

Ingeniería global (I)

Carlos Cortés Amador*

RESUMEN

Éste es el primer artículo de una serie de ensayos sobre "ingeniería global", que tiene como propósito inicial analizar cuatro tendencias generales que sirven de marco referencial para entender mejor las características de la educación superior de la ingeniería en la época actual. El segundo propósito de este artículo es estudiar sus dinámicas en el contexto del crecimiento económico y luego describir algunos aspectos fundamentales de su historia. El tercer propósito es presentar un reciente análisis prospectivo, que termina con unas conclusiones.

1. APROXIMACIÓN A UN MARCO TEÓRICO

Cuatro son las principales tendencias generales relacionadas con los procesos mundiales de la actualidad: 1) la necesidad que tiene la humanidad de un desarrollo sostenible; 2) la creciente globalización, acicateada por los medios masivos de comunicación; 3) la supremacía de la sociedad del conocimiento; 4) las exigencias educativas especialmente en el nivel superior. Las primeras tres tendencias serán descritas en este numeral, mientras la cuarta será descrita en el próximo.

1.1 Primera tendencia

Es en la década de los cincuenta cuando los biólogos elaboran la noción de ecosistema; es entonces cuando se estudian con mayor rigor los efectos de las acciones de la especie humana sobre la biosfera, lo cual va más allá de lo netamente biológico. De esos estudios se puede deducir que:

1. Es indudable el impacto positivo del desarrollo científico y tecnológico en la calidad de vida de los seres humanos.
2. Es igualmente cierto que el proceso de industrialización y ciertas prácticas cotidianas de los grupos humanos han tenido efectos negativos sobre la biosfera, los recursos disponibles, la biodiversidad y el entorno en general.
3. Las grandes reservas naturales del planeta exigen de los gobiernos y naciones una responsabilidad compartida en el corto y mediano plazo.
4. Es posible afirmar que la relación entre efectos positivos y negativos del desarrollo de los países industrializados deja un balance poco favorable para el futuro del planeta.

Dos hechos han puesto a la orden del día esta problemática ambiental, donde confluyen problemas biológicos, culturales, sociales y tecnológicos: de un lado el impacto del desarrollo científico y tecnológico en la naturaleza y en el hábitat más cercano; del otro, las primeras percepciones científicas que muestran indicios de graves alteraciones del planeta como resultado de las acciones humanas. Es evidente entonces que la humanidad en general, como

* Profesor Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

las naciones en particular, tienen la responsabilidad histórica y el compromiso con las generaciones venideras de desarrollar modelos de desarrollo sostenible.

Conocida la problemática ambiental, surge la noción del desarrollo sostenible como modelo viable que permite satisfacer las necesidades presentes de la humanidad sin amenazar su futuro. Según este modelo, se busca satisfacer las necesidades de la humanidad presente mediante las actuales capacidades humanas sin comprometer negativamente el desarrollo, o las posibilidades de las próximas generaciones.

1.2 Segunda tendencia

La segunda tendencia, creciente globalización, también tiene una larga historia, arraigada en la política y en la economía. En primer lugar, porque la historia de las naciones ha sido un camino de rosas plagado de espinas, de acuerdo con procesos de conquista y colonialismo. En segundo lugar, porque el capitalismo ha estado muy ligado al intercambio, al consumo y a la producción entre las naciones, cuyas bases de sustentación han estado del lado de las desigualdades y las diferencias entre unos y otros. En tercer lugar, porque el desarrollo científico y tecnológico actual ha permitido crear una infraestructura que ha reforzado -e incluso acelerado- los procesos de flujos de información, subyacentes a las dinámicas de los diferentes sectores, que en los últimos tiempos han estado muy ligados al saber, como es el caso de la educación, la medicina, el entretenimiento o el turismo para mencionar sólo algunos ejemplos.

