente a la colectividad social; no solamente a su estructura económica, sino incluso a su sistema de valores. Raymond Bourdon dice que «un cambio exógeno provoca siempre una cascada más o menos compleja de consecuencias que representan ajustes endógenos» (Bourdon, 1979).

La introducción de las nuevas tecnologías ('high tech') exige encontrar en la sociedad un 'back ground' en el que puedan acomodarse sin riesgo para el equilibrio futuro de las sociedades que las reciben y sin desastres, que bien podemos denominar «ecológico-sociales». Esa acomodación no puede ser otra, vuelvo a insistir, que la renovación del sistema educativo y la adaptación continua de los individuos agentes y receptores de las innovaciones.

Es, además, imposible sustraerse a la penetración de las nuevas tecnologías, puesto que se corre el riesgo de retroceso en la posición económica que se ocupa en el desarrollo internacional. Hay que admitir, como dice Alain Touraine, que las sociedades no se definen por su funcionamiento, sino por su capacidad de transformación (Touraine, 1974); podemos decir que se definen por su dinamismo.

Cuando una sociedad actual se hace «tradicional» se vuelve sobre sí misma y corre el riesgo de quedarse fuera de la corriente de progreso de otras colectividades que forman con ella un entorno. La tecnología es un instrumento de transformación, sobre todo en las sociedades modernas, que cada vez

son menos sociedades de consumo y cada vez más pasan a ser sociedades de invención y de servicio.

2. LA ORDENACIÓN DE LOS PROYECTOS TECNOLÓGICOS EN LOS PAÍSES AVANZADOS

Hoy en día, los objetos técnicos proliferan por doquier. Estos objetos son la forma de mediación entre el hombre y su medio natural, entre el hombre y los demás hombres. En un contexto sistémico podríamos decir que las interrelaciones entre los elementos del sistema, entre los subsistemas y entre el sistema general y su entorno se hacen interponiendo entre ellos un sinnúmero de dispositivos de diseño muy avanzado, de un gran rendimiento y frecuentemente de compleja utilización; una parte importante de ellos tiene como característica común el manejo de la información.

Se configura de esta forma un MEDIO TECNOLÓGICO que va a modificar la mentalidad de los sistemas y su percepción de lo real. Sus efectos son la uniformización de los modos de vida y la rapidez en los intercambios de conocimiento. Su incidencia en la organización social depende en grado extremo, como ya se ha dicho, del modelo cultural de los elementos afectados.

En los últimos años se ha iniciado una carrera, exponencialmente acelerada, en la investigación, diseño y uso de nuevos *medios técnicos*, que se han dado en llamar NUEVAS TECNOLOGÍAS; a ellos se han añadido el diseño y lanzamiento de una serie de productos subsidiarios que se sitúan en la periferia de lo que comúnmente se conoce como Técnica. Pero, en cualquier caso, todos ellos son reflejo de un «estado de cambio» que tiene a la vista la frontera del próximo milenio. Consideraremos a todas esas invenciones, innovaciones y mejoras como formando parte de esta especie de movimiento *evolutivo* de las sociedades de todo tipo: avanzadas, en estado de desarrollo e, incluso, en situación de retardo.

Actualmente, se están invirtiendo en los países occidentales más avanzados ingentes sumas de dinero en fomentar el avance tecnológico y un porcentaje alto de esas sumas va a parar al campo de

las tecnologías de la información. Y, aunque me parece exagerada la afirmación de Reese de que se está pasando de una economía basada en la producción de bienes industriales a otra estructurada fundamentalmente en torno al tratamiento de la información (Reese, 1982), sí es cierto que la formalización avanzada de la información está configurando un sector de servicios con características tan específicas que se le empieza a denominar «sector cuaternario».

En el seminario «Reestructuración y saneamiento del sector público», celebrado en agosto de este año en la UIMP, el presidente de la Compañía Telefónica, Luis Solana, afirmó que en el año 2000 —se supone que en sus primeras décadas— el 60% de los trabajadores estarán ligados a la industria de las telecomunicaciones, de la informática y de la electrónica en el sentido de que las tecnologías que tienen como soporte a la información van a ser omnipresentes en toda la actividad económica y social de los países avanzados y no van a ser desconocidos en el resto del mundo.

Son indudablemente las innovaciones tecnológicas que tienen como componente a la información las que ocupan un lugar privilegiado no sólo en el reconocimiento social de sus actuales y futuras capacidades, sino que preocupan también en primer lugar a los gobiernos de los países avanzados y en vías de desarrollo. Y esto es así no sólo por su extendido y tentacular impacto social, sino también porque ya se ha hecho un largo camino de investigación y desarrollo, de forma que las mejoras acumuladas han consolidado un «progreso técnico» en el sentido que anteriormente se ha indicado.

En la Comunidad Europea, el Proyecto ESPRIT (European Strategic Program for Research and development in Information Technology) responde de forma programada y estructurada a los deseos de los países miembros de hacer avanzar en forma decidida las tecnologías de la información. Como dice Gilbert Caty, el ESPRIT es la apuesta que los europeos se hacen a sí mismos para demostrar que pueden unirse e inventar la sociedad de información que sostendrá al siglo XXI.

Lo que se ha hecho en materia de Informática, Robótica, Inteligencia Artificial y Diseño industrial automático no es más que la punta de una pirámide de ideas y realizaciones que constituirán el verdadero «cambio de estado global», que supondrá dentro de 25 ó 30 años la informatización de la sociedad y de sus realizaciones económicas y sociales.

La duración del proyecto ESPRIT se ha fijado en 10 años a partir de 1983, su financiación se ha establecido para el primer quinquenio en 1.500 millones de ecus y se desarrollará en régimen de cooperación industrial y estratégica entre los estados miembros. Los dominios en la TI (Tecnología de la Información) que van a ser desarrollados y los recursos en hombres/año (h/a) que han sido asignados para el primer quinquenio son los siguientes:

1. *Tratamiento avanzado de la información*, con 1.695 h/a, intenta el desarrollo de ordenadores vectoriales y cálculo en paralelo (vulgarmente '5.^a generación'), así como lograr avances pragmáticos en IA (Inteligencia Artificial).
2. *Microelectrónica avanzada*, con 1.670 h/a, ocupa el segundo lugar y pretende desarrollar microcircuitos que rompan con la línea actual basada en los chips integrados.
3. *Tecnología del software*, con 1.450 h/a, prestará una especial atención al desarrollo de software europeo de altas prestaciones.
4. *Ofimática*, con 1.440 h/a, que es una rama de la Informática que está teniendo un crecimiento espectacular y supondrá una auténtica revolución en la organización de los centros de secretariado y control burocrático.
5. *Producción industrial gestionada por ordenador*, con 944 h/a, que supone el desarrollo de la bisagra entre la Informática digital y la Robótica.

El proyecto ESPRIT tiene su correlato en las investigaciones que se desarrollan en USA y que de una manera parecida a la europea se están agrupando en proyectos cooperativos, tales como el MCC (Microelectronic Research Corporation), que reúne en trabajos

comunes a la mayor parte de las firmas del sector de la electrónica y la informática, excepto IBM.

Las universidades también han entrado en el juego cooperativo con el SRC (Semi-conductors Research Corporation), por ejemplo, que reúne a 32 centros superiores de docencia e investigación. Es interesante en este sentido el método llamado 'spinoff', que consiste en la generación de pequeñas empresas alrededor de un entorno universitario y que desarrollan industrialmente las ideas innovadoras salidas de sus laboratorios e institutos.

El dominio de investigación de las instituciones norteamericanas sigue teniendo un espectro amplísimo, pero hay una serie de proyectos que darán un nuevo aspecto a las TI. Uno de los proyectos más interesantes es el de la fábrica «computerizada» (¡valga el barbarismo!) que desarrolla IBM y que une las técnicas y desarrollos científicos de la Informática avanzada con los de la IA. El CIM (Computer Integrate Manufacturing), como se denomina este conjunto de proyectos, permitirá unir en una única red informatizada el conjunto de funciones de una empresa representadas por la gestión de fábrica (MM), el CAD (Computer Aided Design), el CAM (Computer Aided Manufacturing) y el CAE (Computer Aided Engineering). El objetivo final, aparte de producir menos caro, es dotar de la máxima flexibilidad a la oferta industrial ante demandas muy movedizas, que exigen pasar con rapidez de un tipo de producción a otro. El mercado de ordenadores para la producción de robots industriales y modelos integrados se espera que ocupe un lugar privilegiado en la próxima década en USA.

