

La revolución de la tecnología de la información

Manuel Castells

¿Cuál revolución?

"El gradualismo", escribió el paleontólogo Stephen J. Gould, "la idea de que todo cambio debe ser suave, lento y estable, no brotó de las rocas. Representaba un sesgo cultural común, en parte una respuesta del liberalismo del siglo diecinueve para un mundo en revolución. Pero continúa coloreando nuestra supuestamente objetiva lectura de la historia... ...La historia de la vida, como yo la leo, es una serie de estadios estables, matizado por raros intervalos con grandes eventos que suceden con mucha rapidez y ayudan a establecer la siguiente era estable." Mi punto de partida, y no soy el único que tiene este supuesto, es que, al final del siglo veinte, estamos atravesando uno de esos raros intervalos en la historia. Un intervalo caracterizado por la transformación de nuestra "cultura material" por obra de un nuevo paradigma tecnológico organizado en torno a las tecnologías de la información.

Por tecnología entiendo exactamente lo que Harvey Brooks y Daniel Bell, "el uso de un conocimiento científico para especificar modos de hacer cosas de un modo *reproducible*" Entre las tecnologías de la información yo incluyo, como todos, el *conjunto convergente* de tecnologías en microelectrónica, computación (máquinas y software), telecomunicaciones/transmisiones, y la optoelectrónica. En suma, contrariamente a otros analistas, también incluyo en el reino de las tecnologías de la información a la ingeniería genética y su creciente conjunto de descubrimientos y aplicaciones. Esto es, primero, porque la ingeniería genética se ha concentrado en la decodificación, manipulación, y eventual reprogramación de los códigos de información de la materia viviente. Pero también porque, en los 90s, la biología, la electrónica, y la informática parecían estar convergiendo e interactuando en sus aplicaciones y en sus materiales, y, fundamentalmente, en su aproximación conceptual, un tema que merece más que una mención en este capítulo. Alrededor de este núcleo de tecnologías de la información, en el sentido amplio que fue definido, una constelación de importantes rupturas tecnológicas han tenido lugar en las dos últimas décadas del siglo veinte en materiales avanzados, en fuentes de energía, en aplicaciones médicas, en técnicas de manufactura (existentes o potenciales, como la nanotecnología), y en la tecnología de la transportación, entre otras. Por otra parte, el actual proceso de transformación tecnológica se expande exponencialmente por su habilidad para crear una interfaz entre los campos tecnológicos a través de un lenguaje digital común en el que la información es generada, almacenada, recuperada, procesada y retransmitida. Vivimos en un mundo que, siguiendo la expresión de Nicolás Negroponte, se ha vuelto digital.

La profética optimista y la manipulación ideológica que caracteriza la mayor parte de los discursos sobre la revolución de la tecnología de la información no debe llevarnos equivocadamente a desestimar su

verdadera significación. Es un evento histórico tan importante, como este libro tratará de mostrar, como lo fue la Revolución Industrial en el siglo dieciocho, induciendo un patrón de discontinuidad en la base material de la economía, la sociedad, y la cultura. El registro histórico de las revoluciones tecnológicas, tal como fuera compilado por Melvin Kranzberg y Carroll Pursell, muestra que todos se caracterizan por su *penetración* en todos los dominios de la actividad humana, no como una fuente exógena de impacto, sino como el género con el que esta actividad está tejida. En otras palabras, *están orientadas según procesos*, además de inducir nuevos productos. Por otra parte, y a diferencia de cualquier revolución, el *núcleo* de la transformación que estamos experimentando en la revolución actual refiere a las *tecnologías del procesamiento y comunicación de la información*. La tecnología de la información es para esta revolución lo que las nuevas fuentes de energía fueron para las sucesivas Revoluciones Industriales, desde la máquina al vapor a la electricidad, combustibles fósiles, e incluso la energía nuclear, desde que la generación y distribución de la energía fue el elemento clave subyacente a la sociedad industrial. Sin embargo, este planteo acerca del rol preeminente de la tecnología de la información es frecuentemente confundido con la caracterización de la revolución en curso como esencialmente dependiente de nuevos conocimientos e información. Esto es cierto en el actual proceso de cambio tecnológico, pero también lo es para las revoluciones tecnológicas precedentes, como es demostrado por los principales historiadores de la tecnología, como Melvin Kranzberg y Joel Mokyr. La primera Revolución Industrial, si bien no tuvo bases científicas, se apoyó en el uso extendido de la información, aplicando y desarrollando conocimientos preexistentes. Y la segunda Revolución Industrial, después de 1850, estuvo caracterizada por el rol decisivo de la ciencia en incentivar la innovación. Por cierto, los laboratorios de investigación y desarrollo surgieron por primera vez en la industria química alemana en las últimas décadas del siglo diecinueve.

