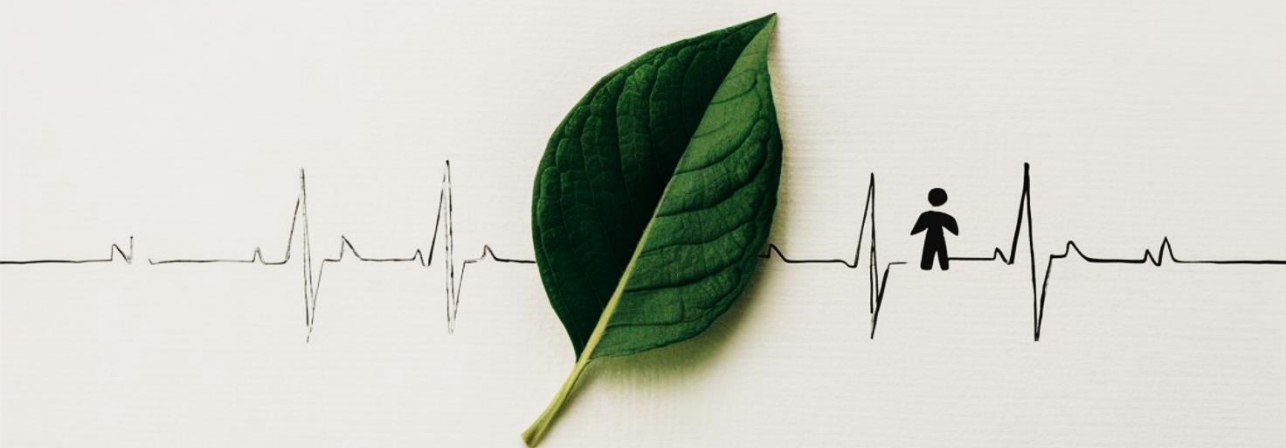


INNOVACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN EN SALUD: DESAFÍOS DE LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

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 e Investigación en Salud: Desafíos de la Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior

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 e Investigación en Salud: Desafíos de la Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior”, 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, 2024

ISBN: 978-84-1070-926-3
DOI: 10.14679/3761

Preimpresión realizada por los autores

CAPÍTULO 28

PUZZLES CIENTÍFICOS: DISEÑO COLABORATIVO DE RUTAS MOLECULARES

IRENE GARCÍA DOMÍNGUEZ*, CRISTINA GARCÍA MUÑOZ*,
MANUEL JESÚS MACHUCA GONZÁLEZ*, JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**,
ELENA AGUADO DOMÍNGUEZ*, Y AZAHARA RODRÍGUEZ LUNA*

**Universidad Loyola Andalucía; **Hospital Universitario Virgen del Rocío*

INTRODUCCIÓN

Aprender Bioquímica implica entender una combinación de muchos detalles a la vez, lo que Johnstone denominó "pensamiento multinivel". Para comprender las vías metabólicas, los estudiantes necesitan incorporar simultáneamente tres niveles de aprendizaje (macroscópico, submicroscópico y simbólico) (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003), (Johnstone, 1991). Además, los estudiantes no pueden aprender sobre las vías metabólicas sin aplicar conocimientos previos de química y biología molecular (Bretz, 2001).

En primer lugar, cada ruta metabólica consta de múltiples pasos, cada uno catalizado por enzimas específicas que a menudo tienen cofactores diferentes y reguladores determinados. Los estudiantes deben conocer no solo los nombres y estructuras de los intermediarios metabólicos, sino también las reacciones químicas, los nombres de las enzimas, el mecanismo de reacción y cómo estas reacciones están reguladas y conectadas entre sí. Este nivel de detalle puede ser abrumador, especialmente cuando se consideran las variaciones y las ramificaciones de cada ruta (Dweck, Walton, y Cohen, 2014).

