

# Tecnologías de la Información: Reflexiones sobre el Impacto Social y Humanístico

SEBASTIÁN DORMIDO BENCOMO

*Dpto. de Informática y Automática Facultad de Ciencias, UNED*

## 1. EL CAMBIO TECNOLÓGICO

La Revolución Industrial provocó una furiosa expansión de las capacidades productivas de la humanidad, marcando el comienzo de la era moderna. Ahora, doscientos años después, avanza una nueva revolución que promete intensificar profundamente no sólo la capacidad productiva sino también la potencialidad de la mente humana.

Las nuevas tecnologías de la información están relevando de una forma inexorable a las industrias pesadas y manufactureras como el soporte principal de las economías más desarrolladas del mundo. Pero, a diferencia de la Revolución Industrial, que dependía de recursos finitos, como el petróleo y el hierro, la «revolución de la informática» avivará el suministro inagotable del conocimiento mismo. En todos los países industrializados, y en particular en Estados Unidos, Japón y la CEE, existe una onda de opinión dominante que está penetrando en la sociedad en general. Su característica fundamental es que la materia y la energía pasan a un segundo lugar y la información y el conocimiento se convierten en el nuevo objeto formal de la ciencia y la tecnología, hasta tal punto que economía, cultura y bienestar social dependen cada vez más del nivel alcanzado en el campo de las llamadas altas tecnologías de la información.

Lo distintivo de esta situación es que ahora el conocimiento y los procesos cognitivos (percepción, decisión, planificación, razonamiento, lenguaje y acción) se representan, analizan y sintetizan de la misma forma que se hacía con la materia y la energía en la etapa anterior -aún coexistente-. No hay que perder de vista que el conocimiento computacional se elabora, distribuye y vende como cualquier otro producto, con la diferencia del enorme valor añadido en este caso.

Como muy bien señala Castells, «lo que caracteriza a las nuevas tecnologías es su interdependencia, el hecho de que constituyan un sistema, en el que los avances de cada campo facilitan el progreso en otras áreas de innovación tecnológica sobre la base de la comunicabilidad de la información obtenida y a su traducción en el código específico de cada campo por medio de computadores telecomunicados entre sí».

Sin ánimo de exhaustividad, se analiza a continuación las tecnologías de la información que en nuestra opinión forma el núcleo básico del sistema a que alude Castells. La presentación se hace desde una cierta perspectiva histórica y poniendo el énfasis en su impacto sobre la sociedad actual. En gran parte son reflexiones personales y por lo tanto realizadas sin ningún tipo de dogmatismo que sólo pretenden poner de manifiesto algunos aspectos del problema.

## **2. LA REVOLUCIÓN INFORMÁTICA**

La informática es la ciencia que estudia el tratamiento y almacenamiento de información, utilizando computadores. Es difícil concebir cualquier aspecto de nuestra sociedad, y por tanto de nuestra propia vida, que no se vea de alguna forma afectada por la aparición de los computadores.

Resulta innegable la enorme influencia que los computadores están teniendo en la sociedad de nuestros días. Como muy bien dice el profesor Z. W. Pilyshyn de la Universidad de Stanford, en una época de revolución científica y tecnológica como la nuestra, los cambios rápidos han llegado a asumirse como una condición de la vida misma y esto lleva consigo el que empiece a predominar cierta actitud de apatía hacia la magnitud y proporción del cambio de algunos de nuestros valores fundamentales. La humanidad está perdiendo en gran medida su capacidad de asombro.

Si hiciéramos una lista de las experiencias relacionadas con el computador en las que hemos participado, probablemente quedaríamos asombrados. Los

computadores se usan para preparar las nóminas de las empresas, realizar las reservas de billetes para viajar en avión o tren, mantener actualizadas las cuentas bancarias y llevar un control minucioso de los impuestos sobre la renta. La enseñanza asistida por computador incide en nuestra forma de aprender. La planificación económica de un país sería imposible hoy sin el uso de los computadores. La conmutación de llamadas telefónicas, cuando las líneas están cargadas, es responsabilidad de un computador. Los hospitales y servicios médicos utilizan los computadores para analizar sangre, preparar historias clínicas y hasta proteger nuestras vidas, como elemento indispensable en las unidades de vigilancia intensiva. La llegada del hombre a la luna hubiera sido un sueño quimérico sin la aportación decisiva de los computadores. Estos pocos ejemplos ponen de manifiesto la enorme influencia que estas máquinas están teniendo en la sociedad de nuestros días.

Desde un punto de vista pragmático, el computador se ha incorporado plenamente a la sociedad, produciendo una nueva revolución que denominamos la “revolución informática”, con implicaciones que, no por menos explícitas, son menos profundas. El computador se ha convertido en el ejecutor de tareas rutinarias intelectuales, como la máquina de vapor lo fue respecto de las mecánicas. El hombre se ve cada vez más liberado de los procesos no creativos por esta prótesis intelectual que es el computador.

## **2.1 Algunas consideraciones históricas sobre los computadores**

Cuando H. Aiken y sus colaboradores construyeron en 1944 el primer computador digital americano (el Mark IV en la Universidad de Harvard) lo hicieron con miles de tubos de vacío. Esto requería un dispositivo que ocupaba unos 1500 cm<sup>3</sup> y consumía 10 vatios para almacenar un solo bit de información. Si se piensa en el calor emitido por cientos de bombillas de 100 vatios, se puede ver que el mantener fría la máquina era un problema muy importante. Y sin embargo, se trataba de una máquina con muy poca potencia de cálculo comparada con las de hoy día. Como consecuencia de esta situación, quienes hacían predicciones sobre el futuro de los computadores a principio de los años 50, imaginaban un futuro en el que para resolver los problemas de la humanidad se utilizarían computadores gigantes del tamaño de un gran rascacielos, que necesitarían un flujo de agua igual al de las cataratas del Niágara para mantenerse fríos. Esta predicción sobre su tamaño era errónea: las actuales son realmente mucho más pequeñas y más fáciles de enfriar; la razón de esto es el paso de los tubos de vacío a los transistores y a los circuitos integrados.

En los primeros años 60, el tubo de vacío había sido sustituido por un pequeño circuito biestable transistorizado que podía hacer el mismo trabajo consumiendo sólo medio vatio. Los transistores no sólo son más pequeños y utilizan la energía más eficazmente que los tubos de vacío, sino que además son más baratos y más fáciles de producir en masa. La transición a los circuitos integrados (microelectrónica) produjo otro avance considerable. En lugar de utilizar transistores fabricados aisladamente y cablearlos entre sí para formar un circuito, llegó a ser posible grabar todos los componentes y todas las conexiones necesarias para construir el circuito en una sola pastilla de silicio, usando técnicas fotográficas. De repente, los circuitos necesarios para almacenar un bit de información se redujeron a menos de 200 mm<sup>3</sup>. Un circuito integrado de los primeros años 60 se podía imprimir con unos 20 componentes. A partir de entonces hemos asistido a un refinamiento rapidísimo de estos circuitos integrados; así, en 1974 contenían más de 20.000 y en la actualidad superan los 64 millones de componentes.

Gordon Moore, cofundador de la empresa norteamericana Intel, de circuitos integrados, ha considerado la velocidad con que se ha efectuado el crecimiento en la complejidad de los circuitos integrados, entendida como número de componentes soportados por aquéllos. Apunta que, partiendo del transistor planar en 1959, dicha complejidad, en promedio, se ha doblado por año. Por tanto, en este momento aparecen como razonables las predicciones de las casas fabricantes de circuitos integrados de que para antes de final de siglo la tecnología habrá evolucionado lo suficiente como para que sea posible disponer, en un solo circuito integrado, de un procesador con longitud de palabra de 128 bits, y una memoria de 500 millones de bits.

La década de los 70 marca un hito importante: la aparición del microprocesador del que se puede decir que está invadiendo de una forma vertiginosa todo el entorno de nuestra vida cotidiana. No obstante, la reducción impresionante del coste de los circuitos de cálculo no implica, lamentablemente, que un sistema completo llegue a ser muy barato, aunque sí que será razonable añadir potencia de cálculo a máquinas y dispositivos que no la tenían antes. Cuando se compra un computador, el coste real de construcción del sistema sólo representa, aproximadamente, la cuarta parte del precio de venta. Las tres cuartas partes restantes corresponden a los estudios de mercado, desarrollo del software, la investigación y los beneficios. De esta cuarta parte del coste total, el procesador cuesta generalmente alrededor de la tercera parte y el resto corresponde a la

memoria y a los dispositivos de entrada y salida. Finalmente, la electrónica real de la unidad central de proceso puede suponer menos de la tercera parte de su coste total. Dicho de otra forma, en los sistemas actuales, la electrónica de la unidad central de proceso cuesta un tercio de un tercio de un cuarto (aproximadamente el 3 por 100) de los costes totales.

Vemos, pues, que el gran impacto de la microelectrónica no consistirá tanto en reducir el coste de los computadores -del tipo de los que existen actualmente-, como en abrir nuevas posibilidades de utilización de la potencia de cálculo. Cuando la multinacional IBM presentó sus primeros computadores comerciales en 1952, un cuidadoso análisis de mercado indicó que con 25 máquinas de aquel tipo se podía satisfacer la demanda durante muchos años, ya que eran pocas las empresas u organismos estatales que utilizaban grandes equipos de operadores de máquinas sumadoras.

Consideremos una de las razones del enorme aumento producido en el uso de los computadores. Cuando se pudo disponer de éstos, el sólo hecho de que una empresa no tuviera que llenar una sala con personas contratadas para utilizar máquinas sumadoras significó que muchos trabajos de tratamiento de la información llegaron a ser factibles de repente.

