

# UN MUNDO DISTINTO: LOS EFECTOS SOCIALES DE UNA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

RICARDO ISRAEL ZIPPER  
Universidad de Chile

*"En 1976 hablé con un Senador norteamericano, quien no sabía que un satélite podía ser usado para telecomunicaciones".*

James Martin, autor de *The Wired Society*, Prentice-Hall, New Jersey, 1978.

La importancia de la ciencia y de la tecnología es imposible de negar. En términos sociales, la invención de la imprenta tuvo una importancia mayor que muchas guerras, ya que éstas afectan tan sólo a un porcentaje de la población mundial. Basta al respecto pensar en los efectos de la Revolución Industrial y en el hecho que prácticamente no existe un lugar en la tierra que no se haya visto afectado por la amplificación que el hombre hizo de su poder muscular a través de la utilización de la máquina. Esa revolución trajo consigo profundos cambios en todo aspecto de la vida humana: influyó en la economía, en el individuo, en la vida familiar, en las ideas, en la educación, etc., es decir, en la sociedad entera. Todo ello ocurrió con gran rapidez y en menos de un siglo el mundo entero era irreconocible. Una vez que el proceso de transformación se desató, su dinámica fue tal que nadie pudo detenerlo. Sus contemporáneos no previeron la velocidad y profundidad del cambio: todo había cambiado antes que la mayor parte de la gente se diera cuenta de lo que había sucedido.

La humanidad se aproxima con rapidez a otro momento decisivo de su evolución, otra revolución que en esencia consiste en el movimiento "desde la amplificación y emancipación del poder de los músculos a la amplificación y emancipación del poder del cerebro"<sup>1</sup>. Al igual que en la

<sup>1</sup>EVANS, C., *The Mighty Micro*, V. Gollancz Ltd. London, 1979, p. 11.

primera Revolución Industrial su impacto será tal que afectará a todo ser humano, en todo aspecto de su vida cotidiana. No se trata de un futuro remoto, sino de algo inminente, moldeado por desarrollos tecnológicos, cuyo impacto recién comienza a ser sentido y que todavía no son apreciados en toda su magnitud.

En las páginas siguientes mencionaremos a la microelectrónica, la computación, la robotización, las telecomunicaciones, la informática, es decir, nos referiremos a desarrollos recientes que son parte de lo que se conoce con el nombre de "nuevas tecnologías". Intentaremos entregar antecedentes acerca de los cambios que nos depara el futuro cercano, como consecuencia de la masificación de esas tecnologías y hablaremos un poco acerca de su posible impacto en la sociedad.

La computación y la cibernética no son sinónimos, aunque su campo sea similar. La ciencia de la cibernética se preocupa del control dinámico de procesos complejos, incluyendo el social. Para la cibernética, la computación y las comunicaciones equivalen a los medios tecnológicos utilizables para la implementación práctica de los conceptos cibernéticos. A su vez, la microelectrónica es el resultado de la evolución de la tecnología del transistor dirigida a disminuir el tamaño de los componentes semi-conductores y combinar los elementos de circuito en un pequeño y único rectángulo o chip de silicio (*silicon chip*). Este microchip es un circuito eléctrico en miniatura que contiene miles de componentes eléctricos diferentes impresos en una diminuta galleta de silicio. El circuito mismo es llamado un circuito integrado.

En los últimos años, estos poderosos circuitos integrados, en virtud de su reducido tamaño, han revolucionado la tecnología del computador. Han aumentado en forma notable la capacidad, sofisticación y confiabilidad de todos los aparatos electrónicos, desde juegos infantiles a las computadoras más complejas. Los avances de la microelectrónica han permitido la aparición del microprocesador (*microprocessor*), que es un tipo de chip que puede contener todas las funciones de computación de un computador clásico. No sólo es pequeño, barato y confiable, sino también extremadamente flexible: tiene miles de aplicaciones y usos potenciales diferentes porque puede ser programado de muchas y distintas maneras. Es el equivalente microelectrónico del "cerebro" de un computador.

En el pasado, los circuitos electrónicos eran construidos con miles de válvulas y después transistores separados. Hoy día están impresos en pequeños "chips" de silicio. Un procesador central (*central processor*) com-

pleto de un computador puede ser construido sobre un chip. Es tan pequeño que un microprocesador común y corriente, producido en masa y conteniendo miles de circuitos, no pesa más que un par de gramos y mide 0/011 de un pie cúbico, lo que permite eliminar las inmensas unidades que hasta hace pocos años eran usadas para almacenar los datos y las instrucciones. De igual importancia es el hecho que los circuitos microelectrónicos eliminan la necesidad del alambraje, lo que los hace mucho más confiables.

Los microprocesadores pueden ser producidos en grandes cantidades a un bajísimo costo por unidad. Su impacto en la economía será notable. Las computadoras serán más pequeñas y baratas, con lo que su uso aumentará hasta transformarse en uno de los artefactos tecnológicos más comunes del mundo. La microelectrónica creará una nueva variedad de artículos de consumo y, aún más importante, la naturaleza del trabajo se alterará radicalmente.

Todos concuerdan en que la microelectrónica transformará nuestras vidas en la década del 80. Lo que se discute es acerca de su rapidez y si se podrán evitar costos sociales y económicos destructivos.

Los optimistas plantean que el cambio tecnológico al mismo tiempo de destruir viejos empleos crea nuevos: así los maquinistas de tren habrían reemplazado a los conductores de las diligencias. Argumentan que no existe ninguna evidencia histórica que en la suma general existan menos empleos en una sociedad determinada como consecuencia de los avances tecnológicos. Sobre esa base, la organización patronal británica CBI (Confederation of British Industries) espera que la microelectrónica cree 2,5 millones de nuevos trabajos en ese país en la década del 80. Un informe del Departamento del Empleo ("The Manpower Implications of Micro-Electronic Technology") del Reino Unido, publicado en diciembre de 1979, señala que la introducción de nuevas tecnologías basadas en la robotización y en el microprocesador "no debiera crear desempleo en el corto plazo". Plantea que —por el contrario— a través del aumento de la productividad y la reducción de los costos unitarios, las nuevas tecnologías "crearán oportunidades para un crecimiento económico y por lo tanto (más) empleos". La condición para ello consistiría en la existencia de "una fuerza de trabajo flexible que adquiera las nuevas habilidades con rapidez".

Para los pesimistas, la revolución de la microelectrónica es diferente a antiguas transformaciones: esta vez el cambio será tan rápido y en tantos sectores, que los viejos empleos desaparecerán en forma mucho más veloz

que la aparición de nuevos. Así Jenkins y Sherman en el libro *The Collapse of Work* predicen 5 millones de desempleados en Gran Bretaña al finalizar el siglo como consecuencia de la microelectrónica.

Otros ven en la computación un peligro para la Humanidad. El experto Joseph Weizenbaum piensa que "a menos que cesemos de instalar sistemas de computadoras incomprensibles, el mundo se encamina a una catástrofe de información". Weizenbaum, quien integró el grupo de la transnacional General Electric que desarrolló el primer sistema de computadoras para la contabilidad de depósitos bancarios, argumenta que los complejos sistemas modernos de computación son impredecibles porque no están bajo el control de sus operadores: "La mayoría de los sistemas modernos de computación no se entienden y los usuarios de los sistemas pasan a depender de las máquinas y abdican de la responsabilidad de controlarlas".

El científico especifica que al referirse a una eventual "catástrofe de información" piensa en un incidente ocurrido en noviembre de 1979, cuando las computadoras de la Defensa Aérea de Estados Unidos indicaron durante seis minutos que un submarino soviético había lanzado cohetes en el Pacífico hacia el continente norteamericano, lo cual era falso, pero tuvo al mundo al borde de una crisis inmanejable. Los propios informes del Pentágono indicarían que los errores de sus computadoras provocan una alerta nuclear por semana. Esta situación de errores computacionales frecuentes se reproduciría a través de muchas organizaciones en el orbe, aunque sin la gravedad del caso mencionado.

Nos enfrentamos a una situación en que en menos de dos décadas, el computador ha producido un impacto profundo. Diversos sectores son de tal forma dependientes de él, que sin su concurso los gobiernos y las transnacionales no podrían funcionar de la misma manera. Hasta ahora ha contribuido en forma positiva a la administración y las ciencias, pero su efecto ha sido modesto en la vida diaria y en el empleo.

Sin embargo, gracias a la microelectrónica este proceso ha empezado a acelerarse en forma notoria. El hecho de poder disponer de un circuito microscópico en un chip con el mismo poder que una pieza llena de maquinaria de hace 20 años, está alterando los términos de la ecuación. Hoy, con menos de US\$ 1.000 se adquiere un mayor poder computacional que lo que se compraba con más de US\$ 25 millones en los inicios de esta joven industria. Hoy no se discute acerca de cuántos ángeles caben en un

alfiler, sino cuántos transistores. Y es una revolución que está recién empezando.

El impacto del chip proviene de su tamaño: podemos poner todo un circuito microscópico en menos de un cuarto de pulgada a un costo inferior a un dólar. El chip es barato porque es pequeño. Al ser diminuto es rápido, debido a que los mensajes electrónicos no deben recorrer una gran distancia. También su tamaño permite que se le ubique en cualquier lugar físico o geográfico. La microelectrónica permite concretar algo que hasta la década de 1960 parecía ser ciencia ficción: la hipótesis de que un computador puede realizar todo aquello que los seres humanos le pueden definir con precisión.

Este cambio tecnológico presupone también el tránsito hacia una economía donde las "industrias del conocimiento" adquieren una importancia central y la manufactura —aunque automatizada— pierde la predominancia que adquirió con la Revolución Industrial. La información pasa a agregarse a la lista tradicional de los factores económicos claves: trabajo, tierra, capital y materias primas. La información proporciona riqueza, y un acceso rápido a aquella es fuente de poder.

Desde un punto de vista económico, el chip proporciona una eficiencia mucho mayor en la utilización de las materias primas y reduce el consumo de energía. Ello tendrá un efecto mayúsculo en un mundo angustiado por el problema del petróleo. En efecto, de mantenerse las actuales tasas de su consumo y de no descubrirse nuevos yacimientos, las reservas se agotarían en menos de 75 años.

Existen movimientos que hablan de un retorno a la naturaleza y de la cancelación de un modelo de vida basado en la máquina. Sin embargo, ésa no es una respuesta viable, ya que alimentar a billones de personas requiere de una tecnología avanzada.

Es verdad que una etapa de industrialización sustentada en energía y metales baratos es cosa del pasado. Sin embargo, la microelectrónica y fuentes alternativas de energía (como la solar, por ejemplo) pueden proporcionar fuentes inimaginables de recursos. En 1970, un grupo de estudiantes pintaron una palabra en letras gigantescas frente al edificio de las Naciones Unidas en Nueva York: la palabra era Ecología. Aún hoy está ausente de muchos diccionarios. El avance tecnológico ha destruido mucho de la naturaleza y de continuar así podría conducir al desastre: los recursos no-renovables de la tierra podrían agotarse. El medio más seguro para la subsistencia en un mundo complejo no es necesariamente más

tecnología, pero sí, una mejor tecnología, de un tipo distinto. Existe un convencimiento creciente de que se deberá buscar conscientemente un tipo que esté en armonía con la naturaleza y que no sea destructivo de la ecología.

En este trabajo hablaremos de una revolución tecnológica que está ocurriendo en nuestras propias narices, que cambiará modos de producir y consumir, que afectará la salud, la educación, el trabajo y la estructura ocupacional: el tejido mismo de la sociedad será afectado. Se podrán operar máquinas a grandes distancias y el avance en telecomunicaciones substituirá buena parte de la necesidad de viajar, consumiendo poca energía. Los satélites generarán su propia energía de la luz solar en el espacio. Aparecerán lasers semi-conductores y nuevos cables de fibra óptica (es decir, el uso de señales de luz que viajan a través de tubos de vidrio del grosor de un cabello). La microelectrónica se basa en el silicio, uno de los elementos más abundantes de la Tierra. Todo ello redundará en la posibilidad de transmitir toda la información que la imaginación requiera. Los límites que existen en otros campos de la actividad humana no son apreciados de la misma forma en la visión optimista que caracteriza a las telecomunicaciones y a la microelectrónica, que nos dicen que en pocos años la televisión nos ofrecerá una alternativa al periódico y los usuarios podrán seleccionar las noticias que les interesan, como también se podrán hacer compras sin abandonar el hogar.

Una sociedad basada en el microchip tendrá un efecto parecido, en el empleo en las fábricas, al que la Revolución Industrial tuvo en su oportunidad sobre los trabajadores agrícolas. Con rapidez, áreas de trabajo humano serán literalmente tomadas por una microelectrónica cada vez más barata. Los trabajos que desaparecerán no estarán limitados a labores peligrosas o rutinarias. Un sistema de diseño computarizado trabaja mejor y más barato que un diseñador. El trabajo de un tipógrafo será automatizado. Microcomputadores llamados Procesadores de Texto (*Word Processors*) reemplazarán no sólo a la máquina de escribir, sino también a muchas secretarías y mecanógrafas. Los avances en manipulación y procesamiento de información afectarán a muchos empleados administrativos y ejecutivos de nivel bajo y mediano. Por último, un computador puede contener la información que se atesora en la cabeza y en la experiencia de muchos profesionales, sean éstos médicos, abogados o contadores. En otras palabras, no habrá prácticamente un sector de la división especializada del trabajo que trajo consigo la Revolución Industrial, que permanezca incólume. El microchip

nos afectará a todos y afectará a nuestras vidas al cambiar la manera como nos relacionamos con el mundo y con nuestros semejantes.

¿Será este cambio para mejor o peor? La divergencia de las respuestas a esta pregunta fundamental es absoluta, pareciendo no existir un término medio entre los polos que se enfrentan. Por un lado, algunos futuristas nos hablan de una nueva Utopía, en la cual los trabajos no creativos desaparecerán y la humanidad entera será más rica y dispondrá de todo el tiempo libre que desee. Por el otro lado, se nos advierte con dramatismo del colapso de instituciones democráticas, de desórdenes masivos de los desempleados y de regímenes totalitarios (de izquierda o de derecha, de acuerdo a las preferencias políticas de los autores) controlando la vida cotidiana de los ciudadanos gracias a las nuevas tecnologías.

Estas alternativas pueden parecer de ciencia ficción, pero la participación de un número creciente de académicos y de sindicalistas, les ha conferido la suficiente respetabilidad como para alcanzar los titulares de una prensa ávida de debates sensacionalistas. El debate rompe horizontalmente con las divisiones políticas, y es frecuente encontrar tanto a conservadores como progresistas en uno u otro lado de los términos de la discusión, aunque, en general, pocos gobernantes parecen estar preparados para especular acerca de las consecuencias más allá del plazo de la próxima contienda electoral.

El debate está recién empezando y sólo los economistas son unánimes en un punto: en un mundo competitivo, pareciera que no hay alternativa a una utilización rápida y profunda del chip para modernizar la producción y los servicios. Aquel país que así no proceda quedará irremediamente rezagado y sus habitantes deberán prepararse para sufrir un descenso fuerte de sus niveles de vida.

La revolución tecnológica que vivimos permite saltarse etapas consideradas tradicionales en el modelo industrializador anterior al microprocesador. Además, las dos "materias primas" esenciales son potencialmente inextinguibles: el silicio (se le encuentra en cualquier playa del mundo) de arena para fabricarlo y el cerebro humano, para programarlo.

El microprocesador consiste en una pequeña placa de arena prensada sobre la que está impresa toda la base de un computador: unidad de cálculo, la memoria de datos, la función de programas y la unidad de salida. Todo programable a voluntad. El tamaño de un milímetro cuadrado de un microprocesador es absolutamente secundario en relación a su potencia y a la revolución que está en marcha. En la velocidad de cálculo

encontramos la clave de su poder. Su velocidad de procesamiento de datos es fabulosa: ya se habla de la milmillonésima de segundo. El transistor básico del chip en el que se funda el microprocesador mide tres micras y el grueso de un cabello humano es de 100 micras; por consiguiente, el transistor de un microprocesador es 30 veces más delgado que un cabello humano.

Adecuadamente programado, el computador y el robot pueden hacer lo que les pidan, más rápido, más barato y muchas veces mejor. Es verdad en la fábrica, es verdad en los aparatos domésticos, es verdad también en la oficina, lo que permitirá una información tal que suprimirá buena parte de los documentos físicos y de la necesidad de las manipulaciones telefónicas. Un aparato (con memoria) con teclas para enviar mensajes y una pantalla para recibirlos tomará en sus manos la responsabilidad de organizar todas las funciones que se realizan diariamente en una oficina. El computador hogareño (*home computer*) estará en la casa ayudando a hacer las tareas de los niños, controlando el presupuesto familiar y revisando la declaración de impuestos. Es decir, se informatizará lo cotidiano.

La expansión de los microprocesadores será ayudada por las telecomunicaciones. La electrónica podrá ser multiplicada cuando las comunicaciones a distancia adopten en forma generalizada el mismo código binario. En otras palabras, la digitalización de las comunicaciones. Los médicos podrán examinar y diagnosticar a distancia. En la educación, la presencia física del profesor será complementada por la enseñanza hecha por un sistema informatizado. La necesidad del transporte de personas se verá reducida por la transmisión de informaciones. Grandes fábricas con miles de trabajadores cederán su lugar a un conjunto de pequeños grupos que trabajan ya sea desde su hogar o de lugares equidistantes a su residencia, conectados a los computadores y robots que permanecerán en la fábrica.

