



CARTAS AL EDITOR

## Transformando la enseñanza experimental de la Bioquímica y la Biología Molecular en la Universidad de La Habana. Breve reflexión y propuestas a propósito del Plan de Estudios E

*Transforming experimental teaching in Biochemistry and Molecular Biology at the Havana University. Brief reflexion and proposals about Studies Plan E*

**Carlos Álvarez Valcárcel<sup>1</sup> y  
Georgina Espinosa López**

Facultad de Biología, Universidad  
de La Habana

Autor para correspondencia:  
<sup>1</sup> [calvarez@fbio.uh.cu](mailto:calvarez@fbio.uh.cu)

Dicho de una manera sencilla, la Bioquímica y la Biología Molecular abordan el estudio de la vida desde una perspectiva molecular y desempeñan una función esencial en el avance de la biotecnología y la biomedicina. Estas ciencias brindan las bases moleculares para la comprensión del funcionamiento de los organismos vivos, su transformación biotecnológica, el diseño racional de fármacos y el desarrollo de nuevas herramientas para el diagnóstico y la terapéutica, por solo citar algunos ejemplos. Aún con los avances teóricos en la comprensión del funcionamiento molecular de los organismos vivos y el desarrollo de potentes herramientas de cómputo, que permiten combinar un sin número de datos para explicar -e incluso predecir- algunos comportamientos dentro de determinados límites, el carácter de estas ciencias sigue siendo eminentemente experimental. La complejidad de los fenómenos estudiados y las limitaciones del instrumental teórico a nuestro alcance así lo determinan.

La formación en Bioquímica, como una carrera de ciencias con cuerpo propio, en Cuba, data de finales de la década de los 60 cuando el mundo estaba inmerso en una revolución impresionante de la Biología Molecular. A inicios de los años 50, el desarrollo de la Bioquímica da a luz al nacimiento de la Biología Molecular. James Watson y Francis Crick publicaron la estructura de los ácidos nucleicos (Watson y Crick, 1953) y Sanger (Sanger y Tuppy, 1951) completaba la secuencia de la insulina. En esa época, se produce una explosión de datos y conocimientos que conducen a una comprensión más cabal de los fenómenos biológicos básicos; entre ellos, vale la pena destacar: la solución de las estructuras del DNA, la determinación de la estructura primaria de las proteínas y la postulación de un modelo paradigmático de las membranas biológicas (Singer y Nicolson, 1972). En esta etapa, la formación universitaria en bioquímica, en el mundo, es

**Recibido:** 2016-02-11

**Aceptado:** 2016-03-16

esencialmente académica y no existe apenas conciencia de la importancia del vínculo y entrenamiento fuera de las aulas y laboratorios universitarios (Wood, 2001).

La Universidad de La Habana, en su entonces escuela de Bioquímica Farmacéutica, asumió con espíritu de avanzada la formación de los primeros graduados de esta especialidad, a partir de un claustro formado esencialmente por químicos y farmacéuticos. Algunos de ellos con experiencia en tratar problemas concretos del país, otros, formados en universidades extranjeras; todos, con la preclara propuesta de ofrecer al futuro egresado una sólida formación en las ciencias básicas: Matemática, Física y Química, junto a las nuevas disciplinas propiamente bioquímicas que emergían y se consolidaban en el resto del mundo. La formación experimental siempre desempeñó una función protagónica en la actividad formativa. Muy pocas universidades en nuestro continente podían preciar-se, en esa década, de formar un graduado con un elevadísimo grado de especialización y en resonancia con las exigencias internacionales.

En el plano internacional, en los 70 -cada vez más diferentes universidades ofrecían estudios de Bioquímica y algunas instituciones universitarias comienzan a considerar como tiempo parcial del currículo el entrenamiento en la industria, es decir, fuera de las aulas universitarias, como parte de la formación profesional (Wood, 2001).

