

INNOVACIÓN DOCENTE EN SALUD: EXPLORANDO RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

Comps.

África Martos Martínez

Ana Belén Barragán Martín

José Jesús Gázquez Linares

María del Carmen Pérez Fuentes

Pablo Molina Moreno

Dykinson, S.L.

Innovación Docente en Salud: Explorando retos y oportunidades en la enseñanza y el aprendizaje

Comps.

África Martos Martínez

Ana Belén Barragán Martín

José Jesús Gázquez Linares

María del Carmen Pérez Fuentes

Pablo Molina Moreno

© Los autores. NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos de los textos publicados en el libro “Innovación Docente en Salud: Explorando retos y oportunidades en la enseñanza y el aprendizaje”, son responsabilidad exclusiva de los autores; así mismo, éstos se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar, así como los referentes a su investigación.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Editorial DYKINSON, S.L. Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid
Teléfono (+34) 91 544 28 46 - (+34) 91 544 28 69
e-mail: info@dykinson.com
<http://www.dykinson.es>
<http://www.dykinson.com>
Consejo Editorial véase www.dykinson.com/quienessomos
Madrid, 2025

ISBN: 979-13-7006-888-2

DOI: 10.14679/4603

Preimpresión realizada por los autores

CAPÍTULO 51

BIOQUÍMICA EN MOVIMIENTO: HAZLO, MÍDELO, COMPRÉNDELO

IRENE GARCÍA DOMÍNGUEZ*, ELENA AGUADO DOMÍNGUEZ*,
RAQUEL CANO GARCÍA**, CRISTINA GARCÍA MUÑOZ*,
JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ***, Y ENRIQUE ALCALÁ GUERRERO****
**Universidad Loyola Andalucía; **Centro Universitario San Isidoro;
Hospital Universitario Virgen del Rocío; *Universidad de Sevilla*

INTRODUCCIÓN

El estudio del metabolismo en Bioquímica representa uno de los retos más complejos para los estudiantes de Ciencias de la Salud. Este campo no solo exige memorizar nombres de rutas metabólicas, intermediarios y enzimas, sino también comprender la lógica detrás de los mecanismos de reacción, la regulación hormonal y las interconexiones entre procesos moleculares.

El estudio de esta asignatura exige la integración simultánea de una amplia variedad de conceptos y niveles de representación, lo que plantea un desafío cognitivo significativo para los estudiantes. Según el modelo de “pensamiento multinivel” propuesto por Johnstone, comprender un proceso bioquímico implica operar en tres planos interrelacionados: el macroscópico, asociado con los fenómenos observables; el submicroscópico, que aborda los procesos moleculares y atómicos; y el simbólico, que involucra ecuaciones, fórmulas y representaciones gráficas (Johnstone, 1991; Treagust et al., 2003). La comprensión profunda de las vías metabólicas requiere, por tanto, la coordinación de estos tres niveles junto con los fundamentos previos de química y biología molecular (Bretz, 2001). Esta integración simultánea de niveles abstractos y concretos convierte el aprendizaje del metabolismo en un proceso especialmente complejo y exigente para los estudiantes.

Por otro lado, cada ruta metabólica comprende una secuencia de transformaciones químicas catalizadas por enzimas específicas, muchas de las cuales dependen de cofactores particulares y están sometidas a complejos mecanismos de control. El aprendizaje de estos procesos demanda conocer los intermediarios metabólicos, los tipos de reacciones, las enzimas implicadas y las formas de regulación que permiten mantener el equilibrio funcional de la célula. Este cúmulo de información puede resultar difícil de asimilar, sobre todo cuando se consideran las ramificaciones, las rutas alternativas y la interconexión entre diferentes vías (Dweck et al., 2014).

Además, las rutas bioquímicas constituyen un sistema dinámico e interdependiente, formando parte de una red que sostiene la homeostasis energética y metabólica del organismo. Analizar cómo los metabolitos se transfieren entre vías, cómo los mecanismos hormonales modulan estas interacciones y cómo las condiciones fisiológicas alteran su actividad representa un nivel adicional de complejidad conceptual (Sherwood, 2016).