Además, los procesos no tienen lugar de manera aislada. Están integrados en una red más amplia que coordina la homeostasis energética de la célula y del organismo. Entender cómo una ruta afecta a otra, cómo los productos y los sustratos se movilizan entre las diferentes rutas, y cómo las señales hormonales y los estados fisiológicos alteran estas dinámicas añade un nivel adicional de complejidad a estos procesos (Sherwood, 2016).

Por otro lado, los estudiantes encuentran irrelevantes muchos de los conceptos estudiados en la materia y poca relación con su vida diaria.

Debido a todo esto, y a la forma de impartir la materia, se ha detectado que muchos alumnos, cuando se enfrentan a la asignatura de bioquímica u otras asignaturas relacionadas importantes en el campo, intentan memorizar conceptos de forma superficial días previos al examen sin llegar a integrarlos ni entender que forman parte de un todo (Rabinowitz y Vastag, 2012). Así, aunque algunos de ellos

pueden aprobar el examen o la evaluación continua, olvidan los conceptos rápidamente. Posteriormente, al enfrentarse a asignaturas más avanzadas como Farmacología, donde se requiere aplicar estos conocimientos, encuentran grandes dificultades y recurren nuevamente a memorizar nombres y mecanismos.

Esta problemática es conocida, y ha sido abordada en multitud de ocasiones mediante proyectos y juegos que ayudan a integrar estos conceptos a los alumnos (Dam, Ottenhof, Van Boxtel, y Janssen, 2019; Bentley y Connaughton, 2017; Ross, Tronson, y Ritchie, 2008).

En el campo de Ciencias de la Salud, donde la toma de decisiones se basa y requiere una comprensión profunda de la bioquímica o la farmacología, esta brecha entre la memorización y la comprensión puede tener consecuencias significativas para la práctica profesional y, en consecuencia, para la seguridad del paciente.

En este contexto, el constructivismo sugiere que el aprendizaje no se trata simplemente de adquirir información de manera pasiva, sino de integrarla y aplicarla de manera significativa por lo que a tendencia de los alumnos a memorizar superficialmente está en desacuerdo con los principios del aprendizaje significativo (Sjøberg, 2009; Bretz, 2001).

Así, Ausubel establece que “solo habrá aprendizaje significativo cuando lo que se trata de aprender se logra relacionar de forma sustantiva y no arbitraria con lo que ya conoce quien aprende, es decir, con aspectos relevantes y preexistentes de su estructura cognitiva” (Sjøberg, 2009; Bretz, 2001).

En resumen, el aprendizaje significativo y profundo tiene lugar cuando el alumnado relaciona lo nuevo con conocimientos previos, alcanzados en otras materias y puede establecer conexiones que le permitan construir su propio conocimiento (Bretz, 2001).

Este proyecto responde a la necesidad de promover un aprendizaje profundo y significativo. Al utilizar puzles diseñados por los propios estudiantes, se fomenta la reflexión, la resolución de problemas y la aplicación práctica de los conceptos, lo que ayuda a cerrar la brecha entre la memorización y la comprensión. Además, el aplicar la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), nos alineamos con los enfoques pedagógicos que promueven un aprendizaje activo, centrado en el estudiante y contextualizado, lo que contribuye aún más a la relevancia y pertinencia del proyecto.

El objetivo principal se podría resumir en integrar estos contenidos relacionados con el metabolismo para así conseguir relacionarlos con otras disciplinas aplicando la metodología de ABP a través de modelos dinámicos que materializaremos como puzles.

Por un lado, la diferencia fundamental entre el ABP y la enseñanza tradicional es el carácter lineal generado en el segundo frente al carácter cíclico del primero. En el

aprendizaje tradicional se expone primero la información y después se busca la aplicación de esa información resolviendo problemas, mientras que en el caso del ABP primero se plantea el problema, después se identifican las necesidades de aprendizaje para enfrentarse a él y por último se vuelve al problema. En el aprendizaje tradicional la exposición de conocimientos está a cargo del profesor mientras que en el ABP es el alumno el protagonista de su propio aprendizaje identificando sus propias necesidades y buscando el conocimiento necesario para poder dar respuesta al problema que se le plantea. El proceso de aprendizaje tradicional es, por tanto, inverso al trabajar con ABP (de Leyva y Rodríguez, 2011).

Por otro lado, la utilización de un modelo dinámico se justifica en que permite a los estudiantes interactuar con los materiales y explorar el proceso basándose en sus propias teorías y conocimientos previos. Además, estos modelos establecen vínculos importantes entre las escalas macroscópica y molecular.

Ya en 1968, Maslow describió la manipulación de un modelo:

From the moment the package is in his hands, he feels free to do what he wants with it. He opens it, speculates on what it is, recognizes what it is, expresses happiness or disappointment, notices the touch of the product, the different weight of the parts, and their number and so on ... There is physical, emotional, and intellectual self-involvement; there is recognition and further exploration of one's abilities; there is initiation of activity or creativeness. (Thalberg, 2012, pp. 49–50).

La relevancia del tema sobre el que se quiere innovar radica en varios aspectos fundamentales:

Complejidad y amplitud del conocimiento relacionado con el área de Ciencias de la Salud: El Grado en Farmacia abarca una amplia gama de disciplinas que, además de estar relacionadas, requieren una comprensión profunda para poder aplicar los conocimientos en la práctica profesional. La metodología planteada busca abordar esta complejidad facilitando la asimilación y aplicación de estas materias.

Importancia de la enseñanza práctica en la profesión: Los futuros farmacéuticos necesitan estar preparados para enfrentar situaciones y problemas de forma práctica en su ejercicio profesional. La metodología ABP planteada ofrece una forma de enseñanza que integra la teoría con la práctica, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades relacionadas con la resolución de problemas como lo harían en la vida profesional.

Mejora en la comprensión de conceptos e integración, crucial a la hora de aplicar conocimientos: Diferentes publicaciones han demostrado que el aprendizaje activo, centrado en el estudiante, promueve una mejor comprensión del contenido. Al utilizar herramientas lúdicas, se estimula la participación activa de los estudiantes en su propio aprendizaje, lo que puede mejorar significativamente su comprensión de los conceptos y su capacidad para extrapolarlos a otros contextos.

Preparación para desafíos futuros en el ámbito de Ciencias de la Salud: El área de Ciencias de la Salud está en constante evolución, con avances continuos en investigación. Los estudiantes necesitan estar preparados para adaptarse a estos cambios y enfrentar problemas emergentes en el ámbito de la salud. La metodología planteada les brinda la oportunidad de desarrollar habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y trabajo en equipo que les serán indispensables en su carrera profesional.

Los objetivos principales de este proyecto son:

Promover el aprendizaje activo: El proyecto promueve que los estudiantes participen activamente en su aprendizaje, involucrándose en la investigación, diseño y fabricación de puzles.

Promover el trabajo en equipo estimulando la colaboración al trabajar en grupos pequeños para diseñar, resolver y evaluar puzles, generando debates e intercambio de ideas.

Desarrollar el pensamiento crítico: Los estudiantes aplican el pensamiento crítico dado que deben analizar los conceptos en profundidad para diseñar un juego que consiga representar visualmente los procesos metabólicos.

Estimular la creatividad y la innovación: Los estudiantes tendrán libertad a la hora de diseñar los puzles y deberán innovar y ser creativos para representar visualmente las rutas metabólicas de manera atractiva.

Mejorar la comprensión y retención de los conceptos integrando la teoría y la práctica: Proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje motivadora que les permita comprender en profundidad los conceptos y retenerlos a largo plazo mediante su aplicación práctica en el diseño y la resolución de puzles.

METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo la consecución de este proyecto, será necesario desarrollar varias acciones y fases, además de la programación de una serie de actividades que conllevarán la puesta en marcha y desarrollo del mismo:

Fase de formación del equipo docente:

- Capacitar a los profesores en la metodología ABP y en el uso de herramientas lúdicas y prácticas.