Lo que caracteriza la revolución tecnológica actual no es la centralidad del conocimiento y la información, sino la aplicación de ese conocimiento e información a la generación de conocimiento y los dispositivos de procesamiento/ comunicación de la información, en un circuito de retroalimentación acumulativa que se da entre la innovación y los usos de la innovación. Un ejemplo quizá pueda esclarecer este análisis. Los usos de nuevas tecnologías de telecomunicación en las dos últimas décadas han atravesado tres etapas diferentes: la automatización de tareas, la experimentación de usos, la reconfiguración de las aplicaciones. En las dos primeras etapas, la innovación tecnológica progresó en función del aprendizaje *por uso*, según la terminología de Rosemberg. En la tercer etapa, los usuarios aprendieron la tecnología *haciendo*, y terminaron reconfigurando las redes, y encontrando nuevas aplicaciones. El proceso de retroalimentación generado entre la introducción de nueva tecnología, su uso y su desarrollo hacia nuevos territorios se produce mucho más rápidamente bajo el nuevo paradigma tecnológico. Como resultado, la difusión de la tecnología amplía sin límites el poder de la tecnología, al ser apropiada y redefinida por sus usuarios. Las nuevas tecnologías de la información no son simples herramientas para ser aplicadas, sino que son procesos para ser desarrollados. Usuarios y hacedores pueden llegar a ser la misma cosa. Por tanto los usuarios pueden tomar el control de la tecnología, como en el caso de Internet (ver capítulo 5). Luego sigue una estrecha relación entre los procesos sociales de creación y manipulación de símbolos (la cultura de la sociedad) y la capacidad para producir y distribuir bienes y servicios (las fuerzas productivas). Por primera vez en la historia, la mente humana es una fuerza productiva directa, no solo un elemento decisivo del sistema de producción.

Por lo tanto, las computadoras, los sistemas de comunicación, y la decodificación y programación genética son todos amplificadores y extensiones de la mente humana. Lo que pensamos, y cómo lo pensamos, es expresado en bienes, servicios, output material e intelectual, ya sea comida, refugio, sistema de transporte y de comunicación, computadoras, misiles, salud, educación o imágenes. La creciente integración entre mentes y máquinas, incluyendo la máquina ADN, está cancelando lo que Bruce Mazlish llama la "cuarta discontinuidad" (entre humanos y máquinas), alterando fundamentalmente el modo en que nacemos, vivimos, aprendemos, trabajamos, producimos, consumimos, soñamos, peleamos, o morimos. Por supuesto los contextos culturales/institucionales y la acción social intencionada interactúan decisivamente con el nuevo sistema tecnológico, pero este sistema tiene su propia lógica enclavada, caracterizada por la capacidad de trasladar todos los *inputs* en un sistema común de información, y de procesar esa información a una velocidad creciente, con poder creciente, a costo decreciente, en una red de recuperación y distribución potencialmente ubicua.