Otro dominio de investigación privilegiado es el de las Redes Integrales de Transmisión Integrada para la intercomunicación, tanto de puestos fijos de tratamiento y replicación de la información como de puestos móviles dotados con microordenadores. En el aspecto de las comunicaciones, el líder es ATT, que junto con IBM son los dos grandes de la investigación en TI.

Los ordenadores y productos informáticos para la defensa se

encuadran en el programa SDI (Strategic Defense Initiative) y constituyen en USA un centro de desarrollo muy importante de TI. En este campo se ha producido también una agrupación de fabricantes de semiconductores y de memorias principales y secundarias de amplio espectro en cuanto a capacidad y velocidad de respuesta, que se denomina SEMATECH; y que reúne firmas como Motorola, Intel, Texas Instruments, National Semi-conductors y otras menores y algunos utilizadores tales como Hewlett-Packard, Digital Equipment y parcialmente IBM. Su objetivo es producir memorias SRAM (de 16MB) y DRAM (de 64MB), que van a constituir la próxima generación de dispositivos de almacenamiento principal para pequeñas máquinas. Indudablemente, estas innovaciones serán extensivas en su momento a los ordenadores de uso digital.

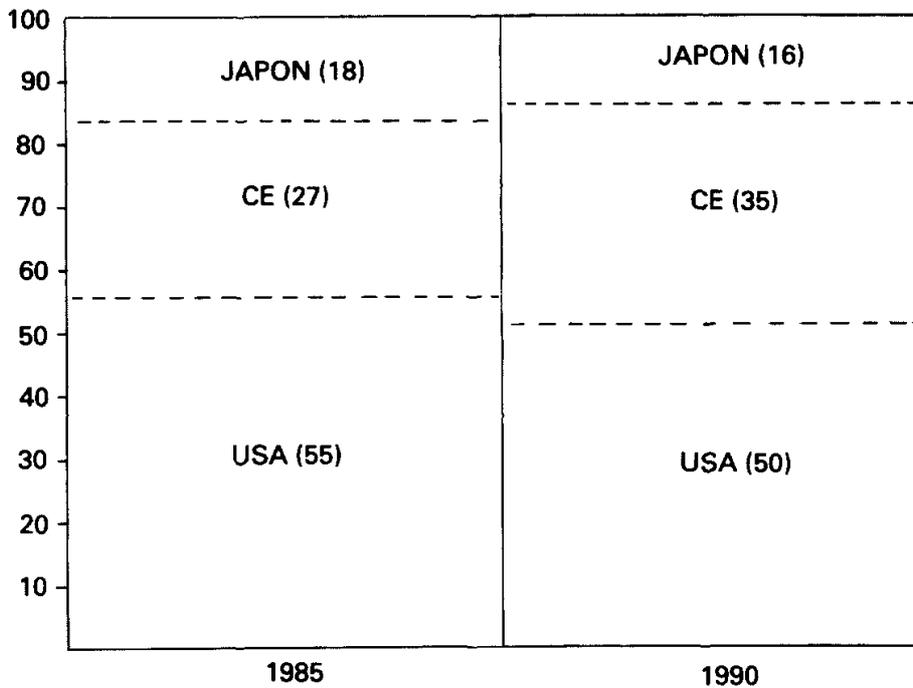
Japón es conocido por sus avances tecnológicos en el campo de la microelectrónica y por ser el más adelantado en el dominio de los grandes ordenadores vectoriales, del cálculo y algoritmia en paralelo y en algunas

aplicaciones de la IA. Curiosamente, en este último sector han adoptado como lenguaje declarativo el PROLOG, que es un producto europeo desarrollado por Colmerauer en la universidad de Marsella II y del cual hay versiones incluso para microordenadores (el TURBO PROLOG de Borland).

En ideas más avanzadas, Masuda habla del plan JACUDI (Japan Computer Usage Development Institute), que se ha concebido como un modelo holístico para la realización de la sociedad informacional en el Japón del año 2000. Destacaré como proyectos de este plan el Banco de Datos para la Administración, el proyecto de ordenación automática de una metrópolis y su conurbación, el sistema global para la prevención de la contaminación, el Centro de nuevo desarrollo del trabajo y un sistema de información gerencial para las PYME (Masuda, 1984).

En el gráfico n.º 1 se muestra la situación en 1985 del ratio de inversión en I + D en USA, Japón y CE —que se coloca como un tercer socio en la carrera de las NT—y cómo pueden estar en 1990.

Gráfico n.º 1. Inversión en I + D



Fuentes: AAAS, 1987 y Futuribles.

3. EL CATALOGO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Realizar un catálogo exhaustivo de las innovaciones tecnológicas que forman lo que se conoce como nuevas tecnologías es una tarea bastante complicada, no sólo por el gran número de inventos, descubrimientos y mejoras que continuamente se están anotando en la lista, sino también por el amplio espectro de dominios y sectores que son afectados. Además, se suelen incluir entre las nuevas tecnologías las mejoras aportadas a aparatos, máquinas y procedimientos que se han convertido en triviales y que se conocen y usan desde hace muchos años; tal como puede ser el caso de la televisión, el teléfono o incluso de los ordenadores que podemos llamar convencionales.

De una forma u otra, en el catálogo de las NT es preciso incluir no sólo los artefactos y dispositivos físicos, sino también sus procedimientos de uso y las construcciones de entornos para la interacción con ellos de los usuarios. En términos generales, hay que considerar los *materiales*, los *procedimientos lógicos* de uso y los *entornos*; o lo que es lo mismo, el 'hardware', el 'software' y el entorno en la terminología informática.

Dentro de la lista de las NT, las que tienen a la información como materia de obra de su trabajo son las que tienen un mayor relieve público y las que describiré con mayor dedicación. De las restantes daré una referencia que lógicamente no se pretende completa, habida cuenta que en una exploración realizada en 1982 por el gobierno francés aparecieron más de 400 proyectos sobre nuevas posibilidades tecnológicas.

3.1. Tecnologías relacionadas con la información (TI)

Me referiré en este apartado a las invenciones y mejoras relacionadas estrechamente con la Informática y sus derivaciones: Inteligencia Artificial, Robótica, etc.

Como es fácil observar, los avances que se prevén en tecnologías de la información están bien dotados y con facilidad se puede redactar un catálogo, si no exhaustivo, sí suficientemente representativo para poder calibrar cuál puede ser el impacto social de estas

innovaciones en los próximos 15 ó 20 años. De una manera resumida se puede hacer la siguiente lista.

3.1.1. *Transmisión de datos e información*

Nuevas formas de comunicación añadidas a las tradicionales, como son: telecopia, telefax (facsimil), telefacturación, videotexto, correo electrónico en texto gráfico, etc. Algunas de estas innovaciones ya son conocidas; el objetivo será vanalizar y extender su uso de forma que puedan cubrir un amplio espectro de usuarios y que pueda constituirse un entorno «amistoso» para su empleo.

En principio, todo el enorme flujo de información digital que genera y usa una sociedad moderna se hace circular a través de la red telefónica convencional, diseñada primariamente para la transmisión de señales analógicas, con lo cual se tiene la ventaja de poder utilizar una infraestructura de instalaciones muy desarrolladas y conocidas, pero con el inconveniente de la necesidad de conversión de señales analógicas en digitales —empleo de módems, interfaces y protocolos especiales—, lo cual supone, en general, baja fiabilidad, lentitud de conexión y reducida velocidad de transmisión.

