

## Ensayos

# La Tercera Revolución Científico-Tecnológica de la Humanidad

Roberto Guadarrama Sistos

La humanidad tiene 20 mil años de edad y en ese período ha desarrollado tres grandes revoluciones en el hacer y en el pensar. Estas revoluciones han sido de naturaleza tecnológica, evidentemente distintas en sus niveles de conocimiento y complejidad, con impactos en las formas de organización económica, social y política de nuestras sociedades.

El tiempo comprendido entre la aparición de nuestra abuela "Lucy" o el niño de Taung —2 millones 500 mil años—, y el hombre de Neanderthal —40 mil años— que desarrolla instrumentos o herramientas de piedra tallada y que concluye con el período paleolítico<sup>1</sup>, es de grandes avances en el desarrollo de instrumentos de trabajo, basados fundamentalmente en la piedra. La piedra es "el primer símbolo de la potencia del hombre, al mismo tiempo que constituyó su primer utensilio y la primera arma"<sup>2</sup>. Las múltiples formas de trabajar la piedra sirven para diferenciar las distintas organizaciones sociales del hombre primitivo: en el neolítico, el homo-sapiens —Cromagnon— fabrica sus instrumentos con piedra pulida y empieza a desarrollar la agricultura.

### 1. La primera revolución

La primera revolución consistió en la domesticación de los animales, las plantas y demás elementos naturales. Así nació la agricultura y la ganadería y con ello la posibilidad de aprovechar tanto la fuerza animal como la de la naturaleza, por ejemplo: ríos, caídas de agua, viento, corrientes marítimas y el fuego. La utilización de estos elementos permitió el desarrollo de instrumentos de trabajo

que multiplicaban las potencialidades del hombre.

Sólo después de que dominó la naturaleza, fue posible el nacimiento de las sociedades sedentarias, la creación de instituciones, el desarrollo cultural y la conformación de civilizaciones<sup>3</sup>. Las formas de organización, las ideas, los niveles de bienestar y en general el desenvolvimiento de las sociedades dependieron de la relación hombre-naturaleza, de la capacidad de dominar a la naturaleza, en una primera instancia, y de las formas de distribuir sus recursos y productos, en una segunda.

Este desarrollo presentó contrastes entre las formas de hacer y de vivir; así, las sociedades generaron distintos grupos, estratos y clases sociales con diferentes capacidades de controlar dichas fuerzas y de esta manera se asignaron los roles en la sociedad.

La creación y perfeccionamiento de los instrumentos de trabajo propicia una evolución de las formas de organización y de explotación de los objetos de trabajo y de la propia fuerza humana para el trabajo.

Los modos de producción que derivan de las distintas formas y grados de desarrollo de los instrumentos y objetos de trabajo condicionaban las diferentes formas de su propiedad, determinando de esta manera, la conformación social, de clases, en dicho proceso.

La naturaleza de los instrumentos y objetos de trabajo, las formas y relaciones de producción derivadas de ellos, y la relación de propiedad de los mismos determinaron los modos de producción y distribución en la sociedad. Durante la vigencia de la primera revolución tecnológica los modos de producción prevalecientes fueron el comunismo primitivo, esclavista y feudalista.

<sup>1</sup> Para dos distintos tratamientos sobre el tema *cfr.* Niesturj, M.F., *El origen del hombre*, y Attenboroug, D., *La sorprendente vida en la tierra*.

<sup>2</sup> Augusta, J. y Burian, Z., *Los Hombres Preshistóricos*.

<sup>3</sup> Bronowski, J., *El ascenso del Hombre*.

La apropiación de instrumentos y objetos de trabajo por ciertos estratos de la sociedad los convirtió en elementos de control de la capacidad de sobrevivencia de dicha sociedad; así, la clase dominante logró controlar las instituciones y las formas de expresión ideológica y consecuentemente, reforzó jurídicamente su posición dominante.

## 2. La segunda revolución

La Segunda Revolución se caracteriza por la conversión de la fuerza domada de la naturaleza en fuerza mecánica. Esta transformación parte de la innovación de los instrumentos de trabajo, así como de la invención de otros; los nuevos instrumentos de trabajo amplían la capacidad física del hombre con relativa autonomía de él mismo en la realización de las actividades y lo posibilitan para efectuarlas ininterrumpidamente durante periodos prolongados, muy superiores a los que física y culturalmente podía hacer.

La fuerza mecánica se gesta con el diseño de instrumentos de trabajo movidos por el hombre, con lo cual se transita de la fuerza del agua<sup>4</sup> a la de la termodinámica, como la empleada por los motores de vapor, de combustión interna y los de reacción nuclear. Con la energía así generada el hombre logra trascender su espacio terrestre y llega a la luna.

La sociedad y forma de producción correspondiente a esta revolución es el Modo de Producción Capitalista, que se define a partir de su relación con esta nueva fuerza. La propiedad de los nuevos instrumentos de trabajo posibilita a la clase burguesa readecuar las relaciones sociales, subordinando a aquella parte de la población que no los posee. La fuerza de trabajo es libre de contratarse con el dueño de los instrumentos de trabajo que así lo requiera, pero al depender únicamente de su fuerza de trabajo para sobrevivir, su capacidad de negociación se ve fuertemente disminuida<sup>5</sup>.