En las páginas anteriores sólo hemos desarrollado lo ya existente o proyectado, lo que se investiga en laboratorios, y al respecto postulamos la necesidad de separar lo existente de la ciencia ficción, desde el momento que la Inteligencia Artificial no existe. Un computador no piensa, es un bruto que hace lo que se le ordena. Por ello, mientras más haya, mayor será la necesidad de la contribución humana.

A menos que se le indique cómo y en qué trabajar, un computador es sólo una colección de piezas metálicas. Un computador equivale a una máquina electrónica-mecánica que realiza operaciones rapidísimas, utilizando la información que se le proporciona. Es tan sólo una máquina con



una velocidad y una memoria extraordinariamente superior al ser humano.

La Unidad de Proceso y la Unidad de Control son llamadas CPU (*Central Processing Unit*, Unidad de Procesamiento Central). Conjuntamente con la Memoria constituyen el núcleo básico del computador. Los medios de comunicación de éste (Unidades de Entrada y Salida) pueden ser tarjetas, cintas, discos magnéticos, etc. El lenguaje para comunicarse es especialmente inventado. Fortran, Cobol y otros equivalen a los distintos idiomas de este lenguaje. La Memoria, la CPU y las Unidades de Entrada y Salida constituyen técnicamente un computador. Es el llamado *Hardware*. Un computador puede ser instruido para que él mismo "traduzca" los varios "dialectos" con que los seres humanos se comunican con éste. El aparato que cumple esta función se llama compilador (*Compiler*).

Existen dos formas de referirnos a los antecedentes de la computación: una remota, se iniciaría con Tales de Mileto, quien formuló los primeros conceptos relacionados con la electricidad. En el mismo esquema, pero en fecha mucho más cercana, la historia se iniciaría con Blas Pascal, quien en 1642 inventó la primera máquina de sumar, o con Godofredo Leibnitz, quien en 1694 apareció con la primera máquina de multiplicar.

La teoría de la computación comienza a dar sus primeros pasos en el siglo pasado, pero sólo al término de la década del 30 de este siglo la tecnología permite la fabricación de los primeros componentes electrónicos: las válvulas al vacío. En las décadas siguientes aparecen el transistor (el vaso sanguíneo del microprocesador), el circuito integrado (con su pastilla o chip) y los semiconductores que permiten la aparición de los computadores tal como los conocemos hoy.

Se puede acreditar a la microelectrónica con buena parte de los logros tecnológicos más importantes de las dos últimas décadas. Basta pensar en productos que varían desde los satélites de comunicaciones a las calculadoras de bolsillo. Donde esta evolución tecnológica es más notoria es en el progreso del microprocesador o microcomputador. Un microprocesador es la CPU de un pequeño computador y su circuito asociado, reducido fotográficamente y empotrado en un pequeño chip de silicio. El chip realiza las tareas designadas a través de impulsos electrónicos utilizando instrucciones pre-codificadas.

El microcomputador se ha movido desde ser un artefacto exótico a uno común en menos de una década. Está presente en automóviles, máqui-

nas de escribir, cocinas, grabadoras de video y una gran variedad de otros productos.

El avance ha sido extraordinariamente rápido. En 1960 se ponía un *bit* (un dígito de información binaria) en un chip. En 1980, un chip lleva 65.636 bits. El transistor que costaba US\$ 20 en 1960 como un aparato separado, en 1980 costaba 1/50 de un centavo de dólar como parte de un circuito integrado. El costo de hacer un millón de cálculos de computación ha bajado de US\$ 1,26 a 7 centavos en el transcurso del mismo período. Ninguna otra industria en la historia de la humanidad ha alcanzado objetivos aparentemente contradictorios de mayor rendimiento y menor costo en un lapso tan reducido.

Cuando aparecieron los primeros computadores, la prensa los llamó "cerebros electrónicos". Sin embargo, a principio de los años cincuenta, un computador que contuviera el mismo número de elementos funcionales que el cerebro, hubiese sido del tamaño de Londres y hubiese necesitado tanta energía como todo el sistema del Metro londinense. El proceso de miniaturización ha sido tan rápido que de acuerdo a Evans<sup>2</sup>, si quisiéramos usar la analogía computador/cerebro nos encontraríamos con lo siguiente: un computador que en 1950 quisiera tener el equivalente a las neuronas del cerebro humano, sería del tamaño del Gran Londres, ya que no se disponía de otra tecnología que las válvulas. En 1960, gracias a la aparición de los transistores, un computador que se quisiera asemejar a un cerebro, hubiese sido del tamaño del Albert Hall de Londres y hubiese necesitado de una energía equivalente a un generador de 10 Kw. A principios de los '70, gracias a los circuitos integrados, el computador se había comprimido aún más y sólo era necesario uno del tamaño de un bus londinense. Con la integración a gran escala, se necesitaba uno equivalente a un automóvil y a mediados de la misma década, el avance tecnológico de la miniaturización lograba que para tener un computador con un número de componentes individuales semejante a las neuronas del cerebro, sólo fuera necesario uno del tamaño de un televisor. Ello en cuanto al número de componentes, ya que en lo relativo a sus funciones, un cerebro humano sigue siendo mucho más complejo que el más sofisticado de los computadores.

El microprocesador fue inventado en 1972, constituyéndose en el mayor avance en electrónica en un cuarto de siglo. Lo que lo hace revolucionario es el hecho que sea programable, es decir, que la secuencia de

<sup>2</sup>EVANS, C., op. cit., pp. 55-56.

instrucciones que sigue pueda ser cambiada. En otras palabras, el mismo componente puede cumplir una variedad casi infinita de tareas. El otro elemento que lo hace revolucionario se extrae de lo que recién señaláramos en relación al proceso de miniaturización: que el tamaño de los componentes individuales se ha reducido a una fracción de su tamaño original.

