

# LOS PRODUCTOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Isaías Campaña C.

## I. INTRODUCCION

Las doctrinas económicas en boga en algunos países predicán las bondades de la ley de las ventajas comparativas, según la cual, por ejemplo, únicamente las naciones industrializadas tienen condiciones idóneas para generar conocimiento científico, en tanto que a los países subdesarrollados les queda convertirse en meros productores de bienes agrícolas o materias primas.

En las naciones subdesarrolladas, como la nuestra, no existen políticas para promover el desarrollo del conocimiento científico, ya que no disponen de los recursos financieros ni el personal humano indispensable para el quehacer investigativo. Adicionalmente, como señala Isaac Asimov, se ha creado "la impresión de que la ciencia es algo mágico e incomprensible, alcanzable sólo por unos cuantos elegidos, sospechosamente distintos de la especie humana corriente, ha llevado a muchos jóvenes a apartarse del camino científico".

Describir todos los avances de la ciencia y la técnica en los últimos tiempos sería una misión prácticamente imposible. Por esta razón, el presente trabajo tiene el propósito de señalar solamente algunos de los resultados más relevantes de la tecnología, que son patrimonio casi exclusivo de los países industrializados, tales como la producción de ordenadores, robots, ingeniería genética, nuevos materiales, energía nuclear, entre otros.

Es ilustrativo el caso de Corea que empezó desarmando e imitando productos con alto contenido tecnológico, o cuando no podía lograrlo obtuvo tecnología por medio de licencia con compañías extranjeras. Hoy Corea representa una amenaza para los propios países industrializados que controlan los mercados internacionales en productos que incorporan tecnología de punta. El Estado jugó un papel fundamental en el desarrollo tecnológico de Corea, contradiciendo en los hechos a los que predicán las bondades de las políticas neoliberales.

## II LA ERA DE LAS COMPUTADORAS

El computador que hasta hace poco era solamente accesible para un reducido número de especialistas, hoy en día es un instrumento indispensable de trabajo de ingenieros, arquitectos, economistas, periodistas y en general de los profesionales que intentan estar a tono con el desarrollo de la ciencia y la técnica.

Los ordenadores se emplean prácticamente en todas las esferas de la economía, desde la agricultura hasta el sector financiero. Se han difundido ampliamente en todos los niveles del sistema educativo. Una escuela secundaria o superior que no emplee computadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es porque continúa con técnicas pedagógicas arcaicas y obsoletas.

Se considera que el corazón de una computadora moderna es el microprocesador. Este aparato "...es un gran circuito integrador o varios circuitos que cumplen la función de procesador, bloque central de la máquina. En este bloque se efectúan todas las operaciones aritméticas y lógicas con datos programados. El microprocesador es una placa de sílice en la cual ha sido formado un circuito electrónico con decenas y centenares de miles de transistores. La placa se reviste de cerámica o plástico y tiene decenas de terminales que recuerdan los dientes de peine".<sup>1</sup>

El mismo estudio, más adelante, señala: "En el mundo se explotan actualmente cerca de 400 tipos de microprocesadores de distinto rendimiento -hasta varios millones de signos por segundo- y destinación. Un microprocesador unido al órgano de memoria exterior y a las unidades de entrada y salida de la informa-

ción es precisamente la microcalculadora o el computador personal".<sup>2</sup>

El componente fundamental de los computadores son los semiconductores, denominados también circuitos electrónicos integrados (CI). En efecto, los "...CIs eran especialmente importantes para las compañías de computadores. A principios de 1985, un computador personal cuyo costo de fabricación era de US dólares 1.250, incluía CIs por valor de US dólares 300. Entre 1988-89, se calculaba que los CIs representarían entre un 33% y un 38% del costo de fabricación de un PC".<sup>3</sup>

La producción de semiconductores hasta hace unos años estuvo concentrada en unos pocos países de economía avanzada. Sin embargo, a "...mediados de 1980, Corea, en particular, emergía como un competidor muy poderoso en el negocio de aparatos de uso popular. Las firmas coreanas lograron acceso a los diseños y tecnología desarmando los aparatos o por medio de licencia de las firmas japonesas y americanas. Una vez que los coreanos tuvieron los diseños se beneficiaron de sus bajos costos de mano de obra y construcción, un gobierno que los apoyaba y la escala del yen japonés".<sup>4</sup>

Una de las características de la industria de los semiconductores es que las empresas productoras destinan elevados porcentajes de las ventas para investigación y desarrollo. En 1987, invirtieron, en promedio, el 15% de las ventas y un 30% con relación al mismo rubro en equipos para evitar la obsolescencia.

En 1943, se construyó la primera calculadora electrónica, la cual estaba compuesta de 18.000 válvulas y una serie

de bloques que pesaban cerca de 30 toneladas. A medida que se fue desarrollando la microelectrónica, las computadoras que se iban fabricando eran cada vez más pequeñas, livianas y realizaban un mayor número de operaciones en menor tiempo.