El dueño de los instrumentos de trabajo va condicionando a los propietarios de los objetos de trabajo: los antiguos señores feudales, ahora convertidos en terratenientes, mediante los crecientes requerimientos de materia prima para los procesos industriales.<sup>6</sup> El modo de producción capitalista orienta a sus sociedades hacia la generación de excedentes para el mercado, debido al potencial de sus instrumentos de trabajo y de la relativa

abundancia de objetos y fuerza de trabajo. Los instrumentos crecen en dimensión y capacidad productiva lográndose importantes economías de escala.

Las economías logradas al escalar la producción, inducen a incrementar las dimensiones y características técnicas de los instrumentos de trabajo y con ello aumentan los requerimientos de capital para su financiamiento. Así, las tecnologías desarrolladas para incrementar la capacidad productiva de los instrumentos de trabajo tienen crecientes requerimientos de capital, que se financian con las economías de escala, la reducción de los costos unitarios y los mercados en expansión.

México se incorpora a este proceso en la etapa final de la primera revolución científico-tecnológica y consolida sus correspondientes formas de organizar el trabajo debido a dos hechos fundamentales: la abundancia de fuerza de trabajo y el carácter colonial o subordinado de su sociedad. Los instrumentos de trabajo no se desarrollan más allá de los requerimientos de los modos de producción de las sociedades europeas.<sup>8</sup>

Pese a la drástica reducción de fuerza de trabajo durante el periodo colonial, el México independiente no logra diseñar instrumentos de trabajo acordes a las necesidades de las fuerzas productivas, por lo que abre las puertas a la importación de artefactos desarrollados en los países europeos<sup>9</sup>; así se determina la inserción de México en la redefinida división internacional del trabajo, provocada por la segunda revolución científico-tecnológica de la parte final del siglo XVIII y la primera del XIX.<sup>10</sup>

El proceso se profundiza y adquiere distintas modalidades conforme éste avanza. Para finales del siglo XIX y principios del XX, la importación de instrumentos de trabajo permite la explotación de objetos de trabajo abundantes en el país, los cuales son requeridos por las naciones más avanzadas. La inserción se da en términos de exportación de objetos de trabajo e importación de instrumentos de trabajo. El modelo de desarrollo es conocido como "crecimiento hacia afuera" o esquema primario-exportador.<sup>11</sup>

Las exigencias de acumulación de los países industrializados generan las condiciones para que en México se inicie una etapa productiva tendien-

<sup>7</sup> Hosbaum, E., *Historia económica del capitalismo*.

<sup>8</sup> Chavez Orozco, L., *Documentos para la historia económica de México*, T. I y II.

<sup>9</sup> Documentos diversos (inéditos y muy raros) Alaman, L., así como Folletos, Antunano, E.

<sup>10</sup> Guadarrama, R., *La teoría clásica del comercio internacional coadyuvó a nuestro subdesarrollo*.

<sup>11</sup> Varios autores., *Teorías de la dependencia*.

<sup>4</sup> Reynolds, T., *Medieval roots of the Industrial Revolution*.

<sup>5</sup> Marx, C., *El Capital*.

<sup>6</sup> Smith, A., *La riqueza de las naciones*.

te a sustituir las importaciones tradicionales de bienes de consumo. El proceso conocido como "crecimiento hacia adentro" o de industrialización por la vía de la sustitución de importaciones, implica creciente importación de instrumentos de trabajo.

Para sustituir importaciones de bienes de consumo requerimos importaciones de bienes de capital. La industrialización es producto de la segunda revolución científico-tecnológica, pero en el caso de México ésta se introduce tardíamente, haciéndonos jugar un papel de exportadores de objetos de trabajo e importadores de instrumentos de trabajo.<sup>12</sup>

Los efectos de tal proceso ocasionan necesidades cada vez mayores de importación de instrumentos de trabajo, y de divisas, creciente marginación de recursos productivos no contemplados en la tecnología de los instrumentos-objeto-fuerza de trabajo importados —con la consecuente desvinculación sectorial de la estructura económica y de ésta con el aparato científico-tecnológico nacional—, y creciente vinculación con estructuras externas en mercancías, capital, tecnologías y financiamiento.<sup>13</sup>

Durante la segunda revolución científico-tecnológica el progreso es concebido como el incremento de los volúmenes de los instrumentos de trabajo; en una primera etapa la realización de instrumentos de trabajo es por la vía extensiva, caracterizada por una mayor cantidad de instrumentos de trabajo pero con una constante tecnológica; en una segunda etapa y dada la concentración y centralización de los capitales, la competencia reduce el número de demandantes de instrumentos de trabajo en el mercado, pero debido a su mayor capacidad económica individual, la forma de realización de los instrumentos de trabajo se efectúa por la vía intensiva, es decir, un número constante de instrumentos de trabajo pero con mayor complejidad tecnológica individual. Así, el progreso tecnológico permite asignar mayor valor y precio a los modernos instrumentos de trabajo, siendo ésta la forma de realización intensiva en el capitalismo oligopólico de la segunda mitad del siglo veinte.<sup>14</sup>

En este sentido es que hablamos de la naturaleza de la tecnología; los instrumentos de trabajo desarrollados durante las etapas extensiva e intensiva, demandan cada vez mayores volúmenes de objetos y fuerza de trabajo, concentrando los recursos para su adecuada operación. La concentración de recursos deriva en la centralización

de decisiones y en el control de la participación de quienes proporcionan los objetos y la fuerza de trabajo, que toman parte en el proceso productivo. La diferencia de etapas en la realización de los instrumentos de trabajo es relevante en relación al nivel de complejidad tecnológica y, especialmente, en cuanto a la creciente determinación de las características de calidad y oportunidad de los objetos de trabajo así como de la fuerza de trabajo.

Esta característica de determinación tecnológica de los procesos industrializantes, redundando en el crecimiento de este sector en las economías desarrolladas, porque es donde mayor progreso técnico se genera: a partir de ello ordena, articula y jerarquiza la estructura económica, tanto en las naciones de origen, como a nivel internacional. Así los países desarrollados son a la vez industrializados, porque crean sus instrumentos de trabajo.

Por otro lado, la orientación de estas sociedades a la generación de excedentes para el mercado, la creciente necesidad de financiar tanto la producción como la realización y demanda de este excedente, crea condiciones para el desarrollo de servicios relativos a actividades productivas, particularmente el transporte, las comunicaciones, el comercio y el financiamiento. Así, el complemento indispensable para el desarrollo del sector industrial es la expansión de los servicios, el llamado sector terciario de la economía.

### 3. La tercera revolución

A partir de la segunda mitad del presente siglo, y a causa de profundos rompimientos epistemológicos<sup>15</sup>, se registra un cambio cualitativo en la naturaleza, dirección y ritmo del progreso científico y tecnológico. El conocimiento científico de frontera, el que genera nuevo conocimiento, ha logrado penetrar y conocer las fuerzas básicas de los procesos fundamentales de la naturaleza. Las fuerzas que integran la materia, tanto la orgánica como la inorgánica.

La tercera revolución científico-tecnológica de la humanidad se caracteriza por la capacidad de manipular las fuerzas fundamentales, atómicas y moleculares de la materia; las fuerzas intrínsecas de la misma, que siendo comunes a toda ella se presentan a nuestros sentidos en muy diversas formas. Esta variada fenomenología de la materia indujo en el pasado, a dar atención a aspectos insustantivos que pospusieron el pleno conocimiento de los procesos fundamentales. La actual

<sup>12</sup> Cordera, R., *La industrialización tardía y subordinada*.

<sup>13</sup> Fajnzylver, F., *La industrialización trunca de América Latina*.

<sup>14</sup> Amín, S., *La acumulación de capital a escala mundial*.

<sup>15</sup> Kuhn, T., *La estructura de las revoluciones científicas*.

revolución penetra en el nivel de conocimiento de lo fundamental.

Así, el conocimiento científico-tecnológico y su fuente de origen, la comunidad de científicos y tecnólogos, resultan ser el factor más importante y estratégico de este periodo. Esta "masa crítica"<sup>16</sup> se concentra en las naciones en las que se de mayor apoyo a su preparación y desarrollo, donde ser científico o tecnólogo es importante y cuyo *status* social es respetado y reconocido. Por ello los países con mayor masa crítica son:

Países	Número de científicos
Unión Soviética	900 000
Estados Unidos	700 000
Japón	500 000
C.E.E.	400 000
India	150 000
Brasil	30 000
México	10 000

FUENTE: Referido por Magar, Roger, en el Seminario sobre Tecnologías de Punta, organizado por el Centro de Innovación Tecnológica en 1987. Los países subdesarrollados se presentan para mostrar el contraste.

Es evidente que la relación masa crítica y nivel de desarrollo no es lineal, responde a la concepción que se tenga del desarrollo a largo plazo, así como de la voluntad política de distribución del excedente económico de la sociedad para canalizar una parte del mismo a actividades de investigación en ciencia básica, en conocimiento que no tiene aplicación inmediata y que es concebido como *inversión* a futuro. También es producto de la cultura científica que se ha desarrollado, no como fruto de la casualidad sino como resultado de un proceso de establecimiento de prioridades sociales.

Se afirma que ya entramos en una "Era Científica" en la cual los avances tecnológicos descansan en conocimiento científico, por ello se denominaron a estas tecnologías como "intensivas en neuronas". Esta característica implica una reformulación de la relación ciencia básica-ciencia aplicada-investigación y desarrollo-tecnología, así como del conocimiento científico, de amplia circulación y del conocimiento tecnológico, de circulación restringida.

Esta modificación en la relación ciencia básica-

ciencia aplicada-desarrollo tecnológico trastoca los perfiles profesionales de la fuerza de trabajo y cambia profundamente la función de las profesiones generadoras de tecnologías. La razón de estas transformaciones se encuentra en el nivel de conocimiento requerido para generar desarrollos tecnológicos, dado que este nivel se ubica en lo fundamental de los procesos. Los avances en la agricultura ya no se dan a partir de las parcelas de experimentación y del conocimiento de los ingenieros agrónomos con especialidad en genética, sino en los laboratorios manejados por biólogos moleculares que desarrollan nuevas tecnologías aplicando ingeniería genética. Lo mismo sucede en el campo de la ingeniería, en donde los físicos del estado sólido desarrollan nuevos materiales ya no a partir de aplicación de temperaturas, presiones o fuerzas, sino del entendimiento de la cristalografía o el comportamiento de los electrones de los átomos que constituyen el elemento químico presente en un material.

Estos son sólo dos ejemplos de lo que está sucediendo en términos de los requerimientos de conocimiento en esta tercera revolución y del carácter estratégico, como factor del desarrollo tecnológico, que está llamada a jugar la "masa crítica" de cualquier país que pretenda tener presencia protagónica en el concierto de naciones en el siglo XXI.

#### 4. Los determinantes del progreso tecnológico

Las fuerzas que están impulsando los desarrollos científico-tecnológicos son las grandes empresas de los países industrializados, debido a la necesidad de adecuar su patrón de acumulación de capital a las nuevas condiciones mundiales, por haberse agotado el patrón de acumulación establecido en la post-guerra; modelo basado en bajos precios de los energéticos, particularmente el petróleo, abundancia relativa del mismo y crecientes demandas internacionales tanto de los países desarrollados como de los subdesarrollados.<sup>17</sup> Este esquema permitió utilizar adecuadamente los instrumentos de trabajo en las naciones centrales, a la vez que exportar dicho patrón tecnológico para penetrar en mercados protegidos.<sup>18</sup>

La revolución científico-tecnológica que vive la humanidad, habrá de traducirse en la estructuración de un nuevo sistema económico internacional, basado en la integración técnica-social y

<sup>16</sup> En este ensayo se entiende por masa crítica al conjunto de científicos dedicados a la investigación y desarrollo, y que son sinónimo de la inteligencia o materia gris, en la cual se apoya el desarrollo de un país. Difiere de la acepción utilizada en la física.

<sup>17</sup> Blanco, José, "El Contexto Internacional", en *México hoy*.

<sup>18</sup> Schulze, P., *Alianzas internacionales y un nuevo regionalismo en la tecnología de información*.

espacial de los procesos de producción y circulación. Se está perfilando una tendencia homogeneizadora en los procesos productivos internacionales con base en las tecnologías avanzadas y en una mayor internacionalización del capital. Esto permitirá a países como Japón, Alemania Occidental y Estados Unidos el crecimiento y expansión de sus economías, a la vez que mantener y acrecentar el control de la totalidad de los procesos productivos. En este sentido, puede afirmarse que el desarrollo científico-tecnológico impulsado por los países industrializados en los últimos tres lustros, tiene como objetivos centrales:

- a) Fortalecer sus esquemas productivos internos a través de modificaciones estructurales en sus aparatos económicos. Reconversiones productivas profundas basadas en tecnologías de factores y de productos, principalmente, así como desarrollo del sector cuaternario de sus economías, sector que convierte en excedente económico el resultado del conocimiento científico-tecnológico.
- b) Articular de manera estable los mercados a estas nuevas estructuras productivas y redefinir la división internacional del trabajo con base en las nuevas condiciones tecnológicas, financieras y comerciales, en donde destaca la creciente disputa japonesa y alemana por la hegemonía norteamericana.
- c) Reducir la vulnerabilidad de sus economías respecto a las fuentes de energía externas, y de las materias primas naturales y estratégicas que no poseen. En este sentido destaca la carencia de germoplasma vegetal indispensable para el desarrollo de las biotecnologías ligadas a industrias tales como las farmacéutica, química y de semillas; así como de materiales estratégicos: fluor, selenio y litio, entre otros, y claro está, la necesidad de abastecer de energéticos sus sedientas economías.<sup>19</sup>

En consecuencia, el ritmo del progreso tecnológico, la conversión de ciencia básica a aplicada y de ésta al desarrollo tecnológico se ha acelerado para satisfacer los requerimientos de reestructuración de las economías desarrolladas.<sup>20</sup> Actualmente, las áreas con mayores avances son las que proporcionan objetos de trabajo y materias primas con características técnicas novedosas. Los nuevos materiales y biotecnologías permiten manipular,

aunque con limitaciones, las estructuras atómicas, moleculares y genéticas de la materia orgánica e inorgánica, aprovechando de esta manera la fuerza o energía intrínsecas de ella para crear objetos de trabajo con propiedades diseñadas. Así, toda materia prima utilizada por los diversos sectores productivos será producida sobre diseño para su óptimo rendimiento.

El área de Fuentes Alternas de Energía se está beneficiando ya con los avances en los nuevos materiales para aprovechar fuentes de energía como la solar, la eólica y la marina, previéndose avances importantes, en el mediano plazo, en el llamado Campo Unificado con fuentes de energía aún inexploradas.<sup>21</sup>

Asimismo, se están dando importantes logros en automatización de procesos y comunicaciones; en la primera, tanto en procesos informáticos como en cibernéticos por la vía de la robótica, y en el segundo campo, a través de la talemática. Estos avances están modificando las tecnologías de proceso, de factores y de organización, estableciendo nuevas formas de hacer las cosas conocidas.

Finalmente, y como corolario de los adelantos en las áreas mencionadas, la tercera revolución está sistematizando, aunque incipientemente, el conocimiento científico-tecnológico logrado, a través de los esfuerzos realizados en el área de Inteligencia Artificial.

### 5. Las tecnologías de punta

La nueva biotecnología se caracteriza por el desarrollo de tecnologías enzimáticas que permiten acelerar procesos productivos reduciendo los requerimientos de materias primas y haciéndolas más eficientes; y por la modificación de procesos como el de fijación de nitrógeno, para que a través de la transformación de la enzima en amoníaco pueda ser aprovechado por las plantas, lo que implicaría una revolución en la agricultura.

Asimismo, las técnicas de ingeniería genética para clonación de células animales o vegetales a microorganismos de rápido crecimiento para producir nuevos productos biológicos, son técnicas de punta recientemente ideadas en los laboratorios de investigación y desarrollo en el mundo, y cuyo conocimiento es restringido, dado su potencial económico.<sup>22</sup>

<sup>19</sup> Instituto para la Planeación del Desarrollo S.C., *El progreso tecnológico endógeno como motor del desarrollo de México en los albores del siglo XXI*, y Esquinas, J., *Los recursos fitogenéticos, una inversión segura para el futuro*.

<sup>20</sup> Siazon, D. *La revolución tecnológica y los países en desarrollo* y Bachele, A., *Investigación, invención, innovación*.

<sup>21</sup> Domínguez, R., *El campo gravitación terrestre y los principios de equivalencia fuerte y débil* y Harari, H., *The Structure of Quarks and Leptons*.

<sup>22</sup> Congress of the United States., *Commercial Biotechnology (An International Analysis)*.

La nueva biotecnología impactará en las ramas alimentaria, energética, química, de fármacos y en la del medio ambiente. En estas áreas ya se están dando cambios importantes a nivel científico y tecnológico, aunque las transformaciones todavía son incipientes en el aspecto productivo. En las actividades agrícolas y pecuarias la biotecnología ya tiene repercusiones.<sup>23</sup>

La agricultura se encuentra ante la posibilidad de superar ampliamente los resultados de la Revolución Verde. La biotecnología está modificando el código genético (genotipo) de los cultivos, incorporando factores de resistencia a sequías, plagas, salinidad y; potencialmente fija el nitrógeno; y proporciona información genética para agilizar y propiciar un mayor crecimiento del producto. Dada su gran capacidad para reproducir estas nuevas plantas, a través de la multipropagación por cultivo de tejidos y células, los costos se reducen drásticamente, haciéndose disponibles para la mayoría de los campesinos del mundo.<sup>24</sup>

Los nuevos materiales —que inciden en la economía— son resultado del reciente conocimiento de las estructuras y fuerzas atómicas y subatómicas en distintos materiales y de su manipulación para generar estructuras atómicas que la naturaleza no proporciona. El desarrollo en nuevos materiales se está dando en cinco áreas principales: aleaciones metálicas, cerámicas estructurales, aglomerados avanzados, conductores, tanto semi como superconductores y fuentes alternas de energía.<sup>25</sup>

En el área de nuevas aleaciones metálicas las técnicas incluyen estructuras solidificadas direccionalmente, metalurgia de polvos y procesos de rápida solidificación que confieren otras propiedades a los materiales, permitiendo sustituir, con ventaja de costos y eficiencia, materiales en la industria siderúrgica y eléctrica, de la construcción y de bienes de capital.<sup>26</sup>

Estos desarrollos implican menores requerimientos de metales tradicionales y el aprovechamiento de los utilizados hasta ahora marginalmente, ejemplo de estos desarrollos en nuevas aleaciones metálicas es el Zinalco que utiliza el zinc, abundante en México y que aleado al aluminio y al cobre confiere propiedades para un

amplio aprovechamiento en diversos campos de la actividad económica.<sup>27</sup>

En lo que se refiere a cerámicas estructurales se trabaja en la elaboración de cerámicas más ligeras y más resistentes al calor y al impacto, propiedades que permiten atender necesidades de mercados como el automotriz, la fabricación de herramientas, así como la modificación de procesos productivos.

En el campo de aglomerados avanzados, ya se están produciendo productos que combinan propiedades físico-químicas de distintos materiales con resultados importantes. Los aglomerados avanzados incorporan propiedades de polímeros, metales, cerámicas, fibra de vidrio, plástico reforzado y de algunas fibras naturales como el henequén. Este tipo de materiales están sustituyendo ventajosamente al asbesto y a otros materiales demandados por las industrias de la construcción y de la rama automotriz, por mencionar dos ejemplos.

En el área de semiconductores se manejan técnicas de física del estado sólido y tecnología fotónica para elaborar materiales que reemplazan con ventaja al tradicionalmente utilizado silicio, así como materiales ópticos que confieren ventajas a las industrias de computación y comunicación.<sup>28</sup>

En superconductores los avances recientes han sido espectaculares, la capacidad de combinar propiedades de óxidos de bismuto y el talio con el cobre en distintos planos o películas, ha permitido gran eficiencia en el flujo de electrones a temperaturas "calientes" de hasta 125 grados Kelvin, lo que hace avisorar el desarrollo de tecnologías económicamente rentables en el mediano plazo. Los superconductores tienen un amplio campo de aplicación en la industria eléctrica, en el diseño de motores, generadores y acumuladores más avanzados lo que sin duda los convierte en elementos centrales del cambio tecnológico que implica la tercera revolución.<sup>29</sup>

La automatización de procesos y comunicaciones se ha visto también potenciada por los nuevos materiales, lo cual ha permitido que la microelectrónica idee computadoras, capaces de procesar información más eficientemente, de almacenar mayores cantidades de información en menor espacio y a más bajos costos, de desarrollar procesos técnicamente complejos, a la vez que su uso se simplifica masificando el mercado. Estos

<sup>23</sup> Elkington, J., *The Gene Factory, Inside the Genetic and Biotechnology Business Revolution*; para el caso de México cfr. Quintero, R., *Prospección de la biotecnología en México*.

<sup>24</sup> National Association of State Universities, *Emerging Biotechnology in Agriculture*. Funes, G. y otros, *Biología y agricultura*. Robert, M. y Loyola, V., et. al., *El cultivo de tejidos vegetales en México*.

<sup>25</sup> Para una visión general del tema cfr., *Revista Científica American*, Octubre, 1986 y Reskala, H. en este mismo número.

<sup>26</sup> *Op. cit.*

<sup>27</sup> CONACYT. *Revista Investigación Científica y Tecnológica*.

<sup>28</sup> Hillis, D. "The Connection Machine", *Revista Científica American*, Junio de 1987.

logros han revolucionado la transmisión de información y consecuentemente las comunicaciones.<sup>30</sup> También los adelantos en la microelectrónica han repercutido en la automatización de los procesos productivos, apoyando el desarrollo de la robótica. La característica más importante de la automatización de los procesos es que modifican los coeficientes tecnológicos que articulan a los diferentes sectores económicos. Tecnológicamente los nuevos materiales tienden a un desplazamiento de la microelectrónica por la fotónica en las áreas de computación y comunicaciones.<sup>31</sup>

Los avances descritos exigen y promueven procesamientos y comunicación eficientes de la información; así como la evolución de la lógica de los procesos de información para generar conocimiento. Pasar de una industria de la información a una de conocimiento son las perspectivas de la lógica de los procesos. Asimismo, se están desarrollando los llamados sistemas inteligentes —computadoras de quinta generación—,<sup>32</sup> y elaborados sistemas de comunicación especiales, con lo cual el amplio espectro de actividades de servicio, basado en información y comunicación será modificado sustantivamente. Hoy en día la automatización de procesos y comunicaciones incide en la industria manufacturera, el comercio, restaurantes y hotelería, transportes, almacenamiento y servicios financieros.

El esquema que reproducimos a continuación muestra los impactos que ya están ocasionando las tecnologías de punta mencionadas:

#### Impactos sectoriales de las tecnologías de punta (Horizonte de 1988-2000)

Gran División	I	II	III	IV
1. Agricultura	*			
2. Minería	*			
3. Industria manufacturera	*		*	*
4. Construcción		*		
5. Electricidad		*		
6. Comercio y hotelería			*	*
7. Transporte y comunic.			*	
8. Servicios financieros			*	*
9. Servicios comunales				

I. Nueva biotecnología II. Nuevos materiales y fuentes alternas de energía III. Automatización de procesos y comunicaciones IV. Lógica de procesos-inteligencia artificial.

<sup>29</sup> Véase en este mismo número el ensayo de Domínguez, R.

<sup>30</sup> Para una visión global de los avances recientes en computación y comunicaciones, *Revista Scientific American*, Oct., 1987.

<sup>31</sup> Mody, A., *El desarrollo de la industria de la información*,

No obstante los indicadores que muestra la tabla, se espera que en los próximos años, los avances de cada una de esas tecnologías afecte a un mayor número de sectores productivos, con lo que se transformarán en la fuente y fuerza motriz de las dinámicas sectoriales. Por ello, la capacidad para modificar la estructura de los sectores productivos: productividad, costos, empleo, e insumos de recursos productivos, no hay que buscarla en los sectores mismos sino en la fuente tecnológica, ya que en ella se encuentra la viabilidad de reestructuración económica que se ha mencionado.<sup>33</sup>

#### 6. Las características económicas de la tercera revolución

Las tecnologías de punta se caracterizan porque inciden en el incremento de la productividad por hombre empleado, el decremento de requerimientos de capital por unidad de producto y en la reducción de las economías de escala. De ahí, que en una coyuntura como la que vivimos, donde la escasez de recursos constituye uno de los aspectos neurálgicos, resulte insoslayable incorporar al proceso de cambio estructural los elementos antes mencionados, sobre todo si se considera su gran viabilidad política y económica.

Las características esenciales de la tercera revolución científico-tecnológica son, por una parte, que los desarrollos privilegian los objetos de trabajo, reduciendo su "materialidad" e incrementando su contenido de "conocimiento" o componente tecnológico; esto implica la producción de mercancías de alto valor agregado y bajos requerimientos de materia prima. Las mercancías serán menos material y más diseño y funcionalidad para responder a nuevas necesidades.

La fuerza de trabajo deberá tener mayor calificación técnica para manejar estas tecnologías, en tanto que la generación de dichas tecnologías tiene como fuente central la "masa crítica" o comunidad científico-tecnológica; o sea que se fundamenta en una base científica a diferencia de la segunda revolución que tuvo un mayor soporte empírico.

así como Cohen, S., *Reestructuración global de la industria microelectrónica*.

<sup>32</sup> Winston, P., *Artificial Intelligence*. Feigenbaum, E. y McCorduck, P., *La quinta generación*. Para una visión introductoria al tema, *cfr.*, CONACYT *Revista Información Científica y Tecnológica*, No. 109, que está dedicado a la Inteligencia Artificial. Asimismo, véase el artículo "Inteligencia Artificial" de Sierra H. Héctor, en CONACYT, *Revista Ciencia y Desarrollo*, No. 77; además de las Memorias de las Reuniones Nacionales de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial.

<sup>33</sup> *El Progreso tecnológico endógeno*, op. cit.

A partir de las propiedades "diseñadas" de la materia prima y de un conocimiento más amplio de los procesos, se desarrollan los instrumentos de trabajo con una naturaleza descentralizadora, es decir, de reducido tamaño, gran eficiencia en el uso de los recursos tecnológicos y, consecuentemente, eficiente capacidad productiva. Con pequeñas escalas de producción se logran altos niveles de eficiencia pudiendo atender necesidades sociales al dejar de ser críticos los mercados en expansión. Lo anterior implica un drástico cambio en la dirección del progreso tecnológico actual y una profunda reconsideración de la localización espacial de las plantas productivas y de las economías externas con relación a los mercados.

En lo relativo a las relaciones de propiedad de las fuerzas productivas, resulta limitado el tratamiento tradicional de propiedad sobre instrumentos, objetos y fuerza de trabajo, ya que el factor tecnológico determinante de esta revolución lo constituye la fuerza de trabajo pero en una nueva dimensión: como capital humano que genera tecnologías intensivas en "conocimiento". De esta manera, el capital humano imprime una nueva dirección al progreso tecnológico de las fuerzas productivas, hacia tecnologías intensivas en conocimiento. Dicho conocimiento está gestando nuevas actividades económicas, dando paso a la conformación de un nuevo sector económico, denominado "Sector Cuaternario". Este sector está jugando un papel clave en la reestructuración de las economías desarrolladas, por su elevado efecto multiplicador sobre los sectores productivos y distributivo.

En la medida en que en este sector se está investigando y gestando la eficiencia y productividad del aparato productivo de hoy y estableciendo las bases de la estructura económica del mañana, puede decirse que el sector cuaternario constituye la fuerza motriz del redimensionamiento de la economía mundial. Consecuentemente, la disputa por la hegemonía del mundo entre los países industrializados si bien se manifiesta en términos comerciales y financieros tiene su punto nodal en el desarrollo del sector cuaternario. Lo anterior obedece a que detrás del despliegue económico y de la redefinición de la división internacional del trabajo está una mayor centralización del conocimiento científico-tecnológico, en tanto núcleo de control de la descentralización espacial de los procesos productivos. En ese sentido, sería ilusorio pensar que dicha descentralización implica una dispersión o pérdida del control de los procesos ya que se trata de una descentralización controlada a partir de las características esenciales de las tecnologías de punta.

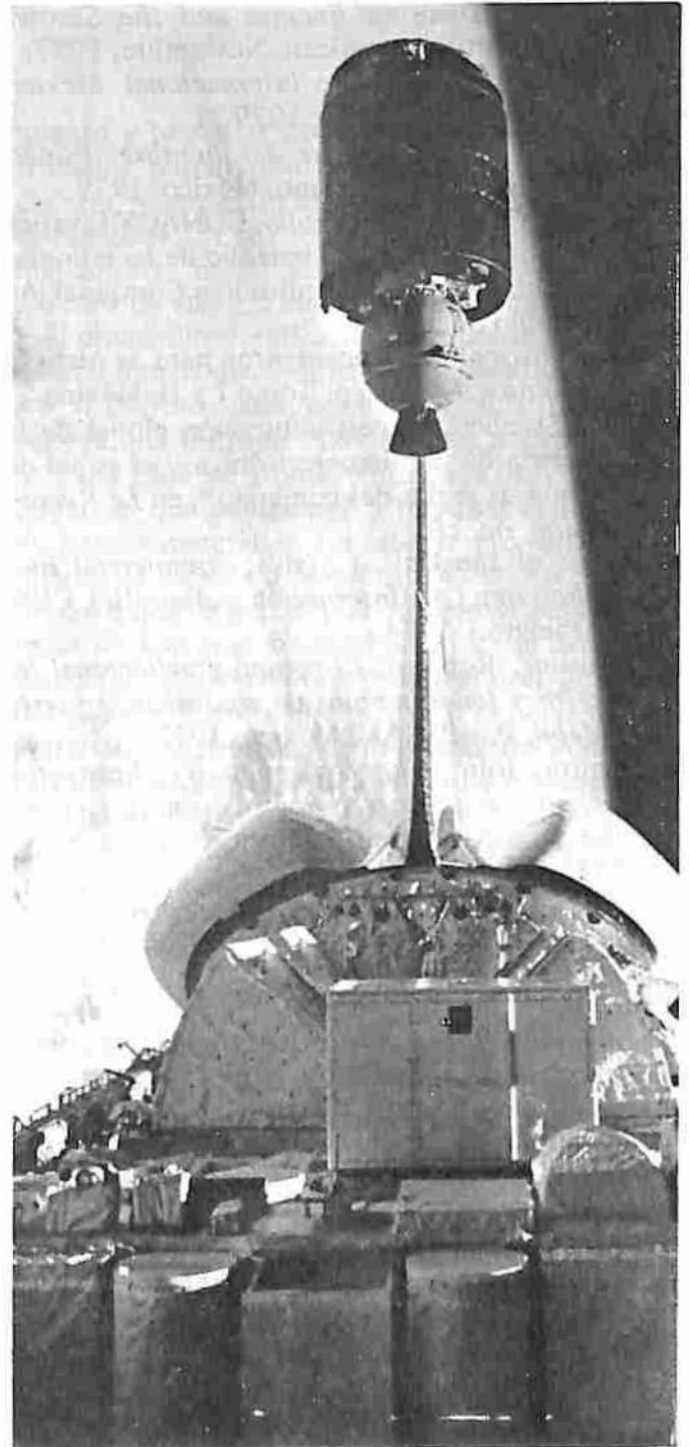
Para nuestro país representa un reto formida-

ble desarrollar productos y tecnologías de esa naturaleza que permitan disputar, aún parcialmente, el control de dichos procesos, en la medida que actualmente la tecnología es algo más que una mercancía, es el fundamento objetivo y ordenador de una nueva correlación mundial de fuerzas.

### **Bibliografía**

Alamán, Lucas, *Documentos Diversos (Inéditos y muy raros)*, Vol. 2 México, Ed. JUS, 1945.

Amin, Samir, *La acumulación a escala mundial*,





- Siglo XXI, México, 1975.
- Antuñano, Esteban, Folletos, Tomo I y II, SHyCP, México, 1960.
- Arroyo, Gonzalo, "Transformaciones recientes de la agroindustria a nivel mundial", en *La Reconversión industrial en América Latina*. Tomo XIV, FCE., México, 1987.
- Attenborough, David, *La sorprendente vida en la Tierra*, Fondo de Cultura Interamericano, México, 1984.
- Augusta, J. y Burian, Z., *Los hombres prehistóricos*, Ed. Queromón, México, 1966.
- Bachelle, Amado, *Investigación, invención, innovación*, UNAM, México, 1985.
- Bennet, Ch., Demons, *Engines and the Second Law*, Scientific American, Noviembre, 1987.
- Blanco, José, *El contexto internacional, México hoy*, Siglo XX, México, 1979.
- Bronowski, J., *El ascenso del hombre*, Fondo Educativo Interamericano, México, 1979.
- Revista de *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT, varios números dedicados a desarrollo de tecnologías de punta, vg. No. 54 dedicado a Computación y Cambio Social.
- Chávez Orozco, L., *Documentos para la historia económica de México*, Tomo I y II, México.
- Cohen, Stephen, "Reestructuración global de la industria de la microelectrónica y el papel de las nuevas reglas del comercio", en *La Reconversión*, op. cit.
- Congress of the United States, *Commercial Biotechnology (An International Analysis)*, CUS, Washington, 1984.
- Domínguez, Roberto, *El campo gravitacional terrestre y los principios de equivalencia fuerte y débil*, IGF/UNAM, México, 1977.
- Elkington, John, *The Gene Factory. Inside the Genetic and Biotechnology Business Revolution*, Carlos & Graf Publishers, Nueva York, 1985.
- Esquinas, José, *Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro*, CIRF, España, 1982.
- Fajnzylber, F., *La industrialización trunca en América Latina*, Nueva Imagen, México, 1987.
- Feigenbaum, E. y Mc Corduck, P., *La quinta generación*, Ed. Planeta, México, 1985.
- Fundación Javier Barros Sierra A.C., *Prospectiva de la Biotecnología en México*, CONACYT, México, 1985.
- Funes, G., Arroyo, G. et al., *Biotecnología y agricultura*, STPS/OIT, México, 1986.
- Guadarrama, Roberto, *¿Las teorías del comercio internacional coadyuvaron a nuestro subdesarrollo?*, Tesis, México, 1973.
- Harry, H., *The structure of Quarks and leptons*, Scientific American, abril 1983.
- Hernández, Francisco, "La sociedad y la economía latinoamericana ante las nuevas tecnologías de la comunicación", en *La Reconversión*, op. cit.
- Hillis, D., *The Connection Machine*, Scientific American, junio, 1987.
- Revista de *Información Científica y Tecnológica*, CONACYT, varios números dedicados a tecnologías de punta, vg. No. 109 dedicado a Inteligencia Artificial.
- El progreso tecnológico endógeno como motor del desarrollo*, Instituto para la Planeación del Desarrollo, México, 1987.
- Judson, H.F., *El octavo día de la creación*, CONACYT/Castell, México, 1987.
- Kuhn, Thomas, *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE., México, 1971.
- Marx, Carlos, *El capital*, FCE., México, 1987.
- National Association of State Universities, *Emerging Biotechnologies in Agriculture*, USA, 1983.
- Niesturj, M.F., *El origen del hombre*, Ed. Mir, Moscú, 1972.
- Nussbaum, Bruce, *Después de la era del petróleo*, Ed. Planeta, Barcelona, 1983.
- Prentis, S., *Biotecnología*, Ed. Salvat, México, 1984.
- Quintero, Rodolfo, "La agroindustria en América Latina: oportunidades y perspectivas", en *La Reconversión* op. cit., Tomo XIV.
- Resendiz, Daniel, *Sobre la racionalidad de la tecnología*, UNAM, México, 1987.
- Reyes, Santiago, "Los cambios tecnológicos", en *La Reconversión*, op. cit.; Tomo VI.
- Reynolds, T., *Medieval roots of the industrial revolution*, Scientific American, julio, 1984.
- Robert, M. y Loyola, V., et al., *El Cultivo de Tejidos Vegetales en México*, CICY/CONACYT, México, 1985.
- Scientific American, varios números dedicados a tecnologías de punta, vg. vol. 257, noviembre 1987, *Tratamiento global de los avances en computación y comunicaciones*.
- Schulze, Peter, "Alianzas internacionales y un nuevo regionalismo en las tecnologías de información", en *La Reconversión*, op. cit., Tomo XIII.
- Siazon, Domingo, "La revolución tecnológica y los países en desarrollo", en *La Reconversión*, op. cit., Tomo I.
- Sierra, Héctor, "Inteligencia Artificial", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 77, CONACYT, México, 1986.
- Stanback, T., et al., *Servicios, la nueva economía*, publigráficos, México 1984.
- Winston, P., *Artificial Intelligence*,