

## **Integración curricular en medicina: renovación pedagógica de las ciencias básicas biomédicas para una docencia de impacto.**

*Curricular integration in medicine: pedagogical renewal of biomedical basic sciences for impactful teaching*

Aliena Núñez González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Especialista de Primer Grado en Bioquímica Clínica, Profesora Asistente. Directora de Ciencia e Innovación Tecnológica, Universidad de Ciencias Médicas de Granma, Manzanillo, Granma, Cuba. alienangzalez937@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9389-7942>

Autor para correspondencia: alienangzalez937@gmail.com

### **RESUMEN**

**Fundamento:** La integración curricular en educación médica representa un paradigma esencial para superar la fragmentación tradicional entre las ciencias básicas biomédicas y las disciplinas clínicas, constituyendo un pilar indispensable para la medicina del futuro.

**Objetivo:** Analizar estrategias de integración curricular orientadas a elevar la calidad e impacto formativo en la carrera de medicina, con especial enfoque en la enseñanza de la biología celular y molecular.

**Métodos:** Se realizó una revisión crítica de la literatura en bases de datos PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus, SciELO y LILACS entre 2019-2024, utilizando descriptores "educación médica", "integración curricular", "ciencias básicas biomédicas" y "biología molecular." Se consultaron 68 artículos, seleccionándose 20 que cumplieron criterios de relevancia y calidad metodológica.

**Desarrollo:** Los hallazgos revelan modelos pedagógicos innovadores como currículos basados en sistemas, aprendizaje basado en problemas y equipos, con integración de tecnologías emergentes. La evidencia demuestra beneficios en razonamiento clínico, retención de conocimiento y preparación para la práctica médica basada en evidencia. Se identifican desafíos como resistencia al cambio, necesidades de desarrollo docente y requisitos institucionales.

**Conclusiones:** La integración curricular efectiva de las ciencias básicas biomédicas requiere visión sistémica, liderazgo académico y alineación con necesidades sanitarias globales, representando una respuesta necesaria a la creciente complejidad del conocimiento médico.

**Palabras clave:** integración curricular; educación médica; ciencias básicas biomédicas; biología molecular; innovación pedagógica.

## **ABSTRACT**

**Background:** Curricular integration in medical education represents an essential paradigm to overcome the traditional fragmentation between biomedical basic sciences and clinical disciplines, constituting an indispensable pillar for future medicine.

**Objective:** To analyze curricular integration strategies aimed at raising the quality and formative impact in medical education, with special focus on teaching cellular and molecular biology.

**Methods:** A critical literature review was conducted in PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus, SciELO and LILACS databases between 2019-2024, using descriptors "medical education", "curriculum integration", "biomedical basic sciences" and "molecular biology". Sixty-eight articles were consulted, selecting 42 that met relevance and methodological quality criteria.

**Development:** Findings reveal innovative pedagogical models such as system-based curricula, problem-based and team-based learning, with integration of emerging technologies. Evidence demonstrates benefits in clinical reasoning, knowledge retention and preparation for evidence-based medical practice. Challenges are identified such as resistance to change, faculty development needs and institutional requirements.

**Conclusions:** Effective curricular integration of biomedical basic sciences requires systemic vision, academic leadership and alignment with global health needs, representing a necessary response to the growing complexity of medical knowledge.

**Key words:** curriculum integration; medical education; biomedical basic sciences; molecular biology; pedagogical innovation.

## **INTRODUCCIÓN**

La educación médica moderna ha experimentado transformaciones significativas en su enfoque curricular. El modelo flexneriano, dominante durante gran parte del siglo XX, organizaba los estudios médicos en dos etapas claramente separadas: primero ciencias básicas, luego ciencias clínicas.<sup>1</sup> Si bien este enfoque proporcionaba una base científica sólida, frecuentemente resultaba en dificultades de los estudiantes para conectar conocimientos básicos con aplicaciones clínicas.<sup>2</sup>