En un estudio de la industria del Japón se señala: "La característica de la industria de computadoras en años recientes es el desarrollo de la compactación de las computadoras. Las operaciones que sólo se habían podido hacer con las computadoras grandes para uso amplio, se hacen hoy día con las computadoras personales o microcomputadoras".<sup>5</sup>

El mercado mundial de computadoras se halla altamente concentrado en manos de unas pocas empresas multinacionales. La compañía norteamericana IBM controla el 60% del mercado internacional y opera en más de 130 países. Las empresas europeas y estadounidenses se han visto obligadas a asociarse con firmas japonesas para contrarrestar la expansión de la IBM. Así, se puede citar "...los siguientes casos de asociación por medio del OEM (fabricación encargada con las marcas de contrapartes): la Fujitsu con la Siemens (Alemania) y la EICLC (Reino Unido), la Hitachi con la Olivetti (Italia) y la NEC con la Bul (Francia)".<sup>6</sup>

Hoy en día, se encuentran en un proceso bien avanzado las llamadas computadoras de quinta generación. Los especialistas consideran que dichos ordenadores estarán en condiciones de "...sacar conclusiones lógicas, imitar el razonamiento humano, analizar el habla y los textos. Las máquinas de la nueva ge-

neración, las llamadas a veces 'intelectuales': serán capaces de formular la tarea a partir de su descripción y componer automáticamente el programa de su solución".<sup>7</sup>

### III LOS ROBOTS INDUSTRIALES

Cuando nos referimos a los primeros robots que se construyeron en la década del sesenta, se nos viene a la mente el personaje tétrico, gigantón y de movimientos torpes creado por la diabólicamente del Dr. Frankenstein. En la película de ciencia ficción llamada Terminator, el personaje central es un robot de apariencia humana, prácticamente indestructible, que se revela contra los seres humanos.

En una investigación de la industria del Japón se señala: "Se entiende por robots industriales aquellos equipos que mediante el control numérico y por computadoras pueden desarrollar funciones de alto grado, similares a las de la mano y brazo del hombre, y que, provistos de una función tanto de sensibilidad como de juicio, son capaces de operar en una forma autodeterminante".<sup>8</sup>

En la medida en que se ha desarrollado la microelectrónica, la física y la informática, se han producido robots que realizan actividades mucho más precisas y más rápidas que las realizadas por el ser humano, los cuales incrementan sustancialmente la productividad del trabajo.

En un estudio del analista ex-soviético Marinco se afirma: "Se ha acostumbrado dividir en generaciones la historia de los robots modernos. Los aparatos de la primera generación son los robots de mando programado destinados

principalmente para cumplir con precisión las sucesivas operaciones programadas, necesarias para el funcionamiento de los equipos tecnológicos concretos (un torno, una prensa, etc.). El robot de la primera generación es ante todo una mano mecánica (manipulador)".<sup>9</sup>

Los robots de la primera generación ejecutan una determinada actividad, tales como trabajo de soldadura, ensamblaje, pintura, carga y descarga, etc., caracterizándose por su elevada productividad y seguridad. En el decenio de los años 70, las empresas multinacionales norteamericanas fueron las primeras en emplear robots en el proceso productivo. La General Motors en los albores de la década del setenta disponía de 56 robots, diez años más tarde empleaba a 276 robots. La General Electric no se quedó atrás, empezó a utilizar robots en sus plantas industriales, y al comenzar la década de los ochenta empleaba a 111 robots.

El analista Marinco sostiene que: "Los robots de la segunda generación son aparatos 'sensibilizados'. Se diferencian de los de programa ante todo por estar dotados de una gran variedad de captosres sensoriales, 'órganos de los sentidos'. Su segundo rasgo distintivo es un sistema de control más complejo, que incluye no sólo órgano de memoria para registrar un programa de movimientos, sino también una calculadora de mando".<sup>10</sup>

Tanto los robots de la primera como de la segunda generación, permiten automatizar la mayor parte de las operaciones manuales y de transporte en las distintas esferas de la actividad productiva, aumentando significativamente la productividad del trabajo.

En relativo corto tiempo aumentó el número de robots utilizados en la gran industria, particularmente por parte de las empresas multinacionales. Los robots tienen la ventaja con relación a la fuerza de trabajo por sus menores costos de operación, porque se pueden emplear en ambientes desfavorables para los seres humanos y porque, como se ha dicho, incrementan sustancialmente la productividad de las empresas.

Adicionalmente, los robots no se sujetan a determinados horarios de trabajo, no solicitan aumentos salariales o no se declaran en huelgas. En la medida en que las grandes corporaciones iban empleando un mayor número de robots, iban aumentando el número de trabajadores cesantes.

Los robots de la tercera generación están dotados de inteligencia artificial. "Estos aparatos se diferencian radicalmente de los de la segunda debido a la complejidad y la perfección del sistema de control, que incluye elementos del intelecto artificial. Los robots intelectuales sirven para reemplazar al hombre en el trabajo manual, sobre todo para automatizar algunas modalidades de su actividad intelectual, por ejemplo para identificar las imágenes y el habla, para adoptar decisiones referentes al modo de actuar en una situación que no se conoce de antemano, etc. Una particularidad característica de los robots intelectuales consiste en que son capaces de educar, educarse y adaptarse en el proceso de trabajo".<sup>11</sup>

Los robots de la tercera generación todavía no se emplean en gran escala en la industria, se espera utilizarla en el próximo siglo. Sin embargo, algunas empresas han creado robots que tocan guitarra, pintan,

traducen y cada vez realizan actividades más diversas que sus similares de épocas anteriores.