Éste es el proceso de globalización donde confluyen las sensibilidades, los valores, los significados y las realidades simbólicas por una parte y por la otra, las tecnologías, las imágenes, las interacciones y las contextualizaciones informativas, desde la perspectiva cultural, política y social. En otras palabras, la relación existente entre cultura y comunicación tiene una triple significación:

1. Existe una información que se transmite instantáneamente a través de los medios, pero los mensajes inherentes a esa información dependen del “punto de vista” de los comunicadores y del énfasis que le quieren dar los dueños de los medios.
2. Es evidente el poder de los medios de comunicación en la generación de una cultura de consumo

que reproduce esquemas y modelos de vida a través de esos mensajes e imágenes.

3. Es necesario entender que es posible conseguir independencia y libertad de elección, ya que el receptor de la comunicación no es un ente pasivo sino que puede y debe interpretar, reflexionar e interactuar con el entorno.

1.3 Tercera tendencia

La tercera tendencia, supremacía de la sociedad del conocimiento, tiene su asidero histórico en el trabajo como fuente de todo valor. En los años setenta la discusión destacó en las desigualdades de información entre las naciones; luego esa discusión se desplazó a temas tales como la economía de la información o la sociedad informatizada. Posteriormente se hizo énfasis en el poder del conocimiento como recurso estratégico por excelencia¹, lo que dio lugar a lo que hoy en día se llama la economía del conocimiento, cuyo componente fundamental es el capital intelectual.

La simbiosis entre capital y trabajo posiblemente se logra cuando aparece el concepto de capital intelectual, o complejo de culturas, experiencias, habilidades, sistemas, destrezas o competencias de los seres humanos que trabajan en una organización. La mencionada simbiosis es la base de una organización que aprende, o sea, una organización que actúa como sistema, que se adapta ante los cambios del entorno y que toma decisiones oportunas y eficaces. Esa organización se denomina “organización inteligente”, y posee un tejido hipertextual donde se destacan sus características de flexibilidad, adaptabilidad, autorregulación e interacciones permanentes entre las entidades de esos sistemas organizativos. Para que lo anterior sea posible, se requiere que cualquier organización posea dos sistemas: a) una red electrónica o sistema nervioso digital, y b) una red gestionaora del conocimiento (sobre la cual se profundizará en otro trabajo).

En cuanto a políticas públicas de ciencia y tecnología, es de anotar que en los países donde emerge la sociedad del conocimiento, la ingeniería influye poderosamente en los procesos de desarrollo social, dado el entronque entre ingeniería e innovación. En este sen-

1 P. Drucker, *La sociedad postcapitalista*, Bogotá: Editorial Norma, 1994.

tido, dadas sus raíces en la dinámica productiva, social y económica, las ingenierías son profesiones “integradoras” de tres mundos diversos: el mundo de la academia, el mundo de la producción y el mundo de las empresas. Sobre estos tres puntos dice Robledo²:

Se requiere la acción sistémica a nivel nacional, de un conjunto de instituciones y agentes económicos y sociales, en cuya dinámica se compromete en gran medida el éxito del desarrollo tecnológico. Este conjunto de elementos sistémicos, que conforman la base de las capacidades científicas y tecnológicas de un país y determinan su potencial de innovación tecnológica, se ha dado en denominar “sistema nacional de innovación” que, como se sabe, tiene fuertes connotaciones regionales. Una de las expresiones más acabadas de esos mecanismos de interacción son las redes de investigación. El desarrollo científico ha sido siempre una actividad comunitaria y de carácter internacional, y hoy más que nunca sus características toman vigencia en consideración a la alta especialización del conocimiento, el rápido avance de la ciencia y la tecnología y el alto riesgo y costo asociado a la investigación. El establecimiento y sostenimiento de estas redes investigativas es una tarea altamente pertinente a la universidad. La vinculación a estas redes formadas en la universidad, principalmente en programas de doctorado, es una función relevante a la actividad académica. Los vínculos así establecidos servirán al ingeniero en su futura actividad industrial para mantenerse al tanto (y, a través suyo, a la empresa) de los últimos desarrollos científicos y tecnológicos producidos en otras partes. El ingeniero investigador, con la capacidad y los vínculos que le proporciona su formación académica, se constituye en la puerta que facilita la entrada de conocimiento a la empresa. Éste es un factor de éxito del proceso innovativo, identificado como tal en repetidas investigaciones, y que ha llevado a acuñar el término *gate keeper* para designar a este agente esencial del éxito innovativo.