Esta naturaleza interconectada y abstracta del metabolismo hace que muchos estudiantes perciban los conceptos como irrelevantes o desconectados de su vida cotidiana, lo que dificulta que establezcan vínculos significativos entre los procesos moleculares y su impacto fisiológico real. Esta falta de conexión con la experiencia personal contribuye a la desmotivación y favorece enfoques de aprendizaje superficiales basados en la memorización, en lugar de la comprensión profunda de los mecanismos bioquímicos subyacentes. Por otro lado, esta desconexión además se ve reforzada por el predominio de las clases magistrales tradicionales, centradas en la exposición unidireccional del contenido y en la transmisión pasiva del conocimiento. Aunque este formato parece ser eficiente por cubrir grandes volúmenes de información ha demostrado reiteradamente ser deficiente para el aprendizaje, generando carencias como falta de comprensión, aburrimiento y una insuficiencia general del aprendizaje, deficiencias que los estudiantes suelen intentar compensar, de nuevo, mediante la memorización mecánica (Lujan y DiCarlo, 2006). Estas limitaciones ponen de relieve la importancia de adoptar enfoques metodológicos que vayan más allá de la transmisión pasiva del conocimiento y que involucren activamente al alumnado en la construcción de su propio entendimiento (Cortright et al., 2003).

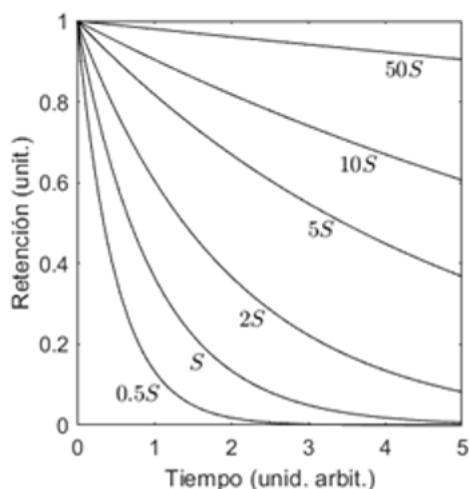
¿Cuántas veces un colega que imparte una asignatura de un curso superior te ha preguntado si explicaste un tema determinado en tu clase? La preocupación suele surgir porque los estudiantes de ese curso posterior se comportan como si nunca hubieran visto el contenido. Del mismo modo, ¿cuántas veces has finalizado una serie de clases sobre un tema para descubrir que los estudiantes son incapaces de recordar o discutir siquiera los conceptos más básicos que se presentaron? (Lujan y DiCarlo, 2006; Richardson, 1993). Por ello, en muchos casos, la clase magistral se considera un proceso mediante el cual las notas del profesor se convierten en las notas del estudiante sin pasar por la mente de ninguno de los dos (Johnson et al., 1991; Walker y McKeachie, 1967).

Como se ha establecido, como consecuencia de estos desafíos y de la forma en que la asignatura se enseña tradicionalmente, muchos estudiantes abordan la bioquímica y materias afines mediante la memorización superficial de conceptos en los días previos a los exámenes, sin integrarlos ni reconocer su función dentro de un marco más amplio (Rabinowitz y Vastag, 2012). Aunque esta estrategia puede

permitir a algunos aprobar exámenes o evaluaciones continuas, el material se olvida rápidamente (Lujan y DiCarlo, 2006). Posteriormente, al enfrentarse a asignaturas avanzadas como farmacología —donde la aplicación del conocimiento bioquímico es esencial—, los estudiantes suelen tener dificultades y recurren nuevamente a la memorización mecánica de nombres y mecanismos.

A finales del siglo XIX, el psicólogo alemán Hermann Ebbinghaus (1850–1909) llevó a cabo investigaciones experimentales pioneras para medir la memoria (Ebbinghaus, 1885). Fue el primero en describir la curva del olvido, que hace referencia a la duración e intensidad del recuerdo, es decir, cuánto tiempo permanece la información en la memoria. Ebbinghaus propuso una fórmula para representar esta curva, expresada en Ecuación (1): $R(t) = e^{-\frac{t}{s}}$; donde R representa la retención, S la fuerza relativa de la memoria y t el tiempo transcurrido. Esto sigue una ley exponencial negativa como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Retención del aprendizaje según Hermann Ebbinghaus



A partir de los experimentos que inicialmente realizó consigo mismo, sugirió además que una persona retiene aproximadamente el 10% de lo que lee, el 20% de lo que escucha, el 30% de lo que ve, el 50% de lo que observa y escucha simultáneamente, el 70% de lo que verbaliza y hasta el 90% de lo que dice y realiza activamente. Aunque estos porcentajes pueden variar entre individuos, lo que resulta evidente es que la forma más eficaz de consolidar el conocimiento —o de asimilarlo por primera vez— es mediante la práctica activa (Ebbinghaus, 1885).

Este principio constituye la base del presente proyecto, cuyo objetivo es hacer tangible lo intangible: transformar conceptos abstractos y complejos —como los procesos bioquímicos o metabólicos— en experiencias concretas, manipulables y

comprensibles, que favorezcan la retención y la comprensión profunda del aprendizaje.

Justificación de la relevancia del tema

La enseñanza del metabolismo en Bioquímica presenta altas barreras cognitivas y baja transferencia a contextos reales cuando se aborda de forma exclusivamente teórica. La literatura en didáctica de las ciencias señala que el aprendizaje en bioquímica exige pensamiento multinivel (macroscópico, submicroscópico y simbólico), lo que incrementa la carga cognitiva y dificulta la integración de conceptos (Johnstone, 1991; Treagust et al., 2003). A ello se suma la curva del olvido (Ebbinghaus, 1885), que evidencia pérdidas rápidas de retención cuando el estudio no se acompaña de práctica activa y experiencias significativas. En este escenario, innovar es pertinente y necesario.

La propuesta planteada—comparar respuestas glucémicas en condiciones de ayuno vs. ingesta de azúcares y analizar las rutas implicadas—resulta relevante por los siguientes motivos:

Pertinencia curricular y profesional

- Conecta resultados fisiológicos observables (glucemia durante ejercicio) con rutas bioquímicas y regulación hormonal (insulina, glucagón, catecolaminas), núcleo de las asignaturas de Bioquímica/Bioquímica II.
- Favorece la transferencia a materias avanzadas (Fisiología, Farmacología, Nutrición), alineando competencias científicas y clínicas.

Superación de la memorización superficial

- Sustituye el enfoque centrado en listas de enzimas/intermediarios por experiencias concretas donde el alumnado formula hipótesis, mide, interpreta y argumenta.
- Responde a la evidencia de que el aprendizaje activo mejora la retención y la comprensión conceptual frente al estudio pasivo.

Reducción de la carga cognitiva a través de lo experiencial

- “Hace tangible lo intangible”: vincula marcos abstractos (glucólisis, glucogenólisis, lipólisis, gluconeogénesis) con datos reales recogidos por el propio alumnado, facilitando la organización del conocimiento y la construcción de significados.

Desarrollo de competencias transversales

- Potencia pensamiento crítico, resolución de problemas, trabajo colaborativo y comunicación científica.

Motivación y engagement

- El diseño sitúa al estudiante como agente activo (mediciones periódicas, análisis en tiempo real, debate guiado), elevando motivación, autoeficacia y sentido de utilidad de la asignatura.

Evaluabilidad y mejora continua

- Integra indicadores claros (cuestionarios pre-post, rúbricas de informes, satisfacción, participación), lo que permite monitorizar el impacto y ajustar el proyecto en sucesivas ediciones—criterio central en innovación docente.

Viabilidad, escalabilidad e interdisciplinariedad

- Requiere recursos asequibles (glucómetros, cuestionarios, plantillas de análisis) y favorece la colaboración entre Bioquímica, Fisiología y Educación Física.

- Es escalable a otros grados de Ciencias de la Salud.

Contribución a la alfabetización en salud y hábitos de vida

- Introduce al alumnado en la interpretación de parámetros metabólicos y su relación con la actividad física y la dieta, reforzando una formación con impacto social.

Objetivos del proyecto

A continuación, se presentan los objetivos generales y específicos que orientan el diseño, la implementación y la evaluación de este proyecto de innovación docente en Bioquímica.

OG1. Diseño de la herramienta

Elaborar y documentar una dinámica docente innovadora para la asignatura de Bioquímica, coherente con los resultados de aprendizaje y el plan de estudios.

OG2. Implementación en la asignatura

Aplicar la herramienta de forma planificada, con cronograma, tareas definidas, profesorado formado y métricas de éxito establecidas.

