LA CIENCIA PARA EL DESARROLLO EN EL SIGLO XXI

La Ciencia trata sobre construir el futuro, descubrir mecanismos e interacciones que operan en la naturaleza, e inventar herramientas novedosas de pesquisa que permitan interpretar los procesos y llevar la investigación a niveles superiores. Durante el siglo XX la ciencia y la tecnología tuvieron un progreso espectacular. Fue el siglo, de la *Revolución Cuántica*, que condujo a impresionantes avances en múltiples ramas del saber, la ingeniería y a un sinfín de inventos capitales, todos fundamentales en el conocimiento del planeta, los ecosistemas, del cuerpo humano y la exploración espacial; de la *Revolución Biomolecular*, que a partir de decodificarse la molécula del DNA, y desarrollarse la manipulación enzimática del material genético de los organismos vivos, hizo posible que la biología pasara en apenas cien años, de redescubrir las leyes de Mendel, a identificar gran parte del Genoma Humano en el año 2000. El tercer gran momento de esa centuria, fue la *Revolución Informática*, que con la invención del transistor, permitió el desarrollo posterior de la microelectrónica, del ordenador moderno y la Internet, que han sido factores decisivos en los logros actuales de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs). Hubo otros descubrimientos en este siglo que merecen mencionarse: el desarrollo de la aviación, el inicio la exploración espacial y la comprensión de los procesos celestes; el estudio genético molecular en la evolución de las especies y *la influencia de su hábitat*; la revolución “verde” y la agricultura de precisión; la Tectónica de Placas y Deriva Continental -teoría que conmocionó en sus raíces las ciencias de la Tierra; el avance considerable en el conocimiento de los sistemas complejos cuyas aplicaciones notables son el comportamiento de los procesos atmosféricos, el clima y la biodiversidad.

No sería posible empero, en una centuria donde vivieron el 90% de los científicos e ingenieros de la historia, mencionar todos los adelantos que impactaron el conocimiento del universo, del planeta y la vida de sus habitantes, y presuntuoso intentar abarcar en su conjunto, más allá de momentos singulares, lo que enuncia el título del editorial. Pero es innegable que todo lo anterior transformó no sólo el pensamiento, los saberes y la comprensión de la naturaleza, sino que ha tenido también un gran impacto en la industria, la economía y la sociedad actual. Sin embargo, estos avances no pueden soslayar el empleo nocivo, dado a múltiples descubrimientos para la destrucción, el mal uso de los recursos globales, y las alteraciones al entorno, que unidas a las importantes cuestiones éticas, de seguridad de la tecnología y del desenvolvimiento industrial, de

una forma u otra pueden afectar a la humanidad y deben ser superadas. Tampoco ignorar que en determinadas conquistas de las Ciencias de la vida, están surgiendo cuestiones relativas a la dignidad humana, la Bioética y otros derechos vinculados al mayor uso de servicios y el empleo de las imágenes de Internet, que afectan la privacidad personal por lo que deberá prevalecer un enfoque sabio y balanceado, capaz de potenciar los beneficios y mantener el control riguroso de los aspectos nocivos.

La sociedad humana enfrenta hoy en día una gran variedad de problemas muy complejos. Además del calentamiento global y el agotamiento de los recursos naturales están presentes, la contaminación de las aguas, la atmósfera y los suelos; la grave situación derivada de la desnutrición y la insalubridad, la escasez de agua, alimentos; el aumento de la desertificación, la pobreza, las enfermedades infecciosas y crónicas no transmisibles, etc. Estos, van unidos a varias crisis globales que prevalecen y se influyen mutuamente, como la económico-financiera, el crecimiento poblacional, la ambiental y de la energía y a la realidad, que los beneficios de los avances científico-técnicos no han sido equitativos a escala planetaria. Para confrontar estos retos vigentes hasta la actualidad, es necesario tener una comprensión científica de cada uno de los problemas y traumas económicos mencionados y establecer un nuevo orden político - económico, sostenible, compatible con la naturaleza, que de manera justa comparta los conocimientos y la tecnología. Estos desafíos se manifiestan también en el campo del conocimiento y la tecnología a escala mundial. Son realidades irrefutables, que producto del desarrollo desigual, y de la brecha existencial actual que: del millón de patentes y más de 2 millones de artículos científicos publicados en el mundo cada año; el 90% de las patentes y el 85% de las publicaciones provienen de los países desarrollados y que en las postrimerías del año 2012, de los 2405 millones de usuarios de Internet, el 77% son de Europa, Norteamérica y Asia. En cuanto a la denominada eufemísticamente circulación de cerebros, -en realidad fuga de cerebros- en años recientes de un total de casi 7 millones de personas con alto nivel profesional de los países subdesarrollados, emigraron 1,3 millones.