2. EDUCACIÓN SUPERIOR E INGENIERÍA

En este numeral se presentarán algunos elementos acerca de las exigencias educativas especialmente en el nivel superior.

La literatura especializada plantea que la actual sociedad del conocimiento hace imperativa la formación de los sujetos de la producción, como fundamento de la “espiral virtuosa” del desarrollo económico. Teniendo en cuenta lo anterior, se encuentran por lo menos tres “estilos” de educación superior en ingeniería. Mientras en el modelo japonés se hace énfasis en la formación de valores colectivos en el marco de una estricta disciplina, el modelo alemán deja la educación técnica bajo la responsabilidad creciente de alianzas del sector público y privado; por su parte, el modelo norteameri-

cano tiene en el individuo su principal sello característico³. En todos esos países es destacable el papel social que cumplen las universidades públicas (mientras en la Unión Europea la totalidad de la demanda efectiva es atendida por las universidades públicas, en los Estados Unidos llega al 70%. En Colombia, apenas al 30%).

A partir de la sólida formación en conceptos fundamentales, sin enciclopedismos inútiles, la tesis central es, en este ensayo, que el futuro ingeniero sea una persona que posea la capacidad de integrar sus conocimientos en los diferentes ambientes organizacionales, teniendo en cuenta que los recursos disponibles para solucionar problemas son o escasos o restringidos. Tres son las nociones generales que rigen la formación de los ingenieros jóvenes:

- a) una labor de construcción de conocimientos y valores (para lo cual es interesante el modelo de “pedagogía concurrente” en el aula de clase⁴;
- b) el desarrollo de la creatividad y el espíritu innovador para resolver problemas⁵;
- c) el aprendizaje de “capacidades tecnológicas”⁶. Con estas tres nociones rectoras en mente hay una coincidencia en este ensayo con la posición de Robledo, que plantea como hipótesis de su trabajo que sólo será posible una mayor interacción entre la universidad y las organizaciones empresariales, si se desarrolla y fomenta un real sistema de innovación nacional basado en redes y grupos interdisciplinarios de trabajos e investigaciones pertinentes. Sobre este tema, dice Robledo⁷:

Ésta es, sin duda, una rica fuente de nuevo conocimiento con importantes implicaciones a nivel de política y gestión tecnológica industrial... Sin embargo, debemos reconocer la insuficiencia de nuestro conocimiento del estado y la dinámica de la innovación tecnológica en el contexto de nuestro país, y de la articulación a este proceso por parte de los grupos de investigación

2 J. Robledo, “La investigación en ingeniería en el contexto programático actual del sistema nacional de ciencia y tecnología”, copia, Medellín, 1998.

3 C. Cortés, “Elementos de análisis”, Universidad Nacional de Colombia, 1999.

4 *Ibid.*

5 C. Freeman y L. Soete, *The economics of industrial innovation*, London: Printer Publishers, 1997.

6 M. Bell, “Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries”, in M. Fransman and K. King (eds.), *Technological capability in the third world*, London, 1994.

7 J. Robledo, *op. cit.*

universitarios... En efecto, el estado y la dinámica del vínculo entre universidades y sectores productivos en el contexto del sistema nacional de innovación colombiano es todavía poco conocido, quizás debido a dos razones principales. La primera es de índole cognoscitiva universal. Hace referencia a la complejidad de los procesos de innovación tecnológica y, por ende, al todavía incipiente conocimiento del papel que juegan las instituciones en el sistema nacional de innovación... La segunda razón es de índole local-nacional, y hace referencia a varias realidades de nuestro contexto político, tecnológico e industrial: la reciente visibilidad de importantes agentes de los procesos innovativos e industriales, antes muy poco involucrados e inexistentes... (la tercera razón)... el estado de desarrollo incipiente del área de estudios de política y gestión de ciencia y tecnología en el país; nuestra preferencia por lo práctico, y cierto desdén hacia lo teórico-conceptual, además de los profundos cambios en la economía y el comercio que se vienen produciendo desde comienzos de la década por la aplicación de políticas gubernamentales de índole neoliberal. La pregunta por la naturaleza de la investigación ingenieril y su relación con la innovación y el desarrollo económico-social no tiene, entonces, ni obvias ni claras respuestas, y un mayor y más intenso proceso investigativo en torno a estas cuestiones se requiere para iluminar la formulación de políticas y estrategias de intervención que busquen direccionar y catalizar los procesos de desarrollo hacia los futuros deseables y posibles de la Nación.