- Organizar talleres y seminarios para familiarizar al equipo docente con los nuevos materiales y técnicas de enseñanza.

Fase de Implementación:

Para poder evaluar los conocimientos de los que parte el alumnado, realizaremos una pequeña prueba piloto con los alumnos de Farmacognosia (Tercer semestre, Grado en Farmacia). Esta prueba piloto permitirá preparar a los alumnos para

implementar el proyecto en el cuarto semestre, donde cursarán la asignatura de Bioquímica. Durante esta fase, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Instrucción y orientación: Proporcionar instrucciones claras y orientación a los estudiantes sobre cómo realizar los puzles, así como sobre los conceptos metabólicos que se están abordando.

- Trabajo en grupos: Los estudiantes se organizarán en grupos pequeños, idealmente de 3 a 5 miembros, para trabajar en el diseño y construcción de los puzles. Cada grupo será responsable de diseñar un puzle que represente una ruta metabólica específica.

- Investigación y planificación: Cada grupo estudiará e investigará la ruta metabólica asignada, incluyendo sus componentes moleculares, su regulación y su relevancia fisiológica. Basándose en esta investigación, los estudiantes planificarán el diseño y la estructura del puzle.

- Fabricación de los puzles: Los grupos producirán una versión inicial de sus puzles en papel, utilizando materiales como cartulina o papel grueso. Estos prototipos serán corregidos por el profesor y utilizados para realizar pruebas y ajustes antes de proceder con la fabricación final. La fabricación final se llevará a cabo con cartón pluma, goma eva o fieltro y las piezas se podrán unir con velcro o imanes.

Se incorpora imagen de ejemplo de puzles que podrían realizar los alumnos:

- Ensamblaje y pruebas: Una vez que los puzles impresos estén listos, los estudiantes procederán a unirlos y realizar pruebas cruzadas (cada grupo resolverá los puzles de otros grupos) para asegurarse de que funcionen correctamente y representen la ruta metabólica asignada.

- Implementación en clase: Integrar la resolución de puzles diseñados por los estudiantes en las sesiones de clase.

Fase de evaluación:

- Recopilar datos para evaluar el rendimiento académico de los estudiantes.
- Analizar la satisfacción de los estudiantes a través de encuestas y discusión.
- Selección de los mejores puzles: Después de la evaluación, se seleccionarán los mejores diseños de puzles para su fabricación en impresión 3D. Esto se realizará con los que demuestren una representación precisa de la ruta metabólica y creatividad en el diseño. Para poder desarrollar esta fase, se establecerá una colaboración con el Departamento de Ingeniería para poder imprimir en 3D los puzles seleccionados.

Fase de ajuste e implementación de mejoras para planes futuros:

- Analizar los resultados obtenidos en la fase de evaluación y ajustar las metodologías basándose en el feedback y los resultados académicos.

- Actualizar los materiales en función de las necesidades y sugerencias de alumnos o profesores, con el objetivo de perfeccionar la técnica cada año.

Fase de escalado:

- Extensión del proyecto a otros Grados de Ciencias de la Salud que impartan asignaturas similares.
- Continuar con la formación de nuevos profesores del Grado en metodología ABP y uso de herramientas lúdicas compartiendo lo aprendido para contribuir al avance y la innovación.
- Desarrollar y añadir nuevos casos prácticos, juegos y actividades basados en las necesidades emergentes.

Fase de seguimiento:

- Establecer un sistema de evaluación continua para revisar la efectividad del proyecto a lo largo del tiempo y establecer las actualizaciones necesarias.

Con estas acciones se garantizará una implementación estructurada y efectiva del proyecto.

