

Recursos para la enseñanza-aprendizaje de temas complejos de Bioquímica en la educación médica

Resources for the teaching-learning of complex biochemistry topics in medical education

Ruth Garzón Fernández, Oscar Ortega Recalde, Alejandro Ondo Méndez, Lilia del Riesgo Prendes, Fabio Castillo Rivera, Martha Leonor Pinzón-Daza, Alba Lucía Salamanca Matta

Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.

RESUMEN

Introducción: las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) han modificado la forma en que el conocimiento es transmitido y asimilado. En la educación médica son consideradas fundamentales para la optimización del proceso enseñanza-aprendizaje, por favorecer la apropiación e integración del conocimiento, y apoyar las actividades presenciales en el aula. Una efectiva aplicación de estas herramientas requiere la identificación de las temáticas de más difícil comprensión para los estudiantes, permitiendo un direccionamiento preciso de su uso para la solución de los problemas de aprendizaje.

Métodos: se identificó el tópico de Bioquímica con mayor dificultad y se diseñó una herramienta virtual con diapositivas animadas, dibujos y gráficas que lo abordara. Los estudiantes recibieron orientaciones conceptuales que prepararon y discutieron con el profesor; posteriormente, accedieron a la herramienta para reforzar el estudio independiente. Se evaluó la eficacia de la herramienta al comparar los resultados de las evaluaciones antes y después de aplicarla y se evaluó la actitud de los estudiantes frente a su uso.

Resultados: el índice de dificultad global identificó el metabolismo de compuestos nitrogenados como un tema crítico. