



LA EXPERIMENTACIÓN EN LA FORMACIÓN DE LOS ESPECIALISTAS EN BIOQUÍMICA CLÍNICA

Autores:

María de los Ángeles Boffill Cárdenas^{1*}, Tahiry Gómez Hernández², Leticia Bequer Mendoza³.

¹ Dra. C. Médicas, Profesor Titular, Investigador Titular. Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara.

mariaabc@infomed.sld.cu

Dra. C. Médicas, Profesor Auxiliar, Investigador Auxiliar. Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara.

tahirygh@infomed.sld.cu

³ Dra. C. Médicas, Profesor Instructor, Investigador Auxiliar. Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara.

leticiaacbm@infomed.sld.cu¹

Resumen

Introducción: La Bioquímica es una ciencia esencialmente experimental, por lo que es indispensable que en la formación del especialista en Bioquímica Clínica se adquiera las habilidades del trabajo experimental

Objetivo: Establecer las actividades prácticas de laboratorio del módulo de proteínas necesarias para la adquisición de las habilidades experimentales indispensables para su desempeño profesional.

Métodos: Se realizó una investigación cualitativa, que utilizó el método de diseño inverso para la planificación de las actividades prácticas del módulo de proteína a partir de las habilidades requeridas para el trabajo experimental. Se empleó el método de aprendizaje por indagación en el desarrollo de los seminarios y de las actividades prácticas.

Resultados: Se planificó las actividades prácticas de laboratorio teniendo en cuenta las habilidades experimentales a crear, además se les brindaron tareas específicas para

lograr desarrollar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la evaluación de situaciones complejas.

Conclusiones: Se establecieron las actividades prácticas del módulo de proteínas usando el método de diseño inverso y el aprendizaje por indagación que permitió que los estudiantes adquirieran las habilidades del trabajo experimental, imprescindible para alcanzar la competencia profesional en la investigación y la asistencia médica.

Introducción

La Bioquímica es una ciencia esencialmente experimental, por lo que es totalmente indispensable que el personal que se especializa en la misma realice actividades prácticas que permitan la adquisición de las habilidades experimentales necesarias para su futuro trabajo profesional. El trabajo experimental es fundamental en la enseñanza de las ciencias y existen metodologías que favorecen el aprendizaje de conceptos, el desarrollo de habilidades y de la capacidad para resolver problemas.^{1,2}

La utilización en la enseñanza de las asignaturas de ciencias de técnicas experimentales enfatizando en la incorporación de investigaciones auténticas en los cursos de laboratorio, constituye un aspecto fundamental para el desarrollo de las competencias científicas.^{3,4,5}

La Bioquímica y la Biología Molecular 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.^{6,7}

Los experimentos que se llevan a cabo en un laboratorio de Bioquímica tienen como objetivo separar, caracterizar, modificar o cuantificar las biomoléculas. En la mayoría de los casos se trabaja con muestras complejas que contienen un gran número de biomoléculas distintas. Por este motivo, los métodos experimentales utilizados en Bioquímica tienen que ser altamente específicos y su funcionamiento se basa en las propiedades físicas, químicas o bioquímicas de las biomoléculas. El conocimiento cada vez más detallado de la estructura y función de las biomoléculas permite el desarrollo de nuevos y sofisticados métodos experimentales. A su vez, los nuevos métodos permiten adquirir nuevos conocimientos bioquímicos.^{8,9} La enseñanza de la Bioquímica

utilizando conceptos es una tendencia pedagógica efectiva, se logra un enfoque conceptual apropiado diseñando la clase de atrás hacia adelante, utilizando el modelo de "Diseño Inverso" o Backward Design, como se conoce en inglés.^{10,-15}

La indagación es una postura filosófica y un enfoque didáctico para la enseñanza y el aprendizaje. Es una postura filosófica porque presenta ideas específicas acerca de la naturaleza de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y de la naturaleza de la investigación científica, y es una estrategia porque provee metodologías y estructuras que son consistentes con la forma en que las personas hacen y aprenden ciencia.¹⁶ El aprendizaje por indagación es un método reconocido para enseñar ciencias, promover habilidades de investigación en los estudiantes y ayudar a interiorizar nuevos conocimientos en la búsqueda de respuesta a preguntas, previamente formuladas.^{17-19.}

La Bioquímica Clínica es la especialidad médica que se ocupa del estudio de los procesos metabólicos y moleculares en relación con los cambios, tanto fisiológicos como patológicos, o los inducidos por actuaciones terapéuticas. En Cuba, la formación del especialista en Bioquímica Clínica se realiza en los departamentos de Ciencias Básicas Biomédicas de las Facultades de Medicina con un programa que se implementó en el año 2000 en el Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón".^{20,21} En los documentos normativos de este programa se establecen claramente los objetivos y contenidos de las unidades didácticas de los módulos, pero no se hacen explícitas las actividades prácticas de laboratorio (APL) orientadas al desarrollo de las habilidades experimentales para alcanzar la competencia profesional.