OG3. Eficacia en el aprendizaje

Evaluar la efectividad de la actividad como recurso docente, de modo que el alumnado demuestre comprensión y aplicación de los contenidos (identificación,

explicación y relación de procesos/metabolismo) mediante evidencias pre-post y desempeño en tareas.

Objetivos transversales (competencias):

- OG3.1 – Participación activa: Analizar en grupo los datos de la práctica (registro, representación gráfica y discusión de resultados).

- OG3.2 – Trabajo en equipo: Organizar al grupo en roles definidos (operador, cronometrador, registrador) para consolidar los datos, representarlos gráficamente y analizarlos en grupo.

- OG3.3 – Pensamiento crítico: Formular hipótesis previas y, tras la práctica, analizar y comparar las curvas de glucemia de A y B, interpretando las diferencias en términos de rutas metabólicas y regulación hormonal.

- OG3.7 – Comprensión y retención: Integrar teoría y práctica para afianzar conceptos y transferir lo aprendido a nuevos contextos.

Objetivos específicos de la asignatura (contenido disciplinar)

- OG3.4 – Regulación hormonal (glucagón): Explicar la función del glucagón en el mantenimiento de la glucosa en sangre durante el ayuno.

- OG3.5 – Regulación hormonal (insulina): Describir la acción de la insulina tras la ingesta de azúcares en condiciones de ejercicio.

- OG3.6 – Integración metabólica: Relacionar los cambios fisiológicos observados con las rutas implicadas (glucogenólisis, gluconeogénesis, glucólisis).

OG4. Satisfacción y mejora continua

Obtener una valoración positiva de alumnado y profesorado (cuestionarios, entrevistas, propuestas) y retroalimentar el diseño para su perfeccionamiento y escalabilidad en futuras ediciones.

MÉTODO

Contexto y participantes

El proyecto está diseñado para estudiantes universitarios del ámbito de ciencias de la salud, específicamente aquellos que cursen asignaturas de Bioquímica, o aquellas asignaturas afines en las que el estudio del metabolismo energético forme parte del contenido curricular. El proyecto piloto se ha orientado para estudiantes del Grado en Farmacia.

El fin de esta metodología es favorecer la comprensión activa y aplicada de las rutas metabólicas, apoyándose en el mecanismo de regulación de la glucemia, de acuerdo con los principios del ABP. En concreto, nos serviremos de una experiencia práctica que permita observar y analizar los cambios fisiológicos derivados de la

actividad física en dos contextos metabólicos diferentes: el ayuno y la ingestión de alimentos azucarados.

Fase de formación del equipo docente

Antes de la implementación del proyecto se llevará a cabo una fase de preparación dirigida al profesorado implicado, con las siguientes acciones:

- Introducción a la metodología ABP: formación en metodologías activas de aprendizaje y estrategias prácticas.
- Talleres formativos: organización de sesiones prácticas sobre el manejo de glucómetros, seguridad durante la actividad física y análisis de los resultados metabólicos.
- Coordinación interdisciplinar: colaboración entre el profesorado de Bioquímica, Fisiología, y profesorado de Ciencias del Deporte, con el fin de integrar los contenidos teóricos y experimentales, resaltando las necesidades particulares de cada disciplina.

Fase de implementación

Se desarrollará la actividad práctica con los estudiantes, en sí misma dividida en tres etapas, que aborde el fundamento teórico de la experimentación, la ejecución de la práctica y la evaluación de los aprendizajes y la percepción de su utilidad.

Diseño de la actividad

Los estudiantes se dividirán en grupos de 3-5 miembros, donde dos alumnos representarán las condiciones metabólicas experimentales:

- Alumno A: realizará una actividad física moderada (carrera o caminata rápida de 30–40 minutos) en condiciones de ayuno controlado (mínimo 8 horas).
- Alumno B: ingerirá una bebida con azúcares simples (glucosa o sacarosa, 25 g disueltos en agua) 30 minutos antes de la misma actividad física que el alumno A.

El resto de los compañeros actuará como equipo de registro y análisis, observando los resultados y documentando el proceso.

Criterios de exclusión para participar en el proyecto

Quedarán excluidos quienes presenten cualquiera de las siguientes condiciones:

- Diagnóstico previo de diabetes mellitus tipo 1 o 2, hipoglucemias reactivas conocidas, trastornos endocrinos no controlados.