Más aún, en esa nueva sociedad las evidencias muestran el reforzamiento entre educación, ciencia y tecnología por un lado, y la sociedad del conocimiento por el otro, como lo muestran las siguientes cifras:

- a) en cuanto a las tecnologías de la comunicación: el 90% de los aparatos telefónicos, las estaciones de radio y televisión pertenecen al 10% de los países miembros de la Unión Internacional de Telecomunicaciones; más del 80% de los diarios y revistas circulan sólo en quince países.
- b) En cuanto a la infraestructura: el 95% de los recursos informáticos está en los países del G-8, y el 9% de la población mundial tiene acceso al 91% de los recursos de redes informáticas, lo que deja prácticamente por fuera de Internet al 91% de la población mundial! Los negocios a través de Internet rebasarán los US\$130.000 millones en el 2005, acentuando la aparición de nuevas empresas y las tendencias de crecimiento económico, empresarial y laboral en el mundo.
- c) En cuanto a inversiones: tendrán la primacía los sectores industriales biológicos, y la mayor generación de empleo provendrá de la biotecnología, la genética y de las industrias de alta ingeniería (véase cuadro 1 sobre empresas y patentes de biotecnología).

CUADRO 1. Número de grandes empresas (E) y patentes (P) de Biotecnología.

	1994	1995	1995	1996	1996	1997
	P	E	P	E	P	E
Estados Unidos	1.330	1.311	1.459	1.308	2.154	1.287
Europa	2.528	485	2.235	584	2.055	716
Total	3.858	1.796	1.892	1.892	4.209	2.003

Fuente: Revista *Deutschland*, febrero de 1998, pp. 26 y 27.

Acerca de las cifras anteriores, es significativa la información que trae el *Informe sobre Desarrollo humano*, en su capítulo sobre "Las nuevas tecnologías y la carrera mundial por el conocimiento". Por ejemplo, ese trabajo describe el suministro de información y censura, el acceso a la sociedad de las redes, la privatización de la investigación, los derechos de propiedad y legislación de patentes, entre otros temas⁸.

3. NUEVOS Y VIEJOS MODELOS DE CRECIMIENTO

Al observar la dinámica del crecimiento, se encuentra que la ingeniería ha ocupado un papel primordial, de acuerdo con lo que los economistas denominan las ondas tecnológicas. La ingeniería, antes del siglo XIX, estuvo determinada por la ingeniería de guerra y la ingeniería civil, pero durante ese siglo y comienzos del XX, la ingeniería estuvo ligada a la mecánica con sus construcciones ciclopeas y a la organización de la gran fábrica. Inmediatamente después llegaron los grandes avances en la eléctrica y la química, que definieron, por entonces, los derroteros por seguir.

A continuación –período de guerras mundiales–, les tocó el turno a la electrónica y a la energía nuclear que, junto a la investigación de operaciones y a la cibernética, se convirtieron en los fundamentos de la ingeniería puesta al servicio de la industria bélica. Terminada la segunda guerra mundial, el conjunto tecnológico anterior continuó su camino, convirtiéndose en lo que se llamó la automatización y la computación puesta al servicio de la producción en sus dimensiones de producción propiamente dicha, la administración de la producción, los intercambios económicos y los consumos guiados por los mercados. En la década

8. *Informe sobre desarrollo humano*, Naciones Unidas, Madrid: Ediciones Mundiprensa Libros S.A., 1999.

de los sesenta, las anteriores tendencias unidas al ambiente ideológico de la época dieron lugar a la ingeniería social que recogía las tendencias ideológicas de avanzada en aquel momento. A partir de la década de los ochenta se inició un nuevo proceso de integración de ciencias y tecnologías que tuvo en la dupla información-innovación dos de sus pilares más importantes.