## **2.2 ¿Por qué se utilizan los computadores?**

Básicamente, un computador es una máquina para procesar datos. Quizás la pregunta que muchos se estén formulando es ésta: ¿por qué el hombre utiliza máquinas? La respuesta es muy sencilla: esencialmente porque las máquinas simplifican el trabajo. Veamos un ejemplo. El ser humano está perfectamente capacitado para realizar los cimientos de una casa de forma manual utilizando una pala; sin embargo, la forma usual de hacerlo hoy día es mediante una pala mecánica. ¿Por qué?. Simplemente porque es más fácil y mucho menos costoso usar la máquina. Pues bien, los computadores se utilizan para procesar datos exactamente por la misma razón.

¿Quiere significar esto que necesariamente todo el procesamiento de datos tiene que ser efectuado por un computador?. Por supuesto que no. ¿Alquilaríamos una pala mecánica para hacer un hoyo en el que plantar un pequeño árbol? Hay ocasiones en las que el trabajo manual es mejor que el mecanizado y esta misma regla se mantiene también en el procesamiento de datos. Es obvio en nuestro ejemplo que el agujero necesitado para los cimientos de una

casa es significativamente diferente del requerido para plantar un pequeño árbol. La cuestión está dónde fijamos la frontera de cuándo la utilización de la máquina se hace ventajosa para nuestros objetivos. Quizás la mejor forma de conseguir una comprensión de exactamente cómo delimitar en un problema dado la línea de separación entre la solución manual y la solución automatizada es mediante un ejemplo. Consideremos una actividad muy común en el procesamiento de datos: el pago de la nómina a los empleados de una empresa. Los pasos que seguir para pagar a un empleado serían:

- a) Encontrar el número de horas trabajadas por el empleado en cuestión durante el mes
- b) Multiplicar las horas trabajadas por el empleado por el salario convenido por hora de trabajo, lo que nos da el sueldo neto o bruto
- c) Añadir los complementos y ayuda familiar si hubiese lugar a ello
- d) Determinar las deducciones: impuestos sobre el rendimiento del trabajo personal, tasas de la Seguridad Social, mutualidades, derechos pasivos, etc
- e) Restar las deducciones, lo que nos da el sueldo líquido
- f) Preparar un cheque.

Esta misma secuencia de pasos se debe repetir para cada empleado. Obviamente esto nos sitúa en este caso en la solución del problema: utilizar una solución automatizada o no dependerá del número de empleados a los que haya que preparar una nómina. Así, pues, el computador puede suministrar una solución a nuestro problema, siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- 1) Podemos describir las tareas a realizar mediante una secuencia perfectamente definida de acciones elementales
- 2) Esta misma tarea se debe repetir muchas veces

Ambas características de pasos bien definidos y repetidos muchas veces están presentes en la gran mayoría de las aplicaciones comerciales de los computadores. Esta es la motivación fundamental que existe detrás de todas las posibles formas de «automatización»: si la utilización de la máquina es más barata que la del ser humano, la máquina será utilizada. En otras palabras, los computadores se utilizan por razones económicas, ya que nos permiten manejar ciertas funciones a un coste inferior que el que sería posible sin su utilización.

¿Pero únicamente por esto -con ser muy importante utilizamos los computadores?

Hay algo más: también nos permiten realizar tareas que, sin su concurso, sería imposible que se llevasen a efecto. A lo largo de su historia el ser humano ha confiado fundamentalmente en su cerebro para efectuar los cálculos; en otras palabras, él mismo era el sistema de cálculo (computador). Cuando el tamaño y complejidad de éstos fue aumentando rápidamente, se hicieron obvias dos serias limitaciones:

a) La velocidad a la cual puede realizar cálculos una persona es muy limitada. Una operación elemental típica, como una suma o multiplicación, puede necesitar algunos segundos o minutos. Hoy día problemas que requieren incluso billones de tales operaciones se resuelven de forma rutinaria utilizando los computadores. Tales problemas nunca podrían ser resueltos manualmente en un período razonable de tiempo o a un costo moderado.

b) Los seres humanos somos por naturaleza propensos a cometer equivocaciones, de manera que los cálculos de cierta complejidad realizados a mano son generalmente poco fiables a menos que se tomen precauciones muy serias para eliminar los errores. Como las máquinas no están afectadas por las fuentes usuales de error (distracciones, cansancio, etc.), pueden dar resultados que están, con una gran probabilidad, libres de error.

### **2.3 Velocidad y precisión: Características esenciales de los computadores**

Estas dos características de velocidad y precisión son las que, de forma complementaria, pone el computador al servicio del hombre, para multiplicar su capacidad de hacer aquello que potencialmente, en razón de su inteligencia, es realmente capaz de realizar.

Uno de los más apasionantes logros de la humanidad en los últimos años, la conquista del espacio, no hubiera sido posible sin el concurso de los computadores. Consideremos por ejemplo el número de variables que hay que manejar para intentar colocar un cohete en la luna. La tierra está girando sobre su propio eje y moviéndose en el espacio. El viento es un factor que tener en cuenta y, cuando el cohete se mueve a lo largo de la atmósfera terrestre, su velocidad puede variar de forma significativa. La luna es un blanco móvil. Incluso hay que

tomar en consideración la atracción gravitacional del sol y de los demás planetas. El problema es, pues, de complejidad y velocidad, y el ser humano no puede realmente manejar todas estas variables con suficiente rapidez. El control del tráfico aéreo en un gran aeropuerto es un problema similar. Podemos visualizar cada avión como un punto en el espacio, localizado por sus coordenadas y su dirección de vuelo. Cuando hay sólo unos pocos aviones no se plantea ningún problema. ¿Pero qué sucede si hay 20 aviones esperando instrucciones para el aterrizaje y otros tantos para el despegue? Aunque las decisiones humanas son todavía esenciales en el control del tráfico aéreo, el computador supone una ayuda eficacísima para el controlador aéreo alertándole de situaciones potencialmente peligrosas antes que sea demasiado tarde. Aunque ninguna de estas situaciones es controlada enteramente por el hombre, no hemos de perder de vista que las ecuaciones y estrategias necesarias para realizar un vuelo espacial o el control del tráfico aéreo, sí han sido realizadas por él. El computador no está haciendo realmente nada que no haya sido antes realizado por el ser humano. Lo que sucede es que, debido a sus limitaciones, el hombre no puede efectuar estas tareas con la rapidez que se requiere. La habilidad del computador es, pues, de velocidad y no de inteligencia.

Pero, ¿hasta que punto son veloces los computadores? Fijemos esta cuestión en sus justos términos. Un segundo es un período de tiempo extraordinariamente grande para un computador. En los computadores de hoy día la unidad básica para la medida del tiempo es el nanosegundo ( $10^{-9}$  segundos = 0,000000001 segundos). Estamos, por tanto, diciendo que un computador puede realizar ¡1000 millones de sumas en 1 segundo!. De esta forma podemos darnos cuenta qué cálculos relativamente complejos se pueden ejecutar en un computador en unas pocas milésimas de segundo. ¡Hay tantos nanosegundos en un segundo como segundos en 30 años!

R.W. Hamming ha tomado otro enfoque para poner de manifiesto la velocidad de los computadores. Consiste en considerar la evolución en el transcurso del tiempo de diversas actividades o hechos en función del estado tecnológico del momento (ver Tabla 1).

Area	Antigüedad	1870	1950	1970
Transporte	65 Km/día	325 Km/día	10 <sup>4</sup> Km/día	58.500 Km/día
Expectativa de vida	22 años	45 años	66 años	68 años
Grandes obras	Gran muralla	Canal de Suez	Presa de Fort-Peck	Presa de Mangla
Educación	Ninguna	1 año	6 años	10 años
Potencia explosiva	0.5 Kg TNT	500 Kg TNT	10 <sup>6</sup> Ton TNT	10 <sup>8</sup> Ton TNT
Energía/persona	0.5 C.V	1.6 C.V	10 C.V	15 C.V
Velocidad de cálculo	0.005	0.005	40	10 <sup>7</sup>

**Tabla 1:** Comparación de los avances tecnológicos

De la Tabla 1 se deduce que el aumento en dos áreas específicas: la potencia explosiva y la velocidad de cálculo han sido enormes. Estos dos cambios tecnológicos son de tal magnitud que están modificando a la sociedad misma. La unidad para la energía por persona es un motor de 1 C.V. trabajando 8 h. /día y la de velocidad de cálculo son multiplicaciones/segundo con números de 8 dígitos. Si hubiese habido en los últimos 100 años el mismo aumento en la velocidad del transporte que el que ha existido en la velocidad de cálculo, se podría viajar de Madrid a Los Angeles en 0,002 segundos o ir de la Tierra a la Luna en 0,1 segundo, o al Sol en 6,5 minutos. Esto es ¡más rápido que la luz!

Es importante observar que grandes cambios en magnitud pueden cambiar, y de hecho así lo hacen, la naturaleza básica de una situación. Esto se

ilustra, por ejemplo si se considera el premio en metálico que recibe un quinielista que ha acertado un pleno. Si recibe 500 pesetas, no representa ningún efecto sobre él (probablemente apostaría más de esa cantidad). Si el premio es de cien veces esta cantidad, es decir, 50.000 pesetas, se llevará una alegría, pero no cambiará en absoluto su situación financiera. Si por el contrario le corresponde cien veces esa cantidad, 5 millones de pesetas, la cosa empieza a cambiar. Ciertamente mejorará su posición financiera; sin embargo, no se libera económicamente de forma total en un futuro inmediato. Este dinero lo puede invertir en la compra de un buen coche o para ayudarle a cambiar de vivienda. Una vez invertido el dinero, volverá a preocuparle otra vez (en la medida que debe preocupar el tener o no tener más o menos cantidad de dinero). Sin embargo, si el premio hubiese sido de mil veces esta cantidad, es decir, 5.000 millones de pesetas (en el supuesto de que se pudiesen dar estos premios), entonces, la naturaleza básica de su situación económica hubiera cambiado. No es posible que se gaste todo el dinero en cosas de tipo personal. Pues bien, el cambio en magnitud en la velocidad de cálculo (y en la potencia explosiva) es mayor que la del ejemplo precedente.