En el campo de la educación hay tres extremos, que para el desarrollo del mundo deben ser tomados en consideración; la eliminación del alto grado de analfabetismo existente; la educación integral de la población a fin de elevar su cultura científico-tecnológica general y la necesidad de promover universidades de alta calidad, para obtener la masa crítica de científicos e ingenieros, y de otros perfiles, capaces de usar, controlar y desenvolver la ciencia y la tecnología modernas de una manera sustentable y enfrentar los nuevos sistemas productivos de alta tecnología. Otro elemento de no menor trascendencia, es la necesidad de crear la infraestructura apropiada para la ciencia y la tecnología, a fin de que se pueda realizar una investigación, que potencie el

progreso y una mejor calidad de vida de las poblaciones en la mayoría de los países en desarrollo.

Es incuestionable que el progreso de la ciencia y la tecnología, continuará siendo medular para acelerar el desarrollo social, económico y humano sostenible, como también lo es, que hay una gran cantidad de conocimiento circulando y habrá aún más, pero ello no genera valores *per se*. El cambio esencial radica en que este valor se genera no sólo de una manera diferente, sino también se apropia de una manera diferente, ya que el principal recurso limitante es el propio conocimiento. Son precisamente los sectores en donde el conocimiento desempeña un papel determinante electrónica, computación, softwares, telecomunicaciones, biotecnología, nanotecnología, aeroespacial, alta tecnología para la salud, nuevos materiales, polímeros y plásticos, productos farmacéuticos, químicos, etc. que en unos pocos años se han expandido mayoritariamente en los países industrializados.

Una característica esencial de la ciencia moderna es la sinergia entre las conexiones de la ciencia pura y la aplicada; la naturaleza multidisciplinaria de muchas ciencias de vanguardia; o en la forma en que los avances en nuevos campos de tecnologías, se imbrican y solapan raigalmente en las llamadas tecnologías habilitantes. La tendencia actual en la ciencia es además, establecer investigaciones con varios objetivos multidisciplinarios y plataformas tecnológicas, capaces de adaptarse mejor a los continuos cambios, alcanzar los objetivos indicados y potenciar la convergencia entre tecnologías de diferentes campos emergentes.

El impacto que puede tener la ciencia básica y la investigación teórica en el progreso y la economía, especialmente la basada en el conocimiento es un tema siempre presente. No existen herramientas únicas ni métodos científicos avanzados, para medir certeramente la contribución de la innovación y las nuevas tecnologías al desarrollo económico, pero numerosos estudios realizados indican que ha sido la principal fuente del rápido desarrollo económico de los últimos 100-200 años. Un buen ejemplo, es el de la mecánica cuántica. Esta se desarrolló vertiginosamente en la década de los años 20 del pasado siglo, lejos de cualquier aplicación, y ha conducido entre muchos a la electrónica de los semiconductores, los láseres y el teléfono móvil que ha revolucionado la comunicación de la sociedad actual y ha permitido a numerosos países subdesarrollados en pocos años, asimilar el salto tecnológico de establecer, las comunicaciones modernas.

En el campo de la física, ejemplos de logros actuales con grandes potencialidades en un futuro previsible son: el Grafeno, descubierto en el 2004, que amplió aún más, el

conocimiento y horizonte de nuevas innovaciones radicales, surgidas con la llegada anterior de los fulerenos y los nanotubos. En particular si la industria informática puede construir chips de mejor rendimiento que los basados en silicio, utilizando estrechas cintas y redes de grafeno, cortadas a precisión atómica. A fines de los 90, la obtención del condensado Bose – Einstein, ha propiciado mediante el láser de átomos, la utilización práctica de pares de fotones entrelazados o correlacionados, y determinado el inicio de la criptografía cuántica. El pasado 4 de julio, empleando el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), los científicos del CNRS, anunciaron el descubrimiento de una nueva partícula, que parece corresponder al bosón postulado por Higgs en 1964. Este elemento, además de completar el modelo estándar de las partículas elementales, estaría presente en el espacio, se “pegaría” a las partículas durante su recorrido por el mismo y le aportaría su masa a todas las cosas.