Objetivo.

Establecer las actividades prácticas en el módulo de proteínas en la formación de los especialistas en Bioquímica Clínica, que permita la adquisición de las habilidades experimentales indispensables para su desempeño profesional.

Métodos.

Se realizó una investigación cualitativa, transversal y observacional en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad Médica de Villa Clara, durante los cursos 2014-2015. Los métodos teóricos utilizados fueron el analítico sintético y el inductivo deductivo para profundizar en el conocimiento del problema y el

estudio del programa vigente de la especialidad y métodos empíricos como la observación sistemática de las actividades experimentales desarrolladas por los estudiantes y el análisis de los documentos rectores del proceso de enseñanza aprendizaje de la Bioquímica así como la información contenida en la bibliografía especializada en la temática obtenida en Google y Google Académico a partir de palabras clave definidas. El análisis crítico del contenido de la documentación estudiada y la experiencia docente y profesional de los autores permitió identificar las principales concepciones y fundamentos vinculados con la adquisición de las habilidades que contribuirán a alcanzar las competencias requeridas.

Para la planificación de las actividades prácticas se usó el método de diseño curricular inverso propuesto por Wiggins & Mc Tighe en el 2005.¹⁰ En el enfoque del diseño inverso se destacan tres etapas importantes: 1) Identificar los resultados deseados, 2) determinar evidencias del aprendizaje y 3) planear las actividades de aprendizaje. El proceso se esquematiza en la Figura 1

Antes de la planificación de un curso se debe analizar: 1) ¿qué queremos que nuestros estudiantes aprendan?, 2) ¿cómo vamos a determinar o medir lo que han aprendido? y 3) ¿qué actividades vamos a utilizar para transmitir el conocimiento y evaluar el aprendizaje. El método de indagación se empleó en el paso 2 y 3 del proceso de planificación inversa.

Resultados y discusión.

Después de realizar el análisis de los documentos requeridos y la evaluación de los mismo, el colectivo de autores ejecutaron la planificación de las actividades prácticas de laboratorio APL considerando en primer lugar las habilidades que se querían crear en los residentes.

El módulo se desarrolló de forma teórico práctico con un gran componente experimental. Del análisis de todas las unidades didácticas del módulo de proteínas se seleccionaron aquellas en las que la experimentación constituía el factor fundamental en el desarrollo de las habilidades prácticas que se deseaban crear, estas fueron las unidades didácticas I, II, IV y VII. Las unidades III, V y VI con características más teóricas se abordaron en seminarios que fortalecieron la base teórica del módulo.

Se incorporó una unidad didáctica relacionada con aspectos introductorios al trabajo del laboratorio bioquímico que permitió que los residentes adquirieran la destreza necesaria para realizar las actividades prácticas con una mayor independencia, lo que resultó de gran utilidad pues este es el primer módulo en donde se realizan actividades prácticas en el plan de formación de los mismos. En la tabla 1 se observa las habilidades a crear relacionadas con las unidades didácticas establecidas en el programa de formación de estos especialistas.^{20,21}

Después de definir las habilidades a crear, que constituye el primer paso del diseño inverso, se aplicó el método de indagación científica y se elaboraron las guías de preguntas por cada unidad didáctica que le permitieron al residente profundizar en las temáticas a tratar y a la vez sentó las bases para la ejecución del segundo paso del diseño inverso, que fue obtener las evidencias del aprendizaje.^{17,18}

Posteriormente teniendo en cuenta las habilidades a crear y los recursos materiales disponibles se establecieron las actividades prácticas de laboratorio según se muestran en la tabla 2.

Como actividad práctica integradora se orientó desde el inicio del curso la actividad práctica final en donde los residentes realizarían la extracción y purificación de una proteína utilizando fuentes naturales, en donde desarrollan un protocolo complejo y utilizaran las habilidades adquiridas en las actividades prácticas 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Esta actividad final se realizó de forma independiente desde la preparación del protocolo hasta la elaboración de su informe final, lo que permite una evaluación integral de la adquisición de las habilidades en la experimentación en el estudiante.