## **2.4 El computador como máquina que procesa datos y produce información**

El computador viene a llenar una necesidad sentida por la humanidad desde siempre: la necesidad de información. El género humano ha precisado siempre de un medio para organizar sus observaciones de una manera sistemática. Los datos por sí mismos carecen de utilidad, deben ser procesados o sintetizados de alguna manera antes de que se hagan significativos. Las sociedades primitivas no distinguían entre los términos «dato» e «información», pero la distinción realmente existía y el sentido de esta distinción simboliza el desarrollo de los sistemas de procesamiento de datos.

Las civilizaciones antiguas nunca oyeron hablar de computadores, pero sus gentes sobrevivían y prosperaban porque eran capaces de sacar conclusiones de sus observaciones. Dicho de otra forma, necesitaban información y la adquirían escudriñando su entorno, lo que era una forma simple de procesamiento de datos. Las primeras sociedades agrarias, por ejemplo, aprendieron a anotar hechos tales como cuándo salía y cuándo se ponía el sol, cuándo hacía frío o calor, cuándo llegaba la época de las lluvias, etc. Estos datos elementales no tuvieron utilidad hasta que fueron sintetizados. Pronto el hombre aprendió a organizar la siembra y la recogida del grano en relación con estos

fenómenos naturales. Los egipcios comprendieron claramente los conceptos esenciales de la astronomía, anotando cuidadosamente las fechas en las que se producían los solsticios de verano e invierno, lo que les llevó a predecir de manera muy precisa cuándo ocurrirían las inundaciones del Nilo.

Estos ejemplos tratan de poner de manifiesto cómo ya desde la antigüedad el ser humano, a partir de unos datos, aparentemente sin utilidad, era capaz de correlacionarlos entre sí para generar una información que le fuera útil según sus necesidades. Si ahora nos resulta clara esta relación entre dato e información, ¿por qué no fue desarrollado el computador mucho antes en nuestra historia?, ¿por qué se dependió durante tanto tiempo de nuestras observaciones personales y de las relativamente simples herramientas de trabajo de que se disponía?. Básicamente por dos razones:

- 1) Realmente no se necesitó el computador hasta muy recientemente
- 2) No se poseía la tecnología necesaria para construir un computador.

Consideremos en primer lugar la cuestión de la necesidad. En el siglo XIX, por ejemplo, no existía el automóvil, ni el avión, y en consecuencia no existía una necesidad para un control complejo del tráfico terrestre, ni de regular los vuelos para evitar colisiones aéreas. La mayoría de las universidades eran pequeñas y no se requería procesar la matrícula de por ejemplo 100.000 estudiantes. Los estados eran más pequeños, con pocos ministerios; no había seguridad social, etc. Salvo unas pocas excepciones, las empresas eran pequeñas y fácilmente controladas. Los desarrollos e inventos del hombre tienden a surgir de las necesidades humanas; realmente no inventamos aquello que no necesitamos.

Ahora volvamos nuestra atención a la tecnología. No podemos desarrollar un invento o idea sofisticada a menos que tengamos la tecnología necesaria para hacerlo. Tomemos, por ejemplo, el campo de la aeronáutica. Antes de que el avión se hiciese una máquina de uso común en nuestros días, fue necesaria la tecnología del vuelo; una tecnología personificada en los hermanos Wright en 1903. En 1969, sólo 66 años después, el hombre ha sido capaz de ir a la luna. Este tipo de desarrollo explosivo parece ser más bien la regla en lugar de la excepción. La humanidad tiene una necesidad: a menudo un conjunto de necesidades relacionadas. Entonces, un impacto tecnológico hace posible que se cubra esta necesidad. Aplicaciones de esta tecnología es normal que sugieran nuevas aplicaciones y con frecuencia conducen a una mejora de la tecnología; lo que a su vez implica usos adicionales. Es precisamente con este efecto de

realimentación positiva en forma de espiral creciente como acontecen las cosas en nuestra sociedad moderna orientada tecnológicamente.

### **3. LOS COMPUTADORES: SU IMPORTANCIA ACTUAL**

Los computadores no son infalibles, sino que cometen errores. Aún con esto, en cualquier tarea de tipo repetitivo, su precisión sobrepasa con mucho a la de los seres humanos. Si añadimos a esta precisión su increíble velocidad, tenemos una combinación imbatible. Como resultado de estos factores se deduce que los computadores pueden realizar muchos trabajos a un coste considerablemente inferior que el hombre. Por este motivo se utilizan de forma cada vez más creciente para efectuar tareas repetitivas.

#### **3.1 El mundo de hoy depende de los computadores**

Aunque ciertamente cualquier aplicación de los computadores se puede justificar en función de la relación beneficio/coste, el hecho de que muchas funciones modernas hayan sido computarizadas, crea lo que en opinión de muchos expertos es un problema de dependencia del hombre respecto de estas máquinas.

Una historia que se escucha en los círculos de procesamiento de datos es la de aquel empleado que estaba descontento en su empresa y decide dejar su puesto de programador, pero deja detrás de sí un programa que se denomina popularmente «caballo de Troya». Esencialmente un caballo de Troya consiste en un trozo de programa bien enmascarado, que una vez que el empleado ha abandonado su puesto de trabajo, se activa y elimina una base de datos importante para la empresa, y a continuación se autodestruye sin dejar huellas de lo que pudo haber sucedido. El resultado es un caos absoluto cuando la organización intenta recuperar esos datos y descubrir exactamente qué es lo que pudo ocurrir, en un intento de prevenir una posible nueva aparición.

A consecuencia de este tremendo sometimiento de una simple tecnología, hay quienes piensan que hemos generado una situación similar a nuestra dependencia de los productos petrolíferos. El computador se ha convertido pues en el “talón de Aquiles” de muchas de nuestras instituciones modernas. La destrucción o mal funcionamiento de un programa de cálculo puede producir un paro instantáneo en organizaciones que se orientan fundamentalmente sobre el funcionamiento de estas máquinas. Quizá el caso más extremo de dependencia de

los computadores se puede encontrar en el sistema de defensa aérea de los Estados Unidos, el cual dejaría de funcionar sin su concurso.

Debido a nuestra dependencia de los computadores, la fiabilidad de estas máquinas se convierte en una cuestión crítica. Los equipos de cálculo moderno son altamente fiables. En sistemas extremadamente sensibles, tales como el sistema de defensa aéreo o el controlador de módulos espaciales, se refuerza esta fiabilidad duplicando e incluso triplicando los elementos claves. La probabilidad de que dos o tres componentes fallen al mismo tiempo es mucho menor que la probabilidad de que falle solamente uno.

Aún así, el riesgo de fallo del equipo es realmente serio. Baste recordar el todavía reciente apagón de Barcelona durante el pasado mes de agosto. La pérdida de información provocada por este suceso, trajo como consecuencia que algunas empresas tuviesen que parar su actividad un cierto tiempo. La concentración en el computador de gran parte de nuestros recursos de información pone en escena la posibilidad de un accidente potencialmente desastroso.

El riesgo de la pérdida de información y las consecuencias que de ello se derivan desde un punto de vista económico y sociológico no son los únicos problemas atribuibles a la concentración de información en la máquina. Existen también implicaciones psicológicas. Incluso nuestros políticos toman muy en cuenta la consulta que efectúan a votaciones simuladas por un computador antes de tomar determinadas decisiones.

En nuestros sistemas de gobiernos democráticos, un objetivo que se dice explícitamente es el derecho de todas las personas a recibir un mismo trato. Los seres humanos, consciente o inconscientemente, somos subjetivos, y por ello tendemos a fundamentarnos sobre leyes y procedimientos operativos, que están normalizados, estamos en cierta medida orgullosos de nuestro ideal de «un gobierno de leyes y no de hombres». Existe una separación muy sutil entre utilizar leyes y procedimientos más o menos establecidos como un medio para asegurar la administración de justicia, y confiar en estos mismos elementos como un sustituto de la propia decisión humana. Los computadores son extremadamente eficaces para asegurarnos que se realiza adecuadamente toda la burocracia de unos reglamentos. Si admitiéramos que no se necesita una interpretación de todo el papeleo que se ha generado, la máquina podría entonces (y decimos únicamente «podría») tomar la responsabilidad de administrar los reglamentos. Pongámoslo en

otros términos. Si por ejemplo un administrado simplemente «sigue el libro al pie de la letra», su capacidad de decisión se hace repetitiva y altamente predecible

Tales tareas repetitivas y predecibles se pueden programar y asignar a un computador. En otras palabras, una excesiva confianza en la regla y reglamento hace posible la automatización de la función de tomas de decisiones. Esto nos lleva finalmente a analizar ciertas implicaciones que todavía hoy día están en el terreno de la ciencia ficción. ¿Es real la posibilidad de que los computadores tomen en el mundo del mañana el papel del ser humano para tomar todas las decisiones?

### **3.2 ¿Será el hombre dominado por la máquina?**

La posibilidad de que el computador asuma cada vez una mayor participación en la toma de decisiones hace surgir en la mente de muchos observadores una sombra más amenazadora: la de que la máquina domine al hombre y adquiera un poder dictatorial. Podemos considerar a la literatura de ciencia-ficción como una fuente inagotable de ejemplos de este temor. Quizás el ejemplo más conocido es HAL, el computador del libro de A. Clarke “2001: Una odisea en el espacio”. HAL tenía virtualmente la responsabilidad completa de la misión que se describía en esta novela y una malfunción de HAL representa un viaje espacial escalofriante. En “La última pregunta” de Asimov, la fuerza mental de un nuevo universo se alberga en un computador que llega a convertirse en Dios. En gran medida, estas historias representan versiones del siglo XX del monstruo Frankenstein, que, como creación propia del hombre, se agiganta y se rebela contra él. Verdaderamente es una tema muy popular e interesante para una novela, pero ¿es real?

