

## EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN EL ACTUAL ESCENARIO HISTÓRICO<sup>1</sup>

Angel Ruiz

[www.cimm.ucr.ac.cr/aruz](http://www.cimm.ucr.ac.cr/aruz)

Centro de Investigaciones Matemáticas y Meta-Matemáticas, Universidad  
de Costa Rica

Escuela de Matemática, Universidad Nacional

Para algunos intelectuales, cuando se vaya a juzgar nuestra época dentro de 200 años, los historiadores del futuro verán la Guerra Fría como una minucia (aunque ésta atormentara tanto a nuestra generación), y verán la implosión soviética y el fin del comunismo como un simple episodio, y mirarán, más bien, hacia la revolución cognoscitiva, que vivimos desde la Segunda Guerra Mundial, como el factor central edificante de una nueva Edad. Algo hay de cierto en eso. Aunque pensamos que sin ese episodio político, a lo mejor, la especie humana no habría llegado a puerto (nada es seguro), es esencial entender la relevancia de esa revolución, en todas sus dimensiones. Y, más que eso, comprender que la relación entre conocimiento, economía, política y sociedad se ha trastocado en una posición que coloca al conocimiento, con intensidad creciente, en la base de los otros. Esto debe tenerse muy en cuenta a la hora de juzgar nuestros tiempos, y al trazar las perspectivas y las posibilidades de las estrategias colectivas de desarrollo.

---

<sup>1</sup> Este documento, con algunas modificaciones, ha sido tomado íntegramente del libro de A. Ruiz: El siglo XXI y el papel de la Universidad. San José Costa Rica: EUCR CONARE, 2001. Una versión digital completa la puede encontrar en:  
[http://www.cimm.ucr.ac.cr/aruz/Libros/Educacion Superior/El Siglo XXI y el papel de la Universidad/index.html](http://www.cimm.ucr.ac.cr/aruz/Libros/Educacion%20Superior/El%20Siglo%20XXI%20y%20el%20papel%20de%20la%20Universidad/index.html)

De manera especial, se debe resaltar un factor “tecnológico”, arrastrado o no por lo político o militar, causa o efecto, que inunda nuestra cotidianidad, como un gran protagonista del nuevo orden social. Como perspectiva general, subrayamos la utilización del conocimiento como instrumento privilegiado en la acción humana de nuestro tiempo en lo militar, económico, político y cultural. Y si bien podemos orientar nuestras cámaras visuales y mentales hacia la asociación entre conocimiento y economía, incluso entre tecnología y consumo, deberá ponerse especial atención a esa relación entre conocimiento y guerra, que fue decisiva el Siglo XX. Incluso, en los determinantes íntimos de la cacareada “nueva economía”: ¿acaso no está la guerra?

No se puede explicar bien el progreso tecnológico de nuestra época, sin tomar en consideración los grandes vectores sociales que han condicionado nuestra historia durante este siglo. Especialmente desde la Primera Guerra Mundial, la guerra ha sido uno de los factores más importantes del desarrollo tecnológico de nuestra época. Pero debe subrayarse que fue la Guerra Fría la que desarrolló la más extraordinaria carrera armamentista de todos los tiempos: amplios recursos públicos y privados para la industria de la guerra. Mucho de la estructura de la ciencia y la tecnología modernas, de la “Big Science”, fue motivado por las necesidades de la organización militar y los propósitos de la política y la guerra.

Comprender esos procesos, que influenciaron industria, academia, instituciones estatales durante décadas, es importante para desentrañar los nuevos tiempos, en los cuales se han trastocado sus factores determinantes. Además del influjo de los servicios y el mercado, cuya presión ha sido un vector real importante, así como la “retroalimentación” que ejercen las nuevas “macrotecnologías” (informática y electrónica) en el nuevo contexto político, es necesario suponer un mayor despliegue de cambios significativos en la estructura y organización sociales de las ciencias y la tecnología.

La relación entre ciencias y tecnología y la guerra ha sido trastocada. Desde mucho antes del fin de la Guerra Fría, con el tiempo, muchos de los resultados tecnológicos o científicos que nacieron a propósito de la guerra (y el crecimiento militar) han sido usados en los servicios, la economía, la

vida social, la cultura y la calidad de vida. La misma Internet, para no ir muy lejos. La guerra no va a desaparecer y tampoco la industria armamentista y los proyectos de desarrollo tecnológico orientados hacia la confrontación (hace diez años, en 1995, se gastaba en armamentos unos \$797.000 millones). (PNUD, 1997, p. 129) Siempre habrá ciencia y tecnología al servicio de la guerra, pero resulta inobjetable afirmar que el fin de la Guerra Fría y la caída del comunismo debilitaron las razones más importantes de los últimos cincuenta años para la principal carrera armamentista internacional. Es posible pensar, entonces, que la humanidad podrá destinar recursos de la guerra hacia desarrollos científicos y tecnológicos en otras dimensiones de la vida internacional.

Puesto en otros términos: las ciencias y las tecnologías no orientadas hacia la expansión militar han sido colocadas en una perspectiva diferente en la escala planetaria. Esto es importante, porque supone un impacto mayor en las posibilidades de la calidad de vida y los servicios que el desarrollo científico y tecnológico puede ofrecer a nuestra especie y esto, a su vez, genera cambios significativos en la estructura de la ciencia y la tecnología, y en su impacto en la sociedad. Esto es un hecho tanto en los resultados y objetivos de ellas (se orienta al mercado civil e institucional), como en su misma organización (para empezar: multiplicación cualitativa de las interrelaciones y redes internacionales, cambio de los modelos administrativos y sociales).

A la par de la presencia potenciada de tecnologías poderosas, todo empuja hacia una reestructuración de las prácticas científicas y tecnológicas internacionales. Esto, evidentemente, en particular, posee serias consecuencias para la academia internacional.

## LAS MEGATECNOLOGÍAS

Si bien en lo que sigue privilegiamos el análisis sobre la tecnología y su impacto social, no debe interpretarse como que éste es superior al de las ciencias, cuerpos teóricos que enfatizan más las dimensiones explicativas que el manejo del entorno. De hecho, en los últimos años se han cristalizado contribuciones a la explicación de la realidad que han replanteado en

varias ocasiones nuestra visión de la cosmología y la física del universo, recomponiendo la naturaleza geológica del planeta, una modificación relevante del curso de las matemáticas, o con los grandes avances en la comprensión de la estructura genética del mundo biológico (que ha explicado la vida en todas sus fases a partir de una aproximación molecular), etc.

Cuatro categorías de tecnologías se han vuelto particularmente centrales en la configuración del nuevo siglo: de la información, de la comunicación, las biotecnologías y la automatización y robótica. De diferentes maneras, condicionarán el mundo cognoscitivo y económico como el cultural y educativo.

### Las tecnologías de la información

Comencemos por subrayar el impacto de las tecnologías de la informática y la electrónica. Tanto en el hardware como en el software. La “performance” de los microchips se mejoró más de 25.000 veces desde su invención. (Patterson, D., 1995, p. 48) La perspectiva: más y mejores computadores en la escala planetaria, mayor y mejor utilización de los recursos informáticos en todas las dimensiones del quehacer social, aumento extraordinario de las capacidades de información para todos los entes de la vida.

Los avances en el hardware apuntan a ampliar al máximo las fronteras actuales de la electrónica y la computación para, incluso relativamente pronto, incorporar lo que se llama “tecnología óptica”, una utilización más bien de los haces de luz que de los electrones. De igual manera, tal vez más lejos en el horizonte, ya se habla de “computadores cuánticos” que utilizan propiedades de la mecánica cuántica en el ámbito atómico y subatómico. La revista *New Scientist* consignó el desarrollo por parte del químico James La Clair de una molécula “que podría ser encendida y apagada por nitrógeno y bióxido de carbono”, con lo que se podría pasar del silicio a las moléculas como base para las computadoras: “los circuitos moleculares podrían ser solo una fracción del ancho de un nanómetro (una milmillonésima de metro). Estudiosos ya han creado cables moleculares, portales lógicos (un bloque de infraestructura de computadoras) e interruptores, que algún día podrían

ser acoplados para hacer que una computadora sea una fracción del tamaño de las máquinas existentes”, según esta revista. Esto ya es extraordinario. Y nos sugiere un futuro que hace poco nos habría parecido ciencia ficción pura y llana. Pero hay más. El aliento nos empieza a fallar cuando la empresa norteamericana Microvisión nos informa acerca de un sistema óptico que proyecta las imágenes directamente en la retina (Retinal Scanning Display, RSD), usando la luz como medio de transporte de la información: “... una nueva relación entre el hombre y la máquina”, nos dice Richard Rutkowsky, gerente general de esta empresa. Pero, además, ya hay, en la perspectiva más larga, experimentos en biocomputación, que buscan el diseño de computadoras con tejidos orgánicos y una utilización de los procedimientos del ADN. Indiscutiblemente, con el ritmo de expansión de estas tecnologías podemos esperar cambios significativos en tiempos muy cercanos.

Algo similar ocurrirá con el software. Las tendencias señalan dos direcciones muy claras: primero, programas cada vez más “amigables” para el usuario. Aquí es necesario introducir la perspectiva más amplia, no solo para la informática. La tecnología moderna favorece un perfil “ergonómico”: no solo se ha ampliado una transformación hacia los servicios, sino que es posible una perspectiva hacia una mayor “accesibilidad” en su utilización. Bien lo señala el profesor emérito de la Universidad de California (San Diego) Donald Norman: “Los grandes avances prometidos en el conocimiento, las comunicaciones, el trabajo cooperativo, la educación y el entretenimiento se realizarán solamente si la tecnología realmente se ajusta a las necesidades y capacidades de sus usuarios. Para hacer que la tecnología se ajuste a los humanos es necesario estudiar a los seres humanos. Pero ahora tendemos a estudiar la tecnología. Como un resultado, a la gente se le exige que se adapte a la tecnología. Es hora de revertir esta tendencia, es hora de hacer la tecnología adaptada a la gente.” (Norman, D., 1995, p. 158). Pero volvamos a la informática.

En segundo término, se avanza hacia un cambio en la forma como se crean, distribuyen y usan los programas de software. La expectativa es, entonces, de una expansión más acelerada del número de usuarios de las computadoras y un vínculo más intenso a la red. A pesar de las pulsiones legales sobre el

Copyright o la propiedad intelectual, o la polémica de la llamada “piratería”, la extraordinaria expansión de las telecomunicaciones y las redes electrónicas empuja hacia una liberalización del software. Si no es posible evitar la circulación en Internet de películas, música, bases de datos altamente protegidos por el sistema de propiedad existente, ¿cómo, a la larga, se podrá evitar que se diseñen, distribuyan y utilicen los programas con más libertad? Si el principal componente del software es la creación mental y su distribución está asegurada por la red, deberá pensarse en términos muy amplios: la estructura para crear y utilizar software se modificará cualitativamente. De hecho, muchas compañías ya usan redes internacionales de usuarios para chequear y rediseñar sus productos. Estos cambios apuntalarían una mayor expansión del software.

### Comunicaciones, redes internacionales y cultura

Aunque los resultados en la informática y la electrónica nos sobrecogen y maravillan persistentemente, pareciera poseer una trascendencia aun mayor, en términos sociales e históricos, el vertiginoso y poderoso progreso de las telecomunicaciones en los últimos años; los plazos y ritmos de la comunicación humana se han visto trastocados por estos cambios.

En la pareja chips-conexiones, el último término nos coloca de cara a las características de la sociedad del futuro, más que un mundo digital estamos ante un mundo conectado en una escala cualitativamente superior, y siempre creciente. Esta potenciación de la comunicación abre las vías hacia un salto revolucionario en la organización social de la vida humana a lo largo del planeta. Es aquí donde mejor tocamos con nuestras manos la caducidad de la modernidad, de las fronteras territoriales, políticas, culturales, del Estado-nación, y, en particular, de las estrategias económicas o políticas que se apuntalan con una mirada hacia atrás, hacia el pasado. Comunicación e información se funden en un abrazo poderoso que transforma nuestro planeta. Pronto casi todo el orbe, con sus artefactos, personas y demás entes estará conectado en diferentes maneras bajo un manto de ondas, cables y cristales. No pasará mucho tiempo antes de que haya un chip en cada tanque de gasolina

de los automóviles, otro en los cepillos eléctricos, la ropa, las mascotas, los libros, en todo, repito, emitiendo señales que se interrelacionan de múltiples maneras. Esta realidad que transforma la forma de vida a la que hemos estado acostumbrados hasta hace muy poco tiempo, en particular cambia la misma geografía de la comunicación y la topografía de lo informativo.

Un pueblito en la frontera norte de Costa Rica es probable que esté más cerca del cine estadounidense y del último grito en la moda francesa que de la vida cultural de la capital.

La influencia de la televisión y sus posibilidades de conexión mundial es extraordinaria. Y solo puede expandirse. Solo entre 1990 y 1995 China pasó de tener 11 a 35 millones de suscriptores de cable, al igual que México de 610.000 a 1.200.000 en el mismo periodo. (PNUD, 1998, p. 63). El impacto de las tecnologías de comunicación e información ha sido formidable en todas las dimensiones de la vida social (economía, política, cultura, relaciones familiares, deportes, artes). Ha sido evidente su impacto en el sistema financiero, los impuestos, los flujos de capital, la moneda, en todos los fundamentos de la economía moderna. Pero es mucho más que eso. La información vía los medios mundiales de comunicación y la televisión, por ejemplo, compite con la que se recibe en la escuela, en los libros o a través de la prensa (un ejemplo: entre 1990 y 1994 en Brasil, se redujo la circulación de periódicos en un 8% mientras se duplicó la venta de televisores). (PNUD, 1998, p. 64) Esto plantea modificaciones importantes en la educación y la cultura de los países. Este, precisamente, es uno de los elementos que contribuye a que la mundialización no sea simplemente economía, sino un asunto aun más determinante para la humanidad.

Si las comunicaciones han llegado a tal nivel de desarrollo, es inevitable el progreso sostenido de las redes de comunicación internacional; es decir: la gestación, desarrollo y fortalecimiento de grupos organizados en la escala internacional con un impacto social creciente. Insistimos: ya no es posible pensar en la acción humana sea cual sea meramente con un enfoque nacional y una perspectiva localista. Un ciudadano del Siglo XXI es casi por definición un "ciudadano del mundo". Mientras que hace apenas unas décadas la naturaleza última de los grupos económicos, políticos, ideológicos, culturales,

académicos, estaba determinada por su componente local, nacional, ahora ya no es igual. El vector internacional redefine los grupos y las redes de contacto humano. El debilitamiento de la polarización geopolítica e ideológica contribuye en la misma dirección.

El progreso de los instrumentos de comunicación potencia este tipo de evolución en la organización humana; el trabajo, la investigación, la educación, el ocio, toda la actividad humana se deberá realizar en nuevas condiciones que provocan una nueva perspectiva en todo. Mucha gente aun no es totalmente consciente de la dinámica de estos cambios y sigue atada a los fantasmas ideológicos o culturales del pasado.

En ese territorio tiene y tendrá una especial importancia la red de comunicación electrónica Internet que, aunque nació en el ámbito militar y con propósitos dentro de la Guerra Fría, constituye hoy en día un extraordinario instrumento internacional para la potenciación de la cultura, comercio, academia, ciencia, arte, deporte o simplemente el placer. Cuando Vinton Cerf y Robert Kahn daban sus primeros pasos con la Internet en 1973, no podían imaginar el desarrollo explosivo de este instrumento: desde 1988 hasta el 2007 la red ha crecido a un ritmo impresionante, con más de 1.114.274,426 usuarios en marzo del 2007 en más de 200 países (fuente: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>). No ha existido nunca un medio de comunicación con el grado extraordinario de crecimiento que posee la Internet. En la siguiente tabla se aprecia la situación mundial en relación con el uso de Internet:

Regiones	Población estimada en el 2007	Porcentaje del mundo	Uso de Internet. Desde octubre
Africa	933,448,392	14.2 %	33,334,800
Asia	3,712,527,624	56.5 %	128,702,065
Europa	809,624,086	12.3 %	214,322,225
Centro Oriente	103,492,727	2.0 %	12,424,700
América del Norte	334,528,018	5.1 %	233,188,086
América Latino/Caribe	556,606,027	8.5 %	96,386,000
Oceania / Australia	34,408,443	0.5 %	18,409,541
Mundo, total	6,374,666,417	100.0 %	1,114,274,426



## Uso de Internet y Población

Regiones	Uso población (Incorporación)	Uso. Urb. del mundo	Uso Crecimiento. 2000-2007
África	3.6 %	3.0 %	638.4 %
Asia	10.7 %	35.8 %	348.8 %
Europa	38.9 %	28.3%	199.5 %
Centro- Oriente	10.0 %	1.7 %	491.4 %
América del Norte	69.7 %	20.9%	115.7 %
América Latina/Caribe	17.3 %	8.7 %	423.4 %
Oceania / Australia	53.5 %	1.7 %	142.0 %
Mundo, excl. EE.UU.	16.9 %	100.0 %	208.7 %

## Uso de Internet y Población (continuación)

Hay zonas del mundo que han incrementado su incorporación a la Internet radicalmente. La penetración es significativamente mayor en América del Norte.

Un momento clave fue la creación de la WEB en 1991 en el Laboratorio

Europeo de Física de Partículas en la frontera franco suiza. Todo se ve afectado por la expansión de la red: ya hay unas varios miles de emisoras de radio que solo transmiten por la red, y desde el 2002 las transacciones comerciales por esa vía sobrepasan los \$300.000 millones por año. El escenario es sugestivo de la nueva historia: en poco tiempo por medio de un chip de TCP/IP con valor de \$0,35 todos los aparatos electrodomésticos del hogar se podrán conectar con la red; lo cual subraya dos fenómenos: la convergencia y integración de los artefactos en el hogar y la oficina, y su vinculación con la red y la comunicación internacional. Incluso, el mismo uso de los programas informáticos por los usuarios será realizado cada vez más extendidamente por medio de la red. Por ejemplo, el gigante Microsoft anunció, desde junio del 2000, el servicio Microsoft.NET, que permite el uso de Windows y MS. Office a través de la Internet. En realidad, desde hace algún tiempo otras compañías habían asumido la misma dirección. Con el progreso de las telecomunicaciones, la perspectiva será precisamente ésta, se cambia la naturaleza misma de la informática. En particular, el sentido de los discos compactos, los disquetes, etc., será otro. La red como el lugar de convergencia, la plataforma tecnológica, el medio de interrelación que lo transforma todo.

El futuro verá el crecimiento de ésta y otras redes electrónicas, probablemente más poderosas, de acuerdo a un crecimiento tecnológico imparable que apunta en el mismo sentido; una perspectiva de ampliación cuantitativa y cualitativa de las posibilidades de comunicación de los diferentes seres humanos en cualquier parte del planeta: en 5 años la red será tan grande como el sistema de teléfonos. Es inevitable suponer que la colección de usuarios de la red Internet cada vez más asemejará la estructura de nuestro planeta. Y la velocidad de la comunicación también es imparable: por ejemplo, desde mayo del 2000, las compañías europeas Alcatel y KPNQuest anunciaron la transmisión, por cable de fibra óptica y sin necesidad de cambiar la infraestructura ya instalada, a una velocidad de 40 gigabits por segundo, 4 veces más rápido que la mayor velocidad registrada en las redes rápidas existentes. Insistimos: mucho pesará en las perspectivas de su desarrollo el uso de tecnologías ópticas y no solo electrónicas, el paso del

electrón a la luz. Esta dirección de investigación y realización tecnológicas promete un salto cualitativo en las comunicaciones.

La memoria de los humanos es corta. Cuando usamos cada día el e-mail como algo normal, a veces perdemos la percepción de los vertiginosos cambios que vivimos. Hace unos pocos años, la comunicación por fax era vista como un medio absolutamente moderno; aunque parte de la imaginación premonitoria del gran Julio Verne, estaba inscrito en una perspectiva propia del futuro. Hoy, como declaraba Heráclito en la Grecia Antigua o como dice la canción de Mercedes Sosa: todo cambia. Es más fácil, más rápido, más eficiente acudir al e-mail para la intercomunicación. Pero además, el correo electrónico apenas cuesta un 2,5% de lo que cuesta un fax corriente. La consecuencia es implacable: el fax está condenado a la extinción. Véase (Negroponte, N., 1998, p. 191). Asuntos de perspectiva histórica.

Aunque sea apenas obvio, debe resaltarse el hecho que Internet es más que comunicación interpersonal o un medio de uso científico y académico, es un instrumento de difusión indiscriminada, de publicidad y de gestión comercial y económica, participa de la organización empresarial (que exige comunicaciones internas y externas), y, con relevancia, debe asumirse como un instrumento de organización colectiva, en una escala insospechada hace pocos años. Su impacto en todas las dimensiones de la vida social del planeta será extraordinario. En un mundo cada vez más "digital", las interacciones o interrelaciones vía redes electrónicas solo pueden ampliarse cuantitativa y cualitativamente. La combinación de este instrumento de comunicación con los avances multimedia, de la electrónica (audiovisual, sensorial, etc.), de la tecnología óptica, y de la tecnología de satélites, modificará economía, comercio, política y, especialmente, cultura y educación. Esta es una auténtica revolución social internacional y, además, es una revolución permanente.

El progreso cualitativo y permanente en los procesos de acumulación, manipulación, procesamiento y comunicación de la información constituye en sí mismo una revolución en el desarrollo de las ciencias y la tecnología modernas, un impacto extraordinario, en donde solo se puede augurar frecuencias cuantitativas y cualitativas de avance mucho mayores que los que hemos conocido hasta ahora. Debe entenderse esto bien: cuando un

equipo informático se vuelve obsoleto completamente en más o menos 3 años (aunque 18 o 24 meses serían un buen ritmo: el de la duplicación de la velocidad de los microprocesadores, la Ley de Moore), estamos en presencia del ritmo vertiginoso al que el conocimiento (aplicado y mercadeado) parece tender; el tempo de la informática-electrónica puede convertirse en el patrón, casi obligado, de toda la empresa tecnológica. Cada vez más, industria, comercio, servicios, tecnologías y ciencias se fundamentan en los productos de la informática-electrónica; los cambios y el ritmo de ellos en esta última solo pueden transformar las condiciones de los primeros. Si la cultura y la educación se fundamentan en la informática-electrónica, no será posible desprenderse en ellas de los dictados de estas tecnologías. Y en las telecomunicaciones propiamente los ritmos tienen sus propios estándares. Algunos ya hablan de algo que está más allá de la ley de Moore, la ley de Gilder: durante los próximos 25 años, el ancho de banda de los sistemas de telecomunicaciones se multiplicará por 3 cada 12 meses, el paraíso para la transmisión de datos.

### Una nueva fase histórica

Cuando afirmamos antes que estamos ante una nueva fase en la economía mundial al apuntalarse la aplicación del conocimiento al conocimiento, la electrónica, la informática y las telecomunicaciones vienen a nuestra mente como ejemplos privilegiados. El uso de la computadora para crear mejores computadoras, una vez tras otra, paquetes informáticos para crear otros más poderosos, sistemas que sirven de plataforma para nuevos que los superan cualitativamente, y todo en fracciones cortas de tiempo de vida. Un círculo virtuoso. Y lo mismo sucede y sucederá con mayor fuerza con las comunicaciones, el uso de las redes para crear otras redes superiores, para potenciar las posibilidades de la comunicación. Estos estándares y ritmos de la alta tecnología serán cada día más el rasero con el cual medir todos los tiempos que nos han tocado vivir.

Estos cambios profundos y expansivos suponen un vuelco en las expectativas y oportunidades de desarrollo y educación de los seres humanos.

Un impacto en los valores, costumbres, hábitos y, en general, en la forma de vida. No es posible ver la guerra como un asunto ajeno (como podría suceder en otro momento histórico) cuando sus imágenes aparecen en el noticiero de las seis en el televisor de la casa. No es posible permanecer indiferente a las hambrunas del norte del África, cuando se reciben los correos electrónicos de un colega de esa región del planeta. No es posible preservar intacta la forma de comerciar, cuando se puede comprar un producto a miles de kilómetros desde el televisor o el monitor de su casa, sin necesidad de intermediarios físicos. No es posible apuntalar la segregación dogmática y el fanatismo, cuando la diversidad de formas de vida, cultura y religión nos confronta en lo cotidiano a través de los diferentes medios de comunicación.

Estos vectores tecnológicos en su conjunto apuntalan la mundialización aunque haya tres o cuatro bloques económicamente anclados en la vida internacional, protagonistas que trascienden lo económico y político, transforman la cultura y la conducta humanas de una manera radical y universal en todas las escalas y dimensiones de la vida mundial. En gran medida, más que nunca, el conocimiento, las ciencias y la tecnología son la partera de la nueva sociedad: a la par de la caída de la Guerra Fría y la implosión del mundo comunista soviético, y de la presencia de una economía postcapitalista, esta revolución sostenida que integra procesos informáticos, electrónica y telecomunicaciones es uno de los pivotes esenciales del orden histórico que sigue. Nos repetimos: una sociedad altamente informatizada y comunicada expresa una nueva realidad, cuyos ritmos, características y tendencias, eso es lo que queremos enfatizar, tendrán que ser revolucionariamente distintos a los que se han vivido. Ahora bien, sin embargo, debido al desarrollo desigual y combinado de las naciones, no será posible esperar los mismos resultados y características en todas las partes del planeta.

## Biotecnologías

Hace poco tiempo, la clonación de una oveja en el Reino Unido (Dolly) dejó a la humanidad con la boca abierta. Ya no era solo una posibilidad

teórica, era algo real (que, incluso, echó leña al fuego del debate que gira alrededor de la llamada bioética). Más cerca, el genetista norteamericano Craig Venter creó in vitro una forma nueva de vida: una sencilla bacteria que se afirma como el primer ser viviente artificial. Y por si faltara algo, en abril del 2000, el mismo Venter, dirigente ahora de Celera Genomics, anunció que su empresa logró secuenciar (en fragmentos) el genoma de una persona. El 26 de junio del 2000, en una transmisión enlazada vía satélite, Bill Clinton y Tony Blair anunciaban a la humanidad que se había obtenido el mapa del genoma humano. Una iniciativa pública (Proyecto Genoma Humano) y otra privada (Celera Genomics Inc.) lograron, el primero, secuenciar un 97% del genoma humano con un 85% en orden, y, el segundo, un 99% de éste totalmente ordenado. En la iniciativa pública participaron 18 países, coordinados por EUA, Alemania, Reino Unido, China, Japón y Francia. El resultado, apenas un punto de partida y un borrador, tomó 10 años de trabajo, la participación de más de 1000 científicos de todas partes y alrededor de \$2000 millones. De esta manera, con esfuerzos, públicos y privados, tocaban el cielo con sus manos: la huella genética de nuestra especie, el libro de la vida, había sido develada. La misma vía de anunciar lo obtenido, la relevancia de los resultados, los métodos con privilegio de la computación, la gestión pública y privada, la conjunción internacional, y las posibilidades abiertas nos muestran la naturaleza de nuestros tiempos, pero, más que eso, nos colocan, sin duda, ante una nueva etapa en el conocimiento.

Dar respuestas al Parkinson o al cáncer o a la diabetes y los desórdenes cardiovasculares no puede menos que entusiasmarlos. Pero es más que esto lo que está en el tapete. La comprensión y la manipulación del ADN, ya en la perspectiva histórica y no solo en lo que se refiere al genoma humano o la medicina, están llamadas a constituir, además de grandes hitos, instrumentos decisivos, para el desarrollo científico, tecnológico, económico y de la calidad de vida de la humanidad.

Desde un punto de vista económico, por ejemplo, sus implicaciones son extraordinarias. Bien dice Paul Kennedy (1995):

“Como la máquina de vapor y la electricidad, es probable que la biotecnología introduzca una nueva era histórica y un gran cambio en el modo en que vive la gente. Ofrece nuevos productos y formas mejores de crear los

existentes. Abre nuevos mercados, reduce los costes de muchos servicios y bienes manufacturados y podría alterar el modelo del comercio internacional. Quizá cambie el modo en que están estructuradas las economías nacionales, los capitales se distribuyen y, en general, el espectro del conocimiento científico. Creará muchos nuevos trabajos y eliminará la necesidad de muchos otros tradicionales.” (p. 112.)

Es probable que sea el recurso de mayor potencial para una producción mayor de cultivos y plantas que nutra la población mundial. Resulta, sin embargo, interesante notar que no es la biotecnología agrícola lo que ha recibido mayor inversión en los últimos años, sino, más bien, la biotecnología médica (más de 20 veces la inversión de capital). (Kennedy, P. 1995, pp. 108). La biotecnología convoca múltiples dimensiones del quehacer científico y tecnológico, como la química, la farmacología, la agricultura, las tecnologías de alimentos, las ciencias de la energía; también, puede poseer un impacto extraordinario en la redefinición y las fronteras del conocimiento del futuro.

Con relación a la biotecnología agrícola: en el momento en que sea rentable la producción *in vitro* de muchos de los alimentos que hoy se producen por mecanismos tradicionales, mejorados o no tecnológicamente, una auténtica revolución en la producción agrícola internacional se va a desatar; esto tendrá implicaciones extraordinarias en la vida social de todo el planeta. (Kennedy, p. 1995, p. 115). En 1998, las ventas totales de productos genéticamente modificados ascendieron a \$30.000 millones. En ese mismo año, China, por ejemplo, importó 46 millones de toneladas de este tipo de productos; y el África y Medio Oriente importaron unos 138 millones de toneladas. (Maldonado, R. 1999, p. 46 A). Las biotecnologías están inscritas en el futuro. Como señala el científico costarricense Pedro León: “La predicción es que el siglo por venir será el siglo de la biotecnología”. (León, p., 1997)).

El futuro de la biotecnología es un asunto capital para el desarrollo de las naciones. Es cierto que para los países en vías de desarrollo es posible desarrollar algunos proyectos de biotecnología, los cuales poseen menos demanda de capital y más de investigación. El asunto es, sin embargo, más complejo: en este momento, las principales investigaciones en torno al ADN a escala internacional (de ingeniería genética) están globalmente en manos

del mundo desarrollado. El gobierno de los Estados Unidos, por ejemplo, para este tipo de investigaciones da directamente unos 4.000 millones de dólares al año, sin contar con otras fuentes indirectas como impuestos o políticas comerciales. (Lane, M., 1997).

Al igual que con otras dimensiones de la vida internacional, el peso de las transnacionales (capital y poder) constituye un factor decisivo para su evolución. Las empresas biotecnológicas pequeñas son compradas por las grandes y los sistemas de patentes y licencias se transforman a la larga en el beneficio de estas últimas. Las naciones en desarrollo entran en la competencia de la biotecnología con sus desventajas estructurales típicas. Por ejemplo, 5 empresas biotecnológicas de Estados Unidos y Europa controlan ya el 95% de las patentes de transferencia de genes. Hay una tensión en el sector entre Norte y Sur. Este diferendo, por ejemplo, se apreció en una reciente reunión en 1999 celebrada en Cartagena, Colombia, patrocinada por la ONU para firmar un Protocolo de Bioseguridad: “Los desacuerdos están entre las naciones industrializadas, incluyendo a Estados Unidos primer exportador mundial de productos generados por bioingeniería y la mayor parte de Tercer Mundo, temeroso de que cosechas diseñadas genéticamente podrían tener devastadores efectos sobre su rica biodiversidad, tradiciones culturales y sistemas agrícolas más rudimentarios”. (Maldonado, R. 1999, p. 46 A). En esta tesitura, la conservación de la biodiversidad ha obtenido mucha atención dada su estrecha vinculación con la agricultura. (Plucknett, D.; Winkelmann, D., 1995, p. 150).

Por razones como las expresadas arriba, y de manera global, no es posible pensar que sea posible una utilización activa y edificante en las naciones en vías de desarrollo de la ingeniería genética para mejorar su producción sin un contexto internacional apropiado. Sin este tipo de entornos favorables, el desarrollo biotecnológico (que podría constituir una reforma agrícola extraordinaria de beneficio para toda la humanidad) podría servir, más bien, para amplificar las desigualdades, aumentar la dependencia de los países en desarrollo con relación a los más ricos y debilitar el progreso de estas naciones. Puesto en otros términos: la biotecnología pareciera ser el instrumento principal para la agricultura y para la medicina del futuro



(con la presencia de un amplio desarrollo demográfico y un amenazante desequilibrio ambiental), pero no está claro que la estructura económica y social internacional actual pueda permitir que esta revolución vaya debilitando la pobreza, disminuyendo las distancias entre los países ricos y los países en vías de desarrollo, y favoreciendo un desarrollo armónico de nuestra especie. Todo está en la transición.

### Automatización

Tal vez los robots no lleguen a dominar nuestra especie, pero que serán importantísimos nadie lo puede negar. Aunque no en la misma dimensión universalizante o revolucionaria socialmente (actual o potencial) que las tecnologías de la comunicación e información o que las biotecnologías, otra de las grandes tendencias en el desarrollo económico y tecnológico mundial tiene que ver con la automatización de la manufactura. De una manera general, es un proceso que expande la sustitución de la mano de obra humana o, mejor dicho, la coloca en otra perspectiva. Una de sus formas es la introducción de robots en la producción económica. Se puede decir que el primer robot industrial fue colocado por Unimation Inc. en 1961. Hoy más de medio millón se han puesto en el mundo industrial. (Engelberger, J. 1995, p. 132). De extenderse y profundizarse este tipo de procesos, sus consecuencias en la organización de la economía manufacturera, a la vez que sus secuelas de implicaciones en la organización productiva, constituirían una auténtica revolución industrial. Para algunos analistas: el robot equivale a la máquina de vapor de la Revolución Industrial. No obstante, y a pesar de los esfuerzos que se han realizado en esa dirección (especialmente en el Japón), no se trata de una perspectiva inmediata para la mayoría de las economías industrializadas del momento.

El asunto es complejo; por ejemplo, para las compañías transnacionales se trata de evaluar qué es más rentable: ¿trasladar sus manufacturas a países con mano de obra más barata o invertir en robótica? Por otra parte, en los mismos países industrializados no todos están en las mismas condiciones. Para algunos, los sindicatos preocupados por la pérdida de puestos laborales

se convierten en un auténtico obstáculo a la creación de robots. En el actual momento quien más lleva delantera en la robótica es Japón.

Para los países en vías de desarrollo la robótica está fuera de sus alcances; en primer lugar, por la demanda de ingenieros, técnicos y del capital que se requiere para echar a andar este tipo de procesos y, en segundo lugar, porque en estos países converge la abundante oferta de mano de obra con precios baratos.

Sin duda, la automatización y la robótica son sistemas importantes para el aumento de la productividad en la organización productiva. En el largo plazo, estos procesos van a tender a intensificarse; sin embargo, existen grandes limitaciones sociales en la escala internacional para que esto se pueda realizar de una manera rápida. Si bien es posible pensar en un escenario en que los países desarrollados, con poblaciones decrecientes, aumenten su nivel de automatización y recurran a los robots, no se puede dejar por fuera el desarrollo de conjunto de la problemática social, económica y política internacional.

### Otras tecnologías

No solo las tecnologías que hemos señalado han tenido un importante progreso en los últimos tiempos: materiales, transportes, ciencias de la salud, fuentes de energía, tecnologías balísticas o espaciales han tenido grandes desarrollos. O tecnologías como la llamada nanología, que promete desatar otra gigantesca revolución. No es posible, sin embargo, determinar cuáles tecnologías tomarán la delantera en el futuro lejano. Sin embargo, resulta interesante mencionar las industrias seleccionadas por el Ministerio de Comercio e Industria Internacional de Japón como las más importantes para los primeros años del Siglo XXI: la microelectrónica, la biotecnología, las industrias científicas de nuevos materiales, la industria aeronáutica civil, las telecomunicaciones, las máquinas herramientas y robóticas y las computadoras. (Thurow, L., 1996, p. 81). Su decurso dependerá, por supuesto, de muchas circunstancias. Lo que nos ha resultado importante en este trabajo es analizar la dinámica de algunas que hoy y en las décadas

siguientes ejercerán mayor influencia.

## EL IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA EN EL CONOCIMIENTO Y LA ACADEMIA

Se trata de un asunto, más bien, epistemológico: un crecimiento tan poderoso de la tecnología moderna, como el que podemos prever, no solo tendrá implicaciones en el desarrollo económico y social sino, de una manera específica, en el desarrollo de las ciencias y de todo el conocimiento. Es decir, por la relevancia de su impacto social, todo indica que se seguirá beneficiando más la tecnología que las ciencias básicas en el próximo período histórico. Aunque la ciencia y la tecnología son hoy, en realidad, caras de la misma moneda, es posible prever que el crecimiento de la ciencia estará aún más influenciado por el desarrollo tecnológico. Y, de la misma manera: las ciencias que obtendrán mayor apoyo, serán aquellas con más asociación con las tecnologías socialmente dominantes. Pero busquemos la perspectiva más general.

Las ciencias y las tecnologías poseen estatus epistemológicos y sociales diferentes; podemos decir que se trata de “universos de discurso” distintos. Si embargo, siempre ha existido una intersección común (más en unas que en otras). Una razón “ontológica”: en el mundo moderno la tecnología es esencialmente conocimiento científico aplicado. La expansión gigantesca de la tecnología de nuestro tiempo impulsada por las demandas de la economía actual (creciente, internacionalizada, “cognoscitiva”), empuja a las ciencias (a unas más que a otras) a verse “arrastradas” por el mundo tecnológico. Los “universos de discurso” convergen, las intersecciones se incrementan, los tiempos entre el resultado científico y su aplicación tecnológica se acortan, como se acortan los de este último y su mercadeo, los ejes del desarrollo tecnológico generan actividad científica (ya sea nuevos ejes o el fortalecimiento de otras líneas de acción). El asunto es muy claro en términos económicos: mayores recursos para tecnologías (investigadores, técnicos, proyectos, instituciones, empresas,...) solo pueden condicionar el

lugar y muchas de las características de las ciencias modernas. A todo esto se debe añadir la “dependencia” creciente de las ciencias con relación a la tecnología (interacciones mayores, ritmos importados ...). Un ejemplo de estas interrelaciones es la bioinformática, cuya evidencia más impresionante se dio en la decodificación del genoma humano. Mucha de la investigación genética, biomédica o farmacéutica se realiza ya en las computadoras. En poco tiempo, las mismas pruebas nucleares se harán en los ordenadores, para dicha de nosotros los mortales. Y lo mismo pasará en todos los campos del conocimiento. Los ritmos de la informática y electrónica modifican las dinámicas y las fronteras del conocimiento, el de las telecomunicaciones y la potenciación de las redes empuja a formas diferentes de hacer ciencia. Incluso en las matemáticas, baluarte de la abstracción y la creación individual, ya la demostración del último Teorema de Fermat puso en evidencia el valor de la informática, pero es más que eso: la práctica matemática usual se verá significativamente modificada por procesos de construcción cognoscitiva “en-red-ados”.

### La estructura de pesos entre ciencias y tecnologías

El margen de maniobra de las ciencias con relación a la tecnología no es, sin embargo, el mismo en cada país; para aquellas naciones de alto desarrollo cognoscitivo ese margen probablemente será mayor. ¿Cuál es la conclusión? Los ejes del desarrollo tecnológico y su dinámica social ocuparán, crecientemente, un papel determinante a la hora de definir los objetivos de las prácticas científicas y académicas del nuevo contexto histórico; para referirse a ello incluso se habla de una nueva forma de conocimiento. Esto obliga a planteamientos lúcidos que, es probable, choquen con la inercia tradicional en la academia de muchos países. Ahora bien, esto no debe malinterpretarse: por más relevancia que la tecnología tenga en el desarrollo de las ciencias, es evidente, que éstas constituyen un fundamento de la misma. Es decir, la investigación científica va de la mano de la tecnología. Debe enfatizarse, también, no solo la relevancia y el papel de la ciencia y la tecnología, sino el sentido de algunos de los componentes cognoscitivos del

producto tecnológico: más que la realización práctica, física, la dimensión “mental”. Por ejemplo, el costo físico de un disco compacto con Windows 98 no llega a los 2 o 3 dólares, pero el conocimiento que está contenido allí es centenares de veces más costoso. La estructura del producto tecnológico privilegia las “ideas”, lo que posee consecuencias múltiples no solo en la creación tecnológica sino, también, en la economía y el comercio.

En las relaciones entre ciencias y tecnologías, no se puede perder de vista las macrocondiciones sociales. Entre sus componentes está el reclamo por la demanda económica o industrial, y las condiciones específicas sociales, que son las que determinan quiénes hacen operativamente ciencias y tecnologías. Nunca se podrá prescindir de este factor. Los límites de la gestión y desarrollo tecnológicos no solo se establecen por sus vectores cognoscitivos, sino, muy especialmente, por el entorno social y humano en el que se dan. Por eso, si lo que predomina socialmente es la industria bélica o lo es el consumo individual masivo, serán estos elementos los que encuadrarán el devenir de la tecnología.

### La transdisciplina

Otro aspecto que nos interesa poner en relieve en esta reflexión: el valor de la interdisciplina o la transdisciplina. Favorecemos el término transdisciplina que refiere más a transformación o ruptura de las disciplinas en compartimentos estancos, y no tanto de interdisciplina o, incluso, multidisciplina, pues en estos últimos pareciera que se parte de disciplinas fijas que interactúan o convergen, lo cual no es nuestra posición. En todo caso, no es nuestro interés entrar en polémicas terminológicas o epistemológicas ni prescribir u devenir para el concurso de las múltiples ramas del conocimiento y, por eso mismo, en lo que sigue hemos usado los términos muy laxamente para efectos de nuestro análisis.

Conforme avanza el conocimiento, a la vez que se expanden las especializaciones se multiplican las interrelaciones en los diferentes campos del saber. Esto se manifiesta, de una manera especial, en el mismo proceso tecnológico; no solo convergencia de ciencias y tecnologías, sino, en particular,

entre diferentes tecnologías que se refuerzan mutuamente (informática y electrónica, materiales y electrónica, telecomunicaciones e informática, tecnología de satélites y comunicación, electrónica y biotecnologías, etc.). Por eso: podemos prever mayores niveles de interacción entre diferentes campos del conocimiento (teórico y aplicado), repetimos, una reformulación de las disciplinas clásicas de los últimos siglos, que se han visto y se verán desdibujadas por el influjo de nuevos factores, conocimientos, tecnologías y realidades. Más aun, en la misma dirección, con relación al conocimiento de la realidad es pertinente la interpretación “de Copenhague” de la mecánica cuántica, que establece la existencia de varias visiones de la realidad, las cuales si bien son independientes resultan complementarias; aunque sin caer en los extremos muchas veces sostenidos por los postmodernistas para justificar relativismos epistemológicos, que no compartimos. En esta visión, tanto la naturaleza como la sociedad son demasiado complejas como para poderse interpretar y entenderse desde un único punto de vista, por eso: “uno de los desafíos en el umbral del siglo XXI consiste en entablar un diálogo significativo y amplio entre las disciplinas a fin de afrontar de manera más eficaz algunas de las cuestiones destacadas en el ámbito de las artes y las ciencias.” Véase (UNESCO (1998): Akyearmpong, 1998, p. 8). El asunto es aun más drástico: la ruptura con la disciplina, la potenciación de la transdisciplinariedad. Pero dejemos aquí la filosofía y volvamos ahora a la economía.

## EL CONOCIMIENTO EN LA ECONOMÍA

El actual desarrollo de las ciencias y la tecnología y sus aplicaciones económicas han representado un extraordinario impacto en los factores clásicos del crecimiento económico: una nueva economía. Ya no es posible pensar que materia prima, recursos materiales o mano de obra, sean en sí mismos las claves para el crecimiento económico exitoso. Ni siquiera el capital en sí mismo es una condición suficiente para el éxito de la empresa económica. Esto es central: el capital y el trabajo han sido pilares de la economía de la modernidad. Debe quedar muy claro: el principal factor de la

economía de la nueva sociedad es el conocimiento. Es decir, para la creación de la riqueza y el valor económico en la nueva sociedad el factor fundamental no será la asignación del capital, ni la mano de obra ni los recursos naturales, sino el desarrollo de la productividad y la innovación, que son aplicaciones del conocimiento. En ese sentido, una consecuencia lateral que ya hemos mencionado: los esquemas que reducían el sistema social a la confrontación entre capitalistas y proletarios desaparecen, no tienen sentido; la estructura de clases sociales en la nueva sociedad (los trabajadores del conocimiento y los trabajadores de servicio) determina una nueva realidad sociológica. Capitalismo y marxismo se hunden en las páginas de la historia, ¿gracias al conocimiento?

### El componente cognoscitivo

La clave para la empresa del futuro es el componente cognoscitivo, la aplicación de ciencia y tecnología en la producción económica. Se estima que más del 50% del PIB de los países de la OCDE está fundamentado en el conocimiento, y la tendencia es aceleradamente creciente. En el periodo comprendido entre 1980 y 1994, la alta tecnología en el comercio internacional pasó del 12% al 24%. Y todos los indicadores ya más recientes apuntan en la misma dirección. La nueva economía como plataforma social, y como motor de un rediseño de las fronteras de la economía clásica. Un estudio de los investigadores Dale Jorgenson (Harvard) y Kevin Stiroh (Banco de la Reserva Federal de los EEUU), revela un crecimiento en la productividad de la economía estadounidense de alrededor del 2,3% anual entre 1995 y 1998 (un punto porcentual encima del que tuvo en el periodo 1990-1995), debido a tres vectores: inversión de capital, calidad de mano de obra y progreso tecnológico, donde el tercero es el más determinante. La elevación del progreso tecnológico, la productividad, y su impacto en toda la economía catapultó la productividad de toda la economía norteamericana, al punto que se esperan en la misma crecimientos del 3 y 3,5% sin presiones inflacionarias. ¿Conclusión? La economía en su conjunto cada vez más se ve determinada por el decurso tecnológico, es decir de la participación

creciente del conocimiento en la vida económica. Volvamos a los factores de la economía.

No es que los salarios bajos o la existencia de mayores recursos naturales dejen de tener importancia, pero, en el largo plazo, serán aquellas empresas que logren incorporar mayor factor tecnológico y cognoscitivo en su producción las que van a asegurar su éxito. La conclusión es inevitable: “En una economía global moderna hay una ley inflexible de los salarios: las únicas diferencias salariales que pueden subsistir en el largo plazo son las justificadas por las habilidades que generan más alta productividad.” (Thurow, L. 1996, p. 183). Aunque siempre los salarios bajos serán un instrumento para la competitividad económica de una empresa o de una nación, indiscutiblemente, tendrán mayor éxito en el largo plazo aquellas empresas o naciones que involucren en los servicios y trabajos un componente técnico mayor. Un dato con relación a esto: “en un periodo de solo ocho años, el coeficiente de habilidades matemáticas relativas y los ingresos se han triplicado para los varones y duplicado para las mujeres.” (Thurow, L. 1996, p. 183).

### Liberalización económica y conocimiento

En el mismo sentido influye la liberalización económica: la mayor facilidad de importación de bienes de capital aumenta la productividad, y esto aumenta la demanda de mano de obra calificada. En la sociedad informatizada y comunicada, el conocimiento y las destrezas asociadas al conocimiento y a la información serán la clave en la mano de obra. Bien señala Thurow, que: “El conocimiento y las habilidades han quedado ahora como la única fuente de ventaja comparativa.” Véase (Thurow, L. 1996, p. 81). El asunto es, incluso, más preciso: “el conocimiento solo puede ser empleado a través de las habilidades de los individuos”. ¿Cuál es la conclusión? Todo empuja a que la mano de obra más preparada y educada desplace a la mano de obra que no reúna este tipo de condiciones, demandas extraordinarias sobre la formación secundaria, postsecundaria y técnica de una nación. Esto establecerá diferencias y dinámicas sociales que modificarán en el largo plazo la evolución sociológica de una nación. Es aquí donde se entiende mejor la



dinámica, en los principales países desarrollados, de expansión del empleo en servicios y conocimiento, y declinación en industria, como sucedió con la agricultura en la sociedad industrial.

Como la base de este tipo de desarrollo económico es el conocimiento y el tratamiento de la información, sus características y procedimientos son los que, de alguna manera, definirán el desarrollo económico del futuro. Por eso, es pertinente el comentario de Thurow, en una valoración de la economía: no se trata tanto de determinar cuál sector (servicios, industria o agricultura) está simplemente creciendo, en el largo plazo no importa que se trate de uno o de otro, de lo que se trata es de cuál sector o cuál industria está haciendo inversiones que los coloquen en la empresa del futuro, la incorporación del conocimiento en su desarrollo.

### Etapas en el papel del conocimiento

Coloquemos esta discusión en la perspectiva histórica. En primer lugar, debe recordarse que el capitalismo apareció de diferentes formas en otros momentos históricos. Relevante es que en los últimos 250 años alcanzó una posición dominante en el planeta. Entre 1750 y 1850 conquistó a Europa occidental y septentrional y, ya a principios del siglo XX, casi todo el resto del mundo. ¿Por qué triunfó en nuestro hemisferio y nuestra época con tanto estruendo? En esta evolución, un factor determinante fue la Revolución Industrial, que reflejó un cambio en el papel y significado del conocimiento: el uso práctico del conocimiento y el desarrollo de la tecnología. Capitalismo y tecnología constituyen el matrimonio que fundamenta la economía de la sociedad moderna; una producción económica basada en la tecnología fue el motor fundamental para la potenciación del desarrollo capitalista de la modernidad.

Ahora bien, con Peter Drucker, podemos considerar esta historia de la economía capitalista en tres etapas: una primera etapa en la que se aplica el conocimiento a objetos, máquinas, procesos, y otra en la que se aplica al trabajo. Esta última es lo que se puede llamar la revolución en la productividad, que arranca desde 1880 y se extiende hasta después de la Segunda Guerra

Mundial. Pero: "... aumentar la productividad de los obreros manuales en fábricas, agricultura, minería o transporte ya no puede crear riqueza por sí mismo; la revolución de la productividad se ha convertido en víctima de su propio éxito. A partir de ahora lo que importa es la productividad de los trabajadores no manuales; y eso exige, obviamente, la aplicación del saber al saber." (Drucker, P. 1999, p.55.). Estamos ante las fronteras de una etapa en las economía moderna. Las palabras claves son gestión e innovación: "... proporcionar saber para averiguar en qué forma el saber existente puede aplicarse a producir resultados es, de hecho, lo que significa gestión. Además el saber también se aplica de forma sistemática y decidida a definir qué nuevo saber se necesita, si es factible y que hay que hacer para que sea eficaz; en otras palabras, se aplica a la innovación sistemática." (Drucker, P. 1999, p.58.). Para Drucker, este tercer cambio en el significado del conocimiento se puede llamar la revolución de la gestión, y ya se ha extendido a lo largo del planeta. La Revolución Industrial se impuso entre mediados del Siglo XVIII y mediados del Siglo XIX, la revolución de la productividad desde 1880 hasta finales de la Segunda Guerra Mundial, y, con un ritmo vertiginoso, la tercera nueva revolución se ha extendido a largo del mundo en unos 50 años.

Esta razonable "periodización" de Drucker, sin embargo, debería ajustarse a partir del significado que poseen la informática y las telecomunicaciones. Nos encontramos apenas en las puertas de una nueva etapa. Un salto cualitativo en la organización de la producción, que no se puede acaparar con la simple "aplicación del conocimiento en el conocimiento". La potenciación de comunicaciones, globalización e influjos cognoscitivos de la revolución informática y electrónica, dispara radicalmente la productividad colectiva, incluso mucho más allá de la misma economía. Ahí estamos, exactamente, al cruzar esta frontera entre siglos. Ya volveremos muy pronto sobre esto.

### La productividad

Un asunto al que refiere directamente esta última discusión es el de la productividad en los empleos de la nueva economía. En los servicios, la respuesta parece ser indiscutible: es baja. Especialmente en los empleos de

oficina y más aún en los gubernamentales. Por otra parte, debe consignarse con claridad: hay una distancia entre los trabajadores del conocimiento y aquellos de los servicios. Hasta el momento, una gran cantidad de los trabajadores del sector servicios no requieren en su trabajo altos niveles de especialización ni de educación. Esto es un reto para cada sociedad. ¿Cómo avanzar en la productividad del trabajo en el sector servicios? Drucker propone: “Definir los resultados, al determinar el flujo de trabajo adecuado, constituir el equipo adecuado, y concentrarse en el trabajo y su ejecución son requisitos previos para conseguir productividad en el trabajo del saber y en el trabajo de los servicios. Sólo cuando todos ellos se han hecho puede empezar la tarea de hacer que cada trabajo individual y cada tarea individual sean productivos.” (Drucker, P. 1999, p.117).

El asunto parece más complejo que lo que una prescripción abstracta como la anterior puede ofrecer. Lo que sí parece muy importante es consignar que el incremento de la productividad en estos trabajos obliga a un aprendizaje continuo tanto para la acción propiamente laboral como en lo que se refiere a la organización del trabajo. En particular, es correcto afirmar: “la organización tiene que convertirse en una organización donde se enseñe y se aprenda.” (Drucker, P. 1999, p.118). Esto es muy relevante para las estrategias nacionales en la educación y la formación de los nuevos tiempos.

Estamos de acuerdo en la existencia de una nueva economía a partir del uso del saber en el saber, de la gestión, de una reforma de los factores económicos definitorios de la sociedad capitalista, y de la composición de su empleo,... pero debería consignarse además, es relevante subrayarlo, una nueva fase a partir del uso exponencial de las computadoras y las telecomunicaciones, y con la especial relevancia de la producción y el comercio electrónicos. Pero debe tenerse cuidado en no pensar que solamente se trata de un asunto de e-comercio, pues más bien refiere a toda la organización de la vida económica a partir de nuevas reglas. Lo relevante aquí es el papel de la nueva unidad de definición: la red. Este es el momento adecuado para colocarlo en la perspectiva histórica que demanda.

El papel de la red

La red constituye el marco y el instrumento para crear o gestar el conocimiento, producir el producto y comercializarlo, para integrar publicidad, las reacciones de los segmentos de mercado buscados y, finalmente, para reiniciar el proceso. Una idea se pide que surja de la red, que se moldeen allí sus fronteras, que su diseño se haga también así, y que por la misma conexión se explore el ensamblaje y producción, para luego colocar el resultado en el mercado a través de la misma. Estamos ante la presencia de círculos completos de economía a través de la red. Y eso significa una nueva relación entre creativos, productores y gestores, y entre estos y el mercado. Cuando, por ejemplo, se dirige la mirada hacia el Silicon Valley se suele ver la producción de hardware y software, pero se pierde de vista lo más decisivo de este icono de los nuevos tiempos: la organización en red, una auténtica e-cultura. Esta economía posee características que rompen los esquemas típicos en el mundo industrial, va más allá de decir que “la organización potencia a sus participantes”, o que “la suma es mucho más que sus partes”. Pero además, multiplica procesos de los que ya hemos sido testigos, una nueva relación entre precios, tiempo y mejor tecnología: disminución drástica de los precios para productos con mejor tecnología en plazos temporales nunca imaginados.

Al constatar que lo relevante es más que el contenido del producto la organización social que lo produce, estamos de frente ante la esencia de la revolución económica que vivimos: la construcción de automóviles, los productos farmacéuticos, las telas, todas las dimensiones de la economía tenderán a adoptar la red como su célula básica. La fábrica, unidad de centralización de procesos que fundamentó la sociedad capitalista, queda atrás, en nuestras espaldas, en el pasado.

Ahora bien, debemos consignar, la nueva organización apunta a dos procesos: por un lado, la descentralización de los componentes del proceso económico (que se precisan y multiplican) y su integración con el concurso de la red, y, por el otro lado, la internacionalización y globalización del mismo, a través de una infraestructura creciente de telecomunicaciones. Esto nos ofrece apenas una foto de esta realidad.

¿Cuál es la perspectiva?

No estamos solamente ante un aumento en los niveles de eficiencia productiva o comercial, o de la rapidez con que se establece una transacción, o de una realidad de mayor globalización de la economía, sino que estamos ante un cambio drástico de la vida social que afecta las relaciones, estructuras y la organización general de las economías en las escalas nacional e internacional. La nueva economía pone en cuestión las fronteras nacionales, regionales, locales y apunta la mundialización, y también coloca contra la pared a los enfoques localistas en las estrategias económicas. Vayamos ahora a las políticas para el desarrollo.

¿Cuánta ciencia y tecnología específicas se necesitan para el éxito económico de una empresa? No hay leyes universales y a priori que permitan ofrecer una respuesta apropiada, dependerá de condiciones muy concretas, pero hemos visto la experiencia de empresas exitosas en ciencia y tecnología sin una gran inversión de capital. Esto se puede decir de otra forma: algunos elementos actuales del escenario científico-tecnológico que vivimos no son instrumentos tan caros como para impedir su utilización de una forma más amplia. Cuando en menos de tres años un equipo informático se vuelve obsoleto, su precio cae drásticamente, pero no su valor como instrumento o insumo económico, cultural o educativo. La rapidez del progreso tecnológico y su traducción en los precios abren nuevas opciones para la producción social. Esto afirma, simplemente, más posibilidades para permitir la competencia económica. Existen, en consecuencia, nuevas oportunidades. Y esto puede ser útil para las estrategias de desarrollo de algunos países.

En el mismo sentido apunta la globalización, opina Drucker: “Con el dinero y la información convertidos en que transnacionales, inclusive unidades muy pequeñas son ahora económicamente viables. Grande o pequeño, todo el mundo tiene a igual acceso al dinero y la información en los mismos términos. En realidad, los verdaderos ‘éxitos sin precedentes’ de los últimos treinta años han sido países muy pequeños.” (Drucker, P. 1999, p.191). Sin embargo, hay que relativizar este tipo de apreciaciones. Si bien es cierto que

en el nuevo escenario existen oportunidades para obtener la información y el capital para invertir, con menos restricciones, tampoco se pueden pasar por alto las limitaciones: un mundo estructurado con base en grandes desigualdades, cargado de dobles morales, y fuertes intereses monopolizantes y concentradores. Tampoco el crecimiento de esos pequeños países ha sido “puro”, la geopolítica de la Guerra Fría intervino decisivamente. Por eso no se debe convocar al optimismo y las ilusiones generalizados, sin más. No debe perderse la perspectiva.

La realidad social y económica de la sociedad en que vivimos se impone con fuerza implacable: no se puede negar la estrecha vinculación entre tecnología y economía y, por ende, entre tecnología y capital. La inversión de capital de nuestra época condiciona sustancialmente a la tecnología (sus posibilidades y decurso). Aunque se dan experiencias en el mundo de progreso tecnológico con poco capital, tarde o temprano el capital interviene decisivamente, con su cohorte de leyes. A la larga, para un país la debilidad en el capital representa, casi mecánicamente, la debilidad en la tecnología. Por eso, se trata de una auténtica Espada de Damocles sobre el Sur: si los países en desarrollo siguen recibiendo solamente un 10% de toda la inversión directa extranjera del mundo, en perspectiva, el resultado será su exclusión del progreso tecnológico, y entonces de lo que éste supone para la calidad de vida colectiva. Es aquí, claro está, donde entra la política: se prevé un destino de exclusión tecnológica, a no ser que se establezcan mecanismos, regulaciones, acciones adicionales de inversión en ciencia y tecnología.

El planteamiento señala varias direcciones: obliga a lúcidas estrategias de desarrollo nacional y cooperación regional en el Sur, pero, también, a la búsqueda de voluntades internacionales en el seno de los organismos mundiales. Un punto de toda agenda nacional e internacional, que deberá cobrar más fuerza en los siguientes años.

### El papel del sector privado

Un detalle que debe consignarse: se ha dado un fortalecimiento del espacio del sector privado en la investigación científica y tecnológica. Por ejemplo: “la parte de las patentes del sector público en biotecnología vendidas bajo licencia exclusiva al sector privado aumentó del 6% en 1981 a más del 40% en 1990”. (PNUD, 1999, p. 67). Esto se da a la par de concentraciones de capital, necesarias para poder realizar las fuertes inversiones requeridas. Se ha dado un crecimiento extraordinario de fusiones y adquisiciones realizadas en tres sectores tecnológicos claves.

DISTRIBUCIÓN DE COMPUTADORAS EN EL MUNDO		
Ranking	País	Número de computadoras
1	Estados Unidos	164,100,000
2	Japón	49,900,000
3	Alemania	30,600,000
4	Reino Unido	26,000,000
5	Francia	21,300,000
6	Italia	17,500,000
7	Corea del Sur	16,000,000
8	China	15,900,000
9	Australia	10,600,000
10	Canadá	10,600,000

Fuente: IDC World WideWeb y <http://www.idc.com/computers.html>

¿Cuánto gira en torno del capital privado y cuánto debe asumir el Estado? ¿Quién va a hacer, por ejemplo, las inversiones de gran envergadura y con mucho riesgo? Hace menos de 10 años, el insigne economista norteamericano, Lester Thurow (1996), decía: “... la infraestructura que de veras va a importar en el futuro no es tanto la infraestructura física como la del conocimiento. Las industrias basadas en la capacidad intelectual requieren inversiones en investigación y desarrollo con rendimientos a muy largo plazo.” (p. 306). Sin embargo, este tipo de inversiones: “... no se pueden justificar en los cálculos de inversión del capitalismo.” (p. 307). La conclusión de Thurow era, entonces, muy tajante: “... el gobierno tendrá que jugar un papel

central en la provisión de tres elementos claves las habilidades humanas, la tecnología y la infraestructura que determinarán el éxito o el fracaso del capitalismo en el siglo XXI.” (p. 310). Por eso, añade este autor: “En una era de industrias basadas en la capacidad intelectual, el propósito del gobierno debería ser claro. Debería estar representando los intereses del futuro en el presente. Tendría que estar haciendo las inversiones necesarias que el capitalismo no podría hacer por sí mismo.” (p. 310). No obstante, hay que relativizar las opiniones, pues, la realidad se mueve muy rápido bajo nuestros pies: para empezar, los ritmos y plazos de las inversiones cognoscitivas han variado cualitativamente, para no hablar de los precios en caída libre por la intensidad misma de la productividad: ¡la nueva economía, la nueva economía! ¿Acaso experiencias como la de Celera en el “mapeo” del genoma humano no nos debe conducir a reevaluar el papel de la empresa privada en proyectos estratégicos de larga monta? Al variar muchas de las reglas del juego económico, la nueva economía plantea una reformulación del concurso del Estado y de la empresa privada y, no lo olvidemos, de las organizaciones. Ahora bien, todo debe colocarse sobre la tierra, el papel de los entes sociales dependerá de cada país, de su escenario nacional, de su contexto internacional, y de sus posibilidades propias. Por eso mismo, lo más probable para los países en desarrollo, no se puede evadir un diagnóstico, es que el Estado deberá asumir las responsabilidades decisivas, estratégicas, en ciencias y tecnología, investigación y desarrollo, así como debe preverse un menor papel de la empresa privada. Pero no se podrá sacar de la ecuación, en este contexto de nueva economía y globalización, que los plazos para que la situación cambie pueden ser muy rápidos, y hay que adelantarse a esas posibilidades. Vayamos a algunas conclusiones sociales.

En primer término: toda esta problemática debe colocarse en la perspectiva colectiva apropiada. No está claro que la robótica ni, en otro orden de cosas, la biotecnología o las tecnologías de la información y comunicación, o ninguna tecnología por más importante que sea, en la actual estructura económica, política y social internacional, resulten capaces de mitigar los conflictos entre países pobres y países ricos, el deterioro de la calidad de vida en amplias regiones del planeta y debilitar los antagonismos y las desigualdades sociales.



La apropiación, uso y potenciación de los nuevos instrumentos cognoscitivos sin mecanismos de regulación solo pueden reproducir algunas tendencias peligrosas de nuestra sociedad: disparidad, segregación, fragmentación y exclusión. Ya mencionamos el caso de las biotecnologías. La Internet es otro buen ejemplo: en 1988 el 88% de los usuarios de esta red procedían de los países industrializados (un 50% en Norteamérica), mientras en el Asia meridional menos del 1%. Los datos abundan: en los Estados Unidos hay más computadores que en el 80 % del resto del mundo, y más computadores per cápita que en ningún otro país (salvo San Marino). Vea los detalles para el año 2007

El número de computadoras en los primeros 10 lugares:

Un 30% de los internautas son angloparlantes. ¿Y las patentes de propiedad intelectual? El 97% son de los países industrializados y además: “Más del 80% de la patentes que se han otorgado en países en desarrollo pertenecen a residentes de países industrializados”.

### Las patentes

Esto último nos lleva a una pequeña digresión final, con relación a las patentes y su destino. Es cierto que, en 1995, entró en vigor el acuerdo sobre Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), en la OMC. Pero la pregunta que emerge aquí con toda naturalidad es: ¿tiene sentido un viejo sistema de propiedad intelectual casi decimonónico en el nuevo orden mundial basado en la alta utilización del conocimiento? Bien señala el PNUD (1999): “El desarrollo de las nuevas tecnologías va muy por delante de los marcos éticos, jurídicos, regulatorios y normativos que son necesarios para regir sus uso”. (p. 73). Ya en perspectiva: ¿no será mejor ir considerando el acceso abierto y comunal de la innovación cognoscitiva? ¿Es inevitable un debate a fondo del tipo Windows versus Linux? El asunto es complejo. No todas las áreas tecnológicas son iguales

y tampoco admiten los mismos parámetros para legislar la innovación o la creación intelectual, pero esto, sin duda, se encuentra en el orden del día de los siguientes años.

### Las estrategias de desarrollo

Todos estos asuntos refieren a las estrategias de desarrollo: la nueva economía obliga a un replanteo de las variables anteriores, como las fronteras físicas y temporales para las leyes de la oferta y la demanda, así como la validez de las políticas proteccionistas o las de liberalización comercial que ha dominado la economía internacional siempre. De cara al futuro, debe consignarse: "... en la economía del saber ni el proteccionismo tradicional ni el comercio libre tradicional pueden funcionar por sí mismos". (Drucker, p. 1999, p.187). Esto es así, para empezar, por las limitaciones del Estado-nación, y, por otro lado, porque el papel de la oferta y la demanda clásicas no es el mismo: por ejemplo, los costos productivos pueden bajar drásticamente y rápidamente. Entonces, con palabras de Drucker (1999):

"La nueva industria de alta tecnología ha de contar con la suficiente competencia y los suficientes retos; de lo contrario, dejará de crecer y desarrollarse; se volverá monopolista y perezosa y pronto quedará obsoleta. La economía del saber exige, por lo tanto, unidades económicas que sean mayores inclusive que un Estado nacional de buen tamaño; si no es así, no habrá competencia. Pero también exige la capacidad de proteger la industria y comerciar con otros bloques comerciales sobre la base de la reciprocidad más que de la protección del libre comercio. Esta es una situación sin precedentes; hace que el regionalismo sea al mismo tiempo inevitable e irreversible." (p. 187).

Finalmente, nos repetimos una vez más: las ciencias y la tecnología son instrumentos cada vez más importantes y decisivos; el asunto es implacable: nadie podrá escapar de la búsqueda de alternativas nacionales e internacionales que asuman estas líneas de desarrollo tecnológico. Pero se trata de asuntos determinados por el comportamiento social más general. Su destino dependerá de la política y la conducción internacional y nacional que asuma la humanidad. Esta es una premisa metodológica.