Se elaboró un manual de las APL para el módulo de proteína con todos los protocolos experimentales de cada una, en donde se detalló todo el proceso experimental, reactivos y equipos a utilizar, el cual contenía además las guías de preguntas elaboradas, así como la bibliografía relacionada con los protocolos experimentales.

Todas las APL se realizaron con una adecuada preparación teórica previa de los residentes ya que se efectuó un seminario antes de cada una, en donde se discutió los aspectos teóricos vinculados con las habilidades que se deseaba crear, para lo que se aplicó las guías elaboradas para cada unidad didáctica además del estudio de la bibliografía relacionada con el protocolo de cada actividad práctica de laboratorio, que fue orientada en el manual de APL confeccionado que contribuyó sin lugar a duda a su

auto preparación. De esta forma se potenció el aprendizaje, con las consiguientes implicaciones para el desarrollo de las prácticas, ya que hacen que el alumno piense de manera crítica y dé prioridad a la evidencia para formular las explicaciones del fenómeno observado y así el alumno adquiere un rol protagónico, transforma sus hábitos de estudio, aumenta su motivación por el conocimiento para formular las explicaciones del fenómeno observado y se apropia del método científico, además aprende a trabajar en equipo^{19, 22,23}.

Con la introducción de la unidad didáctica introducción al trabajo del laboratorio bioquímico en el programa del módulo, se logró en los residentes un grado de independencia en el desarrollo de las actividades prácticas ya que en las primeras 2 prácticas los alumnos pudieron incorporar las destrezas mínimas para el trabajo independiente en un laboratorio de Bioquímica.²⁴

Posteriormente a la ejecución propiamente del experimento los residentes aprendieron a registrar los datos observados, realizar los cálculos matemáticos y estadísticos, interpretar los resultados obtenidos, y confeccionar el informe final de cada actividad práctica de laboratorio realizada. En dicho informe se expone las consideraciones teóricas de la actividad práctica, que debe estar en correspondencia con el protocolo que se estableció para la realización de la actividad. La estructura de este informe es la de un artículo científico cuya confección entrenó al residente a exponer de forma comprensible los resultados que se alcanzaron en el experimento realizado.^{22,25}

La evaluación del módulo se efectuó considerando las actividades sistemáticas como los seminarios y el desarrollo de las 10 actividades prácticas y sus informes finales con 50 puntos y el desarrollo de la actividad final práctica y su informe final con 50 puntos para un puntaje total de 100 puntos.

La planificación de las actividades experimentales y la confección del manual de actividades prácticas del módulo de proteína se efectuó en el curso 2014- 2015 y se continuó empleando en los 5 cursos posteriores en donde los residentes tuvieron muy buenos resultados docentes, lograron vencer el examen práctico de pase de año y el de fin de la especialidad, lo que demuestra que la metodología de trabajo permitió que adquirieran un mínimo de habilidades prácticas. No obstante se debe tener en cuenta que una mayor participación de los residentes en actividades de experimentación incrementaría sus habilidades. Estos profesionales en formación pueden participar

como investigadores activos en los proyectos de sus profesores, ya que un alumno que tenga como desafío la participación en una investigación real tendrá evidentemente más posibilidades de desarrollar capacidades científicas que aquel que sólo se limite a seguir las instrucciones para la ejecución de un experimento ya dado.¹⁷

Conclusiones

Se establecieron las actividades prácticas correspondientes al módulo de proteínas teniendo en cuenta las habilidades deseadas para lo que se utilizó el diseño inverso en su planificación y la indagación científica en la comprobación de la adquisición de las habilidades. Se elaboró un manual con las guías de estudio y los protocolos de las actividades prácticas del laboratorio que contribuyó a que los residentes de Bioquímica Clínica adquieran las habilidades del trabajo experimental, que son imprescindibles para alcanzar la competencia profesional en la docencia, investigación y en la asistencia médica.