Tabla 1. Planificación temporal 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. Capacitar a los profesores en el uso del ABP	Profesorado										
2. Fase de implementación	2.1 Introducción y orientación	Profesorado										
	2.2 Trabajo en grupos	Estudiantes										
	2.3 Investigación y planificación	Estudiantes										
	2.3 Fabricación de los puzles	Estudiantes										
	2.4 Ensamblaje y pruebas	Estudiantes										
	2.5 Implementación y juego en clase	Estudiantes										
3. Fase de evaluación	3.1 Recopilar datos, evaluar la satisfacción de los estudiantes	Profesorado										
	3.2 Selección de los mejores puzles para su fabricación 3D	Profesorado										
	3.3 Impresión 3D de los puzles seleccionados	Profesorado/Estudiantes										
4. Fase de ajuste e implementación de mejoras para planes futuros	4.1 Analizar los resultados obtenidos y actualizar los materiales	Profesorado										
5. La fase de escalado												
6. Fase de seguimiento	Cursos posteriores											

Es fundamental considerar cómo el enfoque educativo propuesto basado en la metodología ABP puede contribuir a alcanzar los objetivos señalados. Al emplear

técnicas que promueven el aprendizaje activo como la investigación y diseño de puzles, buscamos no solo el aprendizaje de conocimientos teóricos, sino también la capacidad de aplicar estos conocimientos a contextos prácticos, esencial para la formación de los estudiantes. Además, el enfrentamiento a un problema real relacionado con la materia permite al alumno desarrollar habilidades críticas como el análisis o la síntesis de información, promoviendo una comprensión más profunda y duradera de los conceptos. Por otro lado, al fomentar el trabajo colaborativo, se fortalecen competencias de comunicación, preparando a los estudiantes para situaciones profesionales futuras. Así, la metodología no solo se alinea con los objetivos académicos, sino que también responde a las demandas del entorno profesional, asegurando que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar situaciones reales de manera eficaz.

Por otro lado, para garantizar que los materiales y la metodología sean adecuados y efectivos para cada tipo de actividad, se ha diseñado un enfoque específico para cada una de las etapas cruciales del proceso de aprendizaje, como son el diseño de puzles en equipo, la resolución de puzles de los compañeros y la impresión 3D de los puzles mejor valorados.

Investigación y diseño de puzles:

Materiales:

- Libros de texto y artículos científicos actualizados.
- Software de diseño gráfico para la creación de puzles.
- Materiales físicos como goma eva, cartón pluma, tijeras, pegamento y rotuladores para la construcción manual de puzles.

Metodología:

- Trabajo en grupos: Los estudiantes se dividen en grupos pequeños para fomentar la colaboración y el intercambio de ideas.

- Investigación: Cada grupo investiga una vía metabólica específica, utilizando recursos bibliográficos y digitales.

- Diseño creativo: Los grupos diseñan y construyen puzles que representen visualmente las vías metabólicas, integrando teoría, práctica y creatividad.

Resolución de puzles de compañeros:

Materiales:

- Puzles diseñados y contruidos por los grupos.

Metodología:

- Intercambio de puzles: Los grupos intercambian sus puzles para resolver los creados por otros, valorando así la creatividad y calidad de los puzles de los compañeros y realizando pruebas para valorar su funcionamiento.

- Discusión y análisis: Después de resolver los puzles, los grupos discuten las vías metabólicas representadas y proporcionan retroalimentación a los diseñadores.

Impresión 3D de puzles:

Materiales:

- Impresoras 3D y software de modelado 3D.
- Materiales de impresión 3D (filamentos, resinas, etc.).

Metodología:

• Colaboración con el Departamento de Ingeniería: Los puzles mejor valorados se modelan digitalmente y se imprimen en 3D para crear recursos duraderos y reutilizables.

• Evaluación de Diseño: Los puzles se seleccionan en función de su precisión y creatividad.

También, para garantizar el éxito de este proyecto, se utilizarán diversos recursos disponibles tanto en términos de tecnologías de la información y comunicación (TIC), como de infraestructura y apoyo del centro y departamento.

Se utilizará la plataforma virtual de aprendizaje (Moodle) para la distribución de materiales o tareas. Esta herramienta facilita el acceso a recursos educativos, la entrega de trabajos, y la interacción entre estudiantes y profesores.

También se utilizarán Software de diseño gráfico y modelado 3D con herramientas como Blender o AutoCAD.