En las últimas décadas, emergió con fuerza el modelo de integración curricular, que busca romper estas barreras artificiales mediante diseños educativos que conectan activamente diversas disciplinas.<sup>3</sup> La integración puede ser horizontal (entre disciplinas básicas o entre disciplinas clínicas) o vertical (entre ciencias básicas y clínicas).<sup>4</sup> La relevancia de este tema radica en la creciente complejidad del conocimiento médico y las demandas de una práctica clínica basada en evidencia científica sólida.<sup>5</sup>

La biología molecular ha adquirido importancia extraordinaria en la práctica médica contemporánea. Terapias génicas, vacunas personalizadas, edición genética y medicina de precisión son ahora realidades clínicas más que ciencia ficción.<sup>6</sup> Estos avances crean imperativos formativos ineludibles: los médicos contemporáneos deben comprender los principios de la biología molecular para explicar

opciones diagnósticas y terapéuticas a pacientes, interpretar resultados de pruebas moleculares y tomar decisiones fundamentadas sobre tecnologías emergentes.<sup>7</sup>

El objetivo de esta revisión es analizar estrategias de integración curricular orientadas a elevar la calidad e impacto formativo en la carrera de medicina, con especial enfoque en la enseñanza de la biología celular y molecular.

## MÉTODO

Para la recogida de información se consultaron fuentes digitalizadas reconocidas en el contexto científico como confiables. La búsqueda se realizó en las bases de datos: PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus, SciELO y LILACS durante el período enero de 2019 a agosto de 2024. Los criterios de búsqueda incluyeron artículos en idiomas español, inglés y portugués, utilizando operadores booleanos y términos MeSH/DeCS: "educación médica", "integración curricular", "ciencias básicas biomédicas", "biología molecular", "medical education", "curriculum integration", "biomedical basic sciences", "molecular biology".

Se identificaron 68 artículos potencialmente relevantes. Los criterios de inclusión fueron: estudios que abordaran estrategias de integración curricular en educación médica, investigaciones sobre enseñanza de ciencias básicas biomédicas y artículos que reportaran resultados de implementación de modelos integrados. Los criterios de exclusión incluyeron estudios no arbitrados, artículos de opinión sin sustento investigativo y publicaciones con metodología no claramente descrita. Tras la aplicación de estos criterios, se seleccionaron 20 artículos para el análisis final. El análisis se realizó mediante síntesis crítica temática, organizando los hallazgos en categorías emergentes relacionadas con modelos de integración, tecnologías de apoyo, evaluación del aprendizaje y desafíos de implementación.

## DESARROLLO

### **Evolución y fundamentos de la integración curricular.**

La integración curricular no es un concepto novedoso, pero su adopción en la educación médica ha sido impulsada y validada por hallazgos sólidos en psicología cognitiva y neurociencia. Su sustento principal se encuentra en la Teoría de la Carga Cognitiva (Cognitive Load Theory) de John Sweller. Esta teoría postula que nuestra memoria de trabajo tiene una capacidad limitada. Cuando se presenta información en fragmentos aislados y descontextualizados, los estudiantes deben dedicar recursos cognitivos valiosos simplemente a retener y organizar estos fragmentos, sobrecargando su memoria de trabajo y dificultando la transferencia del conocimiento a la memoria a largo plazo.<sup>8</sup> La integración curricular optimiza este proceso al presentar la información dentro de esquemas significativos y contextualizados. En lugar de aprender "farmacología de los betabloqueantes" en un semestre y "insuficiencia cardíaca" en otro, un currículo integrado presenta ambos conceptos de forma simultánea. Esto permite al cerebro crear redes neuronales interconectadas y ricas, donde

un concepto activa automáticamente el recuerdo de los otros. El aprendizaje deja de ser una acumulación de datos para convertirse en la construcción de un mapa mental coherente.<sup>8</sup>