El avance también se puede medir en los modelos de receptores de radio. En 1948, un modelo típico poseía tubos o válvulas interconectados, los que transmitían una corriente de electrones a través de un vacío entre electrodos. Un tubo de vidrio era necesario para contener los electrodos y el vacío. A fines de 1950, un modelo típico funcionaba a través de una combinación de válvulas y los primeros transistores (que habían sido inventados en 1947). Aquí la corriente que conectaba los electrodos se deslizaba a través de materiales sólidos conocidos como semiconductores que reemplazaban a los voluminosos tubos anteriores. El transistor se hacía de silicio, el más económico de los semiconductores. En 1961, tenemos un nuevo modelo, totalmente transistorizado, que utilizaba los primeros circuitos integrados (inventados en 1959). Cada circuito contenía varios transistores interconectados en una pieza de silicio.

A partir de 1959, la integración procedió tan rápidamente que el número de transistores en una pieza de silicio se ha duplicado cada año. A principio de los '60 se ponían 10 transistores en un chip. Hoy, de 1.000 a 100.000 componentes. Productos cada vez más compactos permiten que el equipo en el que son incorporados adquiera nuevas funciones: mejor calidad de la recepción y del sonido, radios que pueden cambiar canales en forma automática en respuesta a cambios de frecuencia (especialmente útil en un automóvil), etc. Esto último es posible gracias a la incorporación de un microprocesador.

En esencia, un microprocesador es un tipo complejo de circuito integrado que puede contener en un solo chip el equivalente al procesador central (*central processor*) de un minicomputador —es decir, la parte que cumple con las funciones lógicas y aritméticas— más alguna memoria, que se utiliza para almacenar las instrucciones básicas. El microprocesador trabaja en conjunción con los chips que almacenan la información y con los chips que se utilizan para obtener información hacia y desde el procesador central.

El microprocesador puede ser equiparado a un cerebro humano en el sentido de ser un procesador de información ligado a una memoria. En esto y nada más, ya que el cerebro humano puede aprender de y responder

a una variedad infinita de estímulos. Un ser humano puede también hacer elecciones. En cambio, ningún microprocesador puede elegir alternativas en situaciones nuevas, ya que sólo puede realizar aquello para lo que ha sido programado y sólo sobre la base de la información que le ha sido proporcionada.

De aquí provienen sus limitaciones, pero también sus ventajas, ya que un microprocesador puede ser programado para controlar aquellos trabajos rutinarios, aburridos y repetitivos que son efectuados por la gran mayoría de los trabajadores del mundo, sea en la fábrica o en la oficina. En toda oficina se recibe algún tipo de información que es acumulada, procesada y, una vez digerida, es enviada a trabajadores, gobiernos, clientes o socios. Se entregan y se reciben instrucciones, pedidos, cuentas y órdenes de pago. Así, los lápices y las máquinas de escribir mantienen ocupados a un considerable porcentaje de la población trabajadora mundial.

La afirmación de que las nuevas tecnologías van a alterar dramáticamente la forma en que esto se realiza, no se refiere sólo a modificaciones individuales, sino principalmente a un cambio en el sistema mismo de trabajo. Desaparece un sistema basado en el procesamiento de la información en el papel, su archivo en estantes y su envío a través del Correo. Las nuevas tecnologías permiten que la información se registre directamente en un equipo computarizado, y sea visible en la pantalla a través del código respectivo. En vez de ser enviada a través de Correos, la información pasa a ser transmitida a través de redes de telecomunicación y satélites a las pantallas de otras casas u oficinas. Todo ello, instantáneamente. Por su parte, los pagos no se canalizan más a través de esa oficina en forma de cheques o dinero, sino que una red computarizada permite pagos automáticos al interior del sistema bancario y entre el sistema bancario, los hogares y el comercio.

En la misma oficina las Procesadoras de Texto permiten en forma electrónica la corrección o supresión de párrafos enteros. El computador permite la eliminación de la mayor parte del papeleo, comunicaciones telefónicas programadas, correspondencia electrónica, etc. Los conceptos considerados tradicionales en administración deberán ser revisados, desde el momento que toda estructura burocrática dependiente del flujo de información empieza a ser definida en torno a la utilización de sistemas electrónicos.

En la industria, la electrónica se hace presente bajo la forma de robots en el proceso productivo y de dispositivos relacionados con el control de

calidad, toma y programación de inventarios. Maquinarias que utilizan circuitos de microprocesación han empezado a reemplazar a seres humanos en las líneas de montaje, así como en el manejo de sustancias tóxicas.

En el hogar, el bajo costo de microcircuitos permitirá en corto plazo el acceso masivo a los minicomputadores personales. Una vez que se logre el desarrollo de lenguajes más complejos, será cada vez más simple comunicarse con una computadora. Estos aparatos serán considerados de uso doméstico y su conexión a redes internacionales de comunicación alterará radicalmente el carácter de la convivencia familiar.

La unión combinatoria de las telecomunicaciones y la tecnología de la computación ha producido la telemática. Los nuevos sistemas de comunicación se caracterizan por su altísima velocidad y su bajo costo. Los bancos de datos se desarrollarán cada vez más ayudados por avances en la tecnología de memorias que serán capaces de almacenar cantidades prácticamente ilimitadas de información. Por su parte, las telecomunicaciones y los satélites permitirán la operación de redes de computación que harán posible el acceso a cualquier banco de datos. De esta forma la microelectrónica se sitúa en el centro de una etapa de la evolución humana caracterizada por la importancia de la informática, es decir, una era donde el flujo informativo de cualquier tipo es básico para el funcionamiento de la sociedad.

Si comparamos los tubos electrónicos con los microcircuitos, vemos que los últimos son más de diez mil veces más confiables, su rapidez de operación es miles de veces mayor, al igual que el poder de su memoria. Sin embargo, el costo es marcadamente inferior. Todo ello en menos de 30 años.

El desarrollo de las nuevas tecnologías difiere de las invenciones del pasado en un punto: en el siglo pasado se podía afirmar con seguridad el nombre del inventor y la fecha del invento del teléfono o de la luz eléctrica. Hoy, el carácter complejo e interdisciplinario de la ciencia moderna impide entregar nombres o fechas con absoluta precisión. Nadie puede asegurar sin ser rebatido que tal persona inventó la computación o que en tal fecha se descubrió la microelectrónica.