En una palabra, no. Todas estas historias suponen que un computador es, en alguna medida, capaz de tener un pensamiento independiente. Únicamente si admitimos que una máquina puede pensar, podríamos argumentar que potencialmente sería capaz de dominarnos. Este es el defecto básico en todos estos relatos. Es altamente improbable que podamos enseñar a pensar a una máquina. Analicemos brevemente este problema, pues es aquí donde está el nudo gordiano de la cuestión.

¿Qué es exactamente el pensamiento?. Esta pregunta ha traído de cabeza durante siglos a pensadores y filósofos. Es la cuestión clave para determinar si es posible conseguir que una máquina piense; después de todo no podemos probar

que una máquina es capaz de hacer algo que no somos capaces de definir. Una de las primeras definiciones de pensamiento aplicada a los computadores fue el juego del ajedrez. Se razonaba para ello que, como quizás el ajedrez es nuestro juego más cerebral, un computador que se programase para jugar al ajedrez pondría en evidencia que la máquina puede verdaderamente pensar. Hoy día los computadores juegan al ajedrez y cada vez con mejor nivel. ¿Pero la habilidad de jugar al ajedrez implica realmente un pensamiento?. Consideremos que un computador con su tremenda velocidad operativa puede en efecto comparar una posición dada del tablero a miles de estrategias potenciales contenidas en el equivalente de cientos de libros de ajedrez y selecciona en cuestión de minutos el movimiento que tiene la mayor posibilidad de éxito. Esta habilidad de consultar a los expertos puede llevarlo a jugar muy bien al ajedrez, pero ¿es esto pensamiento?. Realmente, no.

Otro experimento, conocido como “test de Turing”, propone el uso de tres habitaciones. En dos de estas habitaciones se albergan seres humanos, mientras que un computador ocupa la tercera. A los tres participantes se les indica un determinado tema de conversación y se les permite comunicarse con los otros dos de una forma totalmente libre, a través de un terminal. Después de algunos minutos de conversación, se les pide a los dos seres humanos que identifiquen cuál de los otros dos compañeros era la máquina. Simplemente en razón del cálculo de probabilidades (la misma que al arrojar una moneda al aire para adivinar si es cara o cruz) es de esperar que den la respuesta correcta la mitad de las veces. Si los dos seres humanos no son capaces de hacerlo significativamente mejor, pues identifican al computador la mitad de las veces se podría inferir que éste tenía pensamiento. Incluso si el experimento resultase satisfactorio, ¿se probaría con ello que la máquina puede pensar?. ¿Es la capacidad de mantener una conversación todo lo que se necesita para pensar?. Rotundamente no; existen otros ingredientes.

Los seres humanos tenemos la capacidad de imaginarnos muchas más cosas que una simple ristra de ceros y unos; nuestra memoria, nuestro proceso pensante no es lineal. Por el contrario nuestra mente es multidimensional, es asociativa en el sentido de que una imagen nos permite recordar otras. Podemos imaginar. Podemos planificar. Podemos crear. Tenemos una intuición que desafía toda definición precisa. Todos éstos son componentes del pensamiento. Sin ellos no podemos decir que una máquina verdaderamente piensa.

Un gran número de investigadores están investigando en la actualidad sobre cómo programar los computadores para que presenten un comportamiento en apariencia inteligente. Esta área de investigación se denomina inteligencia artificial. Su objetivo final es crear una máquina inteligente. Sin embargo, estos objetivos no son los del Dr. Frankenstein, sino que, en el fondo, lo que les preocupa y motiva es definir exactamente que se entiende por inteligencia.

Hay dos maneras de enfocar el estudio de las relaciones entre la conducta de una máquina y la de los seres vivos. Un grupo de investigadores comienzan su trabajo con la mente humana. Estos científicos analizan de forma exhaustiva la mente, intentando definir de manera precisa qué es lo que acontece cuando pensamos. Su objetivo realmente es copiar la mente humana; el computador en este caso, se utiliza fundamentalmente como una herramienta de trabajo para modelar sus hipótesis. Otro grupo de investigadores empieza con la propia máquina. Intentan modelar sobre la maquina lo que ellos estiman que son los distintos atributos del pensamiento humano, y a continuación compueban la bondad de sus modelos cuando se les compara con la realidad.

En ambos casos, la finalidad es esencialmente la misma; se desea obtener una mejor comprensión de los esquemas que sigue el pensamiento humano. Porque, en definitiva, comprender la naturaleza del pensamiento significa comprender que es lo que hace únicos y superiores sobre la tierra a los seres humanos. Es ésta una zona de apasionantes interrogantes científicos.

Una de las conjeturas más interesantes de la ciencia-ficción defiende la posibilidad de vida basada en el silicio. La vida humana, de hecho, todas las formas de vida en nuestro planeta se basan en un número de compuestos muy complejos formados en torno al átomo de carbono. Se pueden crear compuestos análogos tomando como núcleo al átomo de silicio. Tales compuestos podrían, al menos en teoría, soportar vida. Por supuesto, esto nunca se ha hecho, pero la posibilidad de una vida basada en el silicio es ciertamente intrigante. Desde estos balbuceantes fundamentos científicos, se puede vislumbrar el comienzo de una historia de ciencia-ficción en los términos siguientes: la humanidad al ir creando cada vez circuitos más complejos que tienen como base el silicio, ha comprimido el equivalente a millones de años de evolución basados en el silicio en unas pocas décadas. Rapidamente se alcanza una masa crítica y un computador desarrolla su propia conciencia. Al principio lentamente, luego de forma acelerada esta primera "semilla" despierta en otras máquinas. Mientras tanto, el hombre que depende cada vez más de sus sirvientes electrónicos, no advierte esta nueva y creciente

amenaza a su dominación. Entonces un día, en el espacio de unos pocos microsegundos, el computador se rebela y domina al hombre. La humanidad ha sido suplantada por el siguiente eslabón de la cadena evolutiva. Hay justamente bastante validez científica en esta historia como para permitir sorprender la credibilidad del lector y que este pueda decir "podría ser". ¿Es probable que tal cosa suceda?. Sinceramente, pensamos que no.

Para muchos el computador es la personificación de un nuevo mito. El computador es nuestra creación que controla muchos aspectos de la vida humana. El hombre es responsable de controlar sus creaciones y para controlar debe primeramente comprender. ¿Recuerdan al perverso computador HAL en "2.001 una odisea en el espacio"? HAL falló, lo cual implicaba unas consecuencias desastrosas, sin embargo el hombre fue todavía capaz de penetrar en la habitación que contenía los circuitos de memoria de la máquina para desactivarlo. Al menos es casi seguro que cualquier computador del futuro incorporará, aunque sea mínimamente, un cierto nivel de control humano. A pesar de nuestra tendencia general de entronizar más y más estas máquinas, la idea de un computador completamente independiente, no sujeto al control directo del hombre, es improbable que gane mucho apoyo.

El peligro real es la posibilidad de que algún hombre o grupos de hombres puedan llegar a controlar el poder político, escondiéndose detrás del mito: la creación del hombre se enfrenta contra el hombre. No sería la primera vez que un grupo de seres humanos usa una combinación de conocimientos y mitología cuasi religiosa para asentar su poder. Hoy día, por ejemplo, no aceptaríamos un líder, cuyo mérito real para detentar el poder fuese, por ejemplo, su capacidad para predecir la llegada de la primavera. Los antiguos egipcios así lo hicieron, pero hoy sabemos que el ciclo de las estaciones está simplemente relacionado con la rotación de la Tierra alrededor del Sol. Quizás, si bastantes de nosotros sabemos que un computador no es ni más ni menos que una máquina, podremos evitar el peligro de caer en las garras de algún apostol de los computadores. Como casi siempre, educación y formación son las claves para controlar el problema.

### **3.3 Los computadores: Un reto y una esperanza en nuestra sociedad**

Los problemas con los que hoy día se enfrenta el mundo occidental: políticos, ecológicos, económicos, urbanísticos, raciales, etc., a pesar de que

algunos de ellos se han originado por la propia tecnología, únicamente se podrán resolver (si ello es posible) mediante nuevas aplicaciones de la ciencia y de la tecnología. En este sentido, ninguna tecnología ofrece más potencial, más esperanza en la solución de estos problemas que los computadores. Pero, por otra parte, tampoco hay otra tecnología que plantee más amenazas a la actuación de los gobiernos que los propios computadores. Esta complementariedad del bien y del mal es común a otros ejemplos de la ciencia y la tecnología. La energía nuclear y la genética molecular son otros dos casos obvios y como con los computadores, nuestro desafío es resistir la amenaza sin perder la confianza.

Un análisis de los efectos de los computadores sobre la sociedad depende del reconocimiento de que la ética en casi todas las circunstancias tiene un cierto sentido relativo y no absoluto o, como se ha dicho, «la ética de un acto es una función del estado del sistema en el momento en que se realiza». El biólogo G. Hardin ha dado un ejemplo sencillo de esto. Hace 150 años, en el oeste americano, uno podía matar un búfalo, cortarle la lengua para prepararse una succulenta comida con ella y abandonar el resto del animal sin que ello fuese considerado punible. Hoy en día, con el búfalo americano en peligro de extinción, este tipo de conducta nos aterrará.