- Historia de hipoglucemia sintomática no explicada en los últimos 12 meses.
- Uso de fármacos que alteren la glucemia
- Embarazo o sospecha de embarazo; lactancia (criterio relativo, ver nota).

- Enfermedad cardiovascular conocida (cardiopatía isquémica, arritmias clínicamente relevantes, miocardiopatías) o síntomas cardinales no evaluados (dolor torácico, disnea de esfuerzo desproporcionada, síncope).

- Hipertensión no controlada ($\geq 160/100$ mmHg) o antecedentes de crisis hipertensiva.

- Asma no controlada o EPOC moderado-grave.

- Trastornos de la conducta alimentaria activos o en seguimiento reciente.

- Lesión musculoesquelética que impida el ejercicio moderado.

- Consumo reciente (≤ 24 h) de alcohol, estimulantes, o ejercicio intenso (≥ 24 –48 h) que puedan sesgar la respuesta.

- Glucemia basal fuera de rango el día de la práctica: < 70 mg/dL o > 140 mg/dL (ver gestión más abajo).

- Enfermedad aguda en los últimos 7 días (fiebre, infección respiratoria/digestiva).

- Negativa a firmar consentimientos o a las medidas de seguridad.

Procedimiento

Antes de la actividad

- Cuestionario inicial: se administrará un breve cuestionario para evaluar los conocimientos previos sobre metabolismo energético, regulación hormonal (insulina, glucagón, adrenalina) y rutas metabólicas implicadas. Estos resultados no se comparten con los estudiantes.

- Explicación de la hipótesis: el profesor introducirá los fundamentos teóricos del experimento, explicando las rutas metabólicas y los mecanismos hormonales.

- Medición de glucemia basal: los participantes A y B de cada grupo medirán su glucemia capilar mediante glucómetro, registrando los valores iniciales.

Durante la actividad

- Actividad física controlada: ambos alumnos realizarán una carrera o caminata rápida de 30–40 minutos a intensidad moderada (70% de la frecuencia cardíaca máxima) que corresponde a una tasa de esfuerzo percibido (RPE) 12–13 (escala de Borg 6–20) (Muscella et al., 2020).

- Mediciones periódicas: la glucemia se registrará cada 10 minutos, junto con la frecuencia cardíaca y la percepción de esfuerzo.

- Detener inmediatamente si:

- Glucemia < 70 mg/dL o síntomas compatibles con hipoglucemia (temblor, sudor frío, confusión, visión borrosa). Actuar con regla 15–15 (ver Protocolo de hipoglucemia).

- RPE >15, palidez marcada, disnea desproporcionada, dolor torácico, palpitaciones sostenidas, mareo/síncope.
- Lesión o dolor musculoesquelético agudo.
- Protocolo de hipoglucemia (no diabéticos)
 - Identificar: síntomas + medición <70 mg/dL.
 - Intervenir: administrar 15–20 g HC de acción rápida (ej.: 3 terrones azúcar disueltos; 150–200 ml bebida azucarada; 1 sobre glucosa 15 g).
 - Reevaluar a los 15 min: Si ≥ 90 mg/dL y asintomático: reposo y fin de participación; Si 70–89 mg/dL o síntomas leves: repetir 15 g y reevaluar; Si <70 mg/dL persistente o síntomas moderados-graves: atención médica.
 - Registrar evento y notificar al coordinador docente.
- Observación grupal: los compañeros anotarán los valores y sus observaciones en tiempo real sobre las variaciones entre las dos condiciones metabólicas.

Después de la actividad

- Análisis e interpretación de resultados: cada grupo discutirá los datos obtenidos, con preguntas guiadas por el profesor relativas a los niveles de glucemia, impacto del ejercicio, hormonas que intervienen en la regulación y rutas metabólicas implicadas.
- Cuestionario final: evaluación del aprendizaje alcanzado sobre metabolismo y regulación hormonal, siguiendo la misma estructura que el cuestionario inicial.
- Encuesta de satisfacción: valoración del alumnado sobre la experiencia práctica y su utilidad para comprender los conceptos bioquímicos.

La participación en los cuestionarios y encuestas será gestionada por un profesor ajeno a la asignatura, garantizando la voluntariedad y anonimato.

Fase de evaluación

Evaluaciones formativas

- Al final del periodo de prácticas, se realiza una evaluación sobre el metabolismo energético y se comparten los resultados, relacionándolos posteriormente con las ideas y hallazgos recogidos en las sesiones prácticas.