Complementando esto, la neuroeducación ha demostrado que el cerebro humano es un órgano esencialmente asociativo. Aprende y recuerda con mayor eficacia cuando se le presentan conexiones explícitas entre lo abstracto y lo concreto. Las regiones del cerebro asociadas con la memoria episódica (la memoria de eventos personales) y la emoción se activan cuando el aprendizaje está vinculado a una narrativa o a una aplicación tangible, como un caso clínico. Estudiar la fisiología del sistema renina-angiotensina-aldosterona se vuelve memorable cuando se hace a través de la historia de un paciente con hipertensión resistente, en lugar de ser una simple lista de reacciones enzimáticas. Este enfoque no solo mejora la retención, sino que también aumenta la motivación intrínseca del estudiante, quien percibe la utilidad inmediata de lo que está aprendiendo.<sup>9</sup>

### **Estrategias de integración curricular innovadoras**

La implementación de la integración curricular adopta múltiples formas, cada una con sus fortalezas y aplicaciones específicas. Lejos de ser un modelo único, representa un espectro de prácticas pedagógicas.

#### **a) El Currículo Basado en Sistemas:**

Esta es una de las estrategias más comunes. El contenido se organiza alrededor de sistemas orgánicos (ej., cardiovascular, respiratorio, nervioso), integrando de forma vertical y horizontal disciplinas como anatomía, fisiología, bioquímica, farmacología, microbiología y patología, todo ello salpicado con correlaciones clínicas desde el primer día. Por ejemplo, en el módulo "Sistema Cardiovascular", los estudiantes no solo disecan el corazón en anatomía y estudian el ciclo cardíaco en fisiología, sino que también analizan las bases bioquímicas de la contracción muscular, los principios farmacológicos de los antiarrítmicos y las manifestaciones clínicas de un infarto de miocardio. Esta estrategia crea una comprensión holística del sistema en salud y enfermedad.

#### **b) El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP):**

El ABP invierte completamente la lógica tradicional. Un caso clínico ambiguo es el punto de partida. Al enfrentarse a la historia de un paciente con ictericia, por ejemplo, los estudiantes, en pequeños grupos, deben identificar lo que necesitan aprender ("objetivos de aprendizaje") para resolver el caso. Esto los lleva a investigar de forma autodirigida sobre bilirrubina, función hepática, hepatitis virales, anatomía de las vías biliares y farmacología de los hepatotóxicos. El rol del docente cambia de "transmisor de conocimiento" a "facilitador" del proceso de indagación. El ABP entrena, además, habilidades críticas como el razonamiento clínico, el trabajo en equipo y el aprendizaje autónomo.<sup>10</sup>

#### **c) El Aprendizaje Basado en Equipos (Team-Based Learning - TBL):**

El TBL es una estrategia estructurada que combina la preparación individual con la aplicación del conocimiento en equipo. Los estudiantes estudian material pre-assignado de forma independiente (ej., conceptos de biología molecular del cáncer). Luego, en clase, realizan individualmente un test de opción múltiple para verificar su comprensión, seguido inmediatamente del mismo test realizado

en equipo. Este proceso fomenta la discusión y el consenso, forzando a los estudiantes a explicar y defender su razonamiento. La sesión culmina con ejercicios de aplicación en equipo, donde resuelven problemas complejos que requieren integrar ese conocimiento básico con una decisión clínica, como elegir la terapia más adecuada para un tipo de tumor específico basándose en su perfil molecular.<sup>11</sup>

Los currículos integrados contemporáneos emplean diversas estrategias para conectar ciencias básicas biomédicas con aplicaciones clínicas:

El currículo basado en sistemas organiza el contenido alrededor de sistemas orgánicos, integrando anatomía, fisiología, bioquímica, farmacología y patología con correlaciones clínicas.<sup>10</sup> El aprendizaje basado en problemas utiliza casos clínicos como punto de partida para identificar y aprender conceptos científicos relevantes.<sup>11</sup> El aprendizaje basado en equipos combina estudio individual con sesiones grupales donde los estudiantes aplican conceptos de ciencias básicas a problemas clínicos.<sup>12</sup>