Además, se hará uso de la infraestructura del centro (aulas con acceso a internet), biblioteca para acceder a libros, revistas o bases de datos además de salas de estudio y espacios colaborativos para el trabajo en grupo.

También se colaborará con el Departamento de Ingeniería que brindará acceso a impresoras 3D y proporcionará asesoría técnica para la impresión de los puzles mejor valorados.

Para evaluar la efectividad de este proyecto y el logro de los objetivos educativos, se utilizarán varios indicadores y métodos de evaluación. Estos se centrarán en medir tanto el proceso de aprendizaje como los resultados obtenidos por los estudiantes. La combinación de evaluaciones formativas, junto con las evaluaciones del proceso o del producto final, garantizarán una evaluación completa del proyecto.

Evaluaciones formativas: Se realizarán evaluaciones continuas durante el proceso de aprendizaje para proporcionar retroalimentación a los estudiantes. Para ello se utilizarán cuestionarios y pequeñas pruebas, o la retroalimentación de los compañeros y autoevaluaciones.

Evaluaciones de producto: Se evaluarán los puzles diseñados, su creatividad y complejidad, además de su capacidad para representar adecuadamente las vías metabólicas. Para ello se utilizarán rúbricas de evaluación para los puzles diseñados y las evaluaciones se realizarán por parte de los propios compañeros y profesores. Además, se realizarán análisis de la funcionalidad y precisión de los puzles impresos en 3D.

Evaluaciones de proceso: también se evaluará el proceso de aprendizaje y la dinámica de grupo mediante observaciones y notas del profesor sobre la organización, trabajo y colaboración en grupo.

RESULTADOS

Resultados esperados del proyecto e indicadores a evaluar

1. Mejora en la comprensión de conceptos bioquímicos:

Resultados esperados: Se espera que los estudiantes demuestren una comprensión significativa de las vías metabólicas clave. Esto se reflejará en su capacidad para explicar y relacionar conceptos.

Indicadores: Mejores resultados en exámenes teóricos y prácticos, así como en la capacidad para integrar y aplicar conocimientos a casos clínicos.

2. Habilidad para aplicar conocimientos a problemas reales:

Resultados esperados: Los estudiantes serán capaces de aplicar los conceptos teóricos aprendidos a situaciones prácticas, mejorando en la resolución de problemas y en la toma de decisiones.

Indicadores: Calidad de la resolución de casos clínicos y de los puzles diseñados.

3. Desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas:

Resultados esperados: Se espera un incremento en el análisis, síntesis y evaluación de los estudiantes, lo que se evidenciará en su capacidad para abordar y resolver problemas complejos de manera eficaz.

Indicadores: Participación activa y de calidad en discusiones grupales.

4. Mejoras en el trabajo colaborativo y habilidades de comunicación:

Resultados esperados: Los estudiantes mostrarán una mejor organización en el trabajo en equipo y una mejor comunicación de ideas.

Indicadores: Evaluaciones positivas de la dinámica grupal, y calidad en las presentaciones grupales.

5. Aumento de la creatividad e innovación:

Resultados esperados: Se espera que los estudiantes demuestren creatividad e innovación en el diseño de puzles, creando juegos originales de las vías metabólicas.

Indicadores: Evaluaciones positivas de la creatividad y funcionalidad de los puzles diseñados, tanto por compañeros que utilicen el juego como por profesores.

6. Mayor satisfacción y motivación:

Resultados esperados: Se prevé un aumento en la satisfacción y motivación de los estudiantes, reflejado en su mayor participación y compromiso con las actividades del curso.

Indicadores: Resultados positivos en encuestas de satisfacción, cuestionarios, entrevistas y grupos focales con los estudiantes.

Descripción de las evaluaciones de los indicadores

Evaluaciones formativas: Evaluación de la mejora de los conocimientos del alumno a través de cuestionarios, autoevaluaciones, coevaluaciones y observaciones del profesor.