En el decenio de los ochenta, las empresas multinacionales empezaron a construir las denominadas fábricas automatizadas flexibles, donde las computadoras controlan todas las fases del proceso productivo, desde la entrada de la materia prima hasta la distribución del producto final. El cambio en el programa de la computadora podría hacer que un día fabricara copas y al día siguiente piezas de tractor. Hasta 1985 había alrededor de 100 fábricas automatizadas flexibles en el mundo.<sup>12</sup>

Japón importó en 1967 los primeros robots de los Estados Unidos. Sin embargo, al siguiente año ya estaba produciendo sus propios robots. En 1990, Japón empleaba 274.210 robots en las diferentes fases del proceso productivo, que representaba el 72% del total mundial, frente a los 41.304 de los Estados Unidos equivalentes al 11%.

En 1989, en el Japón se fabricaron 67.104 robots industriales, por un valor de 3.085,2 millones de dólares. En aquel año, los mayores fabricantes del país del Sol Naciente eran las empresas Matsushita, que ocupaba el primer lugar con 573,3 millones de dólares, le seguía la FANAC con 227 millones, la Fujikikai Seizo con 168,5 millones, la Yasukawa Denki con 126,9 millones y la Kawasaki Jukogyo con 98,7 millones.<sup>13</sup>

En un estudio de la industria del Japón se afirma: "El proceso de la automatización de la fabricación es el resultado del desarrollo tecnológico y, al mismo tiempo, de la transformación de la estructura industrial del Japón. El Japón ya no se

encuentra en la era de la producción masiva de los mismos productos a bajo costo, sino que ha entrado en la era de la fabricación de gran variedad de productos a cantidad pequeña conforme la diversificación de las necesidades de los clientes".<sup>14</sup>

Más adelante, el mismo estudio dice: "Si se compara la composición porcentual con 1986, mientras los robots con inteligencia la incrementó del 10% al 18%, se disminuyó la proporción que ocupan los robots de control numérico que no disponen de la capacidad de dar propio juicio, del 38% al 34%. De esta manera, pueden concluir que se está experimentando el cambio de las generaciones de los robots".<sup>15</sup>

La producción y el empleo de los robots está concentrada en los países de economía avanzada. El inmenso ejército de robots que actualmente se utiliza en el proceso productivo, particularmente por parte de las empresas multinacionales, por lo general, ha provocado el aumento del desempleo entre las naciones industrializadas. Sin embargo, por lo común los robots se emplean en trabajos que son perjudiciales para el ser humano y fundamentalmente contribuyen a incrementar las ganancias de las grandes corporaciones multinacionales. Tal vez, en el futuro, podrán servir para reducir la jornada de trabajo y, por tanto, para que el hombre se ocupe más de la investigación, los deportes y la cultura.

#### IV LA INGENIERIA GENETICA

##### 1. Antecedentes

Cuando el sistema feudal en Europa se encontraba agonizando, y simultánea-

mente florecía la primera revolución de la ciencia y la técnica, que se manifestaba en las máquinas, primero, movidas por el vapor y, luego, por la electricidad, un monje en su apasible monasterio realizaba las primeras investigaciones de carácter genético.<sup>16</sup>

En efecto, a mediados del siglo XIX, el religioso austriaco Gregor Mendel, aficionado botánico, cruzó plantas cuyas semillas presentaban una diferente coloración y pacientemente se dedicó a observar sus resultados en las plantas de las generaciones sucesivas. De las investigaciones, Mendel dedujo un conjunto de leyes que llegaron a constituirse en los cimientos de la genética.

En los albores del siglo XX, el zoólogo Tomas Morgan, de la Universidad de Columbia, utilizó moscas de fruta para las investigaciones en genética, las cuales permitieron descubrir el mecanismo de la herencia del sexo. Años más tarde, Morgan recibió el premio Nobel de Medicina y Fisiología por sus investigaciones acerca de la genética de las moscas.

En 1902, el patólogo austriaco Karl Landsteiner descubrió que la sangre humana era de cuatro tipos, a los que denominó A, B, AB y O. Uno de estos tipos de sangre podía ser transfundido a otra persona que tuviera el mismo tipo. Sin embargo, algunos tipos de sangre resultaban ser incompatibles con los restantes. Los genetistas llegaron a establecer que estos tipos de sangre son heredados de acuerdo con las leyes que descubrió el monje Mendel.<sup>17</sup>

Isaac Asimov señala que: "Las leyes de Mendel son seguidas de forma tan

estricta que los grupos sanguíneos pueden ser, y son, utilizados para determinar la paternidad. Si una madre con sangre del tipo O tiene un niño con sangre del tipo B, el padre del niño debe ser del tipo B, pues el alelo B, tiene que haber procedido forzosamente de algún lado. Si el marido de dicha mujer pertenece al A o al O, es evidente que ésta ha sido infiel (o bien ha tenido lugar un cambio de niños en el hospital). Si una mujer del tipo O con un niño del tipo B, acusa a un hombre A u O de ser el padre, es claro que se ha confundido o bien que miente".<sup>18</sup>

Los investigadores establecieron la localización de los ácidos nucleicos en la célula a través del uso de técnicas de coloración. Además determinaron que en el núcleo de la célula había dos variedades de ácido, a los que llamaron ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). El ADN contiene el código genético, mientras que el ARN transporta el mensaje.

