



## Tecnologías del futuro

*Hardware* y *software* no son palabras de nuestra lengua pero sí de nuestra cultura. Las usamos sin necesidad de precisar su significado pues sabemos bien cómo emplearlas y estamos habituados a ellas ya que forman parte del ambiente en que vivimos. *Hardware* y *software* son ya emblemas de lo que ahora llena el mundo que habitamos. Mucho de lo que hoy día hay a nuestro alrededor no lo había hace cincuenta años y su existencia ha modificado nuestra vida. No nos comportamos como hace un siglo. El ser humano ha ido cambiando su forma de vivir de manera continua y profunda y la explicación que normalmente damos para hacerlo, y seguir haciéndolo, es que nos esforzamos por vivir mejor.

Gran parte de la vida actual se desarrolla en un mundo artificial que tomamos ya como natural y que hemos construido mediante una actividad que muchos consideran inherente a la naturaleza humana: la tecnología. Esta labor, como otras actividades humanas, es difícil de definir ya que se desarrolla e influye en diversos sectores de la vida cotidiana, aparte de que conduce a contradicciones y tiene muchas consecuencias inesperadas. Por razones que se presentarán más adelante se asocia ahora en forma inextricable a la ciencia y para casi todo el mundo es algo deseable y benéfico que hay que poseer y desarrollar. Para lo que sigue es suficiente tomar a la tecnología como el empleo del conocimiento, científico o empírico, para la solución de problemas de la vida cotidiana y la producción de bienes y servicios. Se trata, por tanto, de una actividad práctica, productiva y cambiante.

La tecnología es más antigua que la especie humana actual –su presencia sirvió para designar a uno de nuestros ancestros, el *homo habilis*– y ésta la ha ido desarrollando con base en sus conocimientos, experiencias e ingenio. La tecnología ha sido una poderosa fuerza en la evolución cultural humana y con ella se ha buscado modificar al mundo para la conveniencia del ser humano aunque éste en sus primeros tiempos sólo la realizaba por necesidades de supervivencia. Ahora es decisiva en su forma de vivir y requiere de investigación, organización social y económica, promoción comercial y mantenimiento. Además sus cambios tienen motivos y costos.

La noción de tecnología está muy relacionada con la ingeniería y puede considerarse a ésta como un antecedente de ella. Considerando a la ingeniería como la profesión dedicada a la aplicación del conocimiento para fines industriales, de construcción y de guerra podría decirse que hablar de un ingeniero es la forma propia de referirse a lo que ahora muchos llaman un tecnólogo y que la tecnología no es más que el producto de las diversas actividades de los ingenieros. La relación con la ciencia es más simple ya que ésta es un conocimiento, por lo que ahora es una poderosa base del desarrollo tecnológico.

La vinculación de la ciencia con la tecnología es una acción recíproca; ahora la ciencia genera tecnología y ésta apoya el desarrollo de la primera. Así la química y la biología son la base de la nueva industria farmacéutica y la ingeniería aeroespacial y la electrónica sustentan gran parte de la investigación en la astronomía. Es claro entonces por qué se asocian ahora la ciencia y la tecnología así como la necesidad de distinguir estas dos actividades. Cabe aquí recordar que el conocimiento científico es algo aceleradamente creciente y comprende lo que ahora se sabe acerca de la naturaleza humana y del comportamiento social de la especie.

### Un poco de historia

Para muchos la cultura humana moderna empieza hace 90 siglos con el descubrimiento de primitivas tecnologías: la domesticación de plantas y animales. Sin embargo aquí empezaré la historia de la tecnología reciente con la llamada “revolución industrial”, esto es a partir siglo

XVIII y sólo enumeraré algunos sucesos notables. Durante ese siglo lo más destacado fue: la invención del cronómetro marino, la construcción de telares, la máquina de vapor, la hiladora hidráulica, la técnica para barrenar cañones, los globos aerostáticos, el submarino, las técnicas para preservar alimentos y las vacunas. Más adelante, en el siglo XIX, aparecieron los telares automatizados, las lámparas eléctricas, las locomotoras y los barcos de vapor, la fotografía, las calculadoras mecánicas, la máquina de escribir, el motor eléctrico, el telégrafo, el hule vulcanizado y las llantas, las baterías eléctricas, el teletipo, la máquina de coser, la producción de acero, el celuloide, el teléfono, los trenes eléctricos, la explotación del petróleo, el automóvil, el cinematógrafo, los cohetes y los dirigibles. Describir aquí esos ingenios es innecesario pues son ahora todos bien conocidos.

