

Innovación: la creatividad en el hilo del tiempo

Oración Maestros de la Cirugía Colombiana 2012

MARTINIANO JAIME*

Palabras clave: innovación; historia de la medicina; cirugía asistida por video; cirugía asistida por computador; nanotecnología.

La innovación es tan antigua como el hombre, es parte de su naturaleza y de su evolución; gracias al desarrollo del cerebro y de la inteligencia, el hombre primitivo logró resolver los “problemas” desde su inicio en la tierra para el bienestar de él y de los de su especie. Usó su imaginación creativa por medio de la innovación, que le permitió adaptarse y fomentar cambios con el fin de sobrevivir y crear bienestar, y así, ser la especie prevalente del planeta hasta llegar a los niveles de desarrollo del presente.

En los inicios de la civilización era importante solucionar problemas con eficiencia. Hoy, en una sociedad capitalista, neoliberal y globalizada, el concepto empresarial de las organizaciones es que la creatividad y la innovación deben generar riqueza y deben sustentarse, sostenerse a lo largo del tiempo. El concepto de innovación tiene su desarrollo, más que en la academia, en las empresas. En la era industrial se ha comprobado que las empresas tienen un ciclo de vida de 30 años (figura 1), que tiende a ser menor con los avances tecnológicos, por lo que los empresarios saben que si no innovan, sus productos desaparecerán del mercado. La historia de la vida empresarial está llena de ejemplos en tal sentido.

* Médico cirujano, expresidente, Asociación Colombiana de Cirugía.

Fecha de recibido: 23 de agosto de 2012

Fecha de aprobación: 23 de agosto de 2012

La creatividad tiene que ver con el arte, aunque este es solo un aspecto de la creatividad. Se suele confundir la innovación con lo diferente, pero eso no es suficiente. La innovación debe sustentarse con argumentos por el bienestar y el valor que origina, debe sostenerse en el tiempo, y el bienestar que provee debe ser aplicable por igual a todos los seres humanos. Es decir, debe ser universal y, por lo tanto, introducir modificaciones en los procesos sociales del mundo.

Es importante entender las diferencias entre invento, descubrimiento e innovación. El invento es algo artificial, algo que no se encuentra en la naturaleza, que se obtiene cuando el inventor, haciendo uso de las leyes de la naturaleza, construye un dispositivo o sistema que

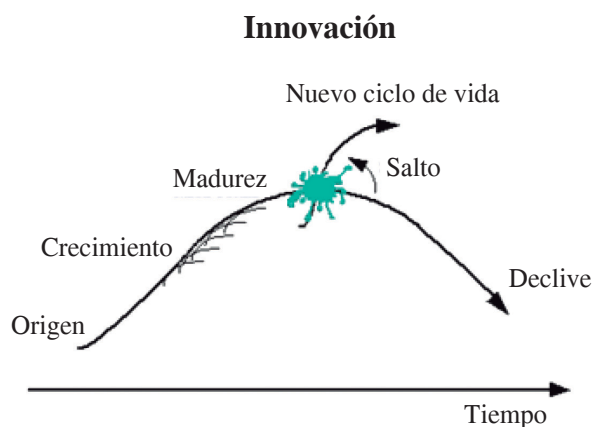


Figura 1. Ciclo de la vida empresarial

tiene utilidad para el hombre (la bombilla o el teléfono). El descubrimiento se da cuando el hombre encuentra alguna regularidad o algún elemento en la naturaleza (la electricidad, la gravedad). La innovación ocurre cuando una nueva forma de hacer las cosas reemplaza una vieja manera de hacerlas, aprovechando las tecnologías existentes (el sistema de iluminación por red con bombillas reemplazó la iluminación en cada casa con lámparas de combustible). El invento es un hecho científico y tecnológico, la innovación es un hecho económico porque implica un producto y servicio que ocasiona ganancias, y es un hecho social porque genera bienestar para la comunidad.

