

# De frente a los retos de la Tercera Revolución de la Biología

Carlos Cabal-Mirabal

Grupo de Imágenes Moleculares, Sección de Química-Física, Dirección de Investigaciones Biomédicas  
Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, CIGB  
Ave. 31 entre 158 y 190, Cubanacán, Playa, CP 11600, La Habana, Cuba  
✉ carlos.cabal@cigb.edu.cu

## RESUMEN

En este artículo se propone un redimensionamiento en el abordaje de las investigaciones en el campo de las ciencias biológicas a escala nacional en Cuba, a tono con el reciente fenómeno de la convergencia tecnológica en el contexto internacional. Se introducen los enfoques concernientes a la Tercera Revolución de la Biología y las ventajas que pudieran traer sus desarrollos futuros. A su vez, se tocan aspectos relacionados con las fortalezas actuales del sistema de educación superior para las carreras de ciencias y del sistema de ciencias en Cuba, y los riesgos que significarían en detrimento del posible desarrollo científico del país en caso de no implementarse estrategias acertadas en esta dirección.

**Keywords:** Tercera Revolución de la Biología, convergencia tecnológica, educación superior, sistema de ciencias cubano, biotecnología

*Biotecnología Aplicada 2017;34:3401-3403*

ENFOQUE

## ABSTRACT

**Facing the challenges of the Third Revolution in Biology.** In this article, it is proposed to revise research approaches in the field of biological sciences in Cuba, according to the international trends of technological convergence. New views are debated concerning to the Third Revolution in Biology and advantages of its implementations. Fundamental aspects of the Cuban higher education system for scientific careers and for the functioning of the national scientific system are revisited, also debating on the risks that inadequate strategies would imply for the future of national scientific development.

**Palabras clave:** Third Revolution in Biology, technological convergence, higher education, Cuban scientific system, biotechnology

## Introducción

Para mantener la destacada posición que han adquirido la Biotecnología y la Medicina cubanas, nuestra ciencia deberá enfrentar un desafío adicional: insertarse en la Tercera Revolución en la Biología, en pleno desarrollo [1-6].

Como es bien conocido, la Primera Revolución en la Biología tuvo su momento crucial con el descubrimiento del 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 procesos biológicos más complejos, con la molécula de ADN como soporte de la información biológica y su aplicación al estudio y modificación de la biología de los sistemas vivos, y el análisis de sus anomalías. A inicios 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 y la Biotecnología contemporáneas.

La Segunda Revolución en la Biología se admite universalmente como la revolución en el campo de la Genómica, con énfasis a partir de la secuenciación del Genoma Humano en el año 2000. De una parte la Primera Revolución sentó las bases de la biología molecular, donde la molécula de ADN, soporte de la información biológica en el 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, en la Segunda Revolución se consolidaron las bases para entender y manipular los códigos de la transmisión de la información biológica ('el software celular') [2].

Las conquistas de las Ciencias de la Vida cubanas (fundamentalmente en la Medicina, e incluye a las ciencias veterinarias, las ciencias agrícolas, y las vinculadas con la preservación y desarrollo del medioambiente, y en particular de la Biotecnología), son consecuencia de la combinación adecuada y simultánea de varios factores: la voluntad política y visión del Líder de la Revolución cubana Fidel Castro Ruz, 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 líderes científicos; y todo ello concomitante con la Primera y Segunda Revoluciones en la Biología. La coincidencia de las revoluciones del conocimiento (carácter gnoseológico), con el proceso de transformaciones sociales y la real existencia de voluntad política han sido factores de éxito de la Biotecnología.

## La Tercera Revolución de la Biología

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].

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 el abordaje de los complejos problemas de los sistemas biológicos de donde las ciencias convergentes con la Biología también salen beneficiadas.

1. National Research Council. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington, DC: The National Academies Press; 2014.

2. MIT. Convergence: The Future of Health. Cambridge: MIT; 2016. Available from: <https://projectreporter.nih.gov/reporter.cfm>

3. MIT. The Third Revolution: The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and Engineering. Cambridge: MIT; 2011.

4. Quantum Manifesto A New Era of Technology.; 2016. Available from: [https://time.tno.nl/media/7638/quantum\\_manifesto.pdf](https://time.tno.nl/media/7638/quantum_manifesto.pdf)

5. Cabal C. Regularidades y tendencias de las tecnologías al servicio de la Medicina Moderna. *Revista Cubana Salud Públ.* 2008; 34(3):1-5.

6. Cabal C, Darias D., Gonzalez E, Musacchio A. The Theranostics and the molecular imaging. New concepts and technologies for the drug development. *Biotecnol Apl.* 2013; 30(3):172-7.