El desarrollo tecnológico, que ya se ha iniciado y que ha sido expuesto en la sección anterior, va hacia el uso de la conmutación digital, del desarrollo de las redes digitales, de la mejora de las técnicas de codificación, de la reducción de redundancias y del aumento de la calidad de la multiplexación utilizando bandas anchas y muy anchas, de forma que sea posible la transmisión de señales que faciliten la composición de mensajes no sólo digitales (pattern binario), sino también gráficos de alta resolución.

Los proyectos indicados en la sección 2, así como la puesta en marcha definitiva de las redes Telenet, Redt, Euronet, etc., y los avances tecnológicos en el campo de la optoelectrónica van por ese camino.

3.1.2. *Tratamiento de datos e información*

En este campo, los avances irán por el cambio de la microinformática, las LAN

—o su sustitución por potentes redes abiertas de alcance medio— y, como ya se ha indicado por la investigación y diseño de los ordenadores vectoriales (la famosa «5ª generación», que si sigue así va a ser sobrepasada antes de nacer). Las mejoras de las periféricas de micros, minis y «mainframes» deben ser prioritarias si se quiere extender y consolidar el campo de la Ofimática, tal y como hemos visto que se propone en el proyecto ESPRIT.

En el mundo de la «lógica de utilización» —tecnología del software—, las innovaciones están yendo —y van a ir— por la mejora de los lenguajes, de forma que su sintaxis sea cada vez más razonable y mejor adaptada a la mentalidad natural, lo cual supone la tendencia a la adopción del lenguaje natural para dialogar con el ordenador.

Dentro de los lenguajes estructurados —tipo PASCAL, ADA o PROLOG—, poco más de lo ya realizado se puede hacer, como no sea la mejora de las prestaciones de las sentencias de relación con las periféricas del ordenador; éste es el verdadero «caballo de batalla» de cualquier tipo de lenguaje, puesto que emplea mucho tiempo de los programadores y se hace desesperante por su sintaxis abstrusa. Es en el entorno de los lenguajes de cuarta generación (los L4G), relacionados con la construcción u explotación de las «bases de datos», en donde los avances tienen que ser espectaculares. Estos avances, unidos al empleo del lenguaje natural y a las innovaciones en materia de base de datos, serán las formas lógicas y rentables de relacionar al usuario con los ordenadores.

En el terreno de los sistemas operativos, los UNIX, MS-DOS y OS2 han dado pasos de gigante en su desarrollo (alguno de ellos ha sido adoptado como standard por varios constructores europeos), pero aún queda un largo camino que recorrer para universalizar sus prestaciones, hacer más amistosa su interrelación con el usuario y normalizar su uso por fabricantes, técnicos de software y usuarios de todo tipo.

De todas formas, en las empresas y organizaciones gestionarias en general tiene que haber una sustitución gradual de los programas individualizados y específicos desarrollados por

programadores profesionales para aplicaciones puntuales a favor de productos normalizados y sistematizados de *software de aplicación* (paquetes o «user programs»). Todo esto debe ir acompañado de métodos de generación de *entornos* que favorezcan la interrelación de los usuarios con la parte visible del ordenador, que será un terminal, un micro o un puesto de trabajo más específico y sofisticado.

En relación a la creciente sustitución de programas individualizados por productos de software standard («user programs»), es necesario un *proceso de convergencia* entre el análisis profundo de las necesidades que el producto usuario quiere cubrir y la forma de resolverlo. Hay que adaptarse a la idiosincrasia del utilizador y a las demandas informacionales de la aplicación o, mejor, del dominio sistémico que se quiere cubrir: Finanzas, Marketing, Análisis de datos, Modelos económicos. Prospectiva, etc., así como el continuo cambio en la manera de plantear las soluciones por parte de los individuos, sistemas económicos empresariales. Administración y, en general, del entorno económico y social de la Informática. Esto es especialmente cierto y relevante en el sector servicios, cuya entropía y dispersión analítica es notablemente superior al sector secundario, que tiene unos procesos más deterministas y organizados.

Se trata, como podemos ver, de un efecto secundario —de un «coletazo»— que la renovación de las tecnologías del tratamiento de la información va a producir sobre los procedimientos de uso y sobre los entornos de los utilizadores de los ordenadores. La revolución del software va a marcar los próximos decenios más que la revolución técnica propiamente dicha.

3.1.3. Bancos de información

La extensión del almacenamiento de la información, su codificación y condensación digital binaria, así como la necesidad de su recuperación de una forma rápida, fiable y compleja (procedimientos de encadenamiento booleano, de grupos, de anillos en circuito, de unión de fuentes diversas, etc.), están induciendo el avance de

nuevas tecnologías de diseño de soportes y memorias, como los dispositivos DRAM indicados en la sección 2 ó los discos ópticos.

Los bancos de información y las bases de datos actuales y futuras necesitan aumentar tanto la capacidad como la compactibilidad de los medios de almacenamiento. Paralelamente habrá que desarrollar el software de *composición y recuperación de los datos, hoy detenido en los principios del álgebra relacional, que el propio CODD, en sus últimas teorías, está intentando superar.*

3.1.4. Periferia de los ordenadores

El desarrollo de un software adaptado a las formas de trabajo de los usuarios y generador de un entorno agradable y ergonómico está induciendo la aparición de dispositivos periféricos de entrada y salida de información con mejores prestaciones que los actuales; las impresoras láser son un ejemplo de ello. Esto es un efecto «feed-back» de la lógica de funcionamiento de los ordenadores sobre el material tecnológico.

Esta mejora de los elementos periféricos se basará tanto en las formas visuales como en los «hard-copy» y muy especialmente se reflejará en los avances, aún poco fructíferos, de los interfaces de recuperación de la información por medios acústicos y táctiles. La iconografía del «ratón» — pese a los reconocidos avances de XEROX y APPLE— es todavía una técnica primitiva que, estimulante al principio, acaba siendo pesada y, sobre todo, ampulosa para usuarios con experiencia.

3.1.5. La comunicación entre máquinas

Los avances que se están produciendo en la industria de las telecomunicaciones van a repercutir en el desarrollo de la Telemática, que es aquella parte de la Informática que se ocupa de las conexiones y comunicaciones entre ordenadores y dispositivos periféricos.

Ya se han visto en la sección 2 los proyectos de investigación en USA sobre grandes redes integradas, que en Europa tiene también su equivalente en

proyectos más modestos pero de indudable interés; por ejemplo, el proyecto RITA, desarrollado por Thomson-CSF.

En general, las innovaciones irán por la extensión en la utilización de coaxiales de fibra óptica y en la utilización de bandas anchas y muy anchas. Todo ello con vistas a la utilización de las bases de datos soportando grandes bancos de información.

En el mundo de las redes locales (LAN), los avances no parecen muy claros, puesto que las nuevas generaciones de microordenadores dan respuesta a la operativa multiusuario y multitarea con conexiones nativas y multiplexadas amparados por nuevos sistemas operativos de tipo OS2.

Los siete grandes grupos de aplicaciones que subyacen en las investigaciones son:

- las interrogaciones conversacionales y particionadas («Windows») de grandes bases de datos interrelacionadas;
- la copia de ficheros entre micros y ordenadores centrales;
- la transmisión de ficheros muy voluminosos entre grupos de ordenadores;
- la transmisión de ficheros gráficos entre ordenadores y micros;
- el control de los puntos nodales de concentración de la información en las grandes redes de transmisión;
- la replicación de la información y salvaguarda automática de los datos en los puntos de conmutación de mensajes;
- los servicios informáticos individualizados y domésticos: minitel, teletexto, videotexto, etc.

3.1.6. El mundo de la Inteligencia Artificial (IA)

Roger Schank, el representante más ilustre de la investigación y desarrollo de la IA, define la Inteligencia Artificial como el estudio de la naturaleza y de las estructuras y normas que rigen el comportamiento humano en todas sus actividades y su transmisión a una máquina informacional, sea un

ordenador convencional, sea otro artefacto más avanzado y sofisticado.

Desde hace catorce años, en que comenzaron las primeras investigaciones sobre la IA, las pocas realizaciones prácticas que han tenido lugar — especialmente en el campo de los «sistemas expertos»— se han montado sobre ordenadores grandes o muy grandes con diseños convencionales; es decir, con la misma arquitectura tecnológica que los que se emplean en el mundo de la gestión, del cálculo o de los bancos de datos.