La innovación puede ser radical o de ruptura cuando rompe con un paradigma y genera un servicio completamente nuevo. Ella ofrece una ventaja competitiva muy grande a la empresa que la promueve, o incrementa, cuando a algo ya existente se le introducen cambios para que sea más efectiva y le proporcione valor agregado.

La historia de la humanidad es la historia de los descubrimientos, de los inventos y de las innovaciones con un único protagonista: el ser humano. Ellos son imponderables en su número y en los beneficios que le han proporcionado a la humanidad. A continuación vamos a hablar de algunas pocas innovaciones en el campo de la evolución, la medicina y la cirugía que han marcado avances insospechados.

Bipedalismo

Un paso bien importante en la evolución de la especie fue el bipedalismo, un logro que antecedió al desarrollo del cerebro y que se debió al cambio de hábitat de la vida en los árboles de la selva a las acechanzas de las grandes sabanas; al descargar la locomoción en las extremidades traseras, además de permitirle un desplazamiento más grande, a mayor velocidad y con menos gasto de energía (cacería de persistencia), le liberó las manos y las desarrolló para construir nuevas herramientas. Con la fabricación sistemática de dichas herramientas se estableció verdaderamente la frontera divisoria de lo humano y lo animal, producto de una eficiencia biológica en un proceso evolutivo. Todo esto, que toma millones de años, es fácil de entender si se tiene presente la sentencia de Stephen Hawking: “En un tiempo que se asemeja a la eternidad, todo puede ocurrir, incluido el universo”.

Las manos

La innovación por medio de la fabricación de herramientas ha acompañado al hombre desde su inicio en la tierra, e incluso antes del *Homo sapiens*, corroborada por estudios paleontológicos de fósiles de una especie anterior conocida como *Homo habilis*, denominado así precisamente por su habilidad para diseñar instrumentos con piedras labradas rudimentariamente para abrir frutas y descuartizar animales para su alimentación. Al ser liberadas las manos de la tarea de la locomoción, el hombre quedó provisto de la herramienta por excelencia: las manos.

En la escalada evolutiva, las manos le tomaron la delantera al cerebro (*Homo habilis*) ante la imperiosa necesidad de instrumentar, porque las manos le servían para innumerables cosas, entre otras, de pinzas, martillo y vasija; y para agarrar, palpar, sostener, señalar, escribir, acariciar y construir otras herramientas.

En el cerebro humano existe una amplia zona destinada a gobernar los movimientos de la mano, fruto del desarrollo neuronal para los movimientos de precisión y la coordinación de estos, casi milimétrica, con la visión. El desarrollo de la habilidad manual aumentó la eficacia biológica de nuestros homínidos cercanos, y les sirvió para tantos usos como su inteligencia y su creatividad podían idear.

La posición erguida del hombre tuvo consecuencias y originó enfermedades del día a día de los cirujanos: várices, hernias inguinales, debilidades y defectos de la pared abdominal, partos difíciles y serios problemas de columna y de la cabeza del fémur, de tal manera que una parte de nuestra profesión como cirujanos nace de la imperiosa necesidad de corregir dolencias ancestrales, fruto de la evolución del ser humano en su lucha por la supervivencia y la supremacía como especie.

El desarrollo de la humanidad, desde la aparición del *Homo sapiens* hace aproximadamente 100.000 años, ha sido rápida, vertiginosa, con un crecimiento exponencial (tablas 1 y 2), con un inicio muy incipiente y con pocos cambios durante miles de años, pero de una velocidad asombrosa en los últimos 10.000 años. Desde la primera gran innovación del ser humano: la agricultura y la domesticación de los animales que cambiaron para siempre la manera del hombre de relacionarse con su

TABLA 1.
Evolución de la tecnología

Tipo de tecnología	Años	Creador
Olduvaiense	2'400.000	<i>Homo habilis</i>
Achelense	1'400.000	<i>Homo erectus</i>
Musteriense	130.000	Neardental
Paleolítico superior	40.000	<i>Sapiens sapiens</i>
Agricultura	10.000	
Escritura	5.000	
Revolución industrial	250	
Revolución informativa	50	
La www de internet	25	