Fue así como se habló de la economía de la información y luego, década de los noventa, se conceptualizó sobre la sociedad del conocimiento (véase el primer numeral de este ensayo). Adentrados en el tercer milenio irrumpe una nueva onda tecnológica con efectos espectaculares en diversos sectores como la industria, la salud humana, lo agropecuario, y la onda bioindustrial, con sus primeros efectos bioeconómicos. Aún es muy difícil establecer un marco conceptual definitivo sobre la dinámica de la ingeniería futura; sin embargo, el vaticinio hecho realidad en el presente es la aparición de una nueva onda: la biotecnología, que ha colocado a la humanidad en el umbral de nuevos desarrollos científicos y tecnológicos.

De cualquier manera, es muy evidente que los esquemas de crecimiento en la sociedad del conocimiento no estarán asentados sobre las industrias tradicionales, sobre la mano de obra barata o sobre la transferencia internacional de recursos escasos o ventajas comparativas. Al inicio del tercer milenio, la primacía en la economía la tienen los nuevos sectores industriales, dando lugar al sistema tecnocientífico, cuyo fundamento es el conocimiento como principal generador de riqueza.

Dada la espectacularidad de lo que está ocurriendo, crecen los prejuicios, suposiciones y vaticinios, y también comienza a crecer la literatura especializada sobre la sociedad del conocimiento. Por ejemplo, dos investigadores japoneses están entre quienes presentan los trabajos más serios sobre el tema, pues llevan realizando estudios de caso en diversas empresas niponas desde hace más de diez años. Dichos investigadores, I. Nonaka y H. Takeuchi, han desarrollado un modelo organizacional basado en lo que denominan el saber explícito e implícito. En su libro, *La organización creadora del conocimiento*, hacen un estudio cultural y empresarial sobre “cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación”, que es el subtítulo de ese trabajo⁹.

Teniendo presente lo anterior, se considera que la tecnología es la columna vertebral de la actual división del planeta, como lo han divulgado los medios de comu-

nicación masiva. El primer nivel es el de aquellos países innovadores y productores de la ciencia y la tecnología (se denomina con justa razón el nivel del “club del conocimiento”); el segundo nivel, constituido por países que son “copiadores y adaptadores” de tecnología, lo cual les da algunas ventajas; el tercer nivel, está conformado por países que, con las limitaciones propias de su poca capacidad adquisitiva, son consumidores netos de tecnología. Este esquema parece ser parte de la noria histórica de quienes están situados en el umbral de la pobreza absoluta, incluida la científica y tecnológica, lo cual le da sus tonalidades de tragicomedia. Es en este tercer nivel donde se da la mayor devastación de la biodiversidad, con sus consecuencias negativas para todo el planeta, pues se han aumentado los problemas sociales del 50% de la población mundial más pobre, ha crecido la insatisfacción de sus necesidades básicas y se han difundido esquemas consumistas por la vía de los medios de comunicación en entornos de extrema pobreza. Y para colmo de males, al irrumpir el tercer milenio, los esquemas políticos y económicos imperantes no se transforman, como lo requiere el rápido paso de los tiempos actuales.

A continuación se presentan algunos datos comparativos sobre el caso colombiano:

- a) En cuanto al desempeño educativo de la juventud: la situación es por lo menos preocupante, ya que en Física y Matemáticas son muy bajos los niveles de los estudiantes colombianos comparados con los estudiantes de países de un nivel de desarrollo similar al colombiano. Algunos estudios sobre competencias de los estudiantes en los niveles básicos generan incertidumbres sobre la calidad de la educación: por ejemplo, los bajos niveles de comprensión de lectura, asimilación y uso del lenguaje matemático son manifestaciones de la precariedad de nuestro sistema escolar.
- b) En términos de la cobertura: mientras que en Colombia la cobertura de la educación superior pública apenas es del 30%, la media para Latinoamérica es del 70% (datos de Fedesarrollo citados por Antonio Yepes Parra, ex ministro de Educación¹⁰).