Evaluaciones de proceso

- Valoración de la participación activa, el trabajo colaborativo y la capacidad de formular hipótesis.
- Análisis del razonamiento aplicado durante la interpretación de los resultados, y su conexión con los conocimientos teóricos involucrados.

Evaluaciones de producto

- Evaluación de la calidad del informe final de la práctica, que incluirá el registro de datos experimentales, la interpretación de resultados con base bioquímica, y las conclusiones sobre las rutas metabólicas implicadas.

Encuestas y grupos focales

- Encuestas de satisfacción: medirán la percepción de los estudiantes respecto a la metodología, la claridad conceptual y la motivación, así como el grado de aprendizaje. Se ofrecerán preguntas de respuesta abierta para recoger sugerencias.

- Grupos de discusión: recogerán opiniones cualitativas sobre la experiencia y sugerencias para futuras ediciones, tanto por estudiantes como por los profesores involucrados.

Fase de ajuste e implementación de mejoras

- Análisis de los resultados académicos de los cuestionarios, la evaluación de las prácticas y los informes de prácticas. Análisis del feedback estudiantil y las observaciones de los grupos de discusión.

- Revisión de los materiales y procedimientos experimentales.

- Incorporación de mejoras metodológicas (como ampliar las mediciones con lactato o frecuencia respiratoria, el impacto de la intensidad del ejercicio, tipo de ingesta, etc.)

· Lactato capilar: reposo, min 20 y 40 de ejercicio, y +10 min recuperación.

· Cetonas capilares en grupo Ayuno (reposo y post).

- Actualización anual de los recursos y cuestionarios de evaluación a los contenidos.

Fase de escalado

- Ampliación del proyecto a otros grados de Ciencias de la Salud como Medicina, Enfermería, Nutrición o Fisioterapia.

- Creación de material audiovisual para documentar la experiencia y enriquecer la docencia con ejemplos prácticos de los propios estudiantes.

- Formación de nuevos docentes en esta metodología, promoviendo la innovación transversal.

Fase de seguimiento

- Evaluación continua de la efectividad del proyecto mediante la comparación de resultados académicos entre grupos.

- Establecimiento de marcadores de éxito y actualización periódica del protocolo.

- Presentación de los resultados en jornadas de innovación educativa y publicaciones docentes.

Planificación temporal del proyecto

La duración de las sesiones prácticas (2. Fase de implementación;) será de 4 horas, en total, incluyendo la realización de los cuestionarios, la introducción al fundamento teórico, la realización de la práctica, elaboración de los informes y discusión grupal de los resultados.

Las sesiones reservadas para la formación del equipo docente (1. Fase de formación del equipo docente) y la discusión de los resultados de la metodología (3. Fase de evaluación y 4. Fase de ajuste) tomarán un mínimo de 45 minutos y un máximo de 120 minutos, por sesión. Se celebrarán al menos dos sesiones por cada actividad de las fases 3 y 4.

La duración del proyecto se extiende a todo el curso académico. El diagrama de Gantt de la ejecución de las fases del proyecto se ofrece en la Figura 2.

Figura 2. Fases del proyecto

Fase	Actividad	Asignado	Primer cuatrimestre				Segundo cuatrimestre					
			Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
1. Fase de formación del equipo docente	1.1 Capacitar a los profesores en el uso del ABP	Profesorado										
	1.2 Talleres formativos en el manejo de equipos, seguridad y análisis de resultados	Profesorado										
	1.3 Coordinación interdisciplinar del profesorado	Profesorado										
2. Fase de implementación	2.1 Cuestionario previo	Estudiantes										
	2.2 Práctica de laboratorio	Estudiantes										
	2.3 Cuestionario posterior	Estudiantes										
3. Fase de evaluación	3.1 Evaluaciones de proceso	Profesorado										
	3.2 Evaluaciones de producto	Profesorado, Estudiantes										
	3.3 Evaluaciones formativas	Profesorado, Estudiantes										
	3.4 Encuestas y grupos focales	Profesorado, estudiantes										
4. Fase de ajuste e implementación de mejoras	4.1 Analizar los resultados académicos y feedback / grupos focales.	Profesorado										
	4.2 Revisión de los materiales y procedimientos	Profesorado										
	4.3 Incorporación de mejoras metodológicas	Profesorado										
	4.4 Actualización de los recursos y cuestionarios de evaluación	Profesorado										
5. Fase de escalado	Cursos posteriores	Profesorado										
6. Fase de seguimiento	Sólo 6.1 Presentación de resultados	Profesorado										

RESULTADOS

Resultados esperados e indicadores

KPIs de seguimiento

Para evaluar el desarrollo de la actividad y su éxito, además de la evaluación de los aprendizajes, se han propuesto cuatro Key Performance Indicators que produzcan valores medibles.