En 1969, el bioquímico norteamericano Jonathan Beckwith y sus colaboradores lograron aislar un gen por primera vez en la historia, dando un paso importante en el conocimiento y manipulación del gen.

Asimov afirma que: "El conocimiento creciente sobre los genes permite esperar que algún día sea posible analizar y modificar la herencia genética de los individuos humanos, bien sea interceptando el desarrollo de las condiciones anómalas graves o corrigiéndolas tan pronto como acusen desviaciones. Esa 'ingeniería genética' requerirá mapas cromosómicos del organismo humano, lo cual implicará, evidentemente, una labor mucho más com-

plicada que la referente a la mosca de la fruta".<sup>19</sup>

## 2. Interés de las empresas multinacionales

Las firmas multinacionales se encuentran sumamente interesadas en desarrollar la ingeniería genética, puesto que las potencialidades de empleo de sus resultados son sumamente vastos (en la industria, en la medicina, en la agricultura, en el campo militar, etc.) y, además, les podría proporcionar astronómicas ganancias. Con este propósito, destinan significativos recursos financieros para tales fines.

Determinadas empresas multinacionales están incursionando en la industria farmacéutica, a través de la ingeniería genética, con el fin de obtener productos para combatir enfermedades que padecen millones de personas en todo el mundo. Obviamente, no únicamente con fines humanitaristas, sino básicamente con propósitos empresariales. Así, la empresa multinacional "Du Pont dio a la Escuela Médica de Harvard 6 millones de dólares para subvencionar investigaciones en el campo de la genética molecular, quedándose la empresa con la exclusiva de los derechos para comercializar los productos que surgieran. Y la misma empresa ha destinado también 85 millones de dólares a su propio complejo de ciencias de la vida, incluyendo unas instalaciones de 2'250.000 m<sup>2</sup> para investigación biomédica básica".<sup>20</sup>

Una de las más grandes empresas químicas alemanas subvenciona a un importante hospital norteamericano, con el objeto de obtener productos en base a las investigaciones de la ingeniería genética,

que pueda proporcionarle una elevada rentabilidad. En efecto, cierto "acuerdo entre el Hospital General de Massachusetts y el emporio químico alemán Hoechst A.G. ha llevado dinero al molino de la investigación pero también ha creado cantidad de problemas. Hoechst prometió al Hospital 50 millones de dólares durante los próximos diez años a cambio de derechos exclusivos de patente sobre cualquier investigación que surgiera del Hospital".<sup>21</sup>

Las empresas multinacionales en sus propios laboratorios realizan investigaciones para obtener productos por medio de la ingeniería genética. "El 7 de junio de 1972 los abogados de la General Electric Company en América solicitaron de la oficina de patentes protección para un invento bastante valioso. Se trataba de un nuevo método para limpiar manchas de petróleo en el mar, basado en una cepa de bacterias denominada Pseudomonas. La compañía obtuvo la patente para el proceso de manufactura de la bacteria, así como para la técnica de inocular bálago cargado de bacterias en la mancha de petróleo".<sup>22</sup>

Las firmas multinacionales todavía no han obtenido productos en gran escala, que les sean rentables, pero las potencialidades de ganancias determinan que entre ellas se encuentren enfrascadas en una aguda competencia por el predominio en el campo de la biotecnología.

## 3. Los productos de la ingeniería genética

### 3.1 Producción de insulina

Las compañías transnacionales han destinado gigantescos recursos financieros para elaborar productos, a través de ingeniería genética, capaces de combatir diver-

sas enfermedades que afectan a los seres humanos, tales como la diabetes, hepatitis, cáncer o para corregir diversas anomalías de tipo hormonal.

Se estima que en el mundo existen alrededor de 40 millones de personas que sufren de diabetes. Esta enfermedad se genera como resultado de que el páncreas no produce la cantidad suficiente de insulina que, a su vez, controla la cantidad de azúcar en la sangre. Muchos pacientes logran controlar el nivel de azúcar en la sangre mediante inyecciones de insulina, una o dos veces al día, fabricados en base de la sange de cerdos y vacas. Existen diferencias entre la insulina de cerdo y la humana y algunos diabéticos desarrollan una reacción alérgica a la insulina de cerdo. La ingeniería genética se encuentra en una fase de experimentación bien avanzada para producir insulina humana completamente pura. "La insulina fabricada por ingeniería genética -Humulin- entró finalmente en el mercado del Reino Unido en septiembre de 1982. La autorización en Estados Unidos llegó un mes más tarde".<sup>23</sup>

### 3.2 Vacunas contra la hepatitis

Una de las enfermedades que más muertes ha causado al hombre en la historia de la humanidad es la hepatitis. En 1987, con el aval de la Organización Mundial de la Salud (OMS), un grupo de investigadores presentó la primera vacuna humana producida en laboratorio, a través de ingeniería genética, la cual ofrece esperanzas para combatir el virus productor de la hepatitis B que provoca una de las tasas más altas de mortalidad en el mundo.

