

---

# LOS RETOS DEL MUNDO TECNOLOGICO DEL FUTURO

PONENCIA PRESENTADA EN EL  
SEGUNDO ENCUENTRO  
NACIONAL DE EXALUMNOS UPB.

Septiembre 12 de 1986

Por Francisco G. Restrepo G. A.  
Director de Planeación UPB.

## GENERALIDADES:

Actualmente la humanidad presencia el nacimiento de una nueva era; para algunos es el advenimiento de la Sociedad Informatizada, para otros es la Segunda Revolución In-

dustrial con el Robot como principal protagonista y no pocos piensan que estamos asistiendo al nacimiento de una civilización eminentemente tecnológica.

Alvin Toffler es personaje bien conocido a nivel mundial por sus trabajos de Prospectiva Científica, basados en la tesis de las "Olas" como estadios de tránsito social en la historia de la humanidad; según Toffler en los primeros 6.000 años de civilización, predominó la sociedad agrícola

de "Primera Ola" cuyo valor clave fue la tierra que sustentó una economía básicamente agrícola; los protagonistas sociales fueron los campesinos y los terratenientes, la energía motora de la economía fue la bioenergía representada por la leña y por el trabajo muscular fuera humano o de animales; este larguísimo período se caracterizó por el poco desarrollo tecnológico, casi lineal e imperceptible durante varios milenios. A mediados del siglo XVIII D. C. surgió en Inglaterra la sociedad de "Segunda Ola" en la que el recurso clave ya no era la tierra, sino la maquinaria y el establecimiento industrial; la economía, la demografía y la tecnología experimentaron un crecimiento explosivo, sin antecedentes en la historia humana. Los protagonistas de la era industrial fueron los dueños de las factorías, los obreros y operarios y naturalmente las máquinas; desde 1750 y por espacio de dos siglos esta sociedad ha crecido incesantemente dando origen a una economía industrial caracterizada por la

producción intensiva y por el consumo de bienes, que se extendió al resto de Europa y Norteamérica y más recientemente a Asia, América Latina, Africa y Oceanía.

A partir de 1950 según Toffler y Bell, la humanidad presencia el parto de una nueva sociedad post-industrial o de "Tercera Ola"; a diferencia de los dos tipos de sociedad anteriores, en la "Tercera Ola" hay un cambio sustancial de valores, el recurso clave no es material como la tierra o la maquinaria, es inmaterial ya que se trata del conocimiento, de la Información y de todo aquello que produce el intelecto humano; la economía post-industrial más que crecimiento exponencial cuantitativo busca el perfeccionamiento cualitativo, basado en la nueva ventaja comparativa llamada Tecnología. Esta nueva era llamada por algunos la "Segunda Revolución Industrial", se caracteriza por ser Intensiva en generación y difusión de información sinérgicamente, dando origen a la explosión

actual de conocimientos científicos y a su prodigiosa multiplicación de desarrollos tecnológicos. La Sociedad Informatizada de "Tercera Ola" también tiene sus protagonistas como en las Olas anteriores; son los tecnócratas, técnicos, científicos y toda persona cuya actividad profesional y laboral, está íntimamente relacionada con industrias del conocimiento y actividades del pensamiento productivo.

A partir de 1950 la sociedad post-industrial se proyecta desde los EUA hacia otros países como Alemania, Japón, Francia, URSS, Inglaterra, etc., inclusive hasta países no industrializados de América Latina, Asia y África, por medio de tecnologías avanzadas como la Informática, la Telemática, la Automatización, las Comunicaciones Vía Satélite y la Biotecnología para citar algunos casos concretos.

El prodigioso mundo tecnológico de esta sociedad naciente se caracterizará cada vez con mayor intensidad,

por el predominio de las llamadas "Tecnologías de Punta" y por sus repercusiones en otras actividades más convencionales como la Energía, el Transporte, la Manufacura Industrial y la Agricultura. Seguidamente se hará una breve referencia al potencial y a las implicaciones de cada una de ellas.