El propio Schank, en una entrevista concedida al periódico «El País» (14-8-88), decía que la ciencia de la IA tiene dos objetivos principales: el primero es entender la naturaleza humana y el segundo elaborar la tecnología adecuada a los descubrimientos realizados en el primer campo. También reconoce que hay que ser paciente con los resultados prácticos de cierta envergadura, que aún tardarán en aparecer.

Por estas razones, una de las principales tendencias de la IA es dotarse con máquinas más complejas que los ordenadores convencionales actuales y, desde luego, con capacidades de almacenamiento de cálculo mucho más poderosas y rápidas que las de las máquinas de hoy.

Por estas razones, una de las principales tendencias de la IA es dotarse con máquinas más complejas que los ordenadores convencionales actuales y, desde luego, con capacidades de almacenamiento de cálculo mucho más poderosas y rápidas que las de las máquinas de hoy.

Junto a la línea de investigación tecnológica coexiste la que se sigue para mejorar o cambiar el software. Por ahora, las innovaciones han ido más hacia nuevos lenguajes, como PROLOG, o hacia la renovación de algunos antiguos, como LIPS. En ambos casos se trata de lenguajes *declarativos* y no procedurales, como los clásicos, que pretenden dejar abierta la opción de adaptación del ordenador hacia la solución de una familia de problemas.

Esos lenguajes, no obstante, son aún demasiado profesionales; exigen un cambio en el enfoque de los algoritmos, usan herramientas matemáticas no

convencionales y por ello originan en los programadores la tentación de expresar sus soluciones en forma procedural, como su se tratase de PASCAL o FORTRAN. También los desarrollos científicos deben ir por la línea de innovaciones potentes en el software para la IA, tanto en lenguajes como en sistemas operativos. Como dice Vitale, es necesario no romper la línea monótona y coherente de «estructura/función/lenguaje/programa», que da su fuerza al ordenador y, consiguientemente, a sus aplicaciones (Vitale, 1987).

No es fácil en el momento actual hacer un repertorio completo de los dominios de investigación de la IA, que, por otra parte, se comparten en algunos casos con las aplicaciones de la Informática convencional. Las investigaciones más desarrolladas se refieren al tratamiento de la imagen y a la síntesis visual, siendo en este campo la IA una adelantada de la Robótica; el reconocimiento y la síntesis vocal, y aquí también rozan el mundo de la Robótica; el razonamiento y la resolución de problemas con autoaprendizaje por parte de los autómatas; la comprensión del lenguaje natural y, finalmente, la traducción en contexto abierto.

3.2. Las aplicaciones de las TI

De todas las aplicaciones de las tecnologías de la información siguen siendo las estrellas principales *el cálculo científico* y *la gestión económica* de los entes privados o públicos. Estos dos dominios de actividad, especialmente el segundo, son los que más efectivos humanos y recursos técnicos y lógicos absorben; y los que más cifra de ventas producen a los fabricantes de ordenadores y de periferia.

En el caso de la gestión económica son conocidas y enormemente difundidas las prestaciones de la microinformática, que han dado lugar a una verdadera informática de usuario con programas tales como los procesadores de texto, los editores y compaginadores de textos y gráficos, las hojas de cálculo, las bases de datos de pequeño alcance, los gráficos empresariales y otras muchas aplicaciones que permiten importantes descentralizaciones, tanto de la actividad operativa como de la toma de decisiones

por parte de los elementos componentes de los entes de gestión económica.

En los últimos avances de la Informática, la Robótica y la Inteligencia Artificial, las aplicaciones de la gestión económica se han visto favorecidas por programas de gran rendimiento, alguno de los cuales espera todavía su desarrollo definitivo. Entre esos programas se encuentran: la ayuda a la decisión mediante modelos holísticos de la empresa y sus entornos, modelos completos de simulación, renovación de los juegos estratégicos de empresa, gestión completa de la producción y del diseño industrial, sistemas expertos de fiscalidad, selección de personal, finanzas y marketing, gráficas de visión global de la empresa, marketing telefónico automatizado, bancos de datos económicos interrelacionados y, en general, aplicaciones sistémicas que se apoyan en modelos complejos que reúnen a todas las variables que afectan al desarrollo de los entes de gestión y que intentan frenar su constante tendencia a la entropía por medio de un conocimiento profundo de las informaciones económicas y sociales propias o de su entorno.

Actualmente, el espectro de las aplicaciones informáticas se ha extendido considerablemente y el futuro se abre con perspectivas que sólo la ciencia-ficción es capaz por ahora de imaginar. Peaucelle, en su excelente libro sobre la moderna informática de gestión (Peaucelle, 1986), presenta un cuadro muy completo de las aplicaciones, que resumo:

- aplicaciones del cálculo científico a modelos de predicción meteorológica, control de niveles de contaminación, detección de yacimientos energéticos, etc.;
- aplicaciones de producción alrededor de los desarrollos de la Automática y de la Robótica;
- enseñanza y formación permanente;
- aplicaciones de IA como el reconocimiento formal, la traducción automática, descomposición analítica de información gráfica por satélite, vigilancia de industrias de alto riesgo y otras muchas;
- aplicaciones documentales especialmente sobre el amplísimo campo de la informática jurídica y política;
- aplicaciones artísticas tales como los análisis de tramas calculadas por ordenador y utilizadas por primera vez por Vasarely.

3.3. Las grandes tendencias en nuevas tecnologías

Michel Hors llama «hechos portadores de porvenir» a las innovaciones tecnológicas que están surgiendo y a las mejoras sobre tecnologías en uso (Hors, 1982). Y, realmente, es así como quiere verse esta nueva revolución económica y social, en la cual se confía para salvar la crisis en la que ahora estamos inmersos.

Muchas de esas innovaciones, avances y mejoras se consideran fuera del campo de las TI, aunque algunas de ellas no pueden separarse de la información; por ejemplo, las referentes a procesos económicos, biotecnología y otras. Pero, en cualquier caso, están fuera del mundo de los autómatas informacionales como objeto directo de investigación, aunque no de utilización.

La lista de las NT es larga y prolija, por eso citaré únicamente aquellas que más pueden afectar al modo de vida de las futuras generaciones y a sus comportamientos sociales.

1. En primer lugar, se sitúa el amplísimo arco de investigación de la llamada BIOTECNOLOGÍA, con sus experimentaciones en el campo de la ingeniería genética, el estudio de los códigos de transformación y herencia y los avances espectaculares en somatoclonación, de que habla el profesor Grande Covián en una reciente entrevista en la edición especial sabatina de «El País» (27-8-88) y sus aplicaciones a la mejora y generación masiva de productos agrícolas y ganaderos.
2. Un importante abanico de investigaciones se está realizando alrededor de la mejora de la calidad de vida y de la amortiguación a la agresión del modo de vida de los ciudadanos