TABLA 2.
Ser humano: un breve instante en la historia del universo

Universo	14	Años
Tierra	5	Años
Dinosaurios	7	Meses
Desaparición	3	Semanas
Historia humana	3	Minutos
Revolución industrial	6	Segundos

1 año equivale a 1.000 millones de años.

entorno, y le permitieron, entre otras cosas, dejar de ser un nómada recolector, asentarse y obtener, mediante el desarrollo de la agricultura, los alimentos necesarios y las necesidades energéticas en solo 256 m², cuando como recolector lo debía hacer en 26 km², innovación que le brinda eficiencia energética y, además, una respuesta inmunológica para las enfermedades que le transmitían los animales.

Aunque el ser humano no estaba aún preparado para entenderlo, en aquel momento se estaba produciendo un gran cambio de los procesos sociales; se originaron los asentamientos permanentes y las grandes poblaciones y ciudades como centro del poder y de innovación. A partir de los primeros asentamientos se requirieron y se necesitaron registros, planeación para sembrar y cosechar, se requirió la política para administrar, un gobierno con jerarquía social y política para gobernar, y un ejército para proteger los bienes ya acumulables; es decir, es el comienzo de lo que hoy conocemos como civilización. Cinco mil años después se crearía

la escritura, lo que permitió preservar la memoria para las futuras generaciones, independientemente del tiempo y del espacio. Y esta posibilidad de registrar, guardar y aprender de las experiencias de otros, aceleró los cambios en la sociedad y se constituyó en el inicio de la historia. Luego desarrollamos la tecnología necesaria para la construcción de las pirámides (4.500 a. C.), la filosofía y las ciencias griegas hace 2.500 millones de años, la revolución industrial hace 250 años y la *World Wide Web* (www) de internet hace 20 años.

La vacuna

Las vacunas (del latín *vaccinus-a-um*, “vacuno”; de *vacca-ae*, “vaca”) son un logro de la investigación biomédica y una de las principales causas de las mejoras de la salud y de la calidad de vida del ser humano. La primera vacuna descubierta fue la usada por Edward Jenner en 1796 para combatir la viruela, y debe su nombre a la observación del hecho de que las ordeñadoras de la época que estaban en contacto con la viruela de la vaca (viruela “vacuna”), la cual era menos patógena, eran inmunes a la viruela humana.

La viruela fue la primera enfermedad que el ser humano intentó prevenir inoculándose a sí mismo con una enfermedad parecida; se cree que esta práctica data del 200 a. C. en China, pero fue introducida por Jenner en Occidente en un momento de una epidemia masiva en Europa, quien tomó líquido de una vesícula de la mano de una ordeñadora y la inyectó por vía subcutánea en el brazo de un niño de ocho años. Este presentó leves síntomas parecidos a la enfermedad, que previno que contrajera el virus del humano proporcionándole inmunidad para esta enfermedad, constituyéndose en una innovación, aunque empírica, de un gran valor intuitivo y con resultados positivos en una época en la cual aún no se había promulgado la teoría microbiana.

Lavado de manos

Una gran innovación en la mitad del siglo XIX fue el lavado de las manos antes de practicar procedimientos médico-quirúrgicos, fruto de la observación metódica y la inteligencia intuitiva, y un método epidemiológico algo rudimentario del médico húngaro Ignacio Semmelweis, las bases para la formulación de la teoría microbiana y la asepsia y antisepsia de Pasteur y Lister, respectivamente, diez años después.

Semmelweis fue un médico con una gran vocación por su profesión y con un gran compromiso por el bienestar de sus pacientes; un ejemplo extraordinario de observación metódica del paciente que, sin conocimiento ni explicación de una etiología exacta, innovó la práctica médica con el lavado de las manos antes de cualquier procedimiento quirúrgico, y demostró con este método una disminución drástica de la fiebre puerperal en Viena, en la mitad del siglo XIX. A pesar de la evidencia estadística que reflejaban los resultados clínicos, sufrió el rechazo de la comunidad médica de la época por la ausencia de una explicación científica que sustentara la necesidad de lavarse las manos antes de atender los partos.