Durante el siglo XX los artefactos más importantes construidos por la especie humana fueron el aeroplano, los tubos electrónicos, la bakelita, la televisión, la penicilina, el microscopio electrónico, la computadora, el transistor, los satélites artificiales, el láser, el microprocesador y la computadora personal, la energía nuclear, los anticonceptivos, los organismos transgénicos, la clonación y la internet. Muchos de estos ingenios son también muy conocidos y sólo describiré aquellos que usaré para lo que quiero decir.

Para completar mi lista mencionaré las tecnologías actuales más importantes. Estas son: la electricidad, las vías de comunicación, los teléfonos, los automóviles, los aviones, la tecnología médica (terapia génica, órganos artificiales), los satélites, los medios de comunicación, los nuevos materiales y la robótica. Quizá algunos de estos inventos sean poco conocidos pero, dados mis propósitos y para no alargar más mi enumeración, omitiré la descripción de los que no necesitaré en detalle. Lo que sí conviene mencionar es que muchos llaman máquinas a los artefactos del siglo XIX y principios del XX y se refieren a esa época como la edad del maquinismo mientras que denominan a los ingenios posteriores como sistemas de control y de comunicación.

Aunque podría aceptarse que la creación tecnológica ha cumplido el deseo de construir un mundo que mejore la vida humana no pueden negarse ciertas preocupaciones derivadas del uso de tales artefactos. Las más destacadas son el consumo exagerado de energéticos, especialmente los de origen natural no renovables, la contaminación del medio ambiente, la invasión de la privacidad y seguridad personales, el desplazamiento del empleo de los seres humano y el creciente costo de los servicios derivados del empleo de una tecnología más refinada. Sin embargo puede asegurarse que la creación tecnológica seguirá su acelerada carrera.

### **Algunas tecnologías promisorias para el siglo XXI**

Aunque la prognosis de las tecnologías del nuevo siglo es un asunto poco confiable algo se puede decir con base a lo que ahora parece ser más promisorio. Así, para muchos expertos, el desarrollo tecnológico por venir estará fuertemente dominado por la biotecnología, la nanotecnología y la internet. Describiré, aunque sea brevemente, estas actividades.

La biotecnología. Si se entiende a esta labor como el empleo de organismos vivos o sus productos para fines de producción industrial, esta tecnología ha sido usada desde tiempos muy lejanos —es la base de la panadería y de la producción de bebidas alcohólicas. Sin embargo ahora se añade a esos propósitos la manipulación de la herencia de los organismos vivos. La combinación de diferentes rasgos hereditarios en plantas y animales de la misma especie ha sido explotada desde hace mucho tiempo, pero a partir de 1972, con los descubrimientos acerca de la estructura de la organización hereditaria de los seres vivos, se abrió la posibilidad de crear organismos artificialmente modificados en su estructura genética, los llamados transgénicos. La tecnología empleada en este

caso es la ingeniería genética y ahora, al menos en principio, es posible transferir cualquier rasgo hereditario deseable de un organismo a otro. De esta manera se producen ahora medicinas, se corrigen defectos hereditarios, se crean plantas resistentes a infecciones y depredadores así como animales para el estudio de enfermedades humanas. La ingeniería genética también nos permite aclarar relaciones hereditarias, identificar genes causantes de rasgos particulares, diagnosticar enfermedades infecciosas y desórdenes hereditarios.

La nanotecnología. En términos populares la nanotecnología es la técnica para fabricar, usar y manipular objetos de tamaño submicroscópico –el nombre de esta actividad se deriva de que trata cosas del tamaño de nanómetros, distancias del orden de un milmillonésimo de un metro, esto es, de un diezmilésimo del grueso de un cabello humano. Como sabemos los materiales están hechos de átomos y sus propiedades dependen de cómo estos estén colocados. Acomodando átomos de carbono con gran regularidad tendremos diamantes y con átomos provenientes de la arena construimos microcircuitos de computadoras. Para continuar reduciendo el tamaño de los microcircuitos se necesita una tecnología que maneje átomos y moléculas en forma individual y de ella se habla como la nanotecnología molecular.