Si la Red de Redes, nació finalmente en el CNRS como consecuencia de la búsqueda y descubrimiento de otros bosones, los W^+ , W^- y el Z , cabe pensar que la estela tecnológica que dejará tras de sí el descubrimiento del nuevo bosón, podrá traer nuevas sorpresas y aplicaciones, como por ejemplo, métodos diagnósticos muy sofisticados y la hadronterapia. Estos, a fin de detectar y no dañar las células que rodean los tumores tratados, utilizan potentes haces de hadrones, -iones de carbón o de hidrogeno (protones)-, que poseen una masa muy superior a la de los electrones o fotones, utilizada por la medicina nuclear y la radioterapia tradicionales.

Avances en otros campos fundamentales de la biología, la química y las matemáticas, así como de sus conexiones interdisciplinarias aplicadas a las ciencias de la vida, de la tierra, las agropecuarias, las ingenierías, inclusive a las que estudian la sociedad, han mostrado el efecto de las nuevas ideas y tecnologías, sobre el crecimiento económico. Lo propio es válido desde la perspectiva de las innovaciones y aplicaciones de los descubrimientos, pues las economías competitivas tienden a reconocer la importancia y ofrecer incentivos al proceso de innovar y acelerar el ritmo de la innovación y su propagación. Tal es el caso de las llamadas *tecnologías disruptivas*, que se consideran al comienzo muy costosas, pero conducen a la creación de productos, sectores industriales y servicios enteramente nuevos, y cuya cadena de valor con el tiempo justifica plenamente la inversión inicial y el ciclo completo de la investigación-desarrollo e innovación (I+D+i) y su comercialización. Entre éstas se encuentran la referida telefonía móvil, la biotecnología y la nanotecnología, que son todas vitales para enfrentar los desafíos de desarrollo.

Un estudio del Instituto Tecnológico de Massachusetts, (MIT), que se refiere a las 10 tecnologías avanzadas que cambiarán el mundo en el siglo XXI, muestra que una alta proporción está vinculada de una manera u otra a la nanotecnología. Para mantener e

incrementar la competitividad se han focalizado, los materiales de avanzada, la mecatrónica, los sistemas soft/Hard para Grid, las industrias aeroespaciales, de armamento, la fabricación de vehículos, la micro – nanoelectrónica y las aplicaciones en la salud humana, en particular la biotecnología y la nanotecnología, a las que se destinan en la actualidad más del 50% de los recursos a escala mundial.

Entre las *biotecnologías* más viables, para mejorar la salud en los países subdesarrollados, diversos estudios identifican: el diagnóstico molecular, las vacunas y fármacos recombinantes, las proteínas terapéuticas recombinantes, la bioinformática, la secuenciación de genomas de patógenos, la detección y protección contra infecciones transmisibles y el virus VIH, los cultivos nutricionales genéticamente enriquecidos entre otros. Dentro de las aplicaciones de la *nanotecnología* para estas naciones, caben destacar: métodos precisos y eficaces de diagnóstico y prevención; mejor tratamiento de múltiples enfermedades empleando diversas estrategias terapéuticas, como la liberación controlada de medicamentos y la nanobiotecnología. También aparecen: el tratamiento de agua, el control y vigilancia de la contaminación ambiental; la producción, conversión y almacenamiento de la energía; la acumulación de información y en el campo agro-alimentario, la detección de vectores y control de plagas, así como la mejora de la productividad agrícola.

Sin embargo, según muestran experiencias exitosas en determinados países subdesarrollados la realización de estos potenciales, depende de una serie de instrumentos de política encaminados a traducir los descubrimientos científicos en bienes y servicios.