Al mismo tiempo, con la Tercera Revolución en la Biología están ocurriendo otras revoluciones tecnológicas, que la aceleran y complementan. Dentro de estas se pueden mencionar la revolución cuántica [4], la nanotecnología, y la de las tecnologías de la información, con lugares destacados para la ciencia intensiva en datos o Big Data, y la inteligencia artificial, con el llamado Aprendizaje Profundo o *Deep Learning*. Esto ha permitido el desarrollo de los relojes, computadoras y sensores cuánticos para usos biomédicos, lo que ha incrementado en varios órdenes de magnitud la sensibilidad, la resolución y la exactitud de las mediciones. Un ejemplo de ello es el incremento en la variedad y precisión de las imágenes biomédicas y de la materia viva. También han surgido nuevos métodos de modelación y simulación cuántica, de generación, transmisión y almacenamiento de la energía, materiales con nuevas y sorprendentes características [4], o incluso procesos que reproducen procesos naturales para la generación de combustibles o el aprovechamiento de fuentes renovables de energía.

Muchas de las regularidades y tendencias de esta acelerada inflexión en el desarrollo vienen gestándose desde hace apenas 10 años [1-3, 5]. Algunos rasgos distintivos de las transformaciones científicas y tecnológicas que conforman la Tercera Revolución en la Biología son:

- Impetuoso desarrollo de las tecnologías de la información. Aumento de las capacidades de almacenamiento, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información en bases de datos, tanto de información experimental como de sus metadatos.

- Diseño, síntesis y manejo a distancia de nanosistemas inteligentes. Fabricación de nuevas herramientas de ingeniería molecular a escala nanométrica.

- Incremento de la sensibilidad, exactitud y resolución de los sistemas de mediciones cuantitativas permitiendo la visualización de los procesos a todas las escalas de la organización de la materia, con una renovación del arsenal de métodos imagenológicos existentes y la creación de plataformas para otros nuevos.

- Convergencia a nivel molecular e instrumental de los métodos de diagnóstico y de terapéutica (Teranóstica), para la evaluación y la modificación de los sistemas biológicos [5, 6],

- Obtención y producción de nuevos materiales, metamateriales y nanomateriales, con propiedades y características compatibles con nuevas aplicaciones. Manejo (diseño, modificación, estructuración, creación y producción) de microfluidos y de sistemas de pocos átomos, moléculas o células.

- Comprensión de la cinética de procesos complejos y su integración para la (re)creación, manejo, simulación y modelación de nuevos sistemas complejos.

- Control dinámico de procesos tecnológicos a nivel molecular y celular, mediante la generación de nuevos dispositivos que sustituyen, corrigen o complementan funciones biológicas.

De todos y cada uno de los puntos mencionados, y de otros no abordados, existen múltiples realizaciones concretas y exitosas que en el momento actual pujan por cambiar los enfoques, los paradigmas, las posibilidades y los modos de actuar en los sistemas de investigación y desarrollo tecnológico (I + D) y de la salud en el área de las Ciencias de la Vida.

La efectividad de ese proceso de convergencia característico de esta Tercera Revolución en la Biología 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]. En este contexto, los nexos interinstitucionales y a nivel de comunidades científicas, la identificación de proyectos y oportunidades, el balance entre las investigaciones aplicadas y los desarrollos básicos, adquieren una connotación trascendental para la generación de bienes y servicios para toda la sociedad.

No obstante, el carácter transdisciplinar de esta reciente revolución y las estructuras tradicionales universitarias en Cuba, plantean también retos de naturaleza organizativa al Sistema de Educación Superior. Esto para lograr visiones más allá de disciplinas concretas y que el flujo de resultados se incremente acorde con las dinámicas mundiales más actuales y según los recursos disponibles.

En ese contexto una fortaleza de 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 de la Biofísica, la Bioingeniería, los Biomateriales, la Bioinformática, la Biomatemática y los equipos médicos. A pesar de ello, la existencia de una relativa dispersión de las líneas de investigación, no siempre coherentes con los propósitos de más largo alcance y que muchas veces responden a objetivos de bajo o mediano impacto, limita la trascendencia de los resultados de I + D. Los centros y colectivos de expertos se constituyen en el núcleo para el diseño de una adecuada estrategia organizativa para gestar una convergencia más efectiva entre las Ciencias Naturales, la Matemática, las Ingenierías y las Ciencias de la Vida, de acuerdo a las tendencias más modernas.

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

Entonces, ¿qué impacto se pudiera esperar a mediano y largo plazo en los sistemas de salud y la sociedad?

- Incremento sustancial de la efectividad de la accesibilidad a los sistemas de salud.

- Una medicina cada vez más personalizada, en la que el centro de atención se desplace del tratamiento a la prevención de forma más expedita. Con un diagnóstico continuo en tiempo real mediante micro y nano sensores inteligentes, conectados de manera remota para una acción preventiva más eficaz y dinámica.

- Un manejo de toda la información de salud mucho mayor y de forma más integral que se genera en el Sistema Nacional de Salud Pública y entre la actividad científica. De esa manera se establecerían las conexiones funcionales de causa y efecto entre todos los niveles de organización biológica desde el molecular y celular, hasta el de organismos, y de estos con el medioambiente; desde la información de laboratorio

de investigación o de laboratorio clínico con la vigilancia y el actuar epidemiológico.