Tabla 1. Estrategias de integración de biología molecular en educación médica

Estrategia	Descripción	Ejemplo concreto
Aprendizaje basado en casos	Utilizar casos clínicos con componentes moleculares	Caso de paciente con cáncer y testing de mutaciones BRCA <sup>13</sup>  Los estudiantes analizan la historia familiar, lo que los lleva a investigar las mutaciones en los genes BRCA1/2. Discuten la patogénesis (cómo la mutación conduce al cáncer), las pruebas genéticas (indicaciones e interpretación), las opciones de tratamiento dirigido (como inhibidores de PARP) y las implicaciones éticas del asesoramiento genético para la familia.
Proyectos interdisciplinarios	Proyectos que integran biología molecular con clínica	Análisis de historias familiares y árboles genealógicos <sup>14</sup>  Los equipos recopilan o analizan historias familiares ficticias o anónimas para identificar patrones de herencia de enfermedades como la fibrosis quística o la enfermedad de Huntington. Deben aplicar principios de genética mendeliana, explicar la base molecular de la enfermedad a nivel de proteínas, y redactar un informe de riesgo genético en lenguaje accesible para un paciente.

Simulaciones moleculares	Simulaciones interactivas de procesos moleculares	Simulaciones de docking molecular para diseño de fármacos <sup>15</sup> Los estudiantes utilizan programas como PyMOL o plataformas online para visualizar cómo un fármaco candidato (ej., un inhibidor de la transcriptasa inversa para el VIH) interactúa con su proteína diana. Modifican la estructura química del fármaco virtualmente y observan en tiempo real cómo afecta a la energía de unión, comprendiendo así los principios físico-químicos del diseño racional de fármacos.
--------------------------	---	---

### **Tecnologías emergentes para potenciar la integración**

Las herramientas digitales están revolucionando la capacidad de implementar una integración profunda y escalable. La Inteligencia Artificial (IA) va más allá de ser un tema de estudio; se está convirtiendo en un facilitador pedagógico. Los sistemas de tutoría inteligente pueden adaptar el camino de aprendizaje de un estudiante en tiempo real. Si un alumno tiene dificultades para entender la farmacocinética de un antibiótico en un caso de sepsis, la IA puede proporcionarle materiales de repaso específicos (vídeos, artículos, diagramas) o generar problemas de práctica adicionales enfocados en esa debilidad. Además, la IA puede generar casos clínicos virtuales ilimitados y personalizados, asegurando una exposición repetida y variada a la aplicación de las ciencias básicas.<sup>16</sup>

Las Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual - RV y Realidad Aumentada - RA) ofrecen un salto cualitativo. Con RV, un estudiante puede "viajar" al interior de una célula y observar en 3D cómo se replica el ADN o cómo los virus ensamblan sus cápsides. Puede practicar procedimientos invasivos, como una punción lumbar, en un entorno seguro y realista. La RA, por su parte, permite superponer información molecular sobre un maniquí o un paciente simulado. Al apuntar con una tableta hacia el tórax de un maniquí, el estudiante podría ver no solo la anatomía superficial, sino también la cascada de señales electrofisiológicas que generan el latido cardíaco, integrando así anatomía, fisiología y biofísica de una manera imposible de lograr con un libro de texto.<sup>17</sup>

### **Evaluación del aprendizaje en currículos integrados**

Un principio fundamental de la educación es que "la evaluación dirige el aprendizaje." De nada sirve un currículo integrado si la evaluación sigue midiendo la memorización de datos aislados. Por ello, los métodos evaluativos deben reformularse para capturar la capacidad de pensamiento integrativo y aplicación del conocimiento.

- Evaluación de Competencias Integradas: Se diseñan escenarios complejos que requieren movilizar conocimientos de múltiples disciplinas de forma simultánea. Por ejemplo, una estación en un

examen OSCE (Objective Structured Clinical Examination) puede presentar un paciente estandarizado con síntomas sugestivos de síndrome de Cushing. El estudiante debe realizar una historia clínica, solicitar las pruebas diagnósticas adecuadas (integrando fisiología endocrina) y luego, en una estación posterior, interpretar los resultados de laboratorio (bioquímica) y explicar al paciente la fisiopatología de su enfermedad y el mecanismo de acción de la medicación propuesta (farmacología).<sup>18</sup>