Hay un elemento más caracterizando la revolución de la tecnología de la información en comparación con sus predecesoras históricas. Mokyr ha mostrado que las revoluciones tecnológicas tuvieron lugar solo en unas pocas sociedades, y se difundieron en un área geográfica relativamente limitada, frecuentemente aislando espacial y temporalmente otras regiones del planeta. Así, mientras los europeos tomaban prestado algunos de los descubrimientos ocurridos en China, por muchos siglos China y Japón adoptaron tecnología europea sólo con fundamentos muy limitados, principalmente restringidos a aplicaciones militares. El contacto entre civilizaciones con distintos niveles tecnológicos a menudo termina con la destrucción del menos desarrollado, o de aquellos que aplicaron su conocimiento predominantemente en tecnología no militar, como es el caso de las civilizaciones americanas aniquiladas por los conquistadores españoles, a veces a través de una guerra biológica accidental. La Revolución Industrial se extendió por casi todo el mundo desde sus originarias costas del occidente europeo durante los siguientes dos siglos. Pero su expansión fue altamente selectiva, y su paso lento para los estándares usuales de difusión de tecnología. En verdad, incluso en Inglaterra para mediados del siglo diecinueve, los sectores que habían dado cuenta de la mayoría de la fuerza de trabajo, y al menos la mitad del producto bruto nacional, no estaban afectados por las nuevas tecnologías industriales. Además, su alcance planetario en las décadas siguientes adoptó la forma de dominación colonial, ya fuera en India bajo el imperio británico; en Latinoamérica bajo la dependencia industrial/comercial en Inglaterra y los Estados Unidos; en el desmembramiento de África con el Tratado de Berlín; o con la apertura al comercio extranjero de Japón y China por las armas de los barcos de occidente. En contraste, las nuevas tecnologías de información se han expandido por todo el mundo a la velocidad del relámpago en menos de dos décadas, entre mediados de los 70 y mediados de los 90, desplegando una lógica que yo propongo como característica de esta revolución tecnológica: la aplicación inmediata para su propio desarrollo de las tecnologías que genera, conectando al mundo a través de tecnología de la información. Seguramente hay grandes áreas en el mundo, y considerables segmentos de la población desenchufados del nuevo sistema tecnológico: este es precisamente uno de los argumentos centrales de este libro. Además, la velocidad de la difusión de la tecnología es selectiva, tanto social como funcionalmente. Los tiempos diferenciales para el acceso al poder de la tecnología por parte de las personas, los países y las regiones son una fuente crítica de desigualdad en nuestra sociedad. Las áreas que están desconectadas son cultural y espacialmente discontinuas: están en las ciudades del interior de Estados Unidos o en los *banlieues* franceses, tanto como en los pueblos de chozas de África o en las paupérrimas áreas rurales de

China o India. Sin embargo, las funciones dominantes, los grupos sociales y los territorios a lo largo del mundo están conectados desde mediados de los 90 a un nuevo sistema tecnológico, que como tal, comenzó a tomar forma sólo en los 70.

¿Cómo es que esta transformación fundamental sucedió en lo que sería un instante histórico? Por qué la difusión a través del mundo va a un paso tan acelerado? Por qué es una "revolución"? Desde que nuestra experiencia de lo nuevo está moldeada por nuestro pasado reciente, pienso que las respuestas a estas preguntas básicas podría ser más sencilla con una breve reseña histórica de la Revolución Industrial, todavía presente en nuestras instituciones, y por lo tanto en nuestra mente.

Lecciones de la Revolución Industrial

Los historiadores han mostrado que hubo por lo menos dos Revoluciones Industriales: la primera comenzó en el último tercio del siglo dieciocho, caracterizada por nuevas tecnologías como la máquina a vapor, la máquina de hilar, el proceso Cort en metalúrgica, y más ampliamente, el reemplazo de las herramientas manuales por máquinas; la segunda, unos 100 años después, se caracterizó por el desarrollo de la electricidad, el motor de combustión interna, los químicos producidos por la ciencia, la efectiva fundición de acero, y el comienzo de las tecnologías de la comunicación, con la difusión del telégrafo y la invención del teléfono. Entre las dos hubo continuidades fundamentales, así como algunas diferencias críticas, siendo la principal de ellas la importancia decisiva del conocimiento científico para sostener y guiar el desarrollo tecnológico después de 1850.

Es precisamente por sus diferencias que los aspectos que tienen ambas en común pueden ofrecer importantes reflexiones en la comprensión de la lógica de las revoluciones tecnológicas.