- Mejor comprensión de las diferencias cuantitativas entre las condiciones normales y las anormales para el funcionamiento de los sistemas vivos a todos los niveles de organización (molécula-célula-tejido-órgano-organismo-entorno ambiental), con un enfoque sistémico.

- Mayor participación de los individuos sanos y pacientes en la toma de decisiones sobre los modos de comportamiento y terapéutica ante eventos adversos. Se dispondría de sujetos sanos y pacientes mejor informados y conectados con los sistemas de salud.

- Obtención y aplicación de nuevos compuestos, materiales y sustancias para incrementar el control dinámico y el tratamiento local de las enfermedades. Nuevos tratamientos médicos, mecanismos de liberación de fármacos a escala nanométrica, nuevas capacidades de modificar desórdenes genéticos. Disminución de los efectos tóxicos y secundarios de los tratamientos.

- Un sistema de producción agropecuaria y de seguridad agroalimentaria más sustentable y de menor costo.

- Mayor sistematicidad en el monitoreo ambiental a escala masiva de ecosistema, con una mejor comprensión de las dinámicas de los cultivos y los recursos biológicos y naturales.

- Mejores condiciones para la producción y mantenimiento de animales de granja, su protección ante la ocurrencia de epidemias, la adaptación a las condiciones climáticas y el aumento de los rendimientos productivos de manera sostenible.

- Generación y uso de nuevas fuentes de energía renovable, nuevos sistemas portadores de cargas energéticas y su uso racional, con generación de energía a escala micro y nanométrica.

- Aprovechamiento de residuos y remanentes productivos con carga contaminante, con vistas a su reciclaje, uso como fuentes de energía renovable y disminución de su carga contaminante para el medioambiente.

Expertos aseveran 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 [1-3], así como el estudio y la adaptación a las condiciones climáticas. La convergencia es un nuevo paradigma que producirá avances cardinales en un gran número de sectores de la sociedad.

Resulta así imprescindible ponderar, rápida y profundamente, los procesos que tienen lugar como consecuencia de estas revoluciones, y diseñar un conjunto de acciones. Entre estas últimas se pudieran incluir:

1. Evaluar y discutir científicamente y a todos los niveles del Sistema Nacional de Ciencias (proyectos, Consejos Científicos y de Dirección de las instituciones investigativas y de innovación, Sociedades

Científicas y Comités Académicos) las regularidades, las tendencias y las oportunidades que se derivan de la inserción en pleno como parte de la Tercera Revolución en la Biología. La concreción de planes de acción a corto, mediano y largo plazo, con un enfoque de sostenibilidad y soberanía tecnológica.

2. Fortalecer los nexos ya existentes de forma sistemática, tanto cualitativa como cuantitativamente, y generar otros nuevos entre las Universidades, y empresas vinculadas a la actividad investigativa (por ejemplo: BioCubaFarma) y las entidades vinculadas a las actividades de innovación, racionalización, y gestión del conocimiento a escala nacional, para su acción coordinada en el área temática de las ciencias biológicas y las ingenierías.

3. Incrementar la financiación dedicada a la I+D, mediante la inclusión de proyectos de carácter básico debidamente fundamentados, que favorezcan la inserción estratégica de plataformas tecnológicas de amplio alcance e implementación factible a mediano y corto plazo, y orientada al establecimiento de pruebas de concepto que deriven en proyectos estratégicos a largo plazo. Esto, a su vez, redundaría en un ciclo de financiación sostenible que haga converger a múltiples actores a nivel de la sociedad y logre el necesario encadenamiento productivo de los programas investigativos de las ciencias biológicas, la biotecnología, las ciencias farmacéuticas y la biomedicina.

4. Modificar los planes de estudio de pregrado y postgrado en las carreras de Física, Matemática, Química, Biología, las ingenierías y la Medicina, con vistas a fortalecer el enfoque multi y transdisciplinar requerido para introducirnos en el mencionado proceso de redimensionamiento tecnológico y científico.

5. Incrementar y sostener acciones de comunicación, divulgación y debate sobre estos temas a nivel de toda la sociedad cubana, partiendo desde la propia comunidad científica, en los ámbitos educativos y a escala de toda la sociedad.

De lo contrario, la falta de acción o la implementación lenta y parcial de estas estrategias puede comprometer la oportunidad que nos brinda esta tercera Revolución del conocimiento en las Ciencias de la Vida. Esto conllevaría a la pérdida del relativo liderazgo alcanzado en las esferas biotecnológica, farmacéutica y biomédica cubanas, con una caída en el valor agregado de los productos y servicios derivados de la actividad investigativa y su competitividad. Por lo tanto, el propósito es evitar que se sacrifique la independencia tecnológica y el desarrollo autónomo en estas esferas. Tenemos la oportunidad de enfrentar este nuevo desafío.

### **Declaración de conflictos de interés**

El autor declara la ausencia de conflictos de interés. Las ideas y opiniones aquí expresadas son puntos de vista personales y no deben ser consideradas como declaraciones oficiales ni institucionales.