9 I. Nonaka y H. Takeuchi, *La organización creadora del conocimiento*, México: Oxford University Press, 1999.

10 I. Yepes, “Atraso nacional”, en “Lecturas Dominicales” de *El Tiempo*, Bogotá, agosto 13 de 2000.

c) En términos del gasto público: los gobiernos colombianos disminuyeron la participación de la educación del 42% al 30% entre 1980 y 1998. Igualmente se advierte que el Estado colombiano destina el 0,58% de su PIB al sostenimiento de la educación superior pública (la media para Latinoamérica alcanza el 0,86% del PIB¹¹). En este mismo sentido, es dramático que los aportes de la Nación a Colciencias hayan caído del 0,3% en 1997 al 0,07% en el año 2000.

Desigualdades e inequidades como las mencionadas han hecho que las Naciones Unidas establezcan un indicador llamado de desarrollo humano (IDH) complementario al PIB; con dicho indicador esa organización presenta cada año su Informe de desarrollo humano, el último de los cuales fue dedicado a la “era de la mundialización y del conocimiento”¹². En ese informe se muestra el papel de las tecnologías en mercados globales que son pautados y segmentados en medio de la incertidumbre y los intereses particulares. Teniendo en cuenta el IDH, se podría intentar una clasificación según tres tipos de países: a) los de alto desarrollo humano; b) los países de mediano-alto y de mediano-bajo desarrollo, y c) los países de desarrollo humano bajo. En síntesis, aunque el primer esquema muestra la dinámica de la tecnología actual, ésta es apenas una parte de la totalidad, pues parece ser que, como ha sido en el pasado, la utilización de las nuevas tecnologías reforzará la brecha socioeconómica entre los países del primero, segundo y tercer niveles en el futuro.

4. UN EJERCICIO SOBRE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

Las próximas generaciones muy seguramente recordarán los pasados cien años como una centuria de profundas devastaciones ambientales, de guerras mundiales, de violencias generalizadas, de grandes crisis sociales y de profundas revoluciones políticas, incluida la revolución de la ciencia y la tecnología con su enorme cosecha de inventos y descubrimientos. En el siglo XX, los desarrollos científicos y tecnológicos que se produjeron a partir de las dos guerras mundiales prácticamente permearon todas las actividades de la vida económica, de lo cual las más destacadas son la industria aeroespacial, la electrónica, la cibernética, la química, la computación, la energía nuclear, la nanotecnología, para mencionar sólo algunos aspectos.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, un grupo de profesores trabajaron sobre la prospectiva tecnológica, de lo cual se presentan a continuación tres de los aspectos que se analizaron (Revista de Ingeniería e Investigación, 1997):

- La producción, en todas sus esferas y ámbitos, sintió los efectos de las transformaciones tecnológicas; también se desarrollaron nuevas metodologías, procedimientos y procesos para mejorar la productividad.
- Los sistemas de transporte sufrieron una revolución sin precedentes, acortando las distancias y permitiendo la movilización masiva y los viajes interplanetarios.
- Los sistemas de comunicación alcanzaron cambios paradigmáticos merced a la fotografía, al cine, a la radio, a la televisión y al computador. Esto ha dado impulso a las industrias culturales del entretenimiento, como en ninguna época anterior.

Es cierto que en buena parte del siglo XX fue posible llegar a un invento o descubrimiento merced al esfuerzo individual. Pero en el futuro inmediato, estos procesos muestran tres características:

1. Serán necesarios enormes esfuerzos de equipos de trabajo que trascenderán las fronteras nacionales.
2. Se requerirán fuertes inversiones, lo que conllevará a la realización de alianzas estratégicas entre distintas organizaciones del sector público y privado.
3. Se exigirá la participación internacional de laboratorios, bibliotecas y redes en campos de trabajo diversos, desde perspectivas interdisciplinarias y transdisciplinarias.