## 1. LAS TECNOLOGIAS DE PUNTA

Son aquéllas que se han desarrollado en las cuatro últimas décadas y dominarán el panorama tecnológico futuro como la Informática, la Robótica, la Telemática, la Astronáutica y la Biotecnología.

### A. LA INFORMATICA:

Esta tecnología cuyo objetivo es el desarrollo de sistemas para procesar información automáticamente, se remonta a los primeros desarrollos experimentales en los EUA, con el computador electromecánico MARK

—1 de Aiken en 1944 y el computador electrónico ENIAC de Eckert y Mauchly en 1946. Los desarrollos posteriores a las válvulas o tubos electrónicos y a los núcleos de ferrita para las operaciones lógicas y de memoria del computador, como el transistor, los circuitos integrados LSI y VLSI, han dado origen a cuatro generaciones de computadores caracterizadas por una siempre creciente capacidad de procesar enormes volúmenes de información a increíbles velocidades de procesamiento, mientras que en forma paradójica el precio del equipo físico—hardware—decrece y por lo tanto populariza al computador. Los últimos desarrollos tecnológicos del ordenador electrónico como el chip de VLSI y ULSI, el acople de redes de bases de datos con fibras ópticas y el videodisco de lectura Laser, han permitido la ampliación y refinamiento de las incontables aplicaciones de los computadores en campos como la administración empresarial, la banca y el comercio electrónicos, la educación In-

formatizada, la bioelectrónica y los procesos de manufactura Industrial a través del diseño auxiliado por computador -CAD-, la manufactura apoyada por computador -CAM- y la Integración de ambos, dando origen al novedoso término -CIM-. Pero aún continúa el espectacular crecimiento y desarrollo tecnológico de los computadores y de la Informática, esperándose para la década de los años 90, la Incurción de la quinta generación u ordenador inferencial, dotado de inteligencia artificial; algunos expertos hablan de la revolución del "bio-chip" con sustancias orgánicas para almacenar Información en las moléculas de ADN y hasta el "nano computador —sucesor en tamaño al micro-computador actual— que gracias al avance de la ultraminiaturización de los circuitos ULSI y al desarrollo de pantallas de cristal líquido, no sería mayor a un reloj de pulsera. Pese al enorme beneficio social y económico que ha producido el computador gracias al procesamiento oportuno de enormes volúmenes de Información y

a su aplicación como optimizador y mejorador de productividad, éste ha planteado una serie de retos y riesgos sociales si continúa extendiéndose su aplicación y difusión, como el desempleo de personas no calificadas, el fomento a la sociedad del ocio, la invasión a la privacidad, la aparición de nuevas modalidades delictivas, la concentración mayor del poder y hasta la pérdida de la identidad cultural por la inevitable transculturación que conlleva la Informática.

## B. LA ROBOTICA:

Nace de la literatura de ciencia ficción del Checo Karel Capek quien en 1920, escribió la novela RUR con el "Robota" como protagonista central. Sin embargo no es hasta 1960 cuando los Ingenieros americanos Engelberger y Devol diseñan el primer robot industrial útil. Esta máquina prodigiosa que sustituye al hombre totalmente en sus actividades laborales que presuponen trabajo muscular y mental, se ha convertido en el eje

central de la llamada "Segunda Revolución Industrial". El robot se compone de sofisticados mecanismos hidráulicos, neumáticos, electromotrices y de complejos circuitos que lo unen a un computador en donde se programa la amplia gama de tareas y actividades que debe realizar en la fábrica y hasta en el hogar. La robotización Industrial por razones de productividad y de competencia en el mercado, se inicia a gran escala en la década de los años 80, con una ventajosa participación por parte del Japón, seguida de EUA, Alemania, Inglaterra, Suecia, Francia, etc. Las aplicaciones de la producción robotizada en campos Industriales como el maquinado de metales, la manufactura de automóviles y equipos eléctricos y las fundiciones ferrosas y no ferrosas, han demostrado las ventajas económicas del robot sobre el hombre en aspectos como la alta productividad, la calidad del producto y el menor costo de producción por la sustitución de la mano de obra; también ha demostrado el robot su