Evaluaciones de producto: Evaluación de la creatividad y de la capacidad para aplicar los conocimientos a problemas reales a través de la revisión y valoración de los puzles diseñados y su representación de las vías metabólicas.

Evaluaciones de proceso: Evaluación de las habilidades de comunicación y trabajo colaborativo a través del análisis de la dinámica grupal, complementada con la observación de las habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, mediante el seguimiento del comportamiento de los alumnos.

Encuestas y cuestionarios de satisfacción: Evaluación de la opinión de los estudiantes sobre la metodología y las actividades mediante encuestas de satisfacción y cuestionarios además de entrevistas y grupos focales para obtener retroalimentación cualitativa.

CONCLUSIONES

La implementación de este proyecto introduce varias novedades significativas en la enseñanza de la bioquímica. En primer lugar, fomenta un aprendizaje activo y participativo, donde los estudiantes se involucran directamente en la creación y resolución de puzles, haciendo el proceso educativo más dinámico e interactivo. Esto integra la teoría con la práctica, facilitando una comprensión más profunda y duradera de las vías metabólicas al permitir a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en actividades prácticas.

Por otro lado, el proyecto promueve el desarrollo de habilidades transversales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y el trabajo en equipo, esenciales para el futuro profesional de los estudiantes. La colaboración con el Departamento de Ingeniería y el uso de tecnologías innovadoras, como la impresión 3D, mejoran la calidad de los materiales educativos y familiarizan a los estudiantes con herramientas modernas. Además, los puzles mejor elaborados serán herramientas útiles para compañeros que estudien la asignatura en el futuro.

Finalmente, la evaluación integral del alumno durante el proceso, junto con el enfoque interdisciplinar del proyecto, favorecen el aprendizaje continuo y constructivo mejorando continuamente el proceso educativo.

REFERENCIAS

Bentley, M. y Connaughton, V.P. (2017). A simple way for students to visualize cellular respiration: adapting the board game Mousetrap™ to model complexity. *CourseSource*, 4. doi:10.24918/cs.2017.8

Bretz, S.L. (2001). Novak's Theory of Education: Human Constructivism and Meaningful Learning. *Journal of Chemical Education*, 78(8), 1107. doi:10.1021/ED078P1107.6

Dam, M., Ottenhof, K., Van Boxtel, C., y Janssen, F. (2019). Understanding cellular respiration through simulation using lego® as a concrete dynamic model. *Education Sciences*, 9(2). doi:10.3390/educsci9020072

de Leyva, A. y Rodríguez, C. (2011). ABP con plataforma virtual para los alumnos de biofarmacia y farmacocinética y farmacia galénica general. *Edusfarm*, 6, 13–19. Retrieved from www.uvalpovirtual.cl/archivos/simposio2004/Francisca

Dweck, C. S., Walton, G.M., y Cohen, G.L. (2014). *Academic Tenacity Mindsets and Skills that Promote Long-Term Learning*.

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. doi:10.1111/J.1365-2729.1991.TB00230.X

Rabinowitz, J.D. y Vastag, L. (2012). *Teaching the design principles of metabolism*. Recuperado de: www.nature.com/naturechemicalbiology

Ross, P.M., Tronson, D.A., y Ritchie, R.J. (2008). Increasing conceptual understanding of glycolysis & the krebs cycle using role-play. *American Biology Teacher*, 70(3), 163–168. doi:10.1662/0002-7685(2008)70[163:ICUOGT]2.0.CO;2

Sherwood, L. (2016). Human physiology: from cells to systems. *Human Physiology: From Cells to Systems*, 181–186. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=822600&info=resumen&idioma=ENG>

Sjøberg, S. (2009). Constructivism and Learning. In *International Encyclopedia of Education, Third Edition* (pp. 485–490). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-044894-7.00467-X

Thalberg, I. (2012). Toward a Psychology of Being By Abraham Maslow. *Philosophy and Phenomenological Research*, 25(2), 288.

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. doi:10.1080/0950069032000070306