- por parte del impacto industrial, especialmente en las grandes aglomeraciones urbanas; la mejora de la calidad del hábitat y de su automatización; la salvaguarda del entorno mediante sistemas de control automático y la gestión y mejora del espacio urbano se inscriben en este grupo de técnicas y aplicaciones científicas.
3. Hay una serie de tecnologías llamadas «dulces» que se aplican a la recuperación del suelo y de sus recursos, a la acuicultura, al sector agroalimentario y al aprovisionamiento energético no contaminante. En este dominio son notables los avances en el aprovechamiento de las aguas dulces, de las albuferas y de los litorales recogidos y a cubierto de fuertes alteraciones climáticas para la alimentación y reproducción controlada de peces, que permitan calidades excelentes de los productos y cantidades enormes de producción; el salmón y la trucha marina noruegas no son más que un pequeño ejemplo de lo que es posible hacer en este terreno.
 4. En economía se persigue la mejora de los métodos de análisis del valor, la mejora de la fiscalidad y la concepción de productos —bienes y servicios— que se adapten a las nuevas necesidades antes que buscar el abaratamiento de productos viejos con mejoras de su calidad.
 5. En el control de la salud y en Medicina, los avances van hacia los diagnósticos automáticos preventivos, hacia la introducción masiva de la microelectrónica y del láser en la instrumentación quirúrgica y hacia una renovación acelerada de los fármacos y productos químicos de uso quirúrgico y post-operatorio.
 6. Se están produciendo desarrollos notables en el dominio de la meteorología y en el control de variables físicas utilizando técnicas derivadas de la Informática: captores y sensores analógicos, instrumentación para realizar medidas físicas de alta precisión aplicables al estudio de los océanos, del espacio, de nuevas fuentes de energía, etc.
 7. Junto a los instrumentos de medida se desarrollan los de control y mejora de la productividad (robotización), de la calidad (cristalogénesis) y los cibernéticos.
 8. Desde el punto de vista social, aparte de la aparición de nuevos métodos para la medida de las actividades sociales, va a suponer una verdadera revolución la extensión del entorno usuario con prestaciones informáticas tales como las interrogaciones abiertas individuales; también en el entorno individual y doméstico será usual la utilización de terminales en libre-servicio para la recuperación de información sobre viajes, meteorología, vacaciones, hostelería, resultados de Bolsa, moneda extranjera, etc.
 9. En cuanto a la organización ciudadana son importantes los estudios sobre el control de tráfico, tanto desde el punto de vista de su organización urbana e interurbana como de la dotación de microordenadores de uso interno y de intercomunicación en los vehículos particulares y colectivos; en este sentido, se piensa, incluso, en una especie de 'dispatching' de tráfico.
 10. La fotónica es el nombre de un grupo de tecnologías que se basa en forma general en las aplicaciones del láser —y en el desarrollo de técnicas basadas en ese principio— a la medicina, química, control y calidad de medidas de variables físicas, microelectrónica, edición e impresión y representación gráfica.
 11. Finalmente, la búsqueda de nuevos materiales, por ejemplo la sustitución de los cristales de silicio por el arseniuro de galio en los componentes electrónicos de los ordenadores y de las máquinas informacionales en general, interesa no sólo a la industria electrónica, sino también a las de la construcción, carreteras, obras civiles, materiales de rodamiento, instrumentación científica, aislamientos térmicos, aeronáutica

y automovilismo. En general, los materiales evolucionan de forma que puedan cubrir las necesidades exigidas por las industrias más altamente tecnificadas y con mayor imaginación para la sustitución de materiales antiguos que pueden resultar más caros, de aprovisionamiento más difícil y sujetos a crisis agudas de producción.

4. EL IMPACTO SOCIAL DE LAS NT

Todo progreso técnico, en el sentido que le he dado en la sección 1, implica un *cambio social* que afecta a las relaciones entre los individuos que forman una comunidad determinada y casi siempre a un conjunto de comunidades interrelacionadas o ligadas por motivos de dominación de unas sobre otras.

Los cambios sociales pueden ser *profundos*, renovadores de todo el sistema de valores y normas de comportamiento de los individuos que la constituyen, o *suaves*, en los que la acción mutante de la ciencia y la tecnología va realizando alteraciones sencillas en un largo período de tiempo. Las alteraciones profundas, que son las que pueden producir desequilibrios y crisis en cadena dentro de todo el sistema social y económico, suelen ser puntuales e influyen en períodos de tiempo relativamente cortos, con efectos sucesivos, generalmente acumulativos.

Rocher define el cambio social como «toda transformación observable en el tiempo que afecta de una manera no provisional ni efímera a la estructura y al funcionamiento de la organización social de una colectividad dada y modifica el curso de su historia» (Rocher, 1968).

Las características más notables de un cambio social debido a alguna de las llamadas «revoluciones tecnológicas» son las siguientes:

- a) El cambio social es necesariamente un *fenómeno colectivo*, que debe implicar, por lo menos, a un segmento importante de la colectividad. Afecta especialmente a las condiciones y modos de vida de los individuos que la constituyen y en forma secundaria a su universo mental. Si el impacto tecnológico

es muy importante, ese «universo» puede verse brutalmente alterado en aquellas capas sociales cuyos parámetros intelectuales sean más débiles. Quisiera recordar aquí la manía de ciertos padres de comprar, sin encomendarse a Dios ni al diablo, ordenadores personales a sus hijos, para no dejarlos fuera de los circuitos de cierta perniciosa moda de informatizarse.

- b) Un cambio social implica un *cambio de estructura*, de forma que históricamente puedan señalarse modificaciones habidas en el fondo cultural del colectivo afectado.
- c) El cambio debe poder ser *identificado en el tiempo*, es decir, debe poseer un «invariante histórico» referencial. Por lo tanto, hay que apreciar los cambios en relación con un punto de referencia en el pasado (¡como todos los cambios, claro!). Es frecuente hablar en este caso de «revolución»; por ejemplo, la revolución industrial y más recientemente la revolución informática.
- d) Las transformaciones deben tener un carácter *permanente* y acumulativo, en la forma que se indicó en la sección 1.

De estos rasgos o caracteres definitorios de los que puede ser un cambio social debido al desarrollo e implantación de tecnologías debemos retener tres situaciones importantes.

La primera es la necesidad de destacar el hecho de la influencia del progreso técnico en el fondo cultural del colectivo al que va a afectar. Esto es tanto más importante en cuanto que el progreso puede ser grande y muy influyente. Tal es el caso de las NT, que de una manera general han quedado catalogadas en la sección anterior; especialmente las que he agrupado como TI. La información, al ser tan omnipresente y debido al hecho de ser la materia de obra portadora de conocimiento y provocadora de las alteraciones intelectuales, tanto en la mentalidad natural como en la artificial, está originando una revulsión en los modos de vida de los ciudadanos que hoy, al comienzo de lo que será la verdadera revolución tecnológica, ya ha producido un auténtico cambio cultural.

La segunda se refiere a la afectación del cambio social sobre el universo mental de la comunidad, lo cual implica una necesidad de educación «alfabetizante» para poder absorber las modificaciones y adaptar el nivel ocupacional a las nuevas formas económicas y sociales.

La tercera situación se refiere al hecho de cuál de estas nuevas tecnologías va a suponer un mayor impacto social. En mi opinión serán las tecnologías relacionadas con la información. Y la razón en que me apoyo es que de todas las catalogadas son las que tienen una mayor percepción social y las que, como ya se ha dicho, portan un mayor grado de conocimiento, de forma que suponen un verdadero salto cualitativo —a veces sin red— en la mutación social.

De todas las TI, hay algunas que ya han sido percibidas con bastante claridad —lo cual no quiere decir que estén siendo usadas con rendimiento social y raciocinio individual— incluso en su estado aún incipiente de desarrollo tecnológico; me refiero a la extensión de técnicas audiovisuales muy populares y ya inevitables, como el teléfono, la radio y la televisión. Las mejoras técnicas futuras no van a añadir mucho mayor porcentaje de percepción social del que ya tienen; únicamente facilitarán la manera de «engancharse» (en términos de drogadicción) a los nuevos medios físicos. Será posible entonces que se cumpla la profecía de McLuhan de que un hombre/mujer moderno/a preferirá que le corten una oreja antes que el teléfono, ¡o que le saquen un ojo antes de que le quiten todo su televisor!

Parece que el segundo grupo de tecnologías que se lleva la palma en percepción social es la Informática, en sus expresiones más convencionales. La Informática, en los últimos años, ha sido contemplada como una curiosidad universal, especialmente en los grandes centros urbanos y no sólo por la clase media burguesa, sino también por las capas trabajadoras, que cada vez están menos proletarizadas.

Lo malo es que esta percepción social no ha sido acompañada de una «culturización» adecuada y frecuentemente ni siquiera de una «alfabetización» adecuada y por ello, o bien se considera a la Informática como

panacea universal, o bien como fuente de todos los males presentes y futuros. Se ha creado, entre los llamados «ejecutivos medios» de las empresas y organismos gestionarlos, una clase de usuarios que manejan prestaciones simples del software de aplicación (hojas de cálculo, procesadores de texto, etc.) que consideran que emplear un Wordstar o un Lotus 1-2-3 es la última tendencia científica, casi al borde del premio Nobel; y cuya formación o «reciclaje» en el dominio informático se hace prácticamente imposible, por considerar que quitando ese pequeño «mundo» —en el sentido que Papert o Reggini dan a ese término— todo el resto son paparruchas intelectuales o «rollo» de universitarios asilvestrados.