Es importante hacer esta puntualización porque creemos que es esencial analizar la ética de utilizar el computador en la sociedad, en el contexto del mundo tal y como es y no cómo nos gustaría que realmente fuese. De forma general, los últimos 200 años han visto un incremento y desarrollo en la libertad personal de los ciudadanos de países que tenían regímenes democráticos (simultáneamente, por supuesto, ha existido un aumento en la efectividad de los gobiernos de carácter totalitario). Este aumento de libertad ha escondido el hecho de que el potencial para una mayor libertad personal ha ido disminuyendo en el último milenio. En la Edad Media existía muy poca libertad individual excepto para una minoría muy pequeña; sin embargo, al menos en teoría, hubiera sido posible una mayor cantidad de la misma a causa de la relativa falta de interrelación y complejidad dentro de la estructura social. Realmente podemos mirar el aumento de las libertades individuales como dándole al pueblo aquellos bienes -lengua, religión, asociación, etc. que el hombre medieval no tenía, debido a la forma en que su sociedad estaba organizada.

Paralelamente a este aumento de libertades básicas, la mayoría de las cuales se engloban en los países occidentales en sus leyes de tipo administrativo, ha habido, sin embargo, una disminución de la libertad en otros aspectos. Las

personas no somos libres de conducir nuestro coche como nos dé la gana o de quemar cualquier clase de combustible, por citar dos ejemplos. Las leyes administrativas son el precio que pagamos por la complejidad creciente de la vida misma, que se acrecienta en esta fase final del siglo XX. Complejidades urbanísticas, sociales, ecológicas y políticas demandan, si realmente queremos tener un planeta habitable, un cuerpo cada vez más amplio y rígido de leyes administrativas. El resultado inevitable es una restricción gradual de las libertades personales en el supuesto interés de toda la sociedad. La cuestión no es si se debe restringir la libertad sino cuánto y en qué áreas. Entender esto es crucial para fijar la contribución de los computadores en el mundo de hoy y de mañana

Los computadores se pueden utilizar para restringir las libertades personales. De igual manera resulta incuestionable que deberán utilizarse si deseamos controlar mejor que ser controlados por los problemas que acucian a la humanidad. La cuestión importante es decidir cuáles son las aplicaciones apropiadas y cuáles no, y qué se puede hacer para salvaguardar la libertad personal en aquellas que sean necesarias. Por ejemplo, si se desea controlar la explosión de población, puede (decimos «puede») ser necesario tener una información muy precisa y completa sobre el tamaño de las familias, sobre los abortos e incluso tal vez sobre los hábitos contraceptivos de la población. Obtener tales datos se puede considerar una invasión injustificada de la intimidad, pero si se garantiza ésta pueden resultar esenciales. Es imposible hacer un uso razonable de tales datos sin el empleo de los computadores, por lo que éstos tendrán que utilizarse de manera que garanticen la intimidad personal como un presupuesto para asegurar la libertad personal.

### **3.4 El derecho a la intimidad personal: ¿Representa un peligro el computador?**

¿Pero realmente se puede asegurar la intimidad de tales bases de datos?, y si así fuera, ¿compensaría ésto los grandes costos?. Y si no, ¿significa esto que no podemos reunir estos datos, aun cuando sean muy grandes las necesidades de la sociedad?. Estas preguntas intentan únicamente indicar algunos aspectos del alcance general del problema.

Es célebre la frase de Francis Bacon "conocimiento es poder". La información es la materia prima del conocimiento. Si el disponer de información es una fuente de poder, se sigue fácilmente que aquellos que deseen alcanzar algún tipo de poder utilizarán la información para conseguir sus objetivos. Esta

información se puede usar de forma correcta o incorrecta según los fines que se persigan. Realmente esto no es un problema nuevo. Lo que sí resulta novedoso, sin embargo, es la posibilidad de concentrar mucha información en un computador. No es que realmente exista más información, es justamente que el computador nos hace mucho más fácil la tarea de almacenar, procesar, interrelacionar y recuperar la gran cantidad de información que se necesita para mantener en funcionamiento nuestra sociedad actual.

La información es esencial a todos los estratos de nuestra sociedad y no podríamos estar a nuestro nivel actual sin ella. Es, pues, importante darse cuenta del valor que en sí mismo posee toda información. En el libro de F.W. Winterbotham, "El ultrasecreto", se cuenta la historia del robo por parte de los británicos, a comienzo de la segunda guerra mundial de un dispositivo alemán de alto secreto para la descodificación de mensajes. Usando este dispositivo, los aliados fueron capaces de descodificar rápidamente comunicaciones secretas de los alemanes, que les daban indicaciones de los planes y estrategias germanas casi tan pronto como éstas se producían. Hay quienes opinan que esta información fue fundamental en la victoria de los aliados.

¿Y qué podemos decir de la información a nivel personal?. Gran parte de nuestra forma de vivir se asienta y controla por la posibilidad de disponer en forma rápida de informaciones personales. Vivimos en una sociedad orientada al crédito, y ¿qué puede ser más importante que nuestro propio margen de crédito?. Un margen de crédito es, pues, pura información que contiene un valor muy significativo para el individuo. Al estar inmersos en una sociedad cada vez más informatizada, se va almacenando cada vez más y más información sobre nuestras vidas en los bancos de datos. Si bien es cierto que sólo los computadores nos pueden liberar de vernos aprisionados por la vorágine de la burocracia, no es menos cierto que aumenta también el número de personas que están muy preocupadas al ver que esta gran masa de datos escapa a su propio control y puede hacer que sus vidas se vean coaccionadas, debido al mal uso que hagan terceras personas de sus registros.

Nadie duda que los computadores y los bancos de datos son elementos esenciales para una gestión eficaz de nuestra sociedad actual, pero también casi todo el mundo piensa que esta eficacia no se debe comprar a un precio tal que incluya las libertades individuales. Aparece así claramente un dilema entre la necesidad real de disponer de información y el derecho de las personas a salvaguardar su intimidad personal. En los países industrializados este problema

ha sido reconocido por sus Parlamentos que han aprobado "leyes sobre la intimidad". El objetivo de dichas leyes es poner límites a los gobiernos, instituciones y empresas para proteger la libertad de las personas, estableciendo barreras a los abusos que de su poder éstos puede hacer para investigar y almacenar información.

Cuando hoy día se habla de información en este sentido, estamos casi por definición hablando de computadores. Los computadores son el almacén moderno de información (o de los datos utilizados para generar esa información). Practicamente no existe hoy día ningún banco de datos independiente de un computador. Desgraciadamente el computador también hace más facil que se pueda hacer un mal uso de la información almacenada. El simple hecho de que toda esta información esté concentrada en un lugar simplifica en gran medida la aparición de un cierto tipo de espionaje electrónico.

¿Es real en nuestra sociedad democrática el riesgo de que se realice un mal uso de determinadas informaciones?. Consideremos por ejemplo, en el mundo de la política, la divulgación de determinadas informaciones negativas de un cierto candidato, o los rumores de que ciertos lideres políticos son capaces de mantener su posición de poder privilegiada en virtud de que conocen ciertas cosas de otros líderes. No hay que inferir de esto, por supuesto, que el disponer de información sea algo íntinsecamente negativo. Sistemas computarizados nos ayudan a perseguir a los delicuentes, a recuperar tarjetas de crédito y otras propiedades que nos han sido robadas. Únicamente con información pueden gestionarse y controlarse nuestras grandes organizaciones gubernamentales, educativas y empresariales. A nivel más personal, las historias clínicas de cada uno de nosotros son un elemento valiosísimo en cualquier sistema sanitario, y una historia clínica, obviamente, no es nada más que información. Se podría continuar citando todos los ejemplos que sobre el uso de los computadores hemos ido presentando y en todos ellos el punto común es el siguiente: la información es esencial. La eliminación de los bancos de datos no parece ser la solución.

Controlar las ventas de armas, una de las cuestiones más controvertidas estos ultimos años, nos da un ejemplo del uso legítimo de una base de datos en contraste con el mal uso potencial de los mismos datos. Aquéllos que están a favor de dicho control argumentan que una base de datos que mantenga un registro de las ventas de armas limitará su uso con fines delictivos ya que: a) da a los vendedores de armas una fuente centralizada de consultas antes de vender una, b) la policía puede conocer posibles violaciones antes de conceder una

licencia c) se facilita a la policía el poder seguir la pista de un arma sospechosa. Por su parte, los que argumentan en contra, además del hecho real de que hay un derecho constitucional (en los Estados Unidos) que les ampara para comprar armas, expresan su inquietud sobre la posibilidad de que algún futuro Hitler utilice tal lista de propietarios de armas como un mecanismo para eliminar cualquier intento de revolución armada. Ambas posturas son muy dignas de tener en cuenta.

En la actualidad nuestro problema realmente es el de intentar equilibrar las necesidades de la sociedad desde un punto de vista global con los derechos individuales. No se pueden eliminar los sistemas de información computarizada si no es a costa de retroceder hasta el siglo XIX, y a pesar de los problemas reales que se han bosquejado en términos generales, la sociedad no está deseando pagar el precio de un retroceso de este tipo. ¿Qué podemos hacer?. Básicamente podemos conocer el problema. Conocer un problema es el comienzo para tratar de encontrar una solución. Podemos insistir en que nuestros representantes políticos consideren el impacto de cualquier nuevo sistema de información que se propongan. Podemos retirarle nuestro apoyo si sus argumentos para tales sistemas no son sólidos. Podemos rehusar hacer negocios con organizaciones que parezcan dar un mal uso a sus datos. Podemos exigir pruebas convincentes de que cualquier nueva aplicación que se proponga es realmente necesaria. Y podemos, finalmente, insistir para que nuestros gobiernos mejoren la legislación que protege nuestro derecho a la intimidad personal.