En 1998, el Ministerio Federal Alemán de Educación, Ciencia, Investigación Científica y Tecnológica encargó la coordinación del segundo Reporte Delphi al Instituto Fraunhofer de Técnica de Sistemas e Innovaciones (ISI) de Karlsruhe. Más de dos mil expertos de la industria, las universidades, centros de investigación y otras instituciones recibieron el formulario y tomaron parte en todo el proceso. Con base en el Reporte mencionado, los datos se esquematizan en dos series: a) del año 2004 al año 2012; b) del año 2013 al año 2021.

11 A. Conde, “El Estado le quita pesos \$ a la U”, en UN-Periódico, Bogotá, agosto 13 de 2000.

12 Naciones Unidas, *op. cit.*

Del año 2004 a 2012:

1. El mejoramiento de la realidad virtual, la identificación electrónica dactilar, las memorias ópticas, las redes de computadores y de las pantallas planas lograrán de un lado establecer sistemas de control y vigilancia para el control del ambiente, y del otro la utilización de Internet. Lo anterior “disparará” el comercio electrónico y el entretenimiento en tiempo real, entre otros aspectos.
2. El desarrollo de nuevos materiales, metodologías y técnicas más eficientes permitirán la disminución de las emisiones tóxicas de automóviles e industrias.
3. Continuará el análisis genético y de medicamentos (*missile drugs*) para encontrar y atacar las causas de diversas enfermedades.

Del año 2013 a 2021:

1. Se acentuará la investigación genética que desarrollará tratamientos efectivos contra enfermedades como Creutzfeldt-Jakob y Alzheimer.
2. Se comprenderán mejor los mecanismos neuroquímicos y del envejecimiento; se descubrirán los fundamentos neurobiológicos de funciones cerebrales complejas.
3. Se continuarán los avances genéticos para la producción de alimentos agrícolas y pecuarios.
4. Se desarrollarán nanotecnologías que tendrán asombrosas aplicaciones en biología, medicina y en la fabricación de estructuras a nivel molecular y atómico.
5. Se lograrán desarrollos electrónicos especiales que permitirán que los ciegos puedan ver y los sordos puedan escuchar, con limitaciones razonables.
6. Se avanzará espectacularmente en la utilización de órganos artificiales y tejidos humanos.
7. Se continuarán los desarrollos para disminuir las emisiones tóxicas a la atmósfera.

La dinámica de los procesos culturales y sociales muestran que los desarrollos tecnológicos deben ser evaluados en términos del desarrollo económico y social, en la solución de los problemas alimentarios y ambientales y, en general, del mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos. De modo que, según el Reporte Delphi ya mencionado, es posible afirmar que en el largo plazo el desarrollo científico y tecnológico actuará como catalizador del desarrollo por sus efectos en la creación de riqueza social y material. Lo anterior puede ser esperanzador si las tecnologías resultantes son

utilizadas para mejorar la vivienda, la alimentación, la educación, o si se las utiliza para generar empleo, organizar sistemas de detección de terremotos, mejorar la educación de la gente y su hábitat, derrotar las enfermedades o al menos tener una mayor eficacia en la solución de los problemas de los seres humanos.

Sin embargo, como bien se sabe, los detentores del poder mundial seguirán usando las tecnologías según sus intereses, a pesar de las buenas intenciones de los discursos internacionales. Además, los nuevos desarrollos traerán peligros, como por ejemplo el aumento del desempleo en algunos sectores o el surgimiento de nuevas formas delincuenciales que se favorecerán con el uso de las redes electrónicas o con los vacíos que dejen los rápidos cambios o la obsolescencia tecnológica. En fin, los seres humanos seguirán usando las tecnologías para ampliar la participación o para censurar la vida ciudadana; para la democracia o para el autoritarismo; para la paz o para la guerra; para la vida o para la muerte. ¡Para bien o para mal!

Y en esta perspectiva, se menciona la última edición del Informe sobre desarrollo humano¹³, que se dedica al análisis integral del desarrollo humano en la era actual; en ese informe se da especial atención al trabajo que es el corazón de la economía; se recomiendan medidas nacionales para que la mundialización opere en favor del desarrollo humano; se habla de reinventar la estructura de los gobiernos en pro de la humanidad y la equidad, siempre recordando que estos conceptos, como la libertad, la fraternidad, la paz, la democracia o los derechos humanos definen idearios y utopías. Cabe anotar que la relación entre la ingeniería global y el desarrollo humano no se agota en esa reflexión de la Unesco; es necesario entonces retomar el tema con mayor profundidad para el caso colombiano, sobre todo teniendo en cuenta la situación por la que atraviesa el país.