Referencias bibliográfica

1. López López HL, Alfaro Rodríguez AP, Quirino Rodríguez AP, Ibarra Martínez R. Análisis comparativo de los estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en la Educación Superior Pública. Revista ReDTIS [Internet].2022 [citado 6 Dic 2022]; 6 (6): [aprox. 6 p.]. Disponible en <https://redtis.org/>.
2. Cuesta Moreno LM. El método científico como estrategia pedagógica para activar el pensamiento crítico y reflexivo. Ciencias Sociales y Educación. 2019; 8(15): 87-104. DOI: <https://doi.org/10.22395/csye.v8n15a5>.
3. Hernández-Junco L, Machado-Bravo E, Martínez-Sardá E, Andreu-Gómez N, Flint A. La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo. Rev. Cubana Quím [Internet]. 2018 [citado 10 Dic 2021]; 30(2):314-327. Disponible en: <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq>.
4. Sabido-Codina J, Sáez-Rosenkranz I, Gracenea-Zugarramurdi M, Santacana-Mestre J. Competencia científica y método científico en ciencias sociales y naturales: una propuesta didáctica transversal. REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació. 2019;12(2): 1-16. doi.org/10.1344/reire2019.12.227434
5. Rodríguez-Cepeda R, Casas-Mateus J, Martínez-Cárdenas A, Esperanza D. Laboratorio de química bajo contexto: insumo para el desarrollo de habilidades de

- pensamiento crítico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. 2020 (47): 33-52. doi.org/10.17227/ted.num47-11334.
6. Pérez Cabeza de Vaca R, Cárdenas Cárdenas E, Mondragón-Teran P, Eraso-Valle Solis AA. *Biología Molecular del cáncer y las nuevas herramientas en oncología*. *Rev Esp Med Quir*. 2017; 22 (4):171-181.
 7. Bidinost C, Paganoni S, Martinez H, Risa AL. Nuevas herramientas diagnósticas de biología molecular en enfermedades neuromusculares. *Revista Medica Clinica Las Condes*. 2018; 29(5):544-552.
 8. Hodge EA, Benhaim MA, Le KK. Bridging protein structure, dynamics, and function using hydrogen/deuterium exchange mass spectrometry. *Protein Sci* 2020; 29 (4): 843-835. Doi: 10.1002/pro.3790.Epub 2019 N0v 25.
 9. Ahmadyousefi Y, Saidijam M, Amirheidan B, Rahbariardfeh F, Soleimani M, Iram A. Novel Hyperthermostable recombinant protein nanocage. *Biomed J*, 2022; 26(6): 426-439. Doi:10,52547/ibj.3839.
 10. Dávila AM, Wiggins G, & McTighe J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development ASCD.
 - Colomb. *Book Review, Appl. Linguist. J.* 2017; 19(1): 140-142. Doi.org/10.14483/calj.v19n1.11490
 11. Hilary Dack H, Merlin-Knoblich C. *Improving Classroom Guidance Curriculum With Understanding by Design*. *The Professional Counselor*. 2019; 9(2):es 80–99. Doi:10.15241/hd.9.2.80.
 12. McTighe J, Brown PL. *Using Understanding by Design to Make the Standards Come Alive*. *Science Scope*. 2021; 45 (2): 41-46, Disponible en: <https://www.nsta.org/science-scope-november-december-2022>.
 13. Dack H, Merlin-Knoblich C, *Improving Classroom Guidance Curriculum With Understanding by Design*. *The Professional Counselor*. 2018; 9(2):80-99. Doi:10.15241/hd.9.2.80.
 14. Hosseini H, Chalak A, Biria, R. (). *Impact of Backward Design on Improving Iranian Advanced Learners' Writing Ability: Teachers' Practices and Beliefs*. *International Journal of Instruction*. 2019; 12(2): 33-50.