Con esto, lo que quiero decir es que si grave es conducir automóviles sin conocer las normas de tráfico, ni los usos, restricciones y rendimientos de la ocupación de las vías de comunicación, más grave aún es utilizar tecnologías nuevas sin la adaptación cultural apropiada. Lo menos malo que puede ocurrir es que se desperdicie el 80% de las capacidades de las máquinas y de su lógica de utilización; lo peor es la escasa productividad obtenida de las nuevas tecnologías y la desconfianza que puede producirse hacia ellas. Hay otros males tales como el rechazo psicológico a la Informática en organizaciones grandes y pequeñas, que constituye una especie de epidemia, que los americanos, hace ya bastantes años, denominaron el síndrome de rechazo del trasplante informático.

El resto de las tecnologías se percibe mucho más difusamente por el cuerpo social, debido principalmente a que todavía están en vías de desarrollo y no se reflejará su uso hasta dentro de unos años; y también a que su impacto social es más indirecto que el de las tecnologías informacionales.

Los sociólogos, economistas, prospectivistas y teóricos de sistemas se preguntan cómo afectará el desarrollo avanzado de las nuevas tecnologías en la sociedad, ¿positiva o negativamente? De cualquier forma, parece inevitable que el cambio se produzca y que habrá que definir y estructurar una ciencia que sirva de enlace entre los saberes técnicos y los económicos, entre el progreso técnico y el social.

En esa ciencia hay que sustituir definitivamente los análisis evaluativos puntuales de problemas aislados e inconexos por un análisis sistemático de carácter holístico. La evaluación, control y regulación de las NT tiene como objetivo el estudio de las leyes que rigen los procesos de producción, desarrollo y difusión de las nuevas técnicas, entendidas como procesos de regulación social. La evaluación social pragmática, por otra parte, debe tener como tema la necesidad de atender también a otros intereses y criterios que los puramente económicos, y esto ya en el momento mismo de la producción de nuevas técnicas (Reese, 1982).

Hasta ahora se ha hablado de la necesidad de una especie de filtro o amortiguador para que la aparición y subsiguiente inserción de innovaciones con un alto poder de cambio económico y social puedan hacerse sin traumas y puedan así cumplir sus objetivos de mejora de las condiciones de vida de los ciudadanos. Si unimos lo dicho en la sección 1 y lo que estamos diciendo ahora, podemos construir un acotamiento 'ex-ante/ex-post' para la acomodación de las nuevas tecnologías; algo así como un análisis y preparación preoperatoria y una recuperación postoperatoria, sin una convalecencia demasiado larga y complicada.

Además de la acomodación de las NT al tejido social es preciso analizar las agresiones a los ciudadanos, tanto físicas como psicológicas, sociales y políticas (por ejemplo, un aumento de las desigualdades económicas entre clases o capas sociales).

En el caso de las TI, las agresiones más importantes son de carácter político, puesto que, siguiendo el aforismo de que quien controla la información dispone del poder, puede llevar a situaciones que concreten en realidad las ficciones de Orwell. La irrupción en la privacidad de los ciudadanos es una tentación que los gobiernos democráticos deben vencer—no a la manera de Oscar Wilde, cayendo en ellas— con poderosos actos de democracia y respeto a toda clase de libertades. El uso monopolístico de la información y la tergiversación de bancos de datos es también otra tentación que debe ser reprimida.

Los hospitales automatizados del futuro pueden crear un efecto desolador en los pacientes, que pueden

considerarse abandonados por sus semejantes, expuestos a averías de los mecanismos de regulación y control y sin el calor humano y comprensivo que estas instituciones deben tener.

La utilización de la ingeniería genética en la reproducción clínica, aunque no llegue al paroxismo del «Mundo feliz» husleyiano, o en la polémica generación de «servidores» androides (algo así como los «replicantes» de 'Blade runner') está ya presente en los contenciosos científicos del mundo de la investigación.

Por otra parte, las máquinas informacionales sustituyen al trabajo humano y pueden producir supresiones de tipos de trabajo y, consiguientemente, destrucción de empleos (Nora, 1978). Esas máquinas pueden generar introspección social al hacer más individualizado el trabajo y también un aumento de la movilidad profesional y social.

Aunque en instituciones supranacionales, normativas nacionales e incluso en algunas leyes constitucionales hay artículos y cauciones, más o menos tímidas, para paliar esas agresiones, debe quedar claro que en la ciencia mediadora entre la tecnología y su impacto social debe contemplarse el estudio, control y eliminación de aquello que resulte agresivo para el hombre. Las soluciones, aunque la situación parezca dramática, deben ser las mismas que las aplicadas a las armas nucleares o la guerra química.

No es lícito apretar el acelerador de las nuevas tecnologías sin tener bien pensado un plan global para su acomodación y control. Si en cualquier revolución tecnológica anterior esto también fue cierto, en la actual, con su enorme acumulación de invenciones y su tremendo impacto repercutido por todo un mundo cada vez más interrelacionado, debe ser un axioma de partida.

5. LA REVOLUCIÓN CULTURAL

A lo largo de la exposición he intentado dejar claros dos principios: *primero*, que la introducción de las nuevas tecnologías, especialmente de las TI, va a producir —está produciendo— una verdadera mutación cultural; *segundo*, que la única forma de hacer que esa mutación se produzca de una manera

ordenada y no traumática es crear un nuevo sistema educativo, que a su vez hará que las innovaciones tecnológicas sean rentables.

Unos problemas añadidos son el de la discontinuidad entre la aparición de las tecnologías y sus formas de empleo, la interrelación informacional entre los distintos países y el desigual desarrollo investigativo y productivo de nuevas técnicas. Lo cual puede llevar a formas de colonialismo inéditas hasta el presente, que, extendidas en colectivos «analfabetos» (o «neoanalfabetos»), pueden tener consecuencias cien veces peores que las de los colonialismos clásicos.

En el plano individual y empresarial, el dominio del conocimiento técnico puede conferir a sus detentadores un margen variable de poder. Ahora ya hay una cierta «arrogancia» informática en las organizaciones muy automatizadas y una cierta convulsión crítica en las relaciones entre usuarios y profesionales informáticos.

Con las desigualdades culturales y de formación existentes entre individuos, colectivos y países, la Informática, hoy, y el resto de la TI, en un futuro próximo, lanzan productos a un mercado no preparado; productos que se solapan los unos a los otros y que obligan a continuos procesos de aprendizaje en tiempos muy cortos. Esto produce un doble efecto:

- el desconcierto del usuario, que considera una pérdida de tiempo su aprendizaje y se basta con cuatro normas;
- el salto de una herramienta a otra sin cesar, la búsqueda de lo último y más sofisticado y, finalmente, la nada;

La solución a estos problemas e inadaptaciones sólo puede estar en una sólida educación de partida sobre lo que son y qué alcances tienen las nuevas tecnologías, los límites de su uso, la manera de crear un entorno rentable ('performante') con los puntos de contacto usuario-ordenador bien definidos; y también en un continuo reciclaje o formación permanente, dada la falta de estabilidad de las innovaciones.

Todo esto es, indudablemente, costoso

y más aún si la educación se extiende al arco total de las NT, pero más costosa socialmente será la futura falta de rendimiento, los trenes definitivamente perdidos y la situación de dependencia económica e investigadora de las colectividades que no aborden en plazos adecuados la mutación cultural.

Concretamente, en Euskadi no se puede pensar en una «resurrección» industrial basada en las NT, a palo seco. Es decir, hay que asociar estrechamente el futuro económico con los esfuerzos primarios que se están haciendo en la educación básica no universitaria para la potenciación de enseñanzas de cierta tecnología de la información, en los planos de reciclaje y formación permanente tipo IMI y TEKEL y en los futuros esfuerzos que habrá que realizar para mantener todo actualizado y para extender la formación a los niveles universitarios.