En Cuba, el claustro de la carrera de Bioquímica tomó muy en serio los principios de la Reforma Universitaria, que transformó a las universidades e introdujo la investigación científica como un componente clave de la vida institucional (Consejo Superior de Universidades, 1962). En este escenario, los planes de estudio fueron perfilándose hasta alcanzar un nivel científico que daba respuesta a las necesidades del momento y los preparaba para la revolución biotecnológica que experimentaría el país en los 80. A partir de aquí, con la incorporación al equipo de docentes de bioquímicos, biólogos y eventualmente profesionales de otros perfiles, la carrera se fue consolidando y constituyó cantera de la nueva etapa del desarrollo de la biotecnología en Cuba.

La formación se solidificó tanto en el orden teórico como experimental. En los 70, los estudiantes de la entonces carrera de licenciatura en Bioquímica realizaban laboratorios en asignaturas de formación bási-

ca que abarcaban desde la Física hasta las diversas áreas de la Química - General e Inorgánica, Análisis Químico Cuantitativo, Química Orgánica (I y II), Química Física, y -por supuesto- en todas las Bioquímicas que se cursaban entonces con énfasis en las principales biomoléculas y sus transformaciones metabólicas (Proteínas y Enzimas, Carbohidratos, Lípidos y Ácidos Nucleicos). Se complementaba, así, la formación teórico-experimental con asignaturas de corte más aplicado tales como la Bioquímica Nutricional, la Toxicología y la Bioquímica Clínica, áreas en las que una parte del claustro contaba con experiencia investigativa fuera de la academia.

La introducción del concepto de formación universitaria bajo el principio de la combinación de estudio-trabajo adicionó un componente importante en la formación científica, ética y laboral del futuro bioquímico. Con variantes que fueron moldeadas por las diferentes épocas, la práctica pre-profesional siempre estuvo presente en los estudiantes de esta carrera y a tono con la tendencia internacional. A partir de los 90 algunas instituciones académicas en el mundo reducen el tamaño de sus cursos de laboratorio debido a i. que la enseñanza se torna más modular (cursos cortos, concentrados), ii. el costo de los laboratorios docentes y iii. el crecimiento de los grupos de estudiantes; como solución legitiman el entrenamiento fuera de la academia en períodos de 9 meses a un año como parte del diseño curricular (Wood, 2001). Esta práctica es hoy parte de la malla curricular de varias universidades.

Atendiendo a estos antecedentes, la meta hoy de nuestro claustro debe ser mantener la formación experimental que demuestre conceptos básicos y desarrolle habilidades fundamentales en el laboratorio. Estas habilidades deben combinarse con la familiarización en tecnologías convencionales y de punta relacionadas con problemas reales del país, especialmente de la bioindustria o la biomedicina cubanas. Lo que pudiéramos llamar la enseñanza experimental de pregrado basada en proyectos.

El diseño del Plan C significó una profunda revisión de los objetivos que perseguía la formación del graduado en Bioquímica. En su concepción, motivados por la tendencia internacional y la concentración de esfuerzos, desaparecen los cursos de laboratorio asociados a una asignatura particular y con ello el cambio del concepto de que la práctica de laboratorio está conectada a la "comprensión o demostración experimental de un

contenido particular” y “el desarrollo o fortalecimiento de determinadas habilidades experimentales”. Aparecen entonces los cursos de Bioquímica Experimental I y II más orientados a la solución de problemas. Sin dudas, su desarrollo preveía el aprendizaje de técnicas y el ejercicio de habilidades profesionales. Estos cursos experimentaron ajustes atendiendo a las necesidades y condiciones de la Universidad, sobre todo en cuanto a la disponibilidad de recursos y el tamaño de los grupos de estudiantes. Para el desarrollo de este plan, las asignaturas -que hasta ese plan habían estado menos conectadas- se agruparon en disciplinas. Esto permitió la creación de las disciplinas: i. Bioquímica, con carácter integrador y con una función central en la formación del futuro especialista, ii. Biología Molecular y Celular, que agrupó un conjunto importante de asignaturas que abordaban conocimientos emergentes, iii. Bioquímica Especializada en la que se logró un importante trabajo de integración y se incluyó la disciplina iv. Biotecnología. Esta última agrupó asignaturas como Ingeniería de Proteínas, Ingeniería Celular, Ingeniería Genética e Ingeniería Bioquímica a tono con el desarrollo acelerado de la industria biotecnológica del país.