5. CONCLUSIONES

1. En este ensayo se ha planteado que es necesario formar a los jóvenes ingenieros colombianos según una concepción sólida e interdisciplinaria, sin enciclopedismos inútiles, de modo que en su práctica profesional posean la capacidad de integrar sus

¹³ *Ibid.*

- conocimientos en los diferentes ambientes del país. Tres son las nociones centrales por seguir: a) una labor de construcción de conceptos generales, valores y conocimientos integrales mediante una “pedagogía concurrente” en el aula de clase y una “pedagogía invisible” en el ámbito universitario; b) el desarrollo de la creatividad y el espíritu innovador para resolver problemas; c) el aprendizaje de “capacidades tecnológicas”.
2. Las políticas públicas de ciencia y tecnología, en Colombia, influyen en el desarrollo de las ingenierías, dado su entronque con la innovación. Se observa que la innovación posee un profundo significado en la dinámica productiva, social y económica de los países, que se integran en las ingenierías mediante la integración de tres esferas diversas: ciencia, producción y empresas.
 3. Se requiere coordinar un conjunto de elementos sistémicos, para lograr una real conformación de un “sistema nacional de innovación” cuyo principal mecanismo son las redes que invitan a conformar grupos de investigación. La Universidad desempeña un papel relevante en el establecimiento y sostenimiento de estas redes y grupos en permanente interacción con el entorno empresarial y gubernamental.
 4. El espacio de la política y de la gestión tecnológica industrial posee su propia dinámica, que en el caso

de las ingenierías está muy ligada con los desarrollos tecnológicos y a la innovación. Pero las interrelaciones entre políticas, gestión, investigación, desarrollos tecnológicos e innovación son poco conocidas en Colombia. Este desconocimiento se explica por tres razones: a) dada la complejidad de esas interrelaciones, apenas ahora, en Colombia, se está estudiando el papel que representan las instituciones en el sistema nacional de innovación; b) los estudios políticos en Colombia recién incluyen el estudio de la ciencia y la tecnología; c) la poca experiencia sobre investigación en estos temas, considerados esotéricos en el entorno de los ingenieros y empresarios.

5. Las inquietudes que producen los anteriores temas y su relación con la innovación y el desarrollo económico-social no generan aún respuestas claras desde los sectores académicos ni desde los sectores gubernamentales. Se requieren mayores esfuerzos de interpretación de estos procesos, que conduzcan a la formulación de políticas y estrategias de investigación en ingeniería. Dichos esfuerzos deben coadyuvar en la formulación y el desarrollo de investigaciones de problemas nacionales que sean pertinentes y sirvan para la construcción (reconstrucción!) del país.

REFERENCIAS

- Bell, M., “Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries”, in Fransman M. and K. King (eds), *Technological capability in the Third World*. London, 1994.
- Cortés, C., “Elementos de análisis”, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Conde, A., “El Estado le quita pesos\$ a la U”, en *UN-Periódico*, Bogotá, agosto 13 de 2000.
- Drucker, P., *La sociedad postcapitalista*, Bogotá: Editorial Norma, 1994.
- Freeman, C. y L. Soete, *The economics of industrial innovation*, London: Printer Publishers, 1997.
- Nonaka, I., y H. Takeuchi, *La organización creadora del conocimiento*. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación, México: Oxford University Press, 1999.
- Robledo, J., “La investigación en ingeniería en el contexto programático actual del sistema nacional de ciencia y tecnología”, copia, Medellín, 1998.
- Naciones Unidas, *Informe sobre desarrollo humano*, Madrid, Ediciones Mundi Prensa Libros, S.A., 1999.
- Yepes, I., “Atraso nacional”, en “Lecturas Dominicales” *El Tiempo*, Bogotá, agosto 13 de 2000.