En primer lugar, en ambos casos, somos testigos de lo que Mokyr describe como un periodo de "cambio tecnológico acelerado y sin precedentes". Un conjunto de macro invenciones preparó el terreno para el florecimiento de las micro invenciones en los reinos de la agricultura, la industria y las comunicaciones. La discontinuidad histórica fundamental, de carácter irreversible, fue introducida en el fundamento material de la especie humana, en un proceso dependiente cuya lógica interna y secuencial ha sido investigada por Paul David y teorizada por Brian Arthur. Fueron de hecho "revoluciones", en el sentido de que el súbito, inesperado surgimiento de una aplicación tecnológica transformaba el proceso de producción y distribución, creaba un torrente de nuevos productos, y elevaba decisivamente la ubicación de la riqueza y el poder en un planeta que de pronto se ponía bajo el alcance de aquellos países y elites capaces de dominar el nuevo sistema tecnológico. El lado oscuro de esta aventura tecnológica es que está intrincadamente atada a las ambiciones imperialistas y a los conflictos anti imperialistas.

Esta es precisamente una confirmación del carácter revolucionario de las nuevas tecnologías industriales. El ascenso histórico del así llamado Occidente, de hecho limitado a Inglaterra y a un puñado de naciones de Europa Occidental así como a sus vertientes norteamericana y australiana, está

fundamentalmente vinculado con la superioridad tecnológica acumulada en las dos Revoluciones Industriales. Nada en la historia cultural, científica, política o militar del mundo previas a la Revolución Industrial podrían explicar la indisputable supremacía "Occidental" (Anglosajona/Germana, con un toque francés) entre 1750 y 1940. China era por mucho una cultura superior por gran parte de su historia pre Renacentista; la civilización Musulmana (tomando la libertad para usar esta expresión) dominaba gran parte del Mediterráneo y ejerció una influencia significativa en África a lo largo de la modernidad; Asia y África permanecieron y se organizaron en torno a centros políticos y culturales autónomos; Rusia reinaba en un espléndido aislamiento una vasta expansión a través de Europa oriental y Asia; y el imperio español, la cultura europea más rezagada de la Revolución Industrial, fue la mayor potencia mundial por más de dos siglos después de 1492. La tecnología, expresando condiciones sociales específicas, introdujo un nuevo camino histórico en la segunda mitad del siglo dieciocho.

Este camino se originó en Inglaterra, aunque sus raíces intelectuales se remontan por toda Europa y al espíritu renacentista del descubrimiento. De hecho, algunos historiadores insisten en que el conocimiento científico necesario subyacente a la primera Revolución Industrial estaba disponible 100 años antes, listo para ser usado bajo condiciones sociales maduras; o como otros argumentan, esperando la ingenuidad tecnológica de inventores auto entrenados, como Newcomen, Watts, Crompton o Arkwright, capaces de transferir el conocimiento disponible, combinado con la experiencia de quien se da maña, a las decididamente nuevas tecnologías industriales. Sin embargo, la segunda Revolución Industrial, más dependiente del nuevo conocimiento científico, elevó su centro de gravedad hacia Alemania y los Estados Unidos, donde tuvieron lugar los principales desarrollos en química, electricidad y telefonía. Los historiadores han disectado penosamente las condiciones sociales de la ascendente geografía de la innovación tecnológica, frecuentemente centrándose en las características de la educación y los sistemas científicos, o en la institucionalización de los derechos de propiedad. Sin embargo, la explicación contextual de la desaparecida trayectoria de la innovación tecnológica parece ser excesivamente amplia y abierta a interpretaciones alternativas. Hall y Preston, en su análisis de los cambios geográficos de la innovación tecnológica entre 1846 y 2003, muestra la importancia de los semilleros *locales* de innovación, de los que Berlín, Nueva York y Boston son coronados como los "centros de alta tecnología industrial del mundo" entre 1880 y 1914, mientras "Londres en ese periodo era una pálida sombra de Berlín". La razón radica en la base territorial de la interacción de los sistemas de descubrimiento tecnológico y las aplicaciones, a saber, en las propiedades sinérgicas de lo que se conoce en la literatura como "milieux de innovación."