1. Aprendizaje: Δ aprendizaje (post-pre) en conocimiento ($\geq 15\text{--}20\%$); retención a 6 meses ($\geq 10\%$ sobre post).

2. Participación y satisfacción: $\geq 85\%$ y $\geq 4/5$, respectivamente.

3. Producción: ≥ 1 comunicación/curso y ≥ 1 publicación cada 2–3 años.

4. Escalado: ≥ 3 titulaciones adheridas en 3 años.

La Tabla 1 recoge los resultados esperados para cada uno de los objetivos generales y específicos (competenciales y disciplinares), así como los indicadores de éxito que verifican que los resultados se alinean con los objetivos.

Tabla 1. Valoración de los resultados y el éxito en la consecución de los objetivos

Objetivo	Resultado esperado	Indicador de éxito y KPI
Objetivos generales		
OG1	Herramienta para impartir docencia sobre el metabolismo energético siguiendo la metodología ABP	La actividad está correctamente descrita en un proyecto, con objetivos definidos, y aprobación institucional.
OG2	La herramienta se aplica de forma organizada, con tareas definidas y profesorado formado.	Las sesiones prácticas implementan la actividad en el currículo. Cronograma de tareas. Asistencia a las sesiones formativas para docentes.
OG3	La herramienta favorece el aprendizaje relacionado con el metabolismo energético. Los resultados son estadísticamente significativos y reproducibles.	Las puntuaciones de los test posteriores son, en promedio, superiores a los previos. Los informes de prácticas obtienen calificaciones positivas. Los resultados de la actividad se pueden compartir con la comunidad científica en congresos y publicaciones (KPI 3).
Objetivos transversales (competencias)		
OG3.1	Los alumnos se implican en la actividad y la discusión de los resultados.	La asistencia se ajusta al KPI 2. Cada alumno entrega un informe individualizado.
OG3.2	Los alumnos adoptan roles definidos y comparten el trabajo y el razonamiento en grupo.	Las conclusiones del informe de prácticas recogen los razonamientos del grupo.
OG3.3	Los alumnos corrigen sesgos y conceptos erróneos al final de la práctica, pudiendo explicar claramente los fundamentos de la práctica y conclusiones alcanzadas.	El informe de prácticas recoge conclusiones razonadas y fundamentadas en los datos, ajustadas a la temática. No hay discrepancias significativas entre los cuestionarios posteriores a la actividad y el informe de prácticas.
OG3.7	Los alumnos retienen los aprendizajes y comprenden el metabolismo energético.	Sondeos al grupo realizados 6 meses tras la actividad revelan una comprensión promedio superior a la previa a la actividad.
Objetivos específicos de la asignatura (contenido disciplinar)		
OG3.4	Los alumnos comprenden la función del glucagón y la insulina en la glucemia en ayunas y tras la ingesta de azúcares.	KPI 1 en preguntas específicas sobre la regulación hormonal. KPI 1 en preguntas específicas sobre insulina y glucagón.
OG3.5	Los alumnos pueden explicar los cambios observados durante la práctica mediante la glucogenólisis, gluconeogénesis y glucólisis.	KPI 1 en preguntas específicas sobre integración metabólica. El informe de prácticas hace referencia expresa a los mecanismos metabólicos.
OG4	El profesorado y el alumnado están satisfechos con la actividad y dispuestos a implementarla en nuevas ediciones.	Resultados positivos en la encuesta de satisfacción. Grupos focales puntúan favorablemente la actividad. Se escala la actividad a otros grados (KPI 4)

CONCLUSIONES

La implementación de este proyecto introduce novedades metodológicas significativas en la enseñanza de la bioquímica, al trasladar el aprendizaje al entorno experimental.