La nanotecnología no sólo nos ayudará a continuar el desarrollo de la computación pues al proveernos de una técnica para producir materiales previamente diseñados nos permitirá fabricar una nueva generación de productos más resistentes, más limpios, más ligeros y más apropiados para nuestras necesidades. Por lo tanto es una herramienta que ayudará a desarrollar otras tecnologías ya que la fabricación de celdas solares más eficientes, baratas y resistentes permitirá un mayor aprovechamiento de la energía proveniente del Sol. Con la manufactura molecular se podrán construir pequeños utensilios que nos permitan reparar células dañadas por enfermedades como el cáncer y se dispondrá de herramientas para eliminar sustancias tóxicas del medio ambiente. Se construirán máquinas moleculares y robots –especialmente micro-robots– que funcionarán de manera inusitada, particularmente para tratamientos médicos. La posibilidad de construir un ensamblador molecular es fuente de muchas aplicaciones del futuro de la tecnología del siglo XXI. Aunque esto parece ciencia-ficción la nanotecnología está ya actuando en nuestro mundo.

La Internet. La Internet es una red que conecta millones de computadoras y permite difundir información, intercambiar datos y comunicar a la gente. Aunque es un sistema controlado centralmente está diseñado para funcionar en forma desconcentrada por lo que cada computadora es independiente. Hay muchas maneras de entrar a la red y lo común es emplear a un proveedor comercial de servicios. La forma usual de obtener información por la internet es empleando la conexión “Web” (*World Wide Web*) la cual permite mostrar la información en un “navegador” –una colección de imágenes (páginas Web)– que aparecen en la pantalla de una computadora. Las páginas Web contienen, además de textos, gráficas, sonido y video y pueden estar conectadas con otras mediante “ligas”. Además de la conexión “Web” la internet se emplea para enviar el “correo electrónico” (*e-mail*)

Aunque las redes de computadoras empezaron a funcionar en los Estados Unidos desde los inicios de los 1960, la internet apareció en forma pública hasta principios de 1990 y ha revolucionado las comunicaciones y el comercio. Actualmente hay más de 350 millones de usuarios pertenecientes a más de 100 países los cuales están enlazados en ella para intercambiar información, noticias y opiniones. El llamado “comercio electrónico” (*e-commerce*) es una industria creciente que aprovecha mucho de la llamada “globalización” y que está transformando drásticamente a los negocios y a la organización social. Por otra parte la internet puede servir para propósitos

educativos y proveer de fuentes informativas. La internet puede continuar la revolución que inició la imprenta y será un camino para conectar las poblaciones rurales aisladas y llevarles información, ser fuente de actualización e intercambio de técnicas industriales y, principalmente, apoyar a la educación de sus habitantes. Por otra parte su creciente conexión inalámbrica permite usarlo para sistemas de posicionamiento, para dar rutas de viaje y mejorar el tráfico, informar acerca de accidentes y proveer auxilio remoto a los pobladores de regiones poco accesibles.

### **Esperanzas y riesgos**

La tecnología es un asunto del que, a partir de la segunda parte del siglo pasado, se habla cada vez más y se ha convertido en un símbolo de la “modernidad”. Su influencia en la forma de vida humana es cada día mayor y, como ya antes lo señalé, se justifica por ser un medio útil para vivir mejor. Las razones para esta acreditación son claras y numerosas ¿viviríamos mejor sin electricidad ni antibióticos? Empero hay también motivos de recelo ¿hemos olvidado las secuelas del uso del DDT o los efectos de la talidomida? Dejando por el momento consecuencias tan perniciosas como las mencionadas podríamos considerar casos como el desempleo provocado por el uso de maquinaria, y ahora de robots, en las fábricas. Esperar el buen éxito en el desarrollo de sistemas inteligentes puede generarnos temores mayores.

Dos comentarios se imponen con lo dicho en el párrafo anterior. El primero es que “no hay cosas perfectas” o bien que “todo tiene costos”. Las máquinas de combustión interna, por ejemplo, compiten con los humanos en el consumo del oxígeno atmosférico, aparte de que producen bióxido de carbono que, aunque en sí no es tóxico, su aumento en la atmósfera terrestre está causando problemas a la vida humana. El segundo se refiere al “esfuerzo por vivir mejor” ¿quiere esto decir “ser rico”? Las agencias gubernamentales dedicadas a la promoción del desarrollo tecnológico sólo enfatizan las ventajas económicas de esta actividad. En los inicios de la segunda mitad del siglo pasado hubo un renuevo en el fomento de la mecanización del trabajo empleando el lema “el uso humano de los seres humanos” para señalar que el trabajo rutinario y/o pesado es una función de las máquinas. ¿Se “usan bien” los humanos cuando realizan actividades creativas y/o placenteras?