### **3.5 Una nueva forma de delito: El delito informático**

Los computadores se utilizan hoy día para procesar la mayor parte de nuestras transacciones bancarias. Las actividades del mercado de valores, el pago de nóminas y los registros de inventarios entre otras cuestiones se realizan y se controlan con estas máquinas. Para una persona con poca o ninguna experiencia en computadores los registros de estas transacciones están tan bien guardados como si estuviesen en la bóveda más inexpugnable. No obstante para el experto en computadores, la información binaria que estas máquinas almacenan en su memoria es muy fácil de manipular. El simple hecho de que hoy día una gran cantidad de dinero se representa nada más que como una ristra de ceros y unos en un computador pone un blanco muy tentador para una nueva clase de delincuente: el delincuente informático.

Vemos así claramente cual es el tipo de trabajo del "caco informatico": tiene que alterar los números almacenados en la memoria del computador de tal manera que él se vaya haciendo cada vez más rico, y de forma que ninguna otra persona note que, a su vez, se va haciendo cada vez más pobre. Analicemos brevemente algunas formas de cómo la gente ha utilizado esta simple idea para su propio aprovechamiento.

Un delito frecuente es el desfalco (manipular los libros de una entidad con objeto de conseguir dinero para uno mismo). Un caso en el que se usó el computador para realizar un desfalco fue el de un cajero jefe que trabajaba en un banco de Nueva York. Su trabajo consistía en utilizar un terminal del computador para examinar los balances de los clientes, efectuar auditorías de los cajeros que estaban a sus órdenes corrigiendo los errores que estos podían cometer. Pero además de efectuar estas funciones, utilizaba el terminal para malversar miles de dólares. Su estrategia era muy simple. Examinando los informes que recibía normalmente del centro de cálculo del Banco, era capaz de detectar un conjunto de cuentas inactivas, es decir, cuentas que en los últimos meses no habían generado ningún tipo de movimiento. Mediante su condición de cajero jefe procedía a transferir unos cientos de dólares de una cuenta inactiva a la suya. Si posteriormente el cliente de la cuenta advertía e la discrepancia y se lo notificaba al Banco, la queja era, por supuesto, dirigida al cajero jefe quien cargaba la culpa al inevitable error humano en el manejo de tantas cuentas. Más tarde hacía una transferencia desde otra cuenta inactiva a la del cliente que había hecho la reclamación por la cantidad que había sustraído. ¿Como se descubrió el desfalco?. Nuestro personaje era un jugador de apuestas que pensaba tomar prestados estos fondos y más tarde reponerlos con sus ganancias. Como sucede muy a menudo, las pérdidas fueron haciéndose cada vez más cuantiosas y tuvo necesidad de aumentar el número de la cuentas inactivas de las que sustraía dinero. La tarea de mantener un control de las transacciones que llevaba a cabo sobre el terminal empezó a consumir un gran porcentaje de su tiempo. Finalmente, fue descubierto. Lo paradójico de esta historia es que fue descubierto por casualidad cuando la policía de Nueva York detuvo a un apostador profesional y a través de éste supo que el cajero, cuyo sueldo era de sólo 40.000 dolares al año, venía apostando semana tras semana unos 30.000 dolares.

Otro caso está relacionado con los errores de redondeo y de truncación de una cantidad. Todos hemos aprendido en la escuela la regla básica para redondear. Supongamos, por ejemplo, que queremos calcular el pago de intereses que corresponde a una cuenta corriente y que queremos dar el resultado con una

cifra decimal. Si el resultado es 237,57 ptas, redondeamos por exceso a 237,6 ptas; Si por el contrario fuera de 237,52 ptas redondearíamos por defecto a 237,5 pesetas. La clave está en el segundo dígito decimal Si es 5 o más redondeamos por exceso y, si no, por defecto. Existe una forma alternativa de realizar esto: la truncación. Utilizando una regla de truncación, 237,57 ptas se convierte en 237,5 ptas; simplemente eliminamos el dígito extra. Con el redondeo, algunas veces aumentamos el número y otras lo disminuimos, consiguiéndose que, en promedio el resultado esté nivelado. Con la truncación, sin embargo, siempre disminuimos el valor.

Esta consideración puede parecer que carece de importancia. ¿Después de todo qué interés puede haber en tener una fracción de unos céntimos?. De forma individual, estamos perfectamente de acuerdo. ¿Pero qué diríamos de una entidad bancaria que maneja cientos de miles de cuentas?. Hubo una vez un programador que reconociendo este hecho intentó sacar un beneficio propio de él. Para ello abrió una cuenta en el banco en el cual estaba escribiendo un programa de cálculo de intereses de las cuentas bancarias. Diseñó el programa para acumular todas las fracciones truncadas de los céntimos de dolar y añadirlos a su propia cuenta al final del programa. Como el Banco calculaba los intereses trimestralmente, cada tres meses se encontraba con unos "beneficios" por este concepto de algunos centenares de dólares. Finalmente, un perspicaz sensor de cuentas descubrió el delito.

Muchas veces parece que los delitos informáticos sólo se llegan a descubrir como consencuencia de algún accidente y no como resultado de las medidas de seguridad que contiene el programa. Por esta causa, muchos especialistas estiman que se pueden haber cometido hasta diez delitos informáticos por cada uno que se descubre. Puede incluso que hayan robos de miles de dólares que aún no han sido descubiertos. Hemos visto como para el profesional en informática es sencillo manipular cientos de miles de dólares simplemente cambiando unas pocas de instrucciones en un programa que le permiten transferir fondos de una cuenta a otra. No es necesario asaltar un Banco y amenazar al cajero con una pistola. De hecho, el acto del hurto informático lleva consigo poco más que una actividad mental.

Lo que es incluso más importante es el hecho de que sólo una pequeña parte de nuestra población es capaz de reconocer que se ha cometido un delito. No existen cuerpos, ni cajas de seguridad asaltadas, ni fotos sacadas por las cámaras del servicio de seguridad del Banco. En su lugar, todo lo que queda para

probar que se ha cometido el delito son unos pocos "1's" que deberían ser "0's" y unos pocos "0's" que deberían ser "1's". Nada puede ser más fácil y el riesgo es mínimo.

Un programador hábil puede diseñar un programa de manera que no quede ni rastro de una actividad ilegal al destruirse después de unos pocos microsegundos las instrucciones del programa que generaban dicha actividad. ¡Imagínese como detective, intentando probar un delito que tiene lugar en un instante y que luego desaparece sin dejar huellas!. El delito informático es pues muy difícil de detectar.

#### **4. LOS COMPUTADORES: SU IMPACTO SOCIAL**

Las tecnologías de la información (electrónica, telecomunicaciones e informática) han creado una profunda interrelación entre el grado de formación de una sociedad y sus cotas de bienestar económico. Existen suficientes evidencias que demuestran que el crecimiento económico y la competitividad de las economías líderes depende muy fundamentalmente del potencial que posean para innovar sus productos y procesos. Esta capacidad se basa en último término en una elevada cualificación profesional de sus individuos. En una economía que trasciende cada vez más los límites nacionales resulta prioritario que seamos capaces de desarrollar al máximo nuestra formación para tratar de mantener la competitividad con el resto de los países avanzados. La tecnología de forma genérica es pues un mecanismo potente para el crecimiento de la economía y la transformación de la sociedad, y en este sentido tiene que considerarse como una de las fuerzas básicas de la civilización moderna.

##### **4.1 Computadores y empleo**

Desde un punto de vista macroscópico el objetivo de la tecnología puede reducirse a una de las dos alternativas siguientes:

1)Efectuar trabajos convencionales con menos esfuerzo y a un coste más reducido

2)Realizar nuevas tareas que hasta la fecha hubieran sido física o económicamente inviables sin la introducción de la nueva tecnología

En el primer caso, la tecnología es un elemento generador de desempleo, reduce la mano de obra que no necesita e intenta optimizar los recursos económicos puestos en juego. Por el contrario, en su segundo aspecto, la tecnología es creadora de puestos de trabajo, y nadie puede cuestionar que es la única forma de conseguir que, por ejemplo, la población actual de un continente como el europeo esté alimentada y tenga unos niveles de trabajo aceptables. Un ejemplo de esta dualidad en la creación-aniquilación de puestos de trabajo, fue la aparición de la máquina de escribir. Ciertamente eliminó el oficio de escribano, pero su número no era ni mucho menos comparable con el de secretarías y mecanógrafas de hoy día. Desde nuestra perspectiva actual nos parecería sin sentido un planteamiento sociológico de tipo pesimista que hubiese objetado la irrupción de la máquina de escribir como un peligro potencial por la eliminación de determinados tipos de trabajo.

El temor de poder ser reemplazado por un computador es muy común y está muy extendido, particularmente entre aquellas personas que realmente no entienden estas máquinas. Hemos estado mostrando los conceptos básicos y algunas aplicaciones de los computadores. ¿Qué tenían en común todas las aplicaciones en las que los computadores reemplazaban al trabajo humano?. Básicamente cualquier aplicación de los computadores debe consistir en una serie de pasos bien definidos que se repiten muchas veces. Sin el factor "muchas repeticiones" puede resultar económicamente inviable una solución basada en el uso de los computadores.

¿Es repetitivo su trabajo?. La tarea de escribir un libro, por citar un ejemplo, casi con toda certeza no podrá ser efectuada por los computadores, simplemente porque dicha tarea no puede programarse. El término automatización se utiliza para describir la sustitución del hombre por la máquina. Vista de esta forma, cualquier forma de automatización obviamente elimina puestos de trabajo. Si nos preguntasen si los computadores eliminan puestos de trabajo, debemos contestar que, por supuesto, dicha afirmación es cierta. Sin embargo, esto es una verdad a medias, como vamos a tratar de justificar.