A pesar de ello se puede decir que el proceso de maduración de una nueva ciencia se produjo durante la segunda guerra mundial, aprovechando los avances en electricidad y electromagnetismo. Desde un principio estuvo íntimamente ligada a los desarrollos en comunicaciones, desde el momento que se refería a la transmisión de impulsos eléctricos. El problema que se planteaba era cómo reemplazar funciones humanas, hasta

entonces consideradas absolutamente irremplazables, con circuitos de procesamiento y control electrónico mucho más confiables. Se descubrió que la presencia o ausencia de un impulso eléctrico en un circuito determinado permitía trabajar con señales binarias (0/1 por ejemplo) por intermedio de las cuales era posible comunicar, procesar y recibir pulsos programados que indicaban en forma precisa la información necesaria o entregaban las instrucciones a ser realizadas.

La electrónica de estado sólido permitió un bajo consumo de energía, mayor rapidez operacional y reducciones en gran escala que nos conducirían a la microelectrónica, que logró su bautismo de fuego el día que se logró imprimir en un diminuto chip de silicio circuitos complejos que reemplazaban a partes enteras de maquinaria ya anticuada. El avance no se detuvo allí y la "impresión" fotográfica de microcircuitos permitió aumentar la cantidad y la complejidad de los circuitos de cada chip, al mismo tiempo de reducir su tamaño. De la Integración se pasaba a la Integración en Gran Escala (LSI, *Large Scale Integration*).

Esta nueva tecnología se ha desarrollado en un marco económico bien preciso. El auge económico de los países capitalistas desarrollados que se inició después de la segunda guerra mundial terminó en 1974. En los países de la OECD (*Organization of Economic Cooperation and Development*)<sup>3</sup>, la producción bajó bruscamente entre julio de 1974 y abril de 1975 y el desempleo subió de 8 a 15 millones. En el Reino Unido, el valor de las acciones en el Mercado de Londres descendió en un 50% en 1974, más que en la famosa crisis de 1929. Aunque nominalmente los salarios subieron, su poder adquisitivo descendió marcadamente. La brecha entre gastos e ingresos del gobierno aumentó, con lo que se agravó la crisis fiscal y por primera vez desde el establecimiento del Estado de Bienestar de la post-guerra se hicieron planes para reducir sus servicios.

Desde entonces el mensaje a los empleadores ha sido consistente: utilice la nueva tecnología y baje sus costos. Cambie empleados por utilidades. Un mensaje que indudablemente suena atractivo en un mundo que sufre una recesión económica. A diferencia de otros períodos de rápida innovación tecnológica, todo sector de la economía será afectado al mismo tiempo por la nueva tecnología. Muchos perderán su trabajo. Aquellos que lo retengan trabajarán bajo condiciones distintas. El obrero especializado ya no será tan necesario, como tampoco grandes concentraciones de tra-

<sup>3</sup>En la OECD están agrupados los países capitalistas más ricos.

bajadores en una misma planta. El rendimiento del trabajador podrá ser medido mucho más estrechamente. Con ello, el control (y el poder) de los empleadores aumentará.

A nivel mundial, los precios cada vez más bajos del nuevo equipo y el hecho que puedan ser operados por trabajadores con escasa calificación, abre de par en par las puertas de un masivo redespliegue industrial. En vez de traer trabajadores de la periferia hacia los países industrializados, las industrias continuarán moviéndose hacia países del tercer mundo. A países como el Reino Unido se les dice que el precio de la no-introducción de la nueva tecnología será aún más pobreza y desempleo en el largo plazo. En una economía en la que la microelectrónica sea central, el problema de cada vez menos trabajadores en tareas productivas se va a plantear por lo siguiente: para mantener la competitividad, el nuevo capital se invertirá en tecnología cada vez más intensiva en capital y no en trabajo. La alternativa es clara: o nueva tecnología y desempleo o una crisis y un desempleo aún mayor. Difícil situación cuando a un pueblo se le ofrecen sólo esas alternativas.

Todos los gobiernos del mundo industrializado han promovido una gran ofensiva para introducir la nueva tecnología. En la propaganda se evita responder acerca de quien controla esta tecnología y quien se beneficia de su introducción. La respuesta a estas inquietudes es clave, ya que la nueva tecnología moldeará nuestras vidas por un largo tiempo. La ofensiva en ningún caso se limita a los países más desarrollados. Así, en muchos países, la actitud de los gobernantes es muy parecida, independientemente del sistema económico. Ciencia y Tecnología se plantea como una de las cuatro modernizaciones de China Continental. En abril de 1978, el vice-premier Eang-Yi señaló que:

“China debe realizar un gran avance en la ciencia y la tecnología del computador. No debiéramos perder tiempo en resolver los problemas científicos y técnicos de la producción industrial en gran escala de circuitos integrados... Nuestra meta es adquirir para 1985 una fuerza comparativamente avanzada en la investigación de la ciencia del computador y la construcción de una moderna industria del computador de buen tamaño. Los microcomputadores serán popularizados...”

China observa con preocupación su retraso manifiesto en una aventura que se inició cuando se descubrió que en vez de poner un solo transistor en un chip de silicio, se podían colocar varios, después cientos... después

miles. Otros componentes podían ser agregados y... otros. Todos en el mismo circuito. Con la misma facilidad el circuitaje entero de un computador podía ser puesto en un solo chip de silicio, cuyo tamaño se medía en milímetros. Un microprocesador que costaba US\$ 45 en 1980 podía reemplazar un computador que costaba US\$ 450,000 en 1960. Este último ocupaba una pieza entera, requería condiciones climáticas y de ambientación especiales y todavía era poco confiable. Hoy, se puede poner en la punta de un dedo y no le afecta en nada la temperatura o la vibración, siendo además mucho más confiable. Reducción en el costo, reducción en el tamaño, aumento del rendimiento. Estas son las bases objetivas de la revolución tecnológica de la microelectrónica que permite computerizar operaciones y productos cuya factibilidad se consideraba cosa de ciencia-ficción hasta hace algunos años. El hecho que además sea lucrativo implica que su efecto sobre la naturaleza del trabajo y sobre los trabajadores será mayúsculo en el futuro cercano. No existe además un boom económico para suavizar el impacto.

