

LA FÍSICA: UNA PROTAGONISTA DE LA TERCERA REVOLUCIÓN EN LA BIOLOGÍA

PHYSICS: A MAIN CHARACTER IN THE THIRD REVOLUTION IN BIOLOGY

C. CABAL-MIRABAL^{a†}

Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, La Habana 10600, Cuba; carlos.cabal@cigb.edu.cu[†]

[†] autor para la correspondencia

Recibido 15/8/2017; Aceptado 7/9/2017

Se presenta la llamada Tercera Revolución en la Biología, consistente en la convergencia visceral entre las ciencias de la vida, la medicina, las ciencias básicas, las ingenierías y la computación. Se plantea la tesis de que las organizaciones que rigen la ciencia en Cuba, así como las instituciones de la Educación deben modificar su visión (incluyendo transformaciones en los planes de estudio) para lograr que el país no quede fuera del vertiginoso avance de esta Tercera Revolución.

The so-called Third Revolution in Biology is presented, which consists in the visceral convergence of life sciences, medicine, basic sciences, engineering and computer science. The idea is proposed that institutions that organize Cuban science, as well as the institutions of higher education, should modify their vision (including transformations in the curricula) to guarantee that the country is not left behind the Third Revolution.

PACS: Biological and Medical Physics, 87; Medical imaging: general, 87.57-s; Biomedical applications of nanotechnology, 87.83.+a; Biological techniques and instrumentation; biomedical engineering, 87.80.-y

Una nueva revolución científica ha irrumpido en el escenario internacional contemporáneo. Las ciencias básicas cubanas y, en especial la Física, han de tomar parte en ella si se desea mantener el desarrollo que Cuba ha logrado en el campo de la Biotecnología y la Medicina: se trata de la llamada *Tercera Revolución en la Biología* [1–6].

Como es bien conocido, la *Primera Revolución en la Biología* tuvo su momento crucial con el descubrimiento de la estructura tridimensional ADN por James D. Watson y Francis Crick en 1953, considerada como su fecha de nacimiento. Ello permitió entender las bases moleculares y celulares de los más complejos procesos biológicos. Al inicio de la década del 1970, facilitó el manejo del ADN de diferentes organismos a nivel celular para producir nuevos procesos y productos, base de la Ingeniería Genética contemporánea.

La *Segunda Revolución en la Biología* se admite universalmente como la revolución en el campo de la Genómica, en décadas más recientes. Por una parte, la Primera Revolución sentó las bases de la biología molecular, donde la molécula de ADN, soporte de la información biológica en interior de las células (“el hardware” de los procesos), ha permitido entender más profundamente la biología de los sistemas vivos y sus anomalías. Por otra parte, y de manera estrechamente ligado a lo anterior, en la 2^{da} Revolución se afirmaron las bases para entender y manipular los códigos de la transmisión de la información biológica (“el software celular”).

Las conquistas de las Ciencias de la Vida cubanas (Medicina, incluyendo la veterinaria, las ciencias agrícolas, las asociadas con la preservación y desarrollo del medio ambiente) y en particular de la Biotecnología, son consecuencias de la combinación adecuada y simultánea de varios factores:

la voluntad política del líder del proceso revolucionario cubano, las tradiciones de la biomedicina cubana, la existencia de una masa crítica de expertos comprometidos con ese gran proyecto y la ejecutoria efectiva y dinámica de destacados de líderes científicos; todo ello concomitante con la 1^{ra} y 2^{da} Revoluciones en la Biología. Se pudiera decir que la coincidencia de las revoluciones del conocimiento con el proceso de transformaciones sociales y la real existencia de voluntad política han sido factores de éxito de la Biotecnología.

La *Tercera Revolución en la Biología* consiste, en esencia y de manera sucinta, en la convergencia de las Ciencias de la Vida, con la Física, con las Ingenierías, la Computación y las Matemáticas [1–3].

La nueva contribución de la Física y demás ciencias básicas a las Ciencias de la Vida esta vez cobra un ritmo y una intensidad inconmensurablemente mayor de aquellas que ocurrieron a lo largo de la historia de la Medicina cuando se revolucionaron los métodos de diagnóstico y terapéutica a partir de los colosales descubrimientos de las ciencias Naturales primordialmente a finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX.

Esta convergencia no reside solo en trasladar herramientas y métodos de la Física, las Ingenierías, la Computación y las Matemáticas a la Biología, sino también, se presenta con nuevos enfoques y paradigmas. Se trata de una interrelación más profunda entre estas ciencias para abordar los complejos problemas de los sistemas biológicos de donde las ciencias convergentes con la Biología también salen favorecidas.