Así, el alumnado no solo estudia las rutas metabólicas, sino que observa sus consecuencias fisiológicas, comprende su regulación hormonal y reflexiona sobre su significado biológico. Esta aproximación se alinea con el modelo de pensamiento multinivel de Johnstone reduciendo la carga cognitiva al hacer tangible lo intangible favoreciendo de esta manera la construcción del aprendizaje de forma duradera.

En términos pedagógicos, la propuesta responde a las limitaciones documentadas de la clase magistral tradicional, superando los enfoques clásicos centrados en la memorización mediante la formulación de hipótesis, la toma de decisiones y la argumentación científica. Además, la incorporación de instrumentos de evaluación pre-post, rúbricas de informes, coevaluación y encuestas de satisfacción proporciona trazabilidad del aprendizaje y permite valorar tanto el progreso conceptual como el desarrollo de competencias transversales (pensamiento crítico, trabajo en equipo y comunicación científica). Además, todo ello permite la mejora continua del proyecto en sucesivas ediciones.

La viabilidad es alta: requiere recursos accesibles (glucómetros, hojas de registro, cuestionarios) además de una coordinación interdisciplinar ya prevista entre diferentes docentes. Por otro lado, por su enfoque transferible y centrado en el estudiante, la propuesta se perfila como una buena práctica de innovación docente con proyección de escalado: extensión a Medicina, Enfermería, Nutrición y Fisioterapia; creación de material y protocolos con ejemplos prácticos generados por el propio alumnado. Esta escalabilidad a otros grados de Ciencias de la Salud y la generación de materiales reutilizables favorecen su sostenibilidad institucional.

Desde una perspectiva de seguridad y ética, el proyecto contempla la gestión de la participación voluntaria, el anonimato en la recogida de datos y la supervisión del ejercicio, además de criterios de inclusión/exclusión y pautas de contraindicaciones (p. ej., antecedentes de hipoglucemia, uso de fármacos hipoglucemiantes, embarazo), reforzando el cumplimiento de buenas prácticas docentes. Entre las limitaciones previsibles se incluyen el tamaño muestral por grupo o la variabilidad interindividual (entrenamiento, dieta previa, ritmos circadianos) que se mitigan mediante estandarización (ayuno mínimo, intensidad objetivo, cronograma de muestreos).

En conjunto, el proyecto aporta valor añadido al currículo de Bioquímica al integrar teoría, práctica y reflexión con una base evaluativa robusta.

REFERENCIAS

- Bretz, S.L. (2001). Novak's theory of education: Human constructivism and meaningful learning. *Journal of Chemical Education*, 78(8), 1107. <https://doi.org/10.1021/ed078p1107>
- Cortright, R.N., Collins, H.L., Rodenbaugh, D.W., y DiCarlo, S.E. (2003). Student retention of course content is improved by collaborative-group testing. *Advances in Physiology Education*, 27(3), 102–108.
- Dweck, C.S., Walton, G.M., y Cohen, G.L. (2014). *Academic tenacity: Mindsets and skills that promote long-term learning*. Bill y Melinda Gates Foundation.
- Ebbinghaus, H. (1885). *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Duncker y Humblot.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T., y Smith, K.A. (1991). *Cooperative learning: Increasing college faculty instructional productivity* (ASHE-ERIC Higher Education Report No. 4). The George Washington University, School of Education and Human Development.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Lujan, H.L., y DiCarlo, S.E. (2006). Too much teaching, not enough learning: What is the solution? *Advances in Physiology Education*, 30(1), 17–22.
- Muscella, A., Stefano, E., Lunetti, P., Capobianco, L., y Marsigliante, S. (2020). The regulation of fat metabolism during aerobic exercise. *Biomolecules*, 10(12), 1699. <https://doi.org/10.3390/biom10121699>
- Rabinowitz, J.D., y Vastag, L. (2012). Teaching the design principles of metabolism. *Nature Chemical Biology*. <https://www.nature.com/naturechemicalbiology>
- Richardson, D. (1993). Active learning: A personal view. *Advances in Physiology Education*, 265(6), S79.
- Sherwood, L. (2016). *Human physiology: From cells to systems* (9th ed.). Cengage Learning.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G., y Mamiala, T.L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Walker, E.L., y McKeachie, W.J. (1967). Some thoughts about teaching the beginning course in psychology. *American Psychologist*, 22(4), 303–308.