conveniencia y competencia, al sustituir al hombre en oficios de alto riesgo por las adversidades inherentes a ciertas tareas industriales como la fundición, la pintura, manejo de materiales, etc. Evaluando hacia el futuro la participación cada vez mayor del robot industrial, surgen los inevitables conflictos que se derivarán de su incursión en las fábricas como el desempleo creciente, la pérdida de la ventaja comparativa de los países pobres con su más bajo costo de mano de obra y la catálisis de la sociedad del ocio, entre los más inquietantes. La combinación del robot con el computador en todos los procesos de manufactura al interior de un establecimiento industrial, como manejo de materiales, fabricación de partes, ensamble de componentes, control de calidad e inventario, producirán la fabricación flexible sistematizada FMS, que hará innecesaria la presencia del hombre en la factoría como lo demuestra el ensayo japonés de la planta FANUC, que únicamente requiere intervención humana en casos de fa-

llos y para hacer mantenimiento a los equipos y robots.

### C. LA TELEMÁTICA:

Esta tecnología de punta resulta de la interacción entre las telecomunicaciones y los computadores con sus bando y bases de datos. Los notables adelantos en el campo de las comunicaciones como el satélite, las fibras ópticas, el video Laser, La TV de plasma, la pantalla plana digital y la holografía tridimensional, presagian el advenimiento de la civilización de la imagen, de la villa electrónica global o sencillamente del planeta telematizado.

Hace cien años que Bell inventó el teléfono aún en uso, pero nuevas aplicaciones a éste y nuevos medios de comunicación oral y de imagen, han surgido en este lapso de un siglo. Hoy el teléfono acoplado a un dispositivo denominado modem y que convierte la señal sonora análoga a digital, permite transmitir enormes volú-

menes de información e Instrucciones entre terminales de computadores y bancos de datos; este enlace entre terminales y bases de datos, ha dado origen a dos tecnologías telemáticas recientes, el videotex y teletext; el primero es interactivo y por lo tanto el usuario selecciona el tipo de información que quiere ver y recuperar en su pantalla de TV, terminal de computadora o teleimpresora, mientras que el teletext sólo permite tener acceso a través de los mismos medios, a un paquete de información preestablecido pero no seleccionable por el usuario de información. En 1977 apareció el teletext francés llamado Antlope seguido de los sistemas británicos Ceefax y Oracle con aplicación en el suministro de información sobre pronóstico de clima, noticias, cotizaciones de bolsa y tráfico; el usuario sólo requiere un TV doméstico o terminal de computador, un telemando y una línea de acceso, para recuperar información unidireccionalmente desde el banco de datos teletext. El videotex como medio In-

teractivo de recuperar Información a voluntad por el usuario, inició operaciones en 1979 con el sistema Británico Prestel; sus aplicaciones son mucho más amplias e interesantes que las del teletext, ya que permite hacer consultas bancarias, transferencias de dinero y compras electrónicas, pronósticos meteorológicos, reservaciones hoteleras y de tiquetes, consultas bibliográficas, educación y capacitación, correo electrónico, televisión al gusto, noticias selectivas, etc. Ambos sistemas se han venido consolidando tanto en Europa como en Norteamérica y Japón con importantes repercusiones sociales, culturales y económicas; se piensa como hechos muy probables en el futuro, la desaparición del dinero en efectivo y la educación y trabajo desde el hogar, como consecuencia del potencial extendido y ampliado del Videotex Interactivo. Los dispositivos para transmisión de imagen y sonido, serán cada vez más perfeccionados; el tubo de rayos catódicos o pantalla convencional de TV, será progresivamente sustituido

por pantallas planas de plasma, de cristal líquido y posteriormente por hologramas estáticos y dinámicos en tres dimensiones, con la tecnología Laser. Las transmisiones locales vía cable convencional o por ondas para teléfono y TV, sufrirán una transformación a cables de fibra óptica con notables ventajas en la capacidad, calidad y costo de la comunicación. Los enlaces vía satélite para emisiones de TV, radio y teléfono se ampliarán apreciablemente, interconectando todo el planeta en una fracción de segundo y cada vez a menores costos.