El Plan D reforzó el componente básico y metodológico de la carrera. Esto último, sobre todo, con la inclusión de dos nuevas asignaturas de corte experimental: Técnicas de Análisis Bioquímico y Métodos de Trabajo con Biomoléculas (MTB). En tanto la primera estaría más orientada al aprendizaje de técnicas básicas tales como la centrifugación, espectroscopía UV/Vis, técnicas cromatográficas, electroforesis en sus diferentes variantes y el empleo de radioisótopos en Bioquímica y Biología Molecular, la segunda está más enfocada a las estrategias para el aislamiento, la purificación y la caracterización físico-química de las principales familias de biomoléculas. Los ejercicios experimentales a pesar del interés y el diseño curricular realizado quedaron desde sus inicios por debajo del vuelo conceptual de las respectivas asignaturas y se fueron reduciendo y ajustando más al concepto de una clase práctica que la de un laboratorio. Además de las actividades de laboratorio que se concibieron inicialmente, en MTB los estudiantes despliegan un trabajo teórico que comienza con una biomolécula, un péptido o una proteína y al final del curso deben proponer una fuente para su obtención, los métodos para su aislamiento, purificación y caracterización molecular.

Sin dudas, los egresados de la carrera de Bioquímica y Biología Molecular tienen, hasta hoy, una sólida

formación teórica y práctica que les ha permitido desarrollarse exitosamente en los más disímiles escenarios laborales, en Cuba y en el extranjero. Ello es una evidencia de la robustez del Plan de Estudios. No obstante, en la actualidad, la precaria situación de la infraestructura y la situación del personal ponen en peligro la continuidad de estos resultados.

Por ello, el gran reto de la nueva formulación de los planes de estudios, en su variante E y en particular en lo relativo a la formación experimental en la carrera de Bioquímica y Biología Molecular, es lograr el mejoramiento de la capacidad analítica de los graduados y estimular su capacidad innovadora, con vistas al futuro, independientemente de las limitaciones materiales de la Universidad. Esta formación experimental estaría más desplazada a centros de investigación-producción, pero bajo la tutela metodológica del claustro. Lograr una formación experimental de alto nivel y que propicie el carácter innovador del aprendizaje requiere de parte del sistema educacional: i. Retos reales y por tanto constituidos en verdaderas motivaciones para el estudiante, ii. Un claustro altamente preparado y iii. La instrumentación y el soporte material necesarios.

Los retos. Los retos más motivantes son los que tributan a problemas concretos como los que enfrentan los centros de la gran industria biotecnológica cubana u otros empleadores de los bioquímicos-biólogos moleculares. La Universidad, en sus proyectos vinculados a problemas de trascendencia nacional e internacional, puede ser también fuente de estos retos.

El claustro. En un corto plazo se prevé un claustro con menor capacidad para enfrentar las exigencias de la carrera si continúa la tendencia a la disminución observada en los últimos años. Entre otras causas, esta tendencia es debida a que una buena parte de sus profesores-núcleo se acerca a la edad de jubilación y a la salida del sistema de Educación Superior de jóvenes graduados que contribuyen significativamente a la docencia, algunos titulados con una maestría o el grado de doctor, por lo cual no se cuenta con un remplazo efectivo del claustro. Ha sido tradicionalmente sobre estos jóvenes en los que ha descansado la ejecutoria y el desarrollo de seminarios, clases prácticas y laboratorios en nuestra carrera. Esta dinámica está condicionada, básicamente, por la búsqueda de otros horizontes que les permitan satisfacer sus necesidades vitales y mejores condiciones laborales