Sólo diez años después, cuando Pasteur promulgó la teoría microbiana y Lister, con métodos antisépticos, logró que las intervenciones quirúrgicas fueran exitosas, se empezó a reconocer el valor de la propuesta de este médico húngaro conocido también como “el salvador de las madres”. El rechazo a su nueva propuesta, sin un análisis y estudio serio, fue denominado con el tiempo el “factor Semmelweis” para denotar la resistencia al cambio de paradigmas, tan común en los seres humanos y de la que no se escapan los integrantes de las comunidades científicas del pasado y del presente. Este factor de resistencia al cambio, aunque paradójico, es más común en las universidades para describir este fenómeno; se comparan las universidades con los genes en la medida en que estos dictan la herencia de los seres biológicos, pero ellos en sí no cambian.

Sociedad del conocimiento

Con la aparición de la máquina a vapor se inician las fases del desarrollo y producción capitalista. La fuerza mecánica aplicada a la producción, las máquinas de carbón y vapor, y la industria del acero; la electricidad, en el desarrollo de los electrodomésticos; posteriormente, el advenimiento del motor de combustión interna que nos permite movilizarnos en automóviles, aviones, e ir al espacio y a la luna. Y, por último, la revolución digital: el computador personal y las redes con un crecimiento exponencial, que dan origen a una época sin antecedentes en la historia de la humanidad. Dicha revolución da inicio a la sociedad del conocimiento, cuyo valor no son las empresas “punto com” sino los cambios en la oferta y la demanda que determinan también una economía del conocimiento. En la sociedad del conocimiento lo

importante no es la cantidad de información de que se disponga, que de por sí es tanta que desborda la capacidad individual de comprensión, sino la organización, la interpretación y la articulación de ella; la información es barata de reproducir, pero muy costosa de producir. Es indudable que a más información más conocimiento, y que la aplicación del conocimiento con la convergencia tecnológica y la explosión informática de las redes, apuntalan el desarrollo para un mayor bienestar de la humanidad.

El conocimiento brinda los recursos para la toma de decisiones en la inversión, en el consumo y en la producción. Si en la sociedad industrial los recursos más importantes eran la tierra, el capital y el trabajo, en la sociedad actual el recurso más importante es el conocimiento. Con este se manejan los procesos y quien maneja los procesos maneja la producción, lo que ha llevado, en los últimos años, a una división sutil del trabajo: trabajadores del conocimiento y trabajadores de los servicios (tradicionales).

Innovación en fármacos

La *Food and Drug Administration* de los Estados Unidos cada año aprueba un promedio de 40 patentes de fármacos de síntesis química y 10 de origen biológico. En la historia reciente, muchos fármacos han innovado prácticas de la medicina y la cirugía que mejoran la calidad de vida de los seres humanos. Los bloqueadores H_2 y los bloqueadores de la bomba de protones obviaron los procedimientos quirúrgicos en el manejo de la enfermedad benigna gastroduodenal. Los antirretrovirales han logrado disminuir la gravedad del síndrome de inmunodeficiencia adquirida, y el sildenafil (Viagra®) y sus derivados han revolucionado el tratamiento de la disfunción eréctil del adulto mayor, mejorando notablemente su calidad de vida.

Cirugía mínimamente invasiva y cirugía robótica

Tal y como lo dijo Alfred Cushieri en 1995, con el advenimiento de la cirugía laparoscópica la práctica quirúrgica nunca más volvió a ser lo mismo. Hoy en día, a excepción de la urgencia quirúrgica grave y la cirugía oncológica de grandes resecciones –cada vez menos frecuente–, es casi rutinario el manejo laparoscópico, lo cual muestra un cambio del paradigma quirúrgico y