De las tecnologías que mencioné como promisorias sólo apuntaré algunos de sus riesgos ya que sus bondades parecen evidentes. En el caso de la biotecnología asusta mucho la llamada “clonación humana” fenómeno que como se presenta popularmente es imposible de lograr; es claro que buscar a una María Félix rediviva es sólo un sueño. Otro asunto muy mencionado es el de las plantas transgénicas aunque se hace con muy poca información técnica y con mucho crédito a datos malentendidos. Que ciertas variedades locales de maíz estén contaminándose por maíz transgénico sólo añade otra fuente de contaminación a una planta que sigue siendo base alimenticia en muchos lugares de nuestro país. El impacto mayor de la invasión de maíz transgénico es de carácter económico –desequilibrio comercial y dominio transnacional– y ese no es un problema de la biotecnología.

Por lo que se refiere a la nanotecnología sólo mencionaré algo de su aplicación a la medicina. Ya hay drogas que contienen nanoelementos diseñados para combatir virus, bacterias y para reparar células dañadas por ciertos tipos de cáncer. Son primicias de nano-robots que, aunque incapaces de replicarse, pueden transportar sensores, sistemas para reparaciones o sustancias necesarias en puntos muy definidos del organismo humano. Un objetivo ahora buscado es poder intervenir con eficacia y precisión en el lugar dañado o infectado para repararlo en la forma adecuada. Cabe aquí pensar, especialmente en estos tiempos de “histeria terrorista”, en que reparar es modificar y que si es posible hacerlo en una célula enferma lo es también en una sana.

El caso de la internet todavía goza de la fama de ser un don obviamente favorable. Sin embargo su aportación al mejoramiento de la vida humana no es todavía muy claro. Uno de sus mayores méritos ha sido abrir canales independientes de comunicación aunque ahora esto contribuye fuertemente a la saturación y confusión de la información que se difunde. Coadyuva también al aislamiento social, a las relaciones humanas falsas y engañosas así como a la difusión de “basura informática”. Para algunos su beneficio promisorio es el establecimiento de una novedosa forma de comercio.

### **A manera de conclusión**

Es claro que la tecnología es un símbolo aparente de la edad moderna y que sus beneficios e influencia son incuestionables. No obstante hay motivos para preocuparse por su irrupción y crecimiento. Aparte de los riesgos potenciales que implica la introducción de nuevos aparatos y productos, así como de las consecuencias derivadas de sus efectos secundarios, la tecnología genera cambios en el comportamiento social que pueden ser lamentables, al menos después de algún tiempo. Sin embargo el desarrollo de la tecnología es imparable pues tras ella hay grandes intereses, especialmente económicos, y nada se ganaría intentando impedir su presencia. Por otra parte, aunque su generación está centralizada en los países más desarrollados su manufactura tiende a ser ubicua y su empleo universal.

En relación con los enjuiciamientos relativos a la adopción de una tecnología en un lugar y momento determinados, no puede soslayarse que en muchos casos se hacen afirmaciones con gran ligereza, derivadas de la poca comprensión del asunto considerado. Es frecuente que tales afirmaciones se basen en posiciones ideológicas o en conveniencias políticas y el aferramiento a un posicionamiento inicial impide, muchas veces, aclarar la situación. Cabe aquí señalar que cuando se arguyen motivos de seguridad se olvida, con mucha frecuencia, que la seguridad cuesta y que toma tiempo establecerla. Por tanto es comprensible que haya casos en que tienen razón quienes exigen la dispensa de trámites de seguridad cuando se trata de un recurso final, como ha sucedido en el caso de enfermos desahuciados que piden tomar fármacos aun en fase de experimentación.

La bondad o malignidad de las nuevas tecnologías no es un asunto propio de ellas. El cambio de las condiciones de vida humana no está sujeto a las decisiones de lo que sabemos o podemos hacer. Si se cree que saber más y tener mayor capacidad para transformar el entorno en que vivimos son benéficos para la vida humana, habrá que aclarar primero qué es vivir mejor y si se piensa que buscamos convivir con mayor armonía será necesario esforzarse por definir qué habrá que hacer para lograrlo. Un acuerdo basado en la clarificación de esos dos puntos permitirá una mejor selección de la tecnología que habrá que emplear y propiciar. Si hemos de pensar en el futuro de la tecnología, ya sea con entusiasmo o con temor, es inevitable buscar un apoyo en la cultura humanística y abandonar la idea de que la tecnología se autorregulará o que la ciencia natural condicionará su empleo.