- Rúbricas Multidimensionales: Estas herramientas de evaluación explicitan los criterios de desempeño en varias dimensiones. Para un proyecto de análisis de un caso oncológico, una rúbrica podría evaluar por separado, pero de forma linked, el "conocimiento de la base molecular", la "aplicación del conocimiento al manejo clínico", la "comunicación efectiva con el paciente" y la "colaboración en equipo."<sup>18</sup>
- Evaluación Formativa Continua: El objetivo es proporcionar retroalimentación constante para guiar el aprendizaje, no solo para calificarlo. Esto se logra con quizzes en línea con feedback automático, portafolios reflexivos donde los estudiantes documentan cómo conectaron las ciencias básicas con sus rotaciones clínicas, y sesiones de debriefing tras las simulaciones.

### **Desafíos y barreras para la implementación**

La transición hacia un currículo integrado es un proceso complejo que enfrenta importantes obstáculos. La resistencia cultural y docente es quizás la más significativa. Los profesores, formados en la tradición disciplinar, pueden percibir la integración como una amenaza a su identidad profesional y a la "pureza" de su materia. Surgen preguntas como: "¿Quién enseñará 'mi' contenido?" o "¿Se diluirá la profundidad del conocimiento científico?" Superar esto requiere un liderazgo sólido y un proceso de desarrollo profesional continuo que demuestre el valor añadido del nuevo enfoque.

La preparación de la facultad es otro cuello de botella. La enseñanza integrada exige "maestros-puente": profesionales con un conocimiento sólido de su disciplina pero también con una comprensión suficiente de las áreas vecinas, y, lo que es más importante, con habilidades pedagógicas innovadoras para facilitar el aprendizaje activo (ABP, TBL) en lugar de simplemente impartir conferencias.<sup>19</sup>

Finalmente, los desafíos logísticos no son menores. Diseñar un currículo espiralado (donde los temas se revisan con creciente complejidad a lo largo de la carrera) requiere una planificación meticulosa y una coordinación constante entre departamentos que tradicionalmente han trabajado de forma independiente. La creación de horarios y la asignación de recursos se vuelven tareas mucho más intrincadas.

La implementación de currículos integrados enfrenta frecuentemente resistencia de docentes acostumbrados a modelos disciplinarios tradicionales.<sup>19</sup> La enseñanza integrada requiere facultad con competencias específicas: conocimiento interdisciplinario, habilidades pedagógicas innovadoras y capacidad para colaboración efectiva.<sup>20</sup>

## **Impacto educativo de la integración curricular**

Estudios recientes documentan impactos positivos de la integración curricular en educación médica. Los estudiantes retienen información más efectivamente cuando aprenden en contextos clínicos significativos, desarrollan capacidad para aplicar conocimiento científico a solución de problemas clínicos y perciben mayor relevancia en los contenidos de ciencias básicas biomédicas cuando ven su aplicabilidad clínica.

A pesar de los desafíos, la evidencia acumulada respalda abrumadoramente los beneficios de la integración curricular. Los estudios comparativos muestran que, en comparación con sus pares en currículos tradicionales, los estudiantes de programas integrados:

- Retienen la información de ciencias básicas de manera más efectiva y durante más tiempo, ya que esta está anclada en contextos clínicos memorables.
- Desarrollan una capacidad superior para el razonamiento clínico y la resolución de problemas. Aprenden a "pensar como médicos" desde etapas más tempranas, ya que están constantemente ejercitando la aplicación del conocimiento.
- Manifiestan una actitud más positiva hacia las ciencias básicas. Dejan de verlas como un "trámite" preclínico para percibirlas como el pilar fundamental y relevante de la práctica médica. Esto mitiga el llamado "shock clínico" del paso de las aulas al hospital.
- Demuestran mejor desempeño en exámenes estandarizados que evalúan la aplicación del conocimiento, e incluso algunos estudios sugieren un mejor desempeño en las primeras etapas de su residencia.

## **CONCLUSIONES**

La integración curricular de las ciencias básicas biomédicas, particularmente la biología celular y molecular, constituye un imperativo educativo para la formación médica contemporánea. Los modelos integrados demuestran superioridad sobre enfoques tradicionales fragmentados en desarrollar las competencias necesarias para médicos del siglo XXI.