una innovación radical que se consolidó en una década y cambió una práctica quirúrgica que llevaba siglos. La cirugía robótica irrumpe en el escenario mundial solo 15 años después de la cirugía laparoscópica (2002), un desarrollo propiciado por el ejército estadounidense para practicar cirugía en ambientes hostiles (telecirugía y telermentoría). La evolución de la cirugía robótica tiende a crecer exponencialmente, aunque no en las proporciones de la cirugía laparoscópica debido muy posiblemente a los costos. En el 2004 se practicaron en el mundo 10.000 cirugías con robot y en el 2012 este número se elevó a 400.000. En la actualidad, en el mundo hay 2.350 robots quirúrgicos con 9.000 cirujanos que practican la cirugía por este medio. Dadas sus grandes ventajas, la tendencia mundial es que para cirugía compleja que requiera disección meticulosa de un cuadrante, por ejemplo, la pelvis, el procedimiento más seguro y con mayor eficiencia para el cirujano entrenado es la cirugía con interfaz robótica.

Para los cirujanos con buena experiencia en cirugía laparoscópica la curva de aprendizaje es más corta, así como el tiempo operatorio, el sangrado y la estancia hospitalaria, a medida que aumenta la experiencia, tiende a ser menor, con márgenes de resección más seguros y con un menor porcentaje de conversión. Teniendo en cuenta las ventajas que provee el robot, tales como la mejor visualización anatómica (visión tridimensional), la estabilidad de la cámara, la posición ergonómica en el trabajo quirúrgico, el mayor grado de libertad de movimiento de la mano, la eliminación del temblor y la facilitación del manejo en forma ambidextra. La cirugía con robots en pocos años hará parte de la rutina en la práctica de la cirugía, si se tiene en cuenta que con el tiempo los costos de los aparatos tecnológicos se reducen también exponencialmente.

Genoma humano

Después de 50 años de haber sido descrita la estructura helicoidal del ADN por Watson y Crick, se descifró por completo la secuencia de pares de las cuatro bases químicas que componen el ADN. Contrario a lo que se creía, las diferencias con otras especies inferiores no eran tantas hablando cuantitativamente; compartimos con el chimpancé el 98 % de nuestros genes y las diferencias entre individuos de nuestra propia especie no son más de 800 genes, lo que significa que las diferencias cualitativas son importantes y no requieren

sino la expresión de pocos genes. La UNESCO, a raíz de este logro, promulgó la declaración sobre el genoma y los derechos humanos, donde se proscribió la clonación en humanos y se reafirma la dignidad humana sin lugar a la discriminación genética. Todas las naciones se comprometen a incentivar la educación en Bioética y a la creación de comités de ética en todos los sitios del planeta donde se adelanten investigaciones genéticas. El genoma humano es un paso importante en el estudio de la naturaleza biológica del ser humano, pero quedan retos tan importantes como descifrar la acción de cada gen, cómo interactúan entre ellos en la enfermedad multigénica, y la forma como determinan las enfermedades y las características biológicas de cada individuo por medio de las proteínas, para lo cual se tendrá que desarrollar un proyecto no menos importante: el proteoma humano.

Diagnóstico genético previo a la implantación

La posibilidad de detectar defectos genéticos en embriones *in vitro* comenzó en Inglaterra a principios de los años noventa. Asociada a las técnicas de fecundación *in vitro* (1980), esta se presenta como una alternativa para mujeres de edad avanzada o con historia familiar de enfermedad genética de procrear evitando embarazos con defectos cromosómicos.

El diagnóstico genético, previo a la implantación, es una innovación que a partir del progreso de la medicina de la reproducción y la biología molecular, permite seleccionar los embriones generados *in vitro* que no posean un gen aportado por los padres, y así evita una enfermedad genética en la descendencia. La biopsia se realiza al tercer día de vida, cuando el embrión alcanza el estado de ocho células.

Las indicaciones para efectuar este procedimiento son anomalías cromosómicas, como las traslocaciones robertsonianas, o enfermedades ligadas al sexo, como la hemofilia, la distrofia muscular de Duchenne y el síndrome del X frágil, y las enfermedades ligadas a un solo gen, como la fibrosis quística, la betatalasemia, la distrofia miotónica o la enfermedad de Huntington, o la historia familiar de cáncer de mama con genes *BRCA2*; y para seleccionar los embriones compatibles (HLA) con un hermano nacido enfermo, al que poder donar, tras su nacimiento, células madres para un trasplante de médula ósea.