Consideremos la máquina de vapor. Cuando se inventó, se temió que originase un gran desempleo, al representar una alternativa de bajo coste frente al esfuerzo muscular del hombre. La máquina de vapor hizo posible la revolución industrial y originó una multitud de nuevos tipos de empleo. El francés Jacquard desarrolló en el siglo XIX un telar automático controlado por una serie de tarjetas perforadas, precursoras de las que posteriormente se utilizarían en los primeros computadores. Esto originó en Francia riadas de protestas por parte de los obreros de la industria textil. Sin embargo, su aparición permitió a esta industria

ofrecer sus productos a unos precios mucho más asequibles, lo que originó un aumento de la demanda y en definitiva un incremento más que un descenso en el empleo. La imprenta eliminó la necesidad de copiar libros a mano, ¿pero tendríamos una industria del libro sin la invención de la imprenta?

La historia de la tecnología está repleta con ejemplos similares. Al principio, un nuevo impacto tecnológico hace sentir el temor de que se eliminará gran cantidad de empleo. Quizás a muy corto plazo esto sea así, no obstante cuando la innovación comienza a tomar cuerpo se crean nuevos puestos de trabajo para soportar la nueva tecnología. Invariablemente, esta nueva tecnología permitirá realizar tareas que previamente eran imposibles, creando así nuevos puestos de trabajo. Este proceso de avance tecnológico es el elemento clave en el desarrollo de nuestra economía. ¡Sin tecnología, probablemente hoy día seríamos cazadores como nuestros antepasados!. Los computadores han tenido un impacto análogo. Es evidente que se han eliminado algunos puestos de trabajo. La reducción en el coste fue la justificación original para usar estas máquinas. En una reciente relación de las 50 compañías más grandes de la industria americana el número de personas trabajando directamente en el sector superaba ya el millón y medio de personas.

Sin los computadores no habría habido programa espacial ni la gran mayoría de las actividades de relieve que se han efectuado en los últimos tiempos. ¿Cuántas personas han conseguido su empleo de forma directa o indirecta a través de este esfuerzo?. La gran demanda de computadores ha creado una tremenda necesidad por una serie de servicios relacionados que han conducido a un crecimiento en la actividad educativa en estos temas, la aparición de sociedades de servicios en estos temas de informática, etc.

Existe otra consideración, muchas veces no tomada en cuenta, del impacto de una innovación tecnológica sobre el mercado del empleo. ¿Podría haber crecido nuestra economía a su tamaño actual sin ella?. Muchos expertos creen sinceramente que, sin los computadores, hace años la banca que se habría ahogado en sus propios papeles. ¿Podría cualquier empresa moderna haberse desarrollado hasta su estado actual sin que los computadores manejen sus necesidades de procesamiento de datos?

Podemos decir, pues que, un impacto secundario de la automatización es el crecimiento. Los recursos liberados por automatizar ciertas funciones se pueden invertir en otra parte y la inversión es el mecanismo mediante el cual crece nuestra economía y se crea más empleo. Parece así obligado el argumento de que los computadores han creado más puestos de trabajo de los que realmente han eliminado.

De forma general, las tareas eliminadas por los computadores y otras máquinas automáticas tienden a ser altamente repetitivas y tediosas. Por consiguiente la automatización nos libera del trabajo rutinario permitiendo que nos dediquemos a aquellas tareas más en consonancia con nuestra condición de seres inteligentes. Esto crea un problema con el empleo de los computadores (de hecho, con todas las formas de automatización) y es que tiende a destruir empleos de baja cualificación, mientras, al mismo tiempo crea puestos altamente cualificados. Esta es la cuestión relevante en el momento actual, la automatización tiende a eliminar las tareas de aquellas personas que son más difíciles de reentrenar y adaptar a causa de su baja cualificación. La solución a este problema, como a tantos otros, pasa ineludiblemente por la educación. Una sociedad con una educación integral de todos sus ciudadanos puede mirar el problema con optimismo. Japón ofrece en la actualidad un ejemplo aleccionador sobre este campo. Los masivos programas de automatización en la industria japonesa han sido perfectamente asimilados por sus obreros gracias a unos ambiciosos programas de reciclaje del obrero japonés que le han permitido efectuar, sin ninguna clase de trauma un desplazamiento en su tipo de trabajo.

#### **4.2 El desfase en la formación de los individuos como consecuencia del cambio tecnológico.**

Tratemos, pues, de analizar el problema desde la perspectiva de la formación y tomemos para ello otra vez el ejemplo anterior de la aparición de la máquina de escribir. Una persona cuya cualificación básica era la producción de documentos caligráficos sentirá poco consuelo cuando escuche que se produce un aumento de empleo con la introducción de la máquina de escribir. ¿Dónde está, pues, el fondo de la cuestión?

Básicamente, en la velocidad de transición hacia las nuevas tecnologías y en el desajuste que necesariamente se va a producir cuando tienen que coexistir con aquellos otros medios productivos a los que de una manera inexorable van a desplazar. Cuando las nuevas tecnologías se desarrollan a una velocidad tal que las tareas obsoletas mueren a un ritmo similar al que establece la jubilación de sus operarios, únicamente será suficiente un esfuerzo educativo modesto para mantener el equilibrio profesional. Hoy día las cosas no suceden de esta forma y durante la vida activa de un trabajador se producen cambios sustantivos que afectan tanto al fondo como a la forma de realizar una tarea de forma que ni siquiera un óptimo sistema educativo puede bastar para compensarlo. Este acortamiento del ciclo: desarrollo científico \_ innovación tecnológica \_ proceso productivo plantea el problema del impacto social que produce un avance tecnológico acelerado y sin un cierto grado de control por parte de todos los

agentes que intervienen en el problema. Parece, pues, razonable analizar con todos los sectores responsables e implicados lo que verdaderamente se puede hacer.

Hay aún un segundo efecto que agrava el primero y es el de la deshumanización que la división y abstracción de las tareas está llevando al lugar de trabajo. Un artesano medieval producía artículos a partir de materias primas que él mismo trataba o que compraba a personas a las que conocía muy bien, y a su vez vendía la mayoría de sus productos a gentes que estaban próximas a su entorno vital. Por el contrario, en la tecnología moderna, la distancia entre suministradores, productores y usuarios está aumentando de forma continuada, y las tecnologías de la información agravan aún más esta tendencia. El lugar de trabajo tiende a ser una rendija estrecha a través de la cual es casi imposible ver el producto completo. En un gran sistema de procesamiento de información ninguna persona, de forma aislada, conoce todos los detalles. A este problema del desajuste de la formación de los individuos, como consecuencia del rápido cambio tecnológico, es al que debe dar respuesta para su solución la propia tecnología. Tiene pues pleno sentido desde estas consideraciones hablar del binomio formación y tecnología.

### **4.3 Impacto tecnológico en los países en vías de desarrollo**

El procesamiento de información una y otra vez pone de manifiesto que la perfección es un concepto idealista, que va bien para los modelos a escala de laboratorio, y es una necesidad para las formalizaciones matemáticas y lógicas, pero resulta inútil en un mundo en el que la imperfección humana es la norma. El computador, considerado como máquina de procesamiento de información de alta velocidad, tiene una propiedad muy reconfortable: nos hace ver los peligros antes de que se produzcan realmente; de manera que es posible observarlos, describirlos, modelarlos y analizarlos cuando aún se está a tiempo de solucionarlos.

Para los países en vías de desarrollo el impacto tecnológico y social es esencialmente el mismo, únicamente que puede ser mucho más fuerte y arriesgado; y tan pronto como los computadores comiencen a multiplicarse, las consecuencias se pueden desarrollar de forma más rápida. Esta aceleración podría no ser tan buena como a primera vista pudiera parecer. El computador no es un amigo natural del desarrollo de los pueblos, y una gran parte de los actuales intentos de aceleración es más que cuestionable. El computador puede convertirse en una herramienta muy útil para los países en vías de desarrollo si se aplica con cuidado y paciencia, con comprensión y disciplina. Cierta tipo de información

puede adelantar el desarrollo y ayudarlo; sin embargo, la mayor parte de la información puede únicamente ser una consecuencia del desarrollo

En otras palabras, es difícil ayudar, y mucho más hacerlo por medio del tratamiento de la información. A las mejoras por las facilidades tecnológicas pueden seguir fácilmente daños irreversibles en la sociedad en la que se inserta. El impacto social y tecnológico del procesamiento de la información se traduce en cambios en los productos y en los métodos de trabajo, de una parte, y en las tareas que realizar y en el grado de satisfacción del trabajador, de otra. Una tecnología y una cooperación adecuada en su gestión entre las organizaciones empresariales y los sindicatos basada en la realidad de la situación del trabajo y la experiencia obtenida por especialistas en informática y sociología permitiría encontrar un camino que, aunque no pueda evitar totalmente ciertas penurias, a largo plazo posibilitaría soluciones aceptables a un costo razonable.

#### **4.4 Computadores y lenguaje**

Existe también un impacto que va más allá de los detalles científicos, tecnológicos y sociológicos: el producido sobre la mentalidad y filosofía de todos los pueblos que trabajan o están influidos por el procesamiento de la información. Un análisis en profundidad de esta incidencia está fuera de nuestro alcance. No obstante, seleccionamos algunos aspectos con el fin de caracterizar el problema.

Tomemos el lenguaje como una de las manifestaciones distintivas del ser humano y consideremos las posibles influencias sobre la mentalidad de un ciudadano típico. La investigación científica del lenguaje ha demostrado que no existe una frontera inferior al concepto de lenguaje; la teoría cubre cada nivel desde los sistemas basados en signos extremadamente primitivos hasta las posibilidades más sutiles del lenguaje humano y, por supuesto, todas ellas pueden aparecer en el contexto de los computadores.

La teoría científica del lenguaje distingue entre diversos niveles de importancia creciente: sintaxis, semántica, pragmática etc. La sintaxis es el estudio de la disposición de los símbolos y las palabras; las reglas para construir expresiones bien formadas. El computador es la herramienta ideal para la operación sintáctica de los caracteres, ya que puede verificar la corrección de la entrada recibida y de la salida producida. La semántica es el estudio de las relaciones entre el texto y los objetos designados y descritos por el mismo, es decir, entre la descripción y su realidad. La corrección de la semántica no puede computarse, debe verificarse frente a la realidad, lo cual requiere la mente humana. Por lo tanto, la verificación no puede ser automatizada totalmente, y

habrá siempre un vacío entre cualquier estructura formalizada y la naturaleza viva de la mente humana.