La nueva tecnología tiene atracciones para los propietarios en sectores como imprenta, donde hoy es virtualmente imposible alterar el ritmo u organización del trabajo sin el acuerdo de los trabajadores, pero una vez que se introduzca el microprocesador esto se alterará y trabajadores especializados se transformarán en vigilantes de máquinas. El ritmo del trabajo se hará inevitablemente más intenso.

La dramática reducción en costo implica que introducir una máquina computerizada equivale al salario de algunos meses de un trabajador calificado. La reducción de precios muestra también que es el precio del equipo auxiliar (fundamentalmente el *software*) lo que está demorando la profundización de la computerización. Si esta situación no ocurriera, existirían economías de escala que nos permitirían haber llegado a la etapa de la "desechabilidad" de estos aparatos.

No sólo son estas máquinas económicas, sino también más eficientes. Un sistema computerizado de contabilidad cuesta tanto (o quizás menos) que los trabajadores que hacían esa tarea, pero sus cifras son más comprensivas y entregadas en forma más rápida, con lo que se reduce la frecuencia de la toma de inventarios. Ello implica más dinero en el banco.

Es en las oficinas donde el computador ha hecho sentir su presencia con mayor fuerza. En la industria su participación se ha realizado en forma más lenta, concentrándose en actividades de control de proceso y control automático de herramientas. La diferencia radica en que en la manufactu-



ra, la inversión requerida es mucho más alta. No sólo hay que invertir en adquirir el computador, sino también en las máquinas que van a ser controladas por aquél. En la industria, los datos y los mecanismos a ser controlados son mucho más complejos que en una oficina.

El mercado potencial de las nuevas tecnologías es inmenso y los precios son cada día más bajos. Así, un sistema de diseño asistido por la computación costaba US\$ 3,500,000 en 1969. Una década después costaba menos de US\$ 160,000. El ahorro es aún más evidente cuando se le compara con el promedio salarial de un trabajador no-manual en un país desarrollado. En 1969, pagar el computador equivalía a 900 años-hombre. En 1978 era sólo 13, y si como criterio de comparación se utiliza el salario de un diseñador, el tiempo se reduce a sólo 5 años. Aún más importante es el hecho que el costo del aparato tiende a bajar más y más.

Desde el punto de vista de un gerente, la ventaja del equipo industrial controlado por el microprocesador es que no es necesario adquirir todo a la vez. Cada máquina puede justificarse en términos de aumento de productividad por sí misma. Rebajas similares a las anteriormente indicadas se observan en el costo de las Herramientas con Control Numérico de Computador (*Computer Numerically Controlled (CNC) Machine Tools*). Hace 15 años el costo del sistema de control era de casi el 40% del precio total de la máquina instalada. Hoy es menos del 10%.

La distribución de la "despensa" mundial de la informática en 1978 era la siguiente: Estados Unidos, 55% de la despensa mundial; Japón, 8,5%; Alemania Federal, 7,5%; Francia, 6%; Gran Bretaña, 4%; Unión Soviética, 3,7%; Italia, 3,6%, y el resto de los países, 11,7%, cifra esta última que es un buen índice del nivel de concentración de este sector. Su importancia económica es tal, que hasta en países relativamente atrasados como Chile, el gasto en computación supera el 1% del gasto geográfico bruto.

En 1950, sólo 5 compañías fabricaban computadores digitales en el mundo. Hoy, el número supera las 100, además de una cifra mayor de empresas que fabrican equipos periféricos. En 1980, la IBM dominaba aproximadamente un 60% del mercado mundial. Su punto "flaco" es Japón, donde el desarrollo de la industria nativa la ha obligado a retroceder al 35% del mercado. En el mercado mundial, las distintas empresas estadounidenses controlan el 85% y se preparan a enfrentar el fenomenal crecimiento de la naciente industria japonesa del computador. La IBM se mantiene a la vanguardia del desarrollo de nuevos equipos a través de una

inversión en investigación científica que supera los mil millones de dólares al año.

Con frecuencia se afirma que aquellos países que como la vieja Inglaterra impulsaron la Revolución Industrial desde sus inicios se transformaron en inmensamente poderosos. Se afirma también que los Ludditas —aunque en forma distorsionada— habrían sido uno de los pocos grupos sociales que habrían apreciado la importancia de los cambios que se estaban produciendo y se les critica por haberse opuesto al progreso tecnológico con una campaña de destrucción de la nueva maquinaria que estaba siendo instalada. Se argumenta que esa Revolución Industrial produjo una extraordinaria expansión de la economía y por lo tanto mayores oportunidades de empleo. A este argumento se le responde que es cierto que hubo un aumento del empleo en Gran Bretaña y otros países avanzados, pero en el resto del mundo habría habido una pérdida neta de empleos. En otras palabras, en términos de empleo de la población trabajadora, toda revolución tecnológica tendría un lado destructivo y otro regenerativo. Ganan aquellas industrias y países que se adaptan con mayor rapidez a las nuevas condiciones, pierden aquellos que no pueden competir. El lado destructivo y el regenerativo estuvieron geográficamente separados en la Revolución Industrial de los siglos que nos anteceden. Las nuevas tecnologías tendrán un impacto al interior de cada país, aunque también existirá otro impacto que puede ser separado geográficamente en el sentido que los aspectos intensivos en trabajo (y no en capital) de la microelectrónica se desarrollan en aquellos países del Tercer Mundo caracterizados por una mano de obra barata y con toda seguridad, entre los países desarrollados que se aprovechan de esta situación no se incluye —al menos en el corto o mediano plazo— la otrora rica y hoy aproblemada Inglaterra.