Este siglo será crítico para el futuro de la humanidad. A la cadena conocida de interminables avances de la ciencia, la tecnología y la innovación que han beneficiado a la humanidad, ahora se impone utilizar el ingenio y la creatividad, para entender y controlar nuestro entorno y enfrentar los graves desafíos ecológicos, los desastres naturales y otros ya apuntados, que hay por delante. Para alcanzar lo anterior, la política de Ciencia y Tecnología e Innovación deberá cambiar radicalmente su enfoque tradicional de asignar prioridades por áreas de investigación, a la priorización de medidas para superar los enormes retos actuales, que ningún país o región puede resolver solo. Únicamente a través de una cooperación internacional estratégica en actividades de I+D+i, incluyendo el amplio intercambio de conocimientos, entre los países más avanzados y los subdesarrollados, se puede alcanzar lo anterior.

Para el año 2050, se pronostica que habitarán el planeta 9 mil millones de personas y ello planteará exigencias radicales en términos de justicia social, estabilidad política,

energía, salud, y el más básico de los derechos humanos, el derecho a la *seguridad alimentaria*, que en el presente no tienen los 1200 millones de hambrientos existentes.

La primera cuestión es entonces; *¿puede la ciencia alimentar al mundo?* Según han señalado expertos en los más diversos congresos internacionales, para ello se tendrá que producir desde el presente hasta mediados de siglo, tanto alimento como el consumido en toda la historia, lo que implica un aumento del 70% sobre las tasas actuales de productividad, e incorporar a la agricultura una superficie equivalente a la de Brasil, que obviamente no es posible. Se han introducido mejoras importantes en las prácticas agrícolas y la modificación genética ofrece ahora la posibilidad de obtener variedades resistentes a las sequías y de mayor productividad. También las imágenes de satélites sirven para clasificar y supervisar las condiciones y manejar el uso del suelo a fin de lanzar campañas de alerta temprana donde sea necesario. Pero estas mejoras incrementales son todavía incapaces de motorizar la nueva "revolución verde" requerida para satisfacer las crecientes necesidades humanas. La intensificación sostenible de la agricultura global sólo puede lograrse, a través de la incorporación de tecnologías que requerirán una mejor comprensión de algunos procesos biológicos fundamentales y de nuevas tecnologías aun por desarrollar, no solo para el uso eficaz de la energía solar en la fotosíntesis, sino también para dominar el proceso inverso, es decir, como utilizar la masa verde en producir energía, lo que requerirá tecnologías más eficientes para capturar la energía química contenida en la celulosa y otros polímeros vegetales. La polémica actual de los biocombustibles está reflejando entre otras cosas, que no existen tecnologías eficientes para esto.

En términos de *producción de energía*, existe consenso que el final de la vida útil de los combustibles fósiles está a la vista, aunque nuevos descubrimientos de reservas en el fondo de los océanos, pudieran prolongarlos un tiempo si la tecnología de extracción apropiada y viable, estuviera disponible. También, que para la energética industrial las fuentes alternativas de energía que se están desarrollando requieren para su pleno despliegue, del avance en el conocimiento de algunos procesos físicos y de ingeniería básicos, y hasta que se cumpla la promesa de la fusión nuclear, con un largo camino aun por recorrer, ninguna de las fuentes de energía alternativas o renovables más promisorias por sí sola, será suficiente para reemplazar los combustibles fósiles. La solución, que tendrá implicaciones sensibles solo a mediano plazo, deberá tener un enfoque holístico, que vislumbre la mezcla de fuentes de energía y tecnologías, y una mejora de la eficiencia de los procesos industriales.

La salud mundial, también se afectará en un planeta más poblado. Además de las pandemias conocidas, una amenaza más frecuente, serán los nuevos virus producto de la recombinación entre cepas humanas y animales, y las bacterias resistentes a los

antibióticos; los patógenos mortales, que en el pasado reciente fueron confinados a pequeñas poblaciones, y ahora pueden diseminarse por todo el planeta en el plazo de días o semanas. Para el rápido desarrollo y despliegue de las nuevas vacunas, antibióticos y medios diagnósticos, serán necesarios nuevos conocimientos, tecnologías y enfoques terapéuticos.