Sería una ensoñación aplicar en este país modelos propios de los «países industriales emergentes», como Corea, Taiwan o Singapur, puesto que ni las circunstancias culturales son las mismas, ni el nivel de conquistas sociales de las clases trabajadoras se aparecen, ni hay cerca un Japón dispuesto a amparar el proceso y a transferir 'know-how', ni conocimiento de la ingeniería referente a las NT. Se puede parafrasear a Marx contraponiendo «Ingeniería del Conocimiento y conocimiento de la Ingeniería», en un momento en que la tentación de lo primero no debe hacernos olvidar que la necesaria mutación cultural exige poderosas dosis de lo segundo.

La formación adecuada de las generaciones que tengan que utilizar los productos de las NT no sólo tendrá que referirse a la forma de emplear los ordenadores y cualquier otro tipo de máquinas, sino que deberá estudiar los cambios sociológicos, económicos y físicos que esas innovaciones van a producir. Por eso hay que hablar de **MUTACIÓN CULTURAL**.

Por ejemplo, la sustitución paulatina de los lenguajes artificiales por el lenguaje natural —o por formas refinadas de aquéllos que se aproximen estrechamente a éste—, en inglés o en cualquier otro idioma propio del usuario, va a producir los siguientes efectos:

- a) En primer lugar, se va a originar en poco tiempo una industria del software para desarrollar lenguajes algorítmicos de carácter natural mucho más avanzados que los L4G y que sustituirán a los FORTRAN, COBOL, BASIC, APL, LISP, etc.; incluso, el PROLOG, que es un intento muy interesante, pero no acabado, de lenguaje declarativo. Todos los sistemas educativos tendrán que adaptarse al aprendizaje de esos lenguajes naturales, como si se tratara de una alfabetización primaria.
- b) En segundo lugar, la *mutación cultural* se producirá de la mano de la introducción de métodos lingüísticos que enseñen a usar con corrección y precisión el lenguaje natural, de forma que puedan prepararse y programarse las estructuras algorítmicas que directamente instruyan al autómatas.
- c) La tendencia a la especialización debida a la introducción de las nuevas tecnologías y a la «introspección social» que conlleva el trabajo automatizado —el aumento del trabajo domiciliario, por ejemplo— debe ser compensada con una generalización de conocimientos de amplio espectro que generen en los individuos un mayor nivel cultural, que permitan mejorar sus interrelaciones sociales y su mejor adaptación a una sociedad con amplios tiempos de ocio. Hay que tener en cuenta, como efecto secundario, que las movi­lidades profesionales y los continuos cambios de actividad que se van a producir exigirán conocimientos de idiomas y de las costumbres de otros colectivos con los cuales hay que convivir por motivos económicos y ocupacionales.

Teniendo en cuenta esos efectos, la formación de los ciudadanos debe cubrir tres frentes.

En primer lugar, la enseñanza de los principios de funcionamiento de las innovaciones técnicas de las NT en los niveles de educación básica y universitaria, puesto que, como ya se ha dicho, un porcentaje muy alto de individuos trabajarán con productos y máquinas de esas tecnologías; al menos de las relacionadas con la información.

Asimismo, otro porcentaje importante irá a desempeñar su trabajo en empresas directamente dedicadas a fabricar esas máquinas y productos.

En este aspecto, las etapas de formación en el dominio de la computación, de la informática y de la IA podrían ser las siguientes (de acuerdo con las ideas que se desprenden de la lectura de ponencias y comunicaciones de congresos y seminarios especializados en Educación y NT):

- a) Alfabetización informática (computer literacy): primeras etapas de la educación básica, programas tipo IMI, Cámaras de Comercio, centro de formación permanente y otros similares.
- b) Sociedad informacional: conocimiento y uso de las herramientas, agresiones de la NT, instrumentos conceptuales básicos de la IA (lógica formal, heurística, etc.) en BUP, COL, FP (o sus equivalentes).
- c) Formación del entorno usuario: facultades no informáticas (Económicas, Medicina, Sociología, Lingüística, Historia, Derecho, etc.).
- d) Profesión informática y de la IA: facultades y escuelas de Informática.
- e) Desarrollo de la ciencia(s): facultades de Informática, de Matemáticas, escuelas de Ingeniería, de Ciencias, etc.
- f) Prospectiva tecnológica: institutos de desarrollo e investigación, institutos de software, laboratorios de desarrollo de IA, laboratorios de Robótica, etc.

En este primer grupo formativo, que, como puede verse, se fija fundamentalmente en las TI, se da por supuesto que el uso de las herramientas informáticas de apoyo a las asignaturas del «currículum» es una necesidad absoluta en la mayoría de los centros de enseñanza (Rincón, 1984). En este sentido, el Gobierno Vasco está realizando una política muy bien definida, cuyos frutos se verán en pocos años.

Para el profesor Sáez Vacas, la formación informática en la educación general no debería incluir únicamente temas de utilidad para futuros profesionales de la tecnología de la

información. Debería ser una parte de la educación básica de cualquier ciudadano y tendría que considerar temas relevantes para toda persona inmersa en una sociedad informacional. Por ejemplo, concepto, calidad y características de la información y de sus sistemas de flujo y desarrollo; posibilidades de los sistemas de recuperación de bases de datos, especialmente de las documentales; extensión y uso de las aplicaciones; impacto social de las nuevas tecnologías e impacto en las formas culturales de cada comunidad.

El segundo frente es la formación permanente para aquellas personas que lleguen tarde con sus estudios a los conocimientos sobre tecnologías nuevas que se desarrollaron después de que ellas se incorporaran al mundo del trabajo o para recuperar los niveles de conocimiento producidos por las mejoras de las tecnologías en uso.

Los cursos de tipo IMI, los reciclajes, los cursos de extensión universitaria y los institutos de formación permanente de las universidades pueden cubrir esta fase. Las instituciones tipo «open university» pueden jugar un excelente papel dada su versatilidad y la facilidad de acceso por parte de los alumnos.

El tercer frente es la reeducación de los ciudadanos tal y como se lo plantea el proyecto JACUDI, que se indica en la sección 2. Citemos a Masuda: «El consejo y la orientación permitirán que cada individuo sea guiado hacia la planificación y desarrollo de sus propias facultades, abriendo así camino hacia un empleo futuro. La educación y el entrenamiento llevarían a cada uno a aumentar sus propias actividades sociales y se trataría de introducir a personas de cierta edad en nuevos empleos» (Masuda, 1984).

Esta fase es complementaria de la anterior, que se puede decir que se dirige a personas más tecnificadas. Ambos frentes de intervención son muy importantes en los países de la CE y son vitales en el nuestro.

Una de las salidas de la actual crisis económica, tal y como se lo plantea, por ejemplo, la CE con el programa ESPRIT, es la inversión en el desarrollo de

nuevas tecnologías y la aplicación industrial y comercial de sus resultados. El principal problema, desde el punto de vista ocupacional, reside en que durante el primer periodo, que podemos llamar de «lanzamiento» (recordemos que ESPRIT lo fija en 1992), el nivel ocupacional no aumenta; por el contrario, debido al desfase entre Europa y sus otros dos grandes competidores, ese nivel tiende incluso a descender, a causa, fundamentalmente, de los rendimientos crecientes de las máquinas modernas y al efecto 'feed-back' de su aplicación. En el gráfico n.º 2 puede verse esa tendencia.