Ciertamente, las innovaciones tecnológicas se dieron en grupos, interactuando entre sí en un proceso de retornos incrementados. Cualquiera fuera la condición que determinara tal agrupación, la lección clave a ser retenida es *que la innovación tecnológica no es una instancia aislada*. Refleja un estado dado del conocimiento, un ambiente institucional e industrial particular, una cierta disponibilidad de habilidades para definir el problema técnico y para resolverlo, una mentalidad económica para hacer que esa aplicación sea eficiente en términos de costos, y una red de productores y usuarios que puedan comunicar sus experiencias acumuladas, aprendiendo por el uso y por el hacer: las elites aprenden haciendo, o sea modificando las aplicaciones de la tecnología, mientras que la mayor parte de la gente aprende usando, o sea manteniéndose dentro de los constreñimientos del packaging de la tecnología. La interacción de los sistemas de innovación tecnológica y su dependencia a ciertas "milieux" de

intercambio de ideas, problemas y soluciones son elementos críticos que pueden ser generalizados de la experiencia de revoluciones pasadas a la actual.

Los efectos positivos de las nuevas tecnologías industriales sobre el crecimiento económico, el nivel de vida y el dominio del hombre sobre la Naturaleza hostil (reflejado en la dramática prolongación de la expectativa de vida, que no había mejorado antes del siglo dieciocho) a largo plazo son indisputables en el registro histórico. Sin embargo, no llegaron temprano, a pesar de la difusión de la máquina a vapor y la nueva maquinaria. Mokyr nos recuerda que "el consumo per capita y los estándares de vida mejoraron poco al principio {al fin del siglo dieciocho} pero las tecnologías de producción cambiaron dramáticamente en muchas industrias y sectores, preparando el paso al crecimiento sostenido schumpeteriano en la segunda mitad del siglo diecinueve cuando el progreso tecnológico se expandió a industrias que previamente no habían estado afectadas. Esta es una imposición crítica que nos obliga a evaluar los efectos actuales a la mayor parte de los cambios tecnológicos a la luz de un retraso temporal altamente dependiente de las condiciones específicas de cada sociedad. A pesar de todo, el registro histórico parece indicar que, en términos generales, cuanto más estrecha sea la relación entre los lugares de la innovación, producción y uso de las nuevas tecnologías, cuanto más rápido se da la transformación de las sociedades, y cuanto más positivo sea el feedback de las condiciones sociales sobre las condiciones generales mas innovaciones pueden ocurrir. Así, en España, la Revolución Industrial se difundió rápidamente en Cataluña, en el siglo dieciocho, pero tuvo un ritmo mucho menor en el resto de España, particularmente en Madrid que en el sur; solo el País Vasco y Asturias se habían unido al proceso de industrialización para finales del siglo diecinueve. Las fronteras de la innovación industrial eran en gran medida linderas a áreas en las que estuvo prohibido el comercio con las colonias americanas españolas por casi dos siglos: mientras que las elites andaluza y castellana, así como la Corona, podían vivir de sus rentas americanas, los catalanes tenían que proveerse a sí mismos a través del comercio y la ingenuidad, mientras eran sometidos a la presión de un estado centralizado. En parte como resultado de esta trayectoria histórica, Cataluña y el País Vasco fueron las únicas regiones completamente industrializadas hasta los 50 y los semilleros principales del emprendimiento y la innovación, en agudo contraste con las tendencias en el resto de España. Así, las condiciones sociales específicas guían la innovación tecnológica que se dirige a sí misma hacia el camino del desarrollo económico y la innovación. Aun así, la reproducción de esas condiciones es cultural e institucional, tanto como económica y tecnológica. La transformación del ambiente social e institucional puede alterar el paso y la geografía del desarrollo tecnológico (por ejemplo, Japón luego de la Restauración Meiji, o Rusia después de un breve período bajo Stolypin), aunque la historia pasada tolera una inercia considerable.

Una última y esencial lección de las Revoluciones Industriales, que considero relevante para este análisis, es controvertida: aunque ambos trajeron todo un orden de nuevas tecnologías que de hecho formó y transformó el sistema industrial en etapas sucesivas, en su núcleo hubo una innovación fundamental en la generación y distribución de la energía. R. J. Forbes, un historiador clásico de la tecnología, afirma que "la invención de la máquina a vapor es el factor central en la revolución industrial", seguido de la introducción de nuevos móviles principales y por el principal móvil removible, bajo el que "el poder de la máquina de vapor podía ser creada donde fuera necesario y con la extensión deseada." Y aunque Mokyr insiste en el carácter multifacético de la Revolución Industrial, también cree