Las ciencias sociales, serán esenciales, para asegurar la estabilidad política y la convivencia pacífica a escala planetaria en el futuro. Uno de los problemas principales, aunque no el único, es que el cerebro humano no ha cambiado significativamente en las últimas decenas de miles de años de evolución desde el surgimiento del Homo Sapiens, y más reciente desde la aparición de la civilización moderna y los grandes imperios. El mismo, está más preparado para afrontar relaciones y conflictos en pequeños grupos de personas y comunidades, que con las "supertribus" típicas de la civilización actual. La principal forma de superar la carga de una naturaleza humana, que se formó durante milenios en un contexto muy diferente al presente, es una mejor comprensión de las raíces biológicas y la influencia sociopolítica de la conducta humana. No obstante, por muy específico que haya sido el condicionamiento histórico a un contexto y una escala, solo en sociedad el hombre se puede tanto identificar, como aislar, atendiendo a la cultura material, espiritual y sus profundas rupturas y potencialidades contemporáneas.

El futuro de la especie humana dependerá además, de su capacidad de desarrollar una economía, que no debe ser sólo eficiente en el empleo de los recursos, sino también socialmente inclusiva, lo que constituye el objetivo de la propuesta de un *crecimiento verde* lanzado este año en la Cumbre "Rio + 20". Ello requiere ante todo de intelecto y capacidad por lo que el primer deber actual, es capacitar a la población en general que tendrá que asimilar los nuevos conceptos y tecnologías. En especial los científicos y tecnólogos que tendrán que lidiar con los retos formidables que se avecinan, deben estar completamente equipados con la base científica apropiada, pero también con el marco ético y la conciencia político-social, que guiará sus acciones con prudencia, sabiduría y un profundo respeto para otros humanos, así como para el medio ambiente.

Desde los albores del triunfo revolucionario, la ciencia y la innovación, han sido en Cuba factores esenciales del enriquecimiento cultural de sus habitantes y para el desarrollo social y económico. Son memorables las ocasiones en que su líder histórico desde el 15 de enero de 1960 hasta el presente, avizoró el papel que le corresponde desempeñar al científico, a los hombres de pensamiento y a las producciones

intelectuales en el futuro del país y el permanente apoyo a su materialización. Precedida de una impresionante obra educacional, sustentada en la creación de la infraestructura científico – técnica, y en una política en este campo, el país en casi cinco décadas y un lustro, atesora un invaluable potencial científico y ha alcanzado notables éxitos que son bien conocidos y han sido tratados ampliamente en publicaciones, congresos, forums, etc, de los más diversos campos de la ciencia, la ingeniería y el estudio de la sociedad.

En la actualidad, el papel de la ciencia y la tecnología, mantiene su particular importancia y se revitaliza. En este sector radica la palanca de un crecimiento sostenible y “verde”, que supere la contradicción de solucionar el problema energético a costa de incrementar el problema medio-ambiental y viceversa. Está presente asimismo, el impacto que ha tenido el acelerado proceso de creación de capital humano y capacidades científicas pretéritas. Ello unido al desarrollo de servicios médicos que se proyectan hoy a decenas de países; a una incipiente actividad exportadora de software y en el caso de la Biotecnología, el surgimiento de una industria exportadora de alta tecnología, basada en la ciencia, sientan las bases para el desarrollo y el avance futuro. Sin embargo, para aprehender cabalmente los resultados, y el impacto dentro de los beneficios que genera la investigación; los elementos primordiales, que determinan las características y la naturaleza de los Sistemas Nacionales de Ciencia e Innovación similares al nuestro, debe singularizarse la excelencia de las organizaciones e instituciones implicados, la calidad de sus investigadores y la existencia de un sistema de financiamiento competitivo, que incentive el talento y la creatividad.