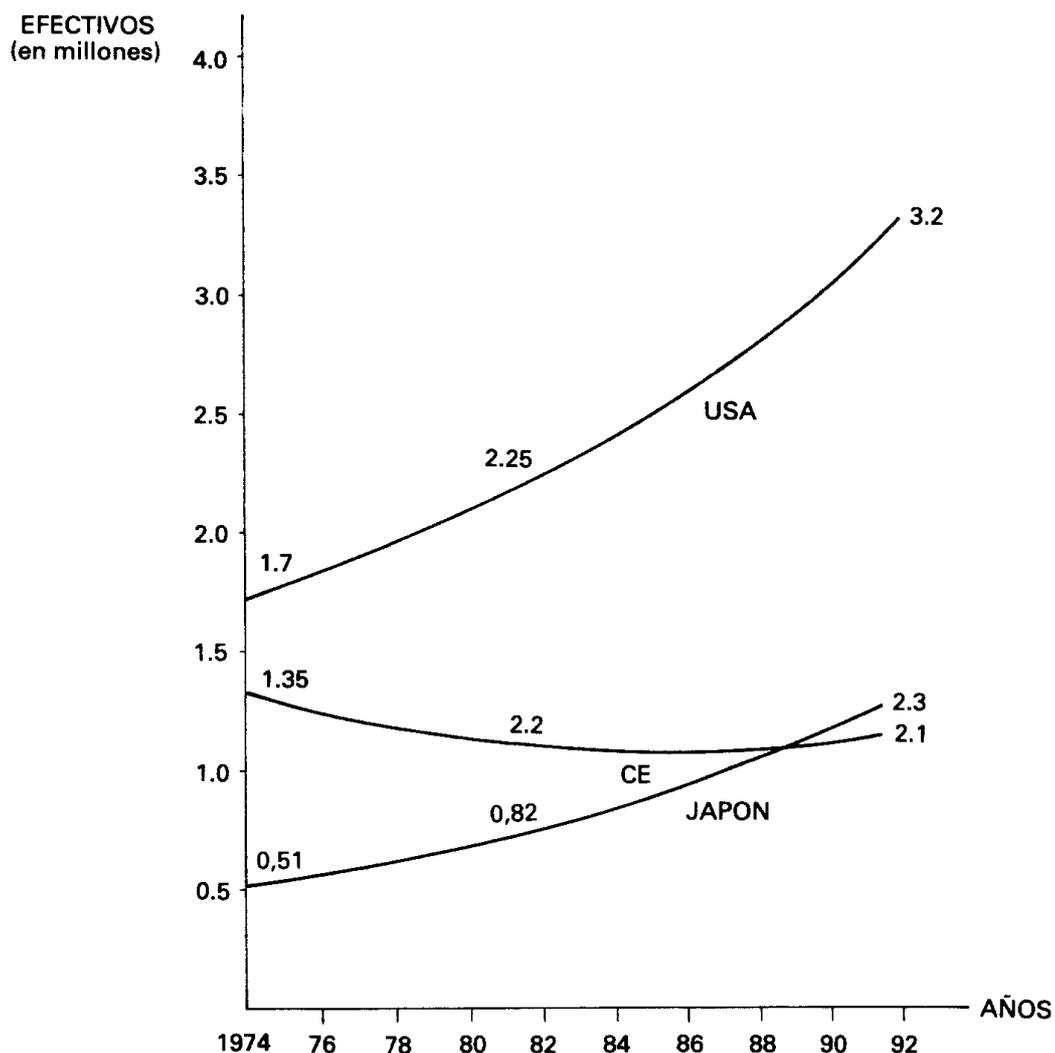
Esto quiere decir que la «revolución» tecnológica —al menos en las TI— ya ha empezado y hay pérdidas de empleo. Únicamente, cuando se llegue al disponer de un paquete de proyectos NT adecuado y rentable y cuando se hayan obtenido logros importantes en materia de educación y culturización, es decir, en los alrededores del «famoso» 1992, la curva cambiará de sentido y el aumento del nivel ocupacional se notará no sólo en el sector NT, sino en todos los influidos por él, especialmente en los servicios y en la industria automatizada.

En ese momento, el sistema educativo tiene que estar suficientemente adaptado a la mutación económica, social y cultural, de forma que los rendimientos y potencialidades de las NT no sean baldías.

Como conclusión final, pienso que sería de un gran interés hacer desde las instituciones del País Vasco un catálogo prospectivo de los sucesos industriales, sociales y económicos en general capaces de generar la necesidad de cambios en las tecnologías y formas de vida similar al que ya en 1981 hizo el ministerio francés de Investigación y Tecnología.

De esta forma, sondeando a grandes grupos económicos, a una muestra representativa de las PYME, a Cámaras de Comercio, grupos de investigación colectiva y Universidad se podría trazar un mapa de posibles proyectos, algunos de los cuales podrían ser propios y característicos de Euskadi; y de esa forma conocer lo que se está haciendo, lo que se proyecta, lo que se desea y lo

Gráfico n.º 2. Tendencia del empleo en la industria de las NT



Fuente: McIntosh International y Futuribles.

que se puede potenciar con vistas a plantear salidas a la crisis. Asimismo, podría obtenerse un panorama de las necesidades de cambios en el sistema educativo. Sería también el germen de un servicio de información estadística similar al que se hace en otros países.

De cualquier forma, siempre habrá que tener en cuenta que el cambio tecnológico que se avecina exige un alto grado de relación y trabajo en común con otras colectividades y la formación de equipos de especialistas de diversas ramas científicas.

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS (1987): *R & D in FY 1986: out look for the next 4 years*. American Association for the advancement of the science. Washington.
- BALLE, C. (1976): *Informatique et organisations: un étude du changement dans l'entreprise (rapport interne)*. Centre de Sociologie des Organisations. Paris.
- BOURDON, R. (1979): *La logique du social*, Hachette. Paris.
- CORREAS, J. M. (1984): *¿Hacia una educación más humana de las nuevas generaciones?*. Papeles de Buitrago. Madrid.
- DEHOX, D., y GRAFMEYER, y (1982): *Progrés technique et changement sociale*, Hatier. Paris.
- DERIAN, J. C. (1987): *La haute tecchmologie americaine: ressorts et stratégies*, Futuribles (n.º 7-8-87). Paris.
- HORS, M. (1982): *Technologie: les faits porteurs d'avenir*, Futuribles (n.º 3-83). Paris.
- JOYCE, P., y WOODS, A.Ä(1983): *A survey of industrial relations problems*, Bussiness Education (n.º4-1). Bradford (UK).
- KLEIJEN, J. P. (1980): *Computers and profits*, Addison Wesley. Londres.
- LERROI-GOURHAM, A. (1973): *Milieu et techniques*, Albin Michel. Paris.
- MAESTRE, P. (1984): *Proyecto Atenea*, Papeles de Buitrago. Madrid.
- MARCHINGTON, M. (1982): *Managing industrial relations*, McGraw Hill. Nueva York.
- MASUDA, Y (1984): *La sociedad informatizada como sociedad postindustrial*, Tecnos. Madrid.
- MATTELART, A. (1983): *L'ordinateur et le Tiers Monde*, Maspero. Paris.
- NORA, S., y MINC, A. (1978): *L'Informatisation de la societ , La Documentation Frangaise*. Paris.
- O'SHEA, T. O., y SELF, H. (1983): *Learning and teaching with computers*, Harvester. Brighton.
- PEAUCELLE, J. L. (1986): *Informatique pour gestionnaires*, Vuibert. Paris.
- REESE, J., et alt. (1982): *El impacto social de las modernas tecnologías de la información*, Tecnos. Madrid.
- RIOUX, J. P. (1971): *La révolution industrielle*, Seuil. Paris.
- RINCÓN, J. M. (1984): *Interrelaciones entre la informática en la Universidad y la informática en los niveles no universitarios*, ICE de la UPV/EHU. Bilbao.
- ROCHER, G. (1968): *Introduction   la sociologie générale*, Hourtoise. Montreal.
- SAEZ VACAS, F. (1984): *Pautas para la enseñanza de la Informática en los niveles no universitarios*. Papeles de Buitrago. Madrid.
- SAUVY, A. (1980): *La machine et le chomage*, Dunod. Paris.
- TAYLOR, R. T. (1980): *The computer in the school: tutor, tool, tutee*, Teacher College Press. Nueva York.
- VALEE, J., et alt. (1976): *Group Communications through computers*, Institute for the Future. Menlo Park. Cal.
- VITALE, B. (1987): *Computers and education: main themes and a guide for the literature*, II Congreso Mundial Vasco. Bilbao.
- WEIZEMBAUM, J. W. (1976): *Computer power and human reason*, Freeman. San Francisco.