que "las protestas de algunos historiadores económicos no tiene lugar, la máquina a vapor es todavía ampliamente vista como la quintaesencia de la invención de la Revolución Industrial". La electricidad era la fuerza central en la segunda revolución, a pesar de otros extraordinarios descubrimientos en química, acero, la máquina de combustión interna, telegrafía y telefonía. Esto es porque sólo a través de la generación y distribución eléctrica todos los otros campos podían desarrollar sus aplicaciones y conectarse entre sí. Un caso puntual es el del telégrafo eléctrico, que primero fue usado experimentalmente en los 1790 y difundido desde 1837, pudiendo convertirse en una red de comunicación conectando al mundo en gran escala, solo cuando pudo confiar en la difusión de la electricidad. El uso difundido de la electricidad desde los 1870 en adelante cambió el transporte, la telegrafía, la iluminación y el trabajo en las fábricas al difundirse el poder en la forma de la máquina eléctrica. De hecho, mientras las fábricas habían sido asociadas con la primer Revolución Industrial, por casi un siglo no fueron concomitantes con el uso de la máquina de vapor que fue ampliamente utilizada en los talleres, mientras que las grandes fábricas seguían usando las mejoradas fuentes hidráulicas. Fue la máquina eléctrica que hizo posible e indujo la organización a gran escala del trabajo en la fábrica industrial. Como R. J. Forbes escribió (en 1958):

Durante los últimos 250 años los nuevos móviles principales han producido lo que frecuentemente se denomina la Era de la Máquina. El siglo dieciocho trajo la máquina a vapor; el siglo diecinueve la turbina de agua, la máquina de combustión interna y la turbina al vapor; y el siglo veinte la turbina a gas. Los historiadores han inventado frases llamativas para denotar movimientos o corrientes en la historia. Como "la Revolución Industrial", el título para un desarrollo frecuentemente descripto como un comienzo al principio del siglo dieciocho y que se extiende por casi todo el siglo diecinueve. Fue un movimiento lento, pero trajo cambios tan profundos en su combinación de progreso material y disloque social que colectivamente puede bien ser descripto como revolucionario si consideramos esas fechas extremas.

De esta forma, al actuar en el proceso en el corazón de todos los procesos -esto es, el poder necesario para producir, distribuir y comunicar- las dos Revoluciones Industriales se difundieron a través de todo el sistema económico y permearon la materia social. Fuentes de energía económicas, accesibles, y móviles se extendieron y aumentaron el poder del cuerpo humano, creando la base material para la continuación histórica de un movimiento similar hacia la expansión de la mente humana.

La secuencia histórica de la Revolución de la Tecnología de la Información

La breve, aunque intensa historia de la Revolución de la Tecnología de la Información ha sido contada tantas veces en años recientes que se hace innecesario proveer al lector con otra reseña detallada. Además, dada la rapidez de su paso, cualquier relato de este tipo sería instantáneamente obsoleto, tanto que entre la escritura de este libro y su lectura (digamos, 18 meses), los microchips habrán duplicado su rendimiento por un precio dado, de acuerdo con la bien conocida "ley de Moore". Sin embargo,

encuentro analíticamente útil recordar los ejes principales de la transformación tecnológica en la generación/ procesamiento/ transmisión de información, y situarlos en la secuencia que fue llevando hacia la formación de un nuevo paradigma socio-técnico. Este breve resumen me permitió, mas adelante, saltar las referencias sobre rasgos tecnológicos cuando discutía su interacción específica con la economía, la cultura y la sociedad a través del itinerario intelectual de este libro, excepto cuando se requieren nuevos elementos de información.

Macro cambios en micro-ingeniería: electrónica e información

Aunque los predecesores científicos e industriales de las tecnologías de información basadas en la electrónica pueden encontrarse décadas antes de los 40 (por ejemplo la invención del teléfono por Bell en 1876, la radio por Marconi en 1898, y la válvula de De Forest en 1906), fue durante la Segunda Guerra Mundial, y en los años posteriores, que tuvieron lugar las mayores innovaciones en tecnología electrónica: la primera computadora programable, y el transistor, fuente de la microelectrónica, el verdadero c