Las nuevas condiciones surgidas a partir del VI Congreso del Partido y la aprobación de los lineamientos de la política económica y social como parte integral de la consecuente actualización del modelo económico cubano, han propiciado un espacio protagónico para la Ciencia y la Técnica. Esta debe ser capaz de perfeccionar los mecanismos de gestión y dirección en política científica, de mantener el potencial científico logrado, y de sostener y profundizar la integración de la comunidad científico-tecnológica cubana al entorno internacional. Por su incidencia en las transformaciones socio-económicas, se abren perspectivas y desafíos, para las ciencias sociales y humanísticas nacionales, relacionadas con el tema de la innovación social de carácter empresarial, institucional, organizacional y cultural y la necesidad de potenciar (no sólo de diagnosticar) la capacidad que las mismas tienen de proponer "nuevos modelos posibles". Ello sobre la base de una mayor, participación con responsabilidad e iniciativa pertinentes, y la posibilidad de entroncarse con las transformaciones prácticas en la sostenibilidad social y ambiental.

Pero en un país pequeño carente de recursos energéticos importantes, y con una tendencia demográfica al envejecimiento y la natalidad reducida, es vital: sostener y desarrollar las ciencias básicas y naturales, las fuentes de energía renovables, la producción de equipos de avanzada, los servicios científicos y tecnológicos de alto valor agregado y el desenvolvimiento de tecnologías emergentes, en primer lugar, la nanotecnología. Así mismo, promover donde existan condiciones la transformación de instituciones científicas en empresas especializadas, y de alta tecnología. El principal efecto, de la conversión de la industria biotecnológica nacional en un nuevo sector económico, es potenciar aún más, el éxito alcanzado en el desarrollo a "ciclo completo", de nuevos productos de alto valor agregado, que son sustituidos periódicamente por otros mejores, con estándares de calidad elevados, empleando trabajadores de alta calificación. La fusión aprobada del Polo Científico y la Industria Farmacéutica, en una organización superior de dirección empresarial; "BIOCUBAFARMA", logrará entre otros: alta productividad, bajo costo por peso, ampliará el acceso del país a mercados externos, incluido el mundo desarrollado; aportará beneficios prácticos a la producción de medicamentos, equipos y servicios modernos, para la salud y en general un desarrollo científico-técnico más elevado.

Y, ¿qué papel podrán desempeñar las aplicaciones de la nanotecnología, en el contexto de las profundas transformaciones económico – sociales apuntadas?

Si la boyante industria biotecnológica cubana, maduró y se consolidó en alrededor de un cuarto de siglo, bajo condiciones de crisis económica, tensiones financieras y bloqueo externo, es de esperar, que a partir del empleo intensivo de la

investigación e innovación, la gestión moderna y el desarrollo de la producción de alta calidad, las nanociencias y nanotecnologías, también serán áreas estratégicas del desarrollo del país y podrán aportar eficazmente al propósito enunciado. No me refiero al futuro inmediato, sino a la visión, de crear la necesaria infraestructura técnico - productiva y a los esfuerzos que deben realizarse hoy, para lograr lo anterior.

Los actuales cambios permitirán así mismo, crear Centros de innovación y Parques Científicos, que son organizaciones capaces de potenciar la transformación de los hallazgos científicos en procesos tecnológicos industrializables; de acercar el mundo académico al mundo empresarial y ambos a la demanda de nuevos productos. También facilitar el surgimiento de empresas derivadas de nuevo tipo, -en inglés, start up, spin off-, garantizando su protección durante la etapa (a veces larga) de maduración. El esfuerzo necesario es multidisciplinario, al incluir no solo científicos y tecnólogos, sino profesionales y trabajadores en los más variados campos. Estas entidades, a la par de acercar la ciencia a la producción en sectores competitivos específicos, catalizarán la investigación en institutos y entidades del Sistema Nacional de Ciencia e Innovación, y en las universidades; ambas sustancialmente dañadas por las limitaciones materiales del periodo especial y las múltiples dificultades actuales.

“La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de todo progreso”, expresó Louis Pasteur. Ahora la creación de los nuevos conocimientos y los cambios tecnológicos se producen a tal ritmo, que podemos quedar irreversiblemente excluidos, si no se tiene la suficiente sabiduría para entenderlos, preservarlos e incrementarlos, y la tenacidad debida para llevarlos adelante.

DrCs. Fidel Castro Díaz-Balart

Asesor Científico del Consejo de Estado,
Vicepresidente de la Academia de Ciencias de Cuba

La Habana, Diciembre 2012

*Presentado: 18 de diciembre de 2012
Aprobado para publicación: 16 de enero de 2013*