Simultáneamente con la Tercera Revolución en la Biología están ocurriendo otras que la catalizan. Una de ellas es la de las tecnologías cuánticas [4] con los relojes, computadoras

y sensores cuánticos para usos biomédicos incrementando en varios órdenes de magnitud la sensibilidad, la resolución y exactitud de las mediciones (en particular de las multiplicidades de imágenes biomédicas), como se ilustra en la Figura 1. Surgen nuevos métodos de modelación y simulación cuántica, de generación y transmisión de la energía, materiales con nuevas y sorprendentes características, entre otros elementos [4]. Estas otras revoluciones plantean nuevos desafíos a la enseñanza de la Física desde el punto de vista de la formación teórica y experimental; ambas deterioradas a grados preocupantes en nuestro país. Nos enfrentamos a una nueva visión de la interrelación de las Ciencias Básicas con las tecnologías y las ingenierías. Nos enfrentamos también a la visión clásica de las tecnologías en conjunción con aquellas nuevas visiones y paradigmas con enfoques cuánticos, moleculares, niveles micro, nano y sub nanométricos. Nos enfrentamos al reto de crear motivación hacia nuestra ciencia, en antagonismo al desenfrenado interés pragmático y simplista del mundo contemporáneo.



Figura 1. Línea hipotética del tiempo de las tecnologías cuánticas

Muchas de las regularidades y tendencias de esta acelerada inflexión en el desarrollo vienen gestándose desde hace unos pocos años atrás [1–3, 5]. Enunciemos solo algunos rasgos distintivos de las transformaciones científicas y tecnológicas que están en la base de esta 3^{ra} Revolución en la Biología:

- Impetuoso desarrollo de las tecnologías de la información. Aumento de las capacidades de almacenamiento y post procesamiento de grandes bases de datos.
- Diseño, síntesis, manejo a distancia de nano sistemas inteligentes. Micro fabricación de nuevas herramientas de ingeniería molecular a escalas nanométricas.
- Incremento de la sensibilidad, exactitud y resolución de los sistemas mediciones cuantitativas, permitiendo la visualización de los procesos a todas las escalas de la organización de la sustancia, lo que renueva el arsenal de métodos de imágenes existente y crea las plataformas para otros nuevos.
- Se han hecho más evidentes, cuantificables y transformables las relaciones entre las biomoléculas y las otras estructuras de los seres vivos. Los procesos fisiológicos son más expresables a través de cifras, fórmulas, algoritmos y modelos cuantitativos, que describen con más rigor los estados normales y patológicos de las biomoléculas, las células, los tejidos,

órganos y organismos. Nacen métodos más precisos para conocer en tiempo real la cantidad, movilidad, formas de interacción de las moléculas, los metabolitos y las células, que facilitan un diagnóstico y un actuar precoces a esos niveles, con una mayor eficacia terapéutica

- Convergencia, a nivel molecular e instrumental, de los métodos de diagnóstico y de terapéutica (Teranóstica), de evaluación y de modificación de los sistemas biológicos bajo estudio [5,6] (ver Figura 2).
- Nuevos materiales, Meta-materiales, y nano-materiales, con propiedades y características nunca antes esperadas. Manejo (diseño, modificación, estructuración, creación y producción) de micro fluidos y de sistemas de pocos átomos, moléculas, y células. Aparecen nuevos ingenios basados en mecanismos biológicos.
- Comprensión de la cinética de procesos complejos. Creación, manejo, simulación y modelación de nuevos sistemas complejos.
- Control dinámico de procesos tecnológicos a nivel molecular y celular, permitiendo la aparición de nuevos dispositivos que sustituyen, corrigen complementan funciones biológicas.

De todos y cada uno de los puntos arriba mencionados, y de otros omitidos, existen múltiples realizaciones concretas y exitosas que en el momento actual están pujando por cambiar los enfoques, los paradigmas, las posibilidades y modos de actuar en los sistemas de I+D y de salud en el campo de las Ciencias de la Vida.

La efectividad de ese proceso de convergencia característico de esta Tercera Revolución está determinado, en gran medida, por la efectividad de las interconexiones entre las universidades y los institutos de investigación para convertir rápidamente los nuevos descubrimientos en productos [1–3, 5]. Las nexos, la identificación de proyectos y oportunidades, las proporciones entre las investigaciones y los desarrollos básicos y aplicados, adquieren una trascendente connotación.

Sin embargo, el carácter transdisciplinario de esta reciente revolución y las estructuras tradicionales universitarias, plantean también a la Educación Superior retos de naturaleza organizativa para lograr visiones más allá de disciplinas concretas, y que el flujo de resultados se incremente de acuerdo con la dinámica del estado del arte mundial.

En ese contexto una fortaleza las Universidades cubanas; y de otras entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación; radica en que poseen un conjunto de centros y grupos de investigación con resultados de alto valor en los campos Física Teórica, de la Biofísica, la Bioingeniería, Física de los materiales, y en particular, en los Biomateriales, la Bioinformática, la Bio-matemática y los equipos médicos. Sin embargo, la existencia de una relativa dispersión de las líneas de investigación, no siempre coherentes con los propósitos de más largo alcance, que muchas veces responden a objetivos

de bajo o mediano impacto, limita la trascendencia de los resultados de investigación-desarrollo. Esos centros y colectivos expertos constituyen el núcleo para el diseño de una adecuada estrategia organizativa para gestar una convergencia más efectiva entre la Física y demás Ciencias Naturales, la Matemática, las Ingenierías y las Ciencias de la Vida, de acuerdo a las tendencias modernas.