Tratamiento preventivo para la enfermedad de Alzheimer

El Grupo de Neurociencias de la Universidad de Antioquia realizará en 2013 un ensayo clínico pionero en tratamiento preventivo para la enfermedad de Alzheimer en un grupo de 25 familias del nordeste del departamento de Antioquia, de 5.000 miembros, aproximadamente, con un población estudiada de 2.816 personas en la que se encontraron 662 (23 %) portadores de la mutación en el gen de la presenilina 1 (PSEN1), conocida como la mutación E280 (mutación paísa). Este grupo hace parte de la enfermedad de Alzheimer denominado genética simple (5 % de toda la enfermedad). Si bien el patrón cerebral de depósito de A-beta fibrilar de amiloide es similar a lo encontrado en la enfermedad de Alzheimer de tipo tardío (genética compleja), verificable en la resonancia magnética (RM) y en la tomografía por emisión de protones (PET), la aparición de los síntomas es a los 44 años (deterioro cognitivo leve) y la demencia empieza a los 49 años, pero se pueden ver depósitos de amiloide en el cerebro en asintomáticos desde los 28 años y alteraciones en test cognitivos en asintomáticos desde los 35 años.

Un gran número de fármacos se ha ensayado en el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer con resultados clínicos poco alentadores; pero, ahora, con un grupo de población definido estudiado, que son portadores del gen y que, irremediablemente, cuando lleguen a la edad de 35 años, van a comenzar a manifestar los primeros síntomas que coinciden con el depósito de material amiloide en la corteza cerebral y el hipocampo, lo cual es fácilmente demostrable por estudios como la resonancia magnética y la tomografía de emisión de positrones, y los estudios para detectar beta-amiloide y la proteína Tau en líquido cefalorraquídeo. De esta manera, se abre la gran posibilidad de un trabajo clínico doble ciego con este grupo de pacientes que, se sabe, que no tienen la enfermedad aún manifiesta, y sin acumulación de beta-amiloide cerebral corroborado en los estudios imaginológicos del cerebro. En el estudio se incluirán 300 sujetos sanos y asintomáticos entre 30 y 60 años. Un grupo de no portadores recibirá placebo y un grupo de portadores se subdivide en dos grupos, uno recibirá placebo y el otro subgrupo el medicamento en estudio (anticuerpo monoclonal). Este estudio ha recibido el apoyo y la cofinanciación de los *National Institutes of*

Health de los Estados Unidos, del Instituto Banner de Phoenix (Arizona) y de la Universidad de Washington, entre otros, y promete ser una esperanza en el tratamiento y la comprensión de esta enfermedad tan común, pero, a la vez, tan desconocida en sus diferentes causas y en su tratamiento.

Nanotecnología y nanomedicina

La nanotecnología está basada en el estudio de nanopartículas (nanocristales, o *quantum dots*) de átomos semiconductores como el oro, la plata, el cadmio, el selenio y el iridio, del tamaño de una millonésima parte de un milímetro, con unas propiedades ópticas peculiares debido a su carga eléctrica fundamental que está dada por el número de electrones en su banda externa o banda de conducción (exitones), y que absorben de 10 a 50 veces más fotones que los marcadores orgánicos en un rango de ancho de banda visible al ojo humano que va del ultravioleta al infrarrojo. En el futuro se prevé su aplicación en microelectrónica para los nanochips y para fabricar pantallas ultradelgadas para televisión y aparatos electrónicos. En medicina se habla de la nanomedicina como una disciplina dedicada al diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades con el uso de la biología molecular asociada a la nanotecnología. En los seres vivos, las nanopartículas son altamente tóxicas y, por lo tanto, deben ser protegidas de la degradación por medio de una cubierta con múltiples capas de polietilenglicol que le da compatibilidad biológica y posibilidad de unirse con anticuerpos específicos, para la detección de múltiples receptores celulares.