15. Ontaneda M, Sánchez JL. Implementing backward design to improve students' academic performance in EFL classes. *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*. 2019; 3(24):42-501
16. Reyes-Cárdenas F, Kira Padilla K. La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educ. quím.* 2012; 23(4): 415-421.
17. Sosa Solano JA, Dávila Sanabria DT. La enseñanza por indagación en el desarrollo de habilidades científicas. *Educación y Ciencia*. [Internet] 2019. [citado 3 de junio 2020];(23): 605-624. Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co>.
18. Muñoz Campos V, Franco Mariscal AJ, Blanco López A. «Indagar y modelizar sobre reacciones bioquímicas». *Educación química*. [Internet] 2020 [citado 20 de oct 2021]; (27): 2-48. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/EduQ/article/view/383753>.
19. Mariños Castillo GA, Apolaya Sotelo. Aprendizaje de las ciencias físicas en el estudiante universitario: aportes de la indagación científica en el desarrollo de las competencias. *SCIENDO*. [Internet] 2021 [citado 29 de oct 2022]; (1): 17-25. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sciendo.2021.002>.
20. Aneiros Riba, Tomey Vicedo. *Las Ciencias Básicas en la educación Médica Superior*. Madrid. Síntesis 2001: 27-45.
21. Guerra Cabrera E, Crespo AJ, Barrabé Mazón AM, Velázquez Hernández Y, Zamora Guerra M. La formación de las especialidades de Ciencias Básicas Biomédicas en Pinar del Río Rev. Ciencias Médicas. 2019; 23(5): 725-735.
22. González A, Fillat F. Clase inversa y aprendizaje activo para incentivar la participación y la motivación de los alumnos en prácticas de laboratorio de biología molecular. *Revista de Educación Bioquímica REB*. 2021; 40(1):4-12.
23. Álvarez Herrero, Juan Francisco; Valls Bautista, Cristina. «Didáctica de las ciencias, ¿de dónde venimos y hacia dónde vamos?». *Revista de Ciències de l'Educació*. [Internet] 2019 [citado 4 nov 2021](2): 5-19. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/UTE/article/view/369759>.
24. Costa CE, Galembeck E. Novel study guides for biochemistry meaningful learning in biology: a design-based research. *Journal of Biochemistry*. 2017; 15(2):75-103. DOI: <https://doi.org/10.16923/reb.v15i2737>.
25. Carola E. Bruna CE, Verónica A. Villarroel VA, Bruna DV, José A. Martínez. Experiencia de Diseño y Uso de una Rúbrica para Evaluar Informes de Laboratorio.

Formación universitaria. [Internet] 2019 [citado 8 de enero 2021];12(2):17-28. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062019000200017>.

Anexos

Figura 1. Pasos del proceso del diseño inverso



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Unidades didácticas y habilidades a crear en el módulo de proteínas

Unidades didácticas	Habilidades a crear	Actividades prácticas de Laboratorio
I .Introducción al trabajo del laboratorio Bioquímico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manejar adecuadamente los equipos y cristalería de uso en el laboratorio de bioquímica. 2. Preparar soluciones de uso en el laboratorio de Bioquímica 3. Conocer las medidas de seguridad biológica y su aplicación. 4. Realizar de forma adecuada la observación y anotación de los resultados. 5. Obtener muestras biológicas, preparar homogeneizados de tejidos y extraer proteínas de su medio natural. 	1 y 2
II Precursores de Proteínas	<ol style="list-style-type: none"> 6. Determinar las propiedades acido básico de los aminoácidos 	3
III El enlace peptídico	<ol style="list-style-type: none"> 7. Efectuar el proceso de hidrolisis del enlace peptídico. 8. Determinar la composición aminoácidica de las proteínas. 	4
IV. Propiedades de las proteínas	<ol style="list-style-type: none"> 9. Determinar la concentración de las proteínas de un medio biológico usando diferentes técnicas. 10. Determinar las propiedades eléctricas de las proteínas 	5, 6, 7 y 8
V. Purificación y caracterización de las proteínas	<ol style="list-style-type: none"> 11. Provocar la solubilización y precipitación de las proteínas sin desnaturalización. 	9 y 10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Actividades Prácticas de Laboratorio (APL) establecidas

Habilidad a crear	Actividad Practica de Laboratorio	Seminarios Horas	APL Horas
1,2 y 3	Practica 1. Introducción al trabajo del laboratorio bioquímico	4	12
4	Practica 2. Preparación de extractos biológicos ricos en proteínas de fuentes naturales	4	4
5, 6 ,7 y 8	Práctica 3, Valoración de aminoácidos ácidos, neutros y básicos.	4	4
	Práctica 4. Determinación de la composición de aminoácidos en una proteína.	4	4
9 y 10	Práctica 5. Determinación de la concentración de las proteínas de un medio biológico por el método de Biuret, Lowry y UV	4	12
	Práctica 6. Electroforesis de proteínas plasmáticas en acetato de celulosa y en gel de poliacrilamida.		8
	Practica 7. Electroforesis en acetato de celulosa de los fenotipos de la Hemoglobina humana		4
	Práctica 8 Determinación del pI de la caseína.		4
11	Practica 9. Precipitación y purificación de proteínas por el método de salado	4	8
	Práctica 10. Precipitación y purificación de proteínas con solventes orgánicos		8
9-11	Practica final. Extracción y purificación de una proteína de una fuente natural		20
Horas		24	88

Fuente: Elaboración personal. En la columna 1, habilidades a crear según se numeraron en la tabla 1.