#### D. LA ASTRONAUTICA:

Durante este siglo se logró materializar el sueño de volar y el de explorar el espacio como consecuencia tecnológica del avión. Los aportes teóricos y experimentales del ruso Tsiolkvsky, del americano Goddard y del Alemán Von Braun, permitieron el nacimiento de la "Era Espacial" con su impresionante sucesión de logros como el Sputnik en 1957, el via-

je de Gagarín al espacio en 1961, las exploraciones tripuladas Apolo a la luna en el período 1969 — 1972 y las más recientes misiones a los planetas que constituyen el Sistema Solar. Se ha dicho que el mayor beneficio de la Astronáutica no ha sido la exploración espacial propiamente dicha con su extraordinaria sucesión de logros y descubrimientos científicos, sino los beneficios indirectos que ella ha gestado en el campo del desarrollo tecnológico como la microelectrónica, biomedicina, nuevos materiales, comunicaciones, sensores remotos, etc. Arthur Clark propuso en 1945 la idea de satélites de comunicación para interconectar al mundo; su sueño se volvió realidad en 1964 con el satélite geostacionario Syncom; luego se siguió hasta el presente, la serie de satélites Intelsat de EUA e Intercosmos de la URSS creando los dos grandes sistemas mundiales; más recientemente países como Francia, Canadá, Japón, Italia, Alemania e Inglaterra han construído sus propios satélites; aún países como México,

Indonesia y Brasil disponen de satélites propios para sus enlaces nacionales e internacionales en los campos de la radiofonía y TV. Pero el beneficio de la Era Espacial se extiende a otras áreas mediante satélites meteorológicos para dar un exacto pronóstico del clima para la agricultura, el transporte aéreo y la navegación y mediante los satélites de monitoreo de recursos naturales con aplicación en la geología de minerales, en la detección de incendios forestales y contaminación, en la identificación de bancos de peces, etc. Pese a este impresionante aporte tecnológico no sólo a las potencias espaciales sino a la humanidad entera, la Astronáutica ha sido la causa instrumental del mayor peligro que enfrenta y enfrentará la humanidad: un holocausto nuclear. Los cohetes perfeccionados en precisión, alcance y capacidad portadora de ojivas nucleares, han desencadenado nuevos planes estratégicos que militarizarán el espacio circunsterrestre, como es el caso del reciente proyecto denominado "Guerra de la Galaxias".

#### E. LA BIOTECNOLOGIA:

En los últimos años está nueva rama del saber humano ha recibido el mayor interés de los hombres de ciencia, gobiernos y medios industriales por su enorme potencial científico, estratégico y económico. La Biotecnología permite mediante sofisticadas técnicas, manipular genéticamente organismos y seres vivos modificando en forma programada sus características naturales, para producir efectos y nuevas propiedades previamente establecidas; en una palabra, esta nascente disciplina, busca comprender los hasta ahora insondeables secretos de la vida para ponerlos al servicio de la ciencia, la técnica y de la humanidad en último término. Las metodologías básicas utilizadas en Biotecnología son la recombinación del ADN para producir alteraciones genéticas, el clonaje o duplicación genética, la fusión celular de plantas para obtener híbridos, los cultivos de tejidos, los bioprocesos de fermentación o acción enzimática y la modifi-

cación de proteínas. Los antecedentes de la Biotecnología se remontan a los estudios experimentales de Mendel en Austria en 1869; posteriormente en Inglaterra en 1953, Watson y Crick descubren la estructura del ADN. El primer clonaje bacterial se logró hacer en 1973 por Boyer y Cohen; luego en 1979 se obtiene el Interferon vía clonación y más tarde en 1982, se produce la Humulln —Insulina humana—, recombinando el ADN.