Debido a su tamaño y estructura y a sus propiedades fotoquímicas y fotofísicas, convierten a las células y a los tejidos en visibles al ojo humano. Unidas a diferentes anticuerpos, proteínas, péptidos (factores de crecimiento) y fármacos, pueden detectar moléculas en la membrana celular y en el citoplasma como marcadores tumorales para el diagnóstico de tumores neoplásicos, mapeo de ganglios centinelas y en el tratamiento del cáncer con concentraciones a nivel específico de las “células blanco” con un gran umbral de actividad tumoral y un bajo umbral de toxicidad.

Hemos hecho un breve recuento de la actividad creativa de la humanidad desde los primeros días del hombre en la tierra hasta el día de hoy, poniendo a un lado de la balanza los avances de la humanidad y en el

otro, su bienestar. Queda una sensación de desolación producto de la paradoja de que tantos avances tecnológicos no hayan disminuido la desigualdad entre los seres humanos.

El crecimiento económico y tecnológico no se refleja en la calidad de vida y en la equidad social de los siete mil millones de habitantes de la tierra. Somos un mundo global basado en la pobreza para muchos y la prosperidad para unos pocos, donde las inundaciones y las sequías, el calentamiento global por emisiones de gases tóxicos, la tala de bosques, la desaparición de especies animales, y la contaminación de mares, ríos y aguas del subsuelo, son una constante que refleja el uso irracional de los recursos naturales y ponen en peligro todo lo que el hombre ha construido en millones de años.

Me valgo, para terminar, de las palabras de nuestro escritor William Ospina en su presentación de la Cátedra

Pública de la Universidad de Antioquia; hablando sobre la cultura en tiempos de penuria, concluía:

“[...] En lo fundamental, ya no pertenecemos a una tribu, a una raza, a un credo, pertenecemos a un planeta. Para eso sirvió la edad de las transformaciones, para llegar a conocer los límites de la transformación. Para eso sirvió la globalización: para que se encontraran por fin los intereses de todos con los intereses de cada parte. Cada individuo tiene el deber de ser la conciencia del planeta. El desafío no puede ser más grande ni más solemne. Legiones de jóvenes de todas las edades tienen que librar ahora la batalla definitiva, la batalla por los glaciares y los pelícanos, por los helechos y las medusas, por las selvas y por los océanos, por las artes y por los muchos sentidos de la belleza, por la razón y por el mito, por la supervivencia del mundo, que exige una urgente redefinición de los límites del hombre y de sus industrias. Ahora las banderas son de agua y de oxígeno, de enigma y de música, de memoria y fantasía [...]”.

Lecturas recomendadas

Parra ID. Innovación, conceptos, procesos, mitos y realidades, segunda edición. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia, 2011.

Vélez A. Homo sapiens, Bogotá, Villegas Editores, 2006.

The Wall Street Journal Américas. El Tiempo 20 07 2012, El error más caro en la historia de Nokia. Antón Troianovski y Sven Grundberg.

Bronowski J. The origins of knowledge and imaginations. New Haven, Yale University, 1979.

Kelley T, Littman J. Las diez caras de la innovación. Paidós empresa. 2010.

Datta R, Jaitawat SS. Nanotechnology- The new frontier of Medicine Medecal Journal Armed Forces India 2006;62:263-8.

Boisseau P, Bertrand Loubaton B. nanomedicine, Nanothenology in medicine. CR Phisique. 2011;12:620-36.

Reiman EM, Quiroz YT, Fleisher AS, Chen K, Vélez-Pardo C, Jiménez-Del Río M. Brain imaging and fluid biomarker analysis in young adults at genetic risk for autosomal dominant Alzheimer's disease in the presenil 1 E280A kindred: A case control study. Lancet Neurol. 2012;11:1048-56.

Correspondencia: Martiniano Jaime, MD

Correo electrónico: Martinianojaime@gmail.com

Medellín, Colombia