La instrumentación y el soporte material necesarios. A pesar de los esfuerzos realizados por el Ministerio de Educación Superior en los últimos años por actualizar el parque instrumental, los reactivos y el arreglo de los laboratorios docentes, sus resultados no han redundado en una mejoría significativa en la capacidad de impartir laboratorios docentes en la carrera. El alto costo del equipamiento, la ausencia de un presupuesto anual que la propia carrera pueda manejar, la limitación del mercado en el cual adquirir instrumentación, reactivos, y gastables, la ausencia de mantenimiento especializado, y la propia complejidad de la carrera hacen casi inviable la realización de laboratorios que respondan a la necesidad formativa del licenciado en Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad. Hoy, no podríamos reproducir los cursos de laboratorio que realizábamos años atrás y no solo porque los recursos no estén sino por la incapacidad de los mecanismos administrativos para dar una respuesta sostenida a las necesidades de estos estudios. Esto no es solo un problema local, de hecho, Wood (2001) señalaba cómo había evolucionado la enseñanza de la bioquímica en un período de 50 años, y cito "Many universities run fewer practical classes, owing to the constraints of modular courses and increasing costs as class sizes rise". Teniendo en cuenta estos antecedentes nos parece una propuesta interesante a considerar en el Plan de Estudios E desplazar, aún más, la formación experimental de los estudiantes de Bioquímica y Biología Molecular extramuros.

Posibles variantes para ello pudieran ser:

-Diseñar los contenidos experimentales básicos en asignaturas experimentales que se desarrollarían en centros de investigación-producción incluyendo la propia universidad. Se visualizan como cursos cortos organizados en forma de pequeños módulos, con horas en los laboratorios de los centros donde serían recibidos en laboratorios de alta especialización. Su diseño permitiría la adquisición de un rango de habilidades comunes a los laboratorios de bioquímica y biología molecular. Este tipo de curso estaría más concentrado en los primeros años de la carrera.

-Tiempo integrado a proyectos del Centro en el que los estudiantes desarrollen su práctica pre-profesional. Se visualiza al estudiante con una permanencia mayor en los centros. Estaría basado en un plan que ofrecería la oportunidad de insertarse en un verdadero proyecto. Algo que otros autores han llamado: Aprendizaje activo de laboratorio a través de una experiencia de investiga-

ción durante el pregrado (Active Learning Laboratory Undergraduate Research Experience, Rowland et al, 2011). El estudiante estaría insertado en un grupo de investigación con un tutor. En esta práctica pre-profesional se reforzaría tanto las habilidades básicas del laboratorio como la profundización teórica y experimental necesaria para integrarse al proyecto. Culmina con la rendición de un trabajo escrito y su defensa oral frente a un tribunal mixto: centro-UH. La Universidad de común acuerdo con los centros y sus posibilidades definiría las operaciones básicas que deben realizar los estudiantes en el centro. Aspiramos a que los investigadores sean categorizados como docentes y se les considerará parte del claustro de la Universidad.

Finalmente este plan de 4 años, requiere una articulación perfecta con el postgrado, la maestría en Bioquímica y algunas de sus centros, cuando existan, pudieran garantizar esta premisa.

Comentarios finales. Las propuestas que adelantamos en estas reflexiones son algunas de las posibles soluciones que se visualizan para atemperar el Plan de Estudios E a las circunstancias actuales y dar continuidad a los esfuerzos y resultados de más de cuatro décadas formando bioquímicos en la Universidad de La Habana. Estas proposiciones han tenido una acogida positiva en los intercambios informales y más o menos formales que hemos tenido con centros claves de la industria biotecnológica cubana. Esperemos que funcionen como garantía de futuro para Cuba y su desarrollo en áreas de la Bioquímica, la Biología Molecular y la Biotecnología.

#### LITERATURA CITADA

- Consejo Superior de Universidades: «La Reforma de la Enseñanza Superior en Cuba», Colección Documentos, 1962.
- Documento normativo del Plan de Estudios D para la Carrera de Licenciatura en Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de La Habana, Ministerio de Educación Superior, 2007.
- Rowland S.L., G.A. Lawrie, J.B.Y.H. Behrendorff, E.M.J. Gillam (2012): Is the undergraduate research experience always best?. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40(1): 46–62.
- Sanger F.; h. Tuppy (1951): The amino-acid sequence of the phenylalanyl chain of insulin. *Biochem. J.* 49, 463–490.
- Singer, S.; G. L. Nicolson (1972): The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. *Science*, 175: 720-731
- Wood, EJ (2001). Biochemistry and molecular biology teaching over the past 50 years. *Nature Reviews | Molecular Cell Biology*, 2, 217-221.
- Watson, J.D., F.C. Crick (1953): Molecular structure of nucleic acids. *Nature* 171, 737–738.