Pese a que la Biotecnología está aún en su infancia, su potencial es enorme en campos como la agricultura, ganadería, industria farmacéutica y química. En la agricultura mejora notablemente el rendimiento y productividad de alimentos; como aportes concretos se tiene el desarrollo de nuevas especies agrícolas de crecimiento precoz, alta productividad, resistentes al clima y a la enfermedad y que fijan directamente el Nitrógeno atmosférico. En el campo pecuario sus aportes son: producción de hor-

monas para crecimiento precoz de animales, desarrollo de especies resistentes a enfermedades y vacunas inmunizantes veterinarias, transplantes de embriones y mejoramiento genético de especies. En la industria de drogas están como aportes la producción de Insulina, proteínas, drogas de espectro selectivo y nuevas técnicas de diagnóstico y vacunas para enfermedades virales, bacteriales y parasitarias. En la industria Química contribuye con nuevos procesos para la producción de enzimas, aminoácidos, polisacáridos y pesticidas microbianos, vía fermentación. A pesar del enorme desarrollo reciente de la Biotecnología, esta disciplina encara una serie de dificultades en campos tan disímiles como legislación ambiental, sanitaria y de patentes, leyes antimonopolio, transferencia de tecnología, financiación, apoyo oficial, déficit de personal científico idóneo y comercialización de nuevos productos. Especial preocupación ha despertado la Biotecnología en los EUA, Japón y Europa por sus posibles repercusio-

nes en los campos ético, político y militar. El cercano clonaje de mamíferos incluyendo el hombre en un plazo mediano, levanta polémicas entre moralistas y políticos. Las desastrosas consecuencias económicas para los países pobres exportadores de bienes agrícolas, serían inevitables si continúa avanzando la Biotecnología agrícola en los países más avanzados. Finalmente en el campo estratégico y militar, aumentaría la carrera de armas bacteriológicas y bioquímicas, con el enorme riesgo de una contaminación biológica incontrolable, por escape o aplicación de virus letales sintéticos.

## 2. CONSECUENCIAS GENERALES DE LA APLICACION CRECIENTE DE LAS TECNOLOGIAS DE PUNTA:

Tendrán efectos buenos y malos, generales y particulares y en ámbitos diversos como el social, económico, político y hasta en el propio campo tecnológico. Los efectos benéficos de

las nuevas tecnologías de punta serán múltiples, unos contribuirán a resolver graves males que padece la humanidad así, el problema del hambre mediante las nuevas especies y alimentos sintéticos que aportará la Biotecnología y por la predicción confiable del clima para la agricultura a través de satélites y por la localización de bancos de peces por medio de los mismos; las enfermedades se podrán prevenir por campañas sanitarias educativas a través de la telemática vía satélite por ejemplo, igualmente mediante vacunas y tratamientos aportados por la Biotecnología; la inflación que castiga a los consumidores con el alza permanente de precios, podrá ser neutralizada con la Informática y la Robótica optimizando procesos en el sector secundario y aún terciario de la economía, y entonces bajarán los costos de producción de los bienes y servicios; la ignorancia se combatirá con la Informática Telemática y Astronáutica, gracias a los enlaces educativos vía satélite, bases de datos y terminales, que permitirán un acce-