El lenguaje refleja y contiene las infinitas posibilidades del pensamiento humano, mientras que las estructuras formales que son los modelos con los que puede operar el computador claramente son de una naturaleza finita. El sistema es más que la suma de sus partes debido al flujo de información entre los subsistemas. Una palabra es más que la secuencia de sus letras, a causa del significado que se asocia a éstas, y de su relación con otras palabras y con la realidad a la que se refiere. Este universo de relaciones se puede simbolizar mediante una nube que pende de cada elemento del texto y que parece distinta a diferentes personas. El computador no procesa la nube, solamente transforma cadenas de caracteres.

#### **4.5 ¿Hacia un nuevo orden algorítmico?**

De la misma forma que podemos convertir ciertas relaciones naturales y artificiales en expresiones matemáticas, también se pueden traducir ciertos aspectos y estructuras de la realidad en modelos formales. Ha costado tres siglos, desde comienzos del Renacimiento, que las matemáticas alcancen el universo de la ciencia, tecnología y economía actual. Estamos justamente comenzando a desarrollar modelos que van más allá de lo que habíamos formalizado desde el Renacimiento, y necesitaremos algo de tiempo para reunir experiencias en estas nuevas áreas, para reconocer y respetar sus limitaciones. El optimismo desmesurado no es útil, tal como ha demostrado el relativo fracaso de los computadores en el proceso de traducción de lenguajes naturales; un fracaso, por otra parte, fuertemente ignorado por los superoptimistas. Pero cualesquiera que sean los problemas que puedan surgir, el objetivo será almacenar un modelo tan perfecto como sea posible en la memoria del computador, porque entonces y sólo entonces se podrá aplicar y disfrutar de todas las posibilidades del procesamiento de información.

Cualquier cosa fuera de este universo orientado hacia el computador no solamente será costoso sino que resultará extraño. ¿No es posible que desarrollemos cierta hostilidad contra aquellos elementos no computarizados?. ¿Una actitud beligerante frente a las excepciones y contra todo aquello que esté más allá del orden algorítmico?. Es concebible que el procesamiento de información intensificará una forma de pensar común, que nos está ya impuesta por la ciencia. Hoy día sentimos que la ciencia puede describir y explicar la realidad completa; lo que la ciencia no explica es o un trabajo no finalizado, o algo irreal, mera imaginación. No es difícil concebir una visión del mundo que siga la misma línea, pero que está aún más restringida por las posibilidades del

computador; para todas las mentalidades, el computador puede cubrir, procesar y controlar cualquier actividad humana; lo que no ha sido programado es un trabajo en curso, y lo que no se puede procesar es o un peligro o un sueño quimérico o una solemne tontería.

Esto no es en absoluto ciencia ficción, es simplemente el paralelismo lógico de la visión derivada de la física por personas que tienen pocas nociones acerca del método fundamental y de las limitaciones del desarrollo científico y tecnológico. Creen en la física como si de una religión se tratara y prefieren estar soportados por esta seguridad pragmática sin riesgos, que es inherente en esta clase de creencia. ¿Por qué no se puede extender este planteamiento al computador, que soporta un subconjunto de la realidad de una seguridad inmensamente superior?. ¿Puede imaginar los detalles de un futuro de esta naturaleza un mundo con casi ningún trabajo ni esfuerzo humano, una jornada laboral muy reducida, vacaciones durante gran parte del año, mientras los computadores hacen cualquier cosa por nosotros y lo que no hacen no es digno de ser hecho?

Realmente no es previsible que lleguemos a esta clase de futuro. El pensamiento algorítmico impuesto y cultivado por el uso de los computadores nos fuerza a mejorar la planificación y la predicción. En el futuro examinaremos mucho más cuidadosamente lo que hemos hecho en el pasado, y de esta forma obtendremos alguna llamada de atención sobre el problema. El primer informe del Club de Roma “Los límites del crecimiento”, publicado en 1972 y elaborado por un equipo bajo la dirección de Meadows, produjo un tremendo impacto. La extrapolación del crecimiento de cinco variables: población, producción de alimentos, contaminación, industrialización y agotamiento de los recursos, conducía a resultados catastróficos en el plazo de pocos años. El crecimiento no podía seguir un ritmo exponencial. La única vía de solución es ir más lentamente. Se hace, pues, necesario alcanzar el equilibrio, ya que en caso contrario se produciría agotamiento y posterior hundimiento.

Este informe es un ejemplo sobresaliente de lo que estamos diciendo: no es tan importante cuán correctos sean en el momento de su publicación, ni tan siquiera si las predicciones que arrojan describen el futuro. Lo esencial es que los modelos fueron posibles a través del procesamiento automático de la información, y que los consejos que de los mismos se derivan se escuchen y reciban con la atención que merecen por quien tiene competencias. En este contexto es bueno reflexionar sobre los impactos no esperados que las tecnologías de la información han producido.

En los primeros días de los computadores se podía haber confiado (y muchos lo hicieron) en que por medio de las grandes posibilidades de los computadores, la economía podría llegar a convertirse en una ciencia exacta, como la física y la química. Por supuesto que los grandes economistas no cayeron en la trampa. Así Oscar Morgenstern, coautor con John von Neumann de “Teoría de juegos y conducta económica”, ha luchado toda su vida contra esta creencia, particularmente si se basaba en su teoría de juegos. Lo que realmente ha sucedido en los últimos tiempos no ha sido que la economía se transformó en una ciencia exacta, sino que la ciencia de la computación se hizo más inexacta, en el sentido de que la característica de incertidumbre se extiende al diseño de los propios sistemas.

Es necesario planificar durante más tiempo los sistemas, antes de entregarlos, y eso quiere decir que deben responder en un entorno que nadie puede predecir y describir de forma precisa en el momento de su desarrollo. Cuando el sistema que se concibe hoy día esté en servicio, podría suceder que fueran erróneas muchas de las hipótesis en las que se basaba. Durante la vida de este sistema pueden incluso cambiar sustancialmente. La naturaleza no mecánica de nuestro entorno actual se hace cada vez más aparente y esto indudablemente tendrá un impacto sobre la sociedad. En particular por lo que respecta al pensamiento algorítmico, nadie negará la elegancia y utilidad del concepto, pero sus limitaciones y dependencias de los hechos fuera de este contexto hay que tenerlo siempre presente. La necesidad de planificar y predecir el futuro a pesar de las muchas incertidumbres nos enseñará que los juicios, más allá de la confirmación científica, son tan importantes en muchos casos hoy día como lo fueron en el pasado. La única forma de vencer a los elementos inciertos es la planificación y la predicción, es esforzarse en dar a nuestras creaciones una flexibilidad máxima para que puedan adaptarse fácilmente a sucesos y tendencias impredecibles o inesperados.

A pesar de todo, bastantes personas no se dejan llevar por la corriente respecto a los nuevos métodos tecnológicos e incluso mantienen un punto de vista crítico sobre sus propios éxitos. Como un ejemplo de esta corriente, se puede citar al renombrado especialista en computadores Joseph Weizenbaum, profesor en el MIT, quien en su libro “Computer power and human reason from judgement to calculation” proporciona una serie de argumentos muy cualificados. En realidad, su libro es una excelente descripción de muchos aspectos del impacto de las tecnologías de la información sobre la sociedad. Weizenbaum es crítico pero no pesimista, y es difícil no estar de acuerdo con su tesis fundamental: el computador es una de las más importantes y potentes herramientas que la

tecnología ha puesto en manos de la humanidad. Cualquier herramienta moderna incluye ciertos peligros y debe tener fuertes impactos positivos y negativos sobre la sociedad. El conformar qué tendencia va a ser la dominante a largo plazo está en nuestras manos, en las manos de los gobiernos que elegimos, de los especialistas y de todos los que trabajan en el apasionante campo de las tecnologías de la información y en las manos, en definitiva; de todos los individuos que se benefician y perjudican por el procesamiento automático de la información.

Podemos imaginar un sistema computarizado en el que el ciudadano pueda enviar mucha más información a su gobierno y en el cual, sin embargo, la restricción para cualquier elección humana, la potencia de las interdependencias lógicas y el peso de los hechos objetivos se hagan mucho más transparentes a la sociedad en su conjunto. El ejercicio de un derecho lleva consigo el respeto por la realidad y responsabilidad de la sociedad, virtudes no reconocidas particularmente por las formas presentes de toma de decisiones en las sociedades democráticas, pero que ponen de manifiesto la importancia de un mundo computarizado en el que cualquier tipo de decisión pública por votación debe depender de disponer de la información adecuada, porque, si no, la ejecución automática de la decisión tendrá consecuencias catastróficas. Los sistemas políticos asistidos por computador no han sido todavía intentados. En muchos aspectos aún es demasiado pronto, pero resulta obvio que en el futuro se introducirán esquemas de este tipo.

Tal impacto del procesamiento de la información no significará una era llena de satisfacción y felicidad. Pero, al menos, el hombre será capaz de decidir, utilizando los medios que las nuevas tecnologías de la información pone a su alcance. Nuestro destino permanecerá en nuestras manos, incluso en un entorno tecnológico altamente automatizado, porque el procesamiento de la información nos devolverá otra vez la toma de decisiones.

Un sistema de ciencia y tecnología que se fundamente en la información y en el lenguaje, dos de las propiedades más elevadas de la mente humana, solamente puede tener a largo plazo un impacto general: el retorno de nuestra confianza en la humanidad y en las actitudes morales y éticas del ser humano.