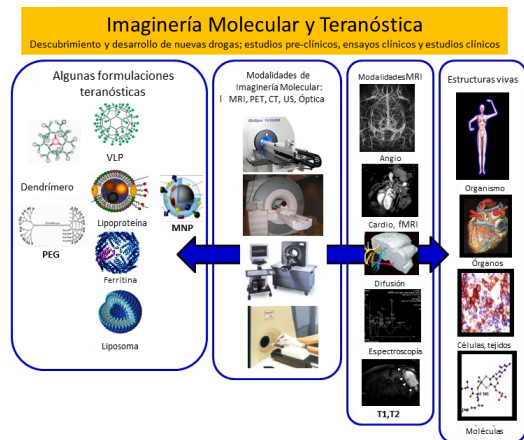


Figura 2. Ingeniería Molecular y Teranóstica.

A su vez, es imperioso también incrementar las inversiones que beneficien aquellas investigaciones y desarrollos (I+D) en las Ciencias de la Vida que fortalezcan conexiones cualitativamente superiores con las Ingenierías, la Física y demás Ciencias Naturales y Exactas. Esas inversiones no pueden regirse por los cánones clásicos ni en los conceptos, ni en cuantía, ni en ritmo.

Expertos aseveran [1–3] que esta Tercera Revolución implica avances inusuales no solo en la Biomedicina sino en la producción agrícola, las nuevas formas de energía, la sostenibilidad ambiental y la seguridad nacional.

Resulta así imprescindible ponderar, rápida y profundamente, los procesos que tienen lugar a consecuencia de estas revoluciones y diseñar un conjunto de acciones entre las que deberían de estar:

1. Evaluar y discutir científicamente en todas las instancias (proyectos, Consejos Científicos y de Dirección, la Academia de Ciencias de Cuba, etc.) las regularidades, las tendencias, y las oportunidades de la Tercera Revolución en la Biología, concretando planes de acción a corto, mediano y largo plazo. Incluir el tema en la vigilancia tecnológica, ampliando y compartiendo la información existente.
2. Fortalecer nexos reales, sistemáticos, cualitativos y cuantitativamente superiores entre las Universidades, BioCubaFarma y otras entidades de investigación científica y desarrollo en las esferas biológicas a partir de nuevos principios organizativos más dinámicos y efectivos.
3. Incrementar el monto del financiamiento dedicado a la I+D, incluyendo proyectos de carácter básico que converjan con los intereses de programas biológicos,

biotecnológicos, farmacéuticos y biomédicos cubanos. Disminuir los plazos de los sistemas de abastecimientos de la Ciencia, la Tecnología, la innovación, al menos en estos campos.

4. Modificar los planes de estudio, en pre y post grado, de las carreras de Física, las ingenierías, Matemática, Química, Biología y la Medicina para que la presencia de las ciencias básicas implicadas sean fortalecidas. A su vez, las materias biológicas optativas modernas deberán tener presencia en la formación de los físicos. En la carrera de Física es imperativo elevar la formación teórica y experimental con énfasis en Física Molecular, el diseño, la caracterización y obtención de nano-sistemas, énfasis en las tecnologías cuánticas, la electrónica cuántica y molecular, las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otros.
5. Desarrollar un sistema intenso y sistemático de divulgación de estos procesos en la comunidad científica, médica, escolar y masiva incrementando la motivación por las Ciencias Naturales y Exactas, las Ingenierías, y las carreras de perfil biológico.

Cuba posee condiciones para enfrentar este nuevo desafío. Tomar conciencia de estas oportunidades para la Física cubana es condición necesaria pero no suficiente. De no actuarse, o de hacerlo lenta y parcialmente, se perderá la oportunidad de participar en esta Tercera Revolución del conocimiento de las ciencias de la Vida y se disipará también el liderazgo relativo alcanzado en las esferas biotecnológica, farmacéutica y biomédica cubanas como consecuencia de la pérdida de valor agregado de los productos y, por consiguiente, de competitividad.

REFERENCIAS

- [1] Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life of Sciences, Physical Sciences, and Engineering and Beyond. The National Academic Press Washington DC, (2014) (<http://ciret-transdisciplinarity.org/quoideneuf/NSF-Report-on-TD.pdf>).
- [2] P. Sharp *et al.* (eds.) Convergence: The Future of Health. (MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2016).
- [3] P. A. Sharp *et al.* (eds.) The Third Revolution: The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and Engineering. (MIT press, Cambridge, Massachusetts 2011). (www.aplu.org/projects-and-initiatives/research-science-and-technology/hibar/resources/MITwhitepaper.pdf).
- [4] A. de Touzalin *et al.* Quantum Manifesto A New Era of Technology. European Commission (2016) (<https://time.tno.nl/media/7638/quantum-manifesto.pdf>).
- [5] C. Cabal, Rev. Cubana Salud Pública, 34, 1 (2008).
- [6] C. Cabal, D. Darias, E. González A. Musacchio, Biotecnol. Aplicada, 30, 172 (2013).