so fácil y barato a la mejor educación; la superación de la crisis energética del petróleo declinante, en razón del ahorro que ocasiona la aplicación de los microprocesadores, para regular y optimizar la combustión en hornos y motores, gracias a la Informática; la disponibilidad de fuentes energéticas alternas y renovables como el metanol y el gas metano, obtenidos por fermentación de materia orgánica como contribución de la Biotecnología. Pero paralelamente a estos claros beneficios irían los potenciales riesgos y perjuicios como el desempleo creciente por la Robotización, los atentados a la privacidad, la pérdida de la cultura autóctona y nuevas modalidades delictivas por la Informática; la pérdida de mercados agrícolas de los países pobres, por los sustitutos que desarrolle la Biotecnología; igualmente, manipulaciones genéticas en humanos y nuevas enfermedades por efectos de la Ingeniería Genética; mayor peligro de una guerra termonuclear por la militarización del espacio debido a la Astronáutica, a la Infor-

mática y a los desarrollos de las técnicas con rayos Laser.

Detrás de estos ejemplos se encuentra un punto axiológico de la mayor importancia, el carácter ético del quehacer de la Ciencia y la Tecnología. Surgen entonces las siguientes e inevitables preguntas, ¿Son la Ciencia y la Tecnología buenas o malas?, ¿Tiene un límite ético la Producción Técnico—científica ?, ¿Las Desviaciones de las aplicaciones Tecnológicas son imputables a sus creadores o a quienes las aplican ?; el cuestionario podría ser interminable como también el debate a cualquier respuesta que se de en cada caso; lo que sí es claro, al menos por la experiencia de lo que va en este siglo, es la creciente explosión y amplia difusión de la Tecnología superando las fronteras de fábricas, laboratorios y de los países avanzados, convirtiéndose ésta en patrimonio y esperanza de toda la humanidad para resolver los problemas más agobiantes; no se debe olvidar la no lejana difusión del automóvil, del

avión, de la radio, de las drogas, de la TV., de la revolución verde allmenticia, etc.; cabe entonces suponer que las nuevas tecnologías de punta experimentarán una difusión en muchos casos similar a la ocurrida hasta el presente. El condicionamiento ético a algunas de sus aplicaciones debe estar más bien orientado, hacia los individuos que decidirán y utilizarán estas tecnologías de punta; el éxito o fracaso, el bien o el mal que ellas causen, irá en concordancia con la formación ética y sociohumanística que reciban los niños y jóvenes que se educan en la actualidad en Escuelas, Colegios y Universidades; la solidez o debilidad de su formación humana e intelectual será la medida, del bien o el mal que inevitablemente harán con la tecnología en el futuro cuando el relevo generacional los coloque en los puestos de dirección de la sociedad.

### 3. CONCLUSION :

En el panorama descrito, claramente se destaca la realidad de un

mundo intensamente cambiante y dinámico, alrededor de la técnica y de sus nuevas manifestaciones con sus tecnologías de punta; sin duda, el futuro podrá ser mejor o peor, dependiendo del correcto uso o del mal uso que se haga de estas nuevas posibilidades con sus inmensos potenciales para lo bueno o lo malo; queda detrás de todo el panorama futuro, el interrogante ético que debe ser esclarecido antes de abrir la caja de Pandora o si se desea mejor, antes de liberar al genio de la lámpara mágica de Aladino: ¿Será conveniente este nuevo mundo tecnológico que viene? La respuesta no es fácil ni única; primeramente se debe tener una visión interdisciplinaria con las facetas técnica, social y axiológica, para juzgar sobre lo que puede ser factible, conveniente y justo en ese nuevo mundo tecnológico. Segundo, una vez resuelto el punto anterior, se debe recurrir al enfoque prospectivo científico, que permite diseñar o escoger un escenario futuro posible y deseable, dentro de una amplia gama de escenarios fu-

turos factibles; como tercer y último paso, se debe diseñar la estrategia que no es otra distinta a la Educación con todos sus estadios y modalidades sean formales y no formales, como la Escuela, el Colegio, la Universidad y los medios de comunicación. En la medida que estas tres etapas se desarrollen con plena reflexión y conciencia, los resultados de la tecnología serán más convenientes para la futura supervivencia humana.