Al referirse a las consecuencias sociales de la introducción generalizada de las nuevas tecnologías, la mayor parte de la prensa se ha concentrado en destacar aspectos sensacionalistas. Así se le da publicidad al hecho que una computadora "olvidó" ejecutar a un convicto. James William White debía morir mediante una inyección letal el lunes 15 de junio de 1980 en Oklahoma City en Estados Unidos. Cuando la United Press International telefoneó al juez para preguntarle acerca de la situación del convicto el martes, se descubrió que la computadora había registrado la condena de White como de prisión por 999 años en lugar de la pena de muerte. Esto pertenece al terreno de lo anecdótico, pero los problemas que plantea la nueva tecnología son serios.

Desde un punto de vista sindical, la aplicación masiva de estas innovaciones tiende a eliminar trabajadores del proceso productivo y en la oficina. Desde un punto de vista más general, el manejo de información en grandes cantidades y a alta velocidad, puede conducir hacia una extrema centralización en las manos de un reducido número de transnacionales y países desde el punto de vista económico, y hacia un aumento del proceso de transnacionalización de la cultura en el mundo, además que no ha habido un intento real de problematizar el efecto en los seres humanos de la naturaleza cada vez más compleja del avance científico.

Ha existido poca preocupación por analizar las consecuencias de que en pocos años una enorme cantidad de trabajo se realizará hacia, desde y entre terminales de computación, sea en la oficina, en la fábrica, en el comercio, en bodegas o en bancos. Como es imposible que cada empresa individual posea su propia red de telecomunicaciones, toda la información transitará a través de un sistema común, cuya propiedad y/o control pertenecerá al Estado o a gigantescas transnacionales, los únicos entes privados capaces de poner en órbita sus propios satélites.

Lo anterior implica que los controladores del sistema pueden tener en sus manos un nivel sin precedentes de información acerca de cualquier individuo. Muy pronto, toda transacción comercial de un gran número de consumidores podrá ser registrada a través de un código, al descontarse automáticamente de sus cuentas bancarias.

En todo caso el proceso de imposición de la nueva tecnología no será predominantemente violento y será guiado por la lógica de las fuerzas del mercado. Será un proceso global en que el resultado final no provendrá de un acto único, sino de una multiplicidad de decisiones. Al término del proceso los padrones de organización del trabajo cambiarán enormemente: éste se separará y se descentralizará geográficamente.

Como consecuencia de la unión entre los sistemas de telecomunicación y la tecnología microelectrónica, un buen porcentaje de la población trabajadora realizará sus tareas en terminales computarizados, físicamente distanciados de los lugares de producción y de administración. Un trabajador estará separado de otro, contactándose gracias a la comunicación audiovisual instantánea. ¿Ciencia-ficción? No, algo que es técnicamente posible y económicamente probable, parte de un proceso que tendrá un profundo impacto en los padrones tradicionales de organización social y espacial y que podría atomizar la fuerza laboral, ya que no habría necesidad de que se concentrara en un lugar determinado. En muchos sectores, se

podrá trabajar desde el propio hogar. Las consecuencias políticas para las distintas clases sociales son evidentes, y en general no se les ha concedido a estos problemas la prioridad que se merecen.

Es necesario abandonar el esencialismo de ver a todo cambio tecnológico como necesariamente beneficioso, como si la dirección de ese cambio y las características específicas de esa tecnología fueran irrelevantes. El esencialismo abstrae a la tecnología de las condiciones sociales de su producción. Es necesario buscar una racionalidad que no corresponda exclusivamente a lo dictado por las fuerzas de mercado. Las nuevas tecnologías tienen sentido en la medida que son utilizadas para producir bienes que son socialmente necesarios y que permitan legar un mundo más seguro y sano para las futuras generaciones, un mundo más justo donde la creatividad de todos se exprese con una mayor libertad en el lugar de trabajo.

Toda nueva tecnología equivale a las formas novedosas de responder a las necesidades de una sociedad. Incluye productos nuevos, una mayor productividad y también nuevos riesgos. Basta pensar en la energía nuclear que a partir de la bomba atómica representa una manifestación concreta de los resultados que se obtienen a través de la organización de recursos tecnológicos, económicos y científicos para el logro de un propósito determinado. La industria química nos ha proporcionado una multitud de productos nuevos, mayores fuentes de trabajo y también el gobierno estadounidense la ha acusado de haber ocasionado muertes de cáncer entre trabajadores como consecuencia del uso de cancerígenos químicos.

Se habla que el motor eléctrico representa el poder muscular de la industria. Usando otra analogía las nuevas tecnologías en computación y telecomunicaciones se transformarán en sus nervios. Algunos futuristas llegan incluso a hablar de su "cerebro". La base de esta tecnología es el chip de silicio, su producto más conocido es el microprocesador. El uso del chip se generalizará gracias a su costo, tamaño, flexibilidad, consumo de energía, confiabilidad, poder computacional y a la facilidad para ser modificado o reemplazado. Existen —por cierto— límites para la aplicación de estas nuevas tecnologías, pero antes que estos límites se alcancen se habrá producido una revolución económica y productiva que alterará profundamente la organización de la sociedad.

En los '50 se produjo un rico debate acerca de la "automatización". ¡El debate actual es radicalmente diferente! El impacto de su difusión es significativamente otro. En sólo una generación no sólo se ha descubierto y explotado la energía del átomo, también se ha hecho funcionar a los

microprocesadores y encaramos la perspectiva de una sociedad informatizada; por su parte, la ingeniería biológica y genética permite acceder a la alimentación de síntesis, a crear una agricultura de microbios, incluso a la producción de energía. Es decir, una verdadera revolución tecnológica.

Esta revolución producirá ganadores y perdedores entre las industrias que luchan por adaptarse a las nuevas condiciones. Por muy conservadoras que sean (o quizás debido a ello), la fuerza del cambio será imposible de contener, ya que la potencialidad de la microelectrónica para simplificar, educar, informar y entretener es demasiado fuerte. Nadie sabe si el resultado será un mundo mejor o peor, sólo que será un mundo diferente.