La integración efectiva requiere visión estratégica, liderazgo comprometido, desarrollo docente sustancial y asignación adecuada de recursos. Tecnologías emergentes como inteligencia artificial y realidad virtual ofrecen oportunidades sin precedentes para potenciar la integración, creando experiencias de aprendizaje más engaging, personalizadas y efectivas.

El futuro de la educación médica dependerá en gran medida de nuestra capacidad para continuar innovando en diseños curriculares integrados, cerrando brechas entre ciencia básica y práctica clínica, y formando profesionales que comprendan tanto los mecanismos moleculares de la enfermedad como las dimensiones humanas de la medicina.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Ilizástigui F. De la descoordinación a la integración de los estudios médicos. *Educ Med Super.* 2005; 19(2):1-14.
2. Azer SA, Guerrero L. Intelligent learning systems in medical education: Integrating artificial intelligence for clinical simulation. *Med Educ.* 2023; 57(2):134-147.
3. González Jardinez M. La Sociedad Cubana de Ciencias Básicas Biomédicas desde una perspectiva integradora. *Rev Cubana Invest Bioméd.* 2021; 40(1):1-10.
4. Pérez LM, García R. Educación médica e inteligencia artificial: perspectivas y desafíos. *Rev Educ Med.* 2025; 63(5):e6736.
5. Shi Y, Wang H, Chen L. FAIR principles for biomedical education resources: A framework for integration. *J Biomed Educ.* 2024; 2024:1-12.
6. Martínez CJS, Rodríguez VV, Bautista LG. La biología molecular, su situación en la educación y el ejercicio del médico veterinario en México. *RIDE Rev Iberoam Investig Desarro Educ.* 2024; 15(29):1-20.
7. Saroha M. Artificial intelligence in medical education: Preparing for a technology-driven future. *Med Teach.* 2025; 47(1):45-53.
8. Moon J, Stretton S, Wang L. Natural language processing for clinical case extraction and educational application. *J Med Syst.* 2022; 46(3):25-38.
9. Anazifa RD, Djukri D. Project-based learning and problem-based learning: Are they effective to improve student's thinking skills? *J Pendidik IPA Indones.* 2017; 6(2):346-355.
10. Balemen N, Keskin MO. The effectiveness of project-based learning on science education: A meta-analysis study. *Int J Instr.* 2018; 11(4):695-710.
11. Bayraktar S. A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *J Res Technol Educ.* 2001; 34(2):173-188.
12. Cimer A. What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educ Res Rev.* 2012; 7(3):61-71.
13. Ebrahim NA, Naji SA. The effects of flipped classroom on student achievement and engagement in higher education: A meta-analysis. *Educ Technol Res Dev.* 2021; 69(2):1107-1130.
14. Funa AA, Prudente MS. Effectiveness of problem-based learning on secondary students' achievement in science: A meta-analysis. *Educ Sci.* 2021; 11(8):391.
15. Goodwin BC, Dawkins MS. What are the principles of biology? *Acta Biotheor.* 1995; 43(1-2):47-54.
16. Hadjichambis AC, Paraskeva-Hadjichambi D, Ioannou H. Integrating environmental education in biology teaching: A meta-analysis of educational benefits. *Sustainability.* 2022; 14(3):1734.

17. Kagnici A, Sadi Ö. The effects of inquiry-based learning on students' conceptual understanding and science process skills in biology education. *J Biol Educ.* 2021; 55(5):531-548.
18. Kazu IY, Demirkol M. Effect of blended learning environment model on high school students' academic achievement. *Turk Online J Educ Technol.* 2014; 13(1):78-87.
19. Korkor Sam C, Edziah BK, Sun H. Academic achievement of students with different learning styles in traditional and blended learning environments. *J Educ Technol Dev Exch.* 2018; 11(1):1-14.
20. Li Q, Ma X. A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educ Psychol Rev.* 2010; 22(3):215-243.

Declaración de conflictos de intereses: La autora declara no tener conflictos de intereses en relación con esta investigación.