En un artículo de la revista Progreso se afirma que: "La obtención de

la vacuna empieza con la separación del gene que controla la producción del antígeno superficial para el virus de la hepatitis B que es retirado de geroma viral (material hereditario)".<sup>24</sup>

La ingeniería genética no sólo que es la forma más moderna para producir una vacuna, sino el medio más eficaz que puede manufacturar un producto en gran escala para utilizarlo contra la infección de la hepatitis B.<sup>25</sup>

### 3.3 El interferón

En la década del 50, Alick Isaacs descubrió y obtuvo interferón inyectando ARN en las células. El interferón es una poderosa droga que ataca a los virus, puede vencer ciertas formas de cáncer, ofrece esperanzas de curar el resfriado y parece servir para combatir la esclerosis múltiple.

El cáncer es otra de las enfermedades que ha provocado cientos de millones de muertes en la historia de la humanidad, afecta, en mayor o menor medida, a jóvenes, adultos y ancianos. Se considera que el cáncer puede ser resultado de mutaciones en las células del cuerpo humano, que se manifiesta en la desorganización y crecimiento incontrolado de los tejidos afectados.

Jeremy Cherfas afirma: "Para combatir el cáncer, parece ser que reclutan las células asesinas del propio cuerpo y hacen que destruyan las células tumorales incipientes. Esto resulta especialmente valioso porque, a diferencia de otros tratamientos, el interferón no es un tóxico en sí".<sup>26</sup>

Actualmente, los especialistas se encuentran investigando con el fin de



conocer más acerca de las propiedades del interferón, pero se enfrentan con una serie de obstáculos para obtener en cantidades comerciales. Se tiene que utilizar muchos litros de sangre con el objeto de seleccionar glóbulos blancos, que luego son inducidos a fabricar pequeñas cantidades de interferón. "En las mejores circunstancias, 2 litros de sangre darían aproximadamente una millonésima de gramo de interferón, 2 litros de cultivo bacteriano pueden proporcionar más de 50 veces esa cantidad, y 2 litros de bacterias son mucho más fáciles de reunir que 2 litros de sangre".<sup>27</sup>

La producción de interferón es sumamente costosa. Un miligramo de interferón tipo Beta elaborado por la compañía japonesa Toray vale 35.615 dólares, diez veces más costoso que el mismo peso de diamante.<sup>28</sup>

Una vez que los investigadores consigan producir interferón en cantidades comerciales, sin duda, traerá un sinnúmero de beneficios especialmente en el campo de la medicina.

### 3.4 Las armas biológicas

La ingeniería genética puede tener muchas aplicaciones en la fabricación de armas. En la segunda guerra mundial se emplearon armas nucleares en dos ciudades japonesas, que provocaron efectos devastadores en la población. Las armas biológicas todavía no se han empleado en gran escala en un conflicto bélico, pero los expertos estiman que podrían provocar resultados letales e incontrolables en la población, y tal vez por eso todavía no se atreven a emplearlas.

En el estudio de Jeremy Cherfas se afirma: "Un veneno muy notable... es un hongo ruso denominado *Fusarium Sporotrichoides*; sin aplicar para nada la ingeniería, la toxina de este hongo mantiene sus efectos letales por espacio de seis años y no pierde su carácter nocivo por ebullición, al contrario que muchos venenos. Eso mismo, en una bacteria, constituiría desde luego una arma muy poderosa".<sup>29</sup>

El mismo estudio sostiene: "La guerra biológica contra cosechas, en lugar de contra personas, constituye una posibilidad distinta, con cepas de elementos patógenos hechos a la medida de los alimentos cultivados por el enemigo. Alternativamente, se podría utilizar un organismo del que nunca se sospechara que fuese una arma. La gripe sale a la palestra periódicamente cuando sus proteínas antigénicas de revestimiento mutan a una nueva forma que el sistema inmune de la mayoría de la gente no reconoce".<sup>30</sup>

La ingeniería genética crea las posibilidades de producir armas biológicas para matar en una escala sin precedentes a los seres humanos, con la ventaja que los costos de su fabricación son infinitamente menores que otras clases de armas de destrucción masiva.

### 3.5 Las potencialidades de la genética

Los científicos todavía tropiezan con grandes obstáculos para develar los misterios del código genético. Una vez que se resuelvan dichos problemas, la ingeniería genética estaría en condiciones de "cultivar una raza de gigantes, por ejemplo, a base de jugar con las hormonas del

crecimiento. Esto ya se ha hecho con ovejas: se las induce a manufacturar anticuerpos a su propia hormona de anticrecimiento y acaban siendo el doble de grandes que sus congéneres. Por lo tanto, podríamos crear mañana mismo gigantes humanos por ingeniería, y quizá incluso clonarlos; pero la perspectiva de zombies estúpidos creados por ingeniería genética, dispuestos a cumplir las órdenes de su dueño, no me preocupa en absoluto. Los métodos de lavado de cerebro y el control de la mente que existen en la actualidad ya hacen eso y más, a juzgar por los efectos devastadores de los nuevos cultos".<sup>31</sup>

Luego de que se determinen los genes responsables de las leyes de la genética, la biotecnología tiene el potencial para crear un ejército inmenso de clones idénticos, cada uno de ellos producido con alguna característica predeterminada: deportistas, cantantes, artistas, etc. La ingeniería genética también tiene la posibilidad de prolongar aún más la vida de los seres humanos, debido a que las enzimas de reparación deben hallarse bajo control genético.<sup>32</sup>

## V LOS NUEVOS MATERIALES

En los últimos tiempos, el progreso de la revolución científico-técnica (RCT) ha permitido la creación de nuevos materiales y su empleo en el proceso productivo. El investigador de la ex-Unión Soviética, G. Marinco afirma: "Un rasgo característico de la revolución científico-técnica es el empleo tecnológico cada vez más amplio de nuevos y nuevos materiales naturales. Así, hasta el siglo XVII se utilizaban sólo 19 elementos químicos; en el siglo XVIII, 28; en el siglo XIX, 50; y a comienzos del siglo XX, más de 60.

Gracias a la RCT, ya pueden utilizarse todos los elementos químicos".<sup>33</sup>

Con el fin de satisfacer las demandas de la industria aeroespacial, de la medicina, de la microelectrónica, etc., los científicos han creado nuevos materiales. Al respecto, Marinco señala: "Los materiales que largo tiempo eran el principal material para construir máquinas y diversos mecanismos, comienzan a ceder lugar a materiales como el plástico, las resinas, la fibra y la cerámica. Hoy estos materiales ya constituyen cerca del 20% de las primeras materias que entraban en el 'menú' de la industria automovilística".<sup>34</sup>

Hace más de un siglo y medio, Nicholas Carnot, ingeniero francés, publicó un estudio titulado "Reflexiones sobre la fuerza motriz del fuego", en el cual se afirma que la eficiencia de los motores depende de la diferencia que haya entre la temperatura en el interior del motor y la del medio exterior. En otros términos, a mayor calor del motor, más eficientemente se aprovechará la energía.

Los investigadores han trabajado arduamente para aplicar este principio tanto a los motores de combustión interna como a los generadores de electricidad. Hoy día, los generadores más eficientes aprovechan únicamente el 40 por ciento de la energía del combustible que queman. A su vez, los motores convencionales hechos con las aleaciones más resistentes funcionan entre los 870 y los 1.035 grados Celsius; sin embargo, emplean un mínimo porcentaje de la energía del combustible y se oxidan, corroen, ablandan y funden rápidamente.

Los científicos consideran que la cerámica permite aplicar los principios de Carnot en la generación de energía eléctrica.

ca y en el transporte automotor, por su resistencia a altas temperaturas. En efecto, mientras las superaleaciones soportan temperaturas de hasta 1.035 grados C, las nuevas cerámicas no pierden fuerza a los 1.480 grados C y se estima que algunas pueden pasar de 1.600 grados C. Además, las cerámicas tienen ventajas sobre los metales por sus menores costos y se componen de elementos que abundan en la naturaleza como el silicio que constituye el 28 por ciento de la corteza terrestre y el nitrógeno que forma el 78 por ciento de la atmósfera.

Tom Alexander, redactor de planta de la Revista Fortune, señala: "No es cosa nueva la búsqueda de motores de cerámica. Una de las turbinas de gas más antiguas que se fabricó en Francia por 1900, tenía algunas partes de cerámica. Ello fue en un tiempo en que la ciencia de la metalurgia empezaba a adelantar a grandes pasos, por lo que los ingenieros dejaron a un lado los materiales de cerámica para usar nuevas aleaciones".<sup>35</sup> Actualmente, el empleo de la cerámica en gran escala en la industria, todavía no se ha materializado como consecuencia de algunos problemas de carácter técnico que los científicos no han podido descifrarlos.

Las grandes empresas y las instituciones de investigación públicas de los países de economía avanzada, han concentrado sus investigaciones para superar el problema de la fragilidad de la cerámica. En el desarrollo de sus investigaciones descubrieron algunos principios, tales como la influencia que ejerce en la fuerza de la cerámica la pureza, finura y uniformidad del tamaño de las partículas, así como la presencia de poros en el artículo terminado.

Tom Alexander señala que: "... los ingenieros de la industria automovilística se volvieron hacia el viejo sueño del 'motor de alfarería' que es tan atractivo. Si se pudiera lograr que ese motor operara a temperaturas de, digamos, 1.600 grados C, a igual potencia consumiría la mitad de combustible que los motores actuales. Sería mucho más sencillo, pequeño y ligero que su contraparte de pistón y tendría un mínimo de partes maquinadas y de metales costosos".<sup>36</sup>

El empleo de la cerámica no se limita a los distintos tipos de motores y generadores. El analista Marinco afirma que: "...El campo de aplicación de la cerámica es bastante vasto. De ella hacen dientes artificiales y elementos electrónicos, la utilizan en las centrales nucleares, en las instalaciones para las reacciones term nucleares, en los cambiadores de calor y catalizadores gaseosos. Este material quebradizo corta el acero, aumenta la duración del servicio de los cojinetes, motores y turbinas de gas, permitiendo su funcionamiento más rápido y económico. Promete mucho el empleo de la llamada biocerámica. Insertada, por ejemplo, en el hueso maxilar, no es rechazada por el organismo".<sup>37</sup>

Hoy en día, todavía no se han resuelto todos los problemas de empleo de la cerámica en el proceso productivo, pero una vez que se superen dichos obstáculos podría ejercer la misma influencia en la sociedad que los transistores en su tiempo. En el curso de la historia se desarrolló la edad de piedra, luego vino la edad de bronce y finalmente llegó la edad del hierro, porque predominaba el empleo de dichos materiales en el proceso de trabajo. Es probable que el próximo milenio se ca-

racterice por el predominio del empleo de la cerámica en gran escala en ramas de la industria que incorporan tecnologías de punta.

## VI LA ENERGIA NUCLEAR

La energía nuclear es la que se encuentra almacenada en los diminutos núcleos atómicos. En el decenio de los años 30, los científicos comenzaron a bombardear los núcleos atómicos con neutrones para observar sus reacciones. Al bombardear el uranio con neutrones generaban, por un lado, partículas de bario radiactivo y, por otro, partículas de tecnecio. La fisión de un quilogramo de uranio producía tanta energía como 2.500 toneladas de TNT (dinamita).<sup>38</sup>

El uranio es un elemento químico clave para producir energía nuclear. Su explotación se halla concentrada en un pequeño número de países. En 1988, Canadá produjo 12.400 toneladas métricas de uranio que representaba el 33,7% del total mundial; Sud Africa 7.450 toneladas (20,3%); Estados Unidos 5.050 toneladas (13,7%) y Australia 3.532 toneladas (9,6%).

La energía nuclear primeramente se utilizó con fines militares. En la segunda guerra mundial, Estados Unidos hizo explotar dos bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, las cuales en conjunto tuvieron una fuerza explosiva de 35.000 toneladas de TNT y provocaron efectos devastadores en la población. A finales de la década de los años ochenta, se estimaba que en los arsenales nucleares se encontraban almacenadas 50.000 cargas con una potencia equivalente a un millón de bom-

bas similares a las que se lanzó en la ciudad de Hiroshima.

En la postguerra se empezó a utilizar la energía nuclear con propósitos pacíficos. En 1954, la otrora Unión Soviética construyó su primer reactor nuclear para producir electricidad. A su vez, Estados Unidos fabricó un submarino nuclear llamado Nautilus, a un costo de 50 millones de dólares. En 1956, igualmente Gran Bretaña puso en funcionamiento su primera planta atómica para producir energía eléctrica con una capacidad de 50.000 KW.

En 1979, se produjo el primer desastre nuclear en la isla de las Tres Millas, Estados Unidos, el cual no produjo víctimas fatales, pero causó pánico entre los habitantes de las áreas cercanas. Según algunos científicos, con la seguridad apropiada, la energía nuclear no es más peligrosa que los combustibles fósiles.<sup>39</sup>

A mediados de 1990, se encontraban operando 423 reactores nucleares, especialmente en los países de economía avanzada, con una capacidad de generación de energía eléctrica de 337,7 millones de KW y se tenía planificado construir 173 reactores adicionales. Los seis países más desarrollados (Estados Unidos, ex-URSS, Alemania, Francia y Reino Unido), concentraban el 73,3 por ciento del total de los reactores nucleares que estaban en funcionamiento.

La utilización de la energía nuclear demanda ingentes inversiones de recursos económicos, de infraestructura y equipamiento necesario y de un adecuado número de científicos e ingenieros. Por esta razón, básicamente los países de economía avanzada son los que

aprovechan la energía generada por medio de reactores nucleares.

La electricidad generada, a través de plantas nucleares, representaba, en 1989, el 23,4% del total de la energía eléctrica producida en los 24 países integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). La electricidad generada por medio de reactores nucleares equivalía para Alemania el 34,1% del total de la energía, el 23% para Japón y Reino Unido y el 75,4% para Francia.

El desastre nuclear que se produjo en Chernobyl, ex-Unión Soviética, en 1986, que dejó un saldo de cientos de muertos y miles de heridos, como consecuencia de las radiaciones, acrecentó los sentimientos antinucleares en los sectores de la población de los países industrializa-

dos. Las organizaciones antinucleares incitaron a los gobiernos de Italia y Suecia a suspender definitivamente la construcción de nuevos reactores.<sup>40</sup>

Sin embargo, la inmolación del socialismo real seguramente provocará que los recursos humanos y financieros, que otrora se destinaban con fines militares, hoy en día se concentren para desarrollar y diversificar el empleo de la energía atómica con propósitos productivos. El agotamiento rápido de las reservas de petróleo, así como la acelerada contaminación del aire, agua y tierra, como resultado de la quema de combustibles fósiles, apuntan en esa dirección. Por consiguiente, en los próximos años se prevé un desarrollo rápido de la energía nuclear y sus aplicaciones en los campos de la agricultura, industria, transporte y salud.<sup>41</sup>

**CUADRO No. 1**  
**ROBOTS INDUSTRIALES, SEGUN PAISES SELECCIONADOS**  
**a fines de 1990**

Países	Total Población	Porcentaje
Japón	274.210	71,81
Estados Unidos	41.304	10,82
Alemania	28.240	7,40
Italia	12.500	3,27
Francia	8.551	2,24
Reino Unido	6.418	1,68
Suecia	3.791	0,99
España	2.197	0,58
Bélgica	1.603	0,42
Suiza	1.525	0,40
Australia	1.490	0,39
<b>TOTAL</b>	<b>381.829</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Japan 1992, An International Comparison  
Elaboración: IIE-UC

**CUADRO No. 2**  
**PRODUCCIÓN DE URANIO (1986-1988)**  
Toneladas métricas

Países	1986	1987	1988
Canadá	11.720,00	12.440,00	12.400,00
Sud Africa	7.902,00	7.463,00	7.450,00
Estados Unidos	5.200,00	5.000,00	5.050,00
Australia	4.154,00	3.780,00	3.532,00
Francia	3.248,00	3.376,00	3.394,00
Nigeria	3.110,00	2.970,00	3.120,00
Otros países	1.790,00	1.662,00	1.812,00
<b>TOTAL DEL MUNDO</b>	<b>37.124,00</b>	<b>36.691,00</b>	<b>36.758,00</b>

Fuente: Japan 1992, An International Comparison  
Elaboración: IIE-UC

**CUADRO No. 3**  
**CAPACIDAD DE GENERACION NUCLEAR: NUMERO Y CAPACIDAD**  
(a junio de 1990)

Países	En Operación		En construcción y planificado	
	No. Reactores	(1000 KW)	No. Reactores	(1000 KW)
Estados Unidos	110	103.737	11	13.178
Francia	52	52.868	13	18.560
URSS	50	38.357	37	36.800
Japón	39	30.545	16	15.808
Alemania Federal	21	23.584	3	3.162
Alemania Oriental	6	2.280	9	7.140
Reino Unido	38	14.752	4	4.728
Canadá	18	12.919	4	16.659
Suecia	12	10.172	—	—
España	9	7.352	5	4.850
Corea	9	7.615	5	4.678
Bélgica	7	5.700	—	—
Otros países	52	27.863	66	36.930
<b>TOTAL MUNDO</b>	<b>423</b>	<b>337.744</b>	<b>173</b>	<b>162.493</b>

Fuente: Japan 1992, An International Comparison  
Elaboración: IIE-UC

CUADRO No. 4

GENERACION DE ELECTRICIDAD (1989),  
SEGUN PAISES SELECCIONADOS

País	Total Electricidad Generada (GW) <sup>a</sup>	Térmica			Gas %	Energía Nuclear %	Hidráulica Geotérmica y Solar %
		Total %	Combustibles Sólidos	Derivados Petróleo			
Japón	791.168	65,4	14,7	32,0	18,7	23,1	11,5
Est. Unidos	2.954.139	71,6	56,3	5,7	9,6	19,0	9,4
Canadá	499.438	25,7	19,1	3,6	3,0	16,0	58,3
Alemania F.	438.424	62,1	52,0	2,2	7,9	34,1	3,8
Francia	403.003	12,9	9,2	3,0	0,7	75,4	11,7
R. Unido	310.738	75,4	65,1	9,7	0,7	23,1	1,5
Italia	207.323	82,1	15,9	49,6	16,6	—	17,9
OECD(b)Total	6.636.265	59,6	40,7	9,7	9,2	23,5	16,9

a) 1GW(GIGAWATT)=1 BILLON WATT

b) ORGANIZACION PARA LA COOPERACION Y DESARROLLO ECONOMICO (24 PAISES)

Fuente: Japan 1992, An International Comparison

Elaboración: IIE-UC

## NOTAS

1. G. Marincó, Qué es la revolución científico-técnica?, Editorial Progreso, Moscú, 1990. p. 37-38
2. Ibid, p. 38.
3. David Yoffie, La Industria Global de Semiconductores, 1987, INCAE, p. 20, mimeo.
4. Ibid, p. 35-36.
5. Panorama de la Industria y la Cooperación Económica del japon, 1991, p. 73.
6. Ibidem.
7. Marincón, obra citada, p. 43.
8. Panorama de la Industria y la Cooperación Económica del Japon, 1987, p. 75-76.

9. Marincon, obra citada, p. 47.
10. Ibid, p. 48.
11. Ibid, p. 48-49.
12. Perspectivas Económicas, Washington, 1985, No. 51, p. 27.
13. Panorama de la Industria y la Cooperación Económica del Japón, 1990, p. 89-90.
14. Panorama de la Industria y la Cooperación Económica del Japón, 1991, p. 79.
15. Ibid, p. 79-80.
16. El biólogo danés Wilhelm Johannsen, en 1909, acuñó el término "genes" a partir de una palabra griega que significa "generar".
17. Isaac Asimov, Introducción a la Ciencia, Ediciones Orbis, p. 554.
18. Obra citada, p. 554-555.
19. Obra citada, p. 551.
20. Jeremy Cherfas, Introducción a la Ingeniería Genética, Alianza Universitaria, 1984, p. 240.
21. Obra citada, p. 242.
22. Obra citada, p. 228.
23. Obra citada, p. 200.
24. Revista de Económ., Progreso, abril-mayo 1987, p. 38-39.
25. Ibidem.
26. Jeremy Cherfas, Obra citada, p. 205.
27. Obra citada, p. 207-208.
28. Panorama de la Industria y la Cooperación Económica del Japón, 1989, p. 55.
29. Jeremy Cherfas, Obra citada, p. 276.
30. Obra citada, p. 277.
31. Obra citada, p. 267-268.
32. Ibidem.
33. G. Marincon, Obra citada, p. 62-63.
34. Ibidem.
35. Revista "Perspectivas Económicas", Washington, 1976, No. 16, p. 74.
36. Obra citada, p. 76.
37. G. Marincon, Obra citada, p. 64.
38. Isaias Campaña, Energía y Desarrollo, Facultad de Economía, 1990, p. 32.
39. Isaac Asimov, Obra citada, p. 447.
40. Isaias Campaña, Obra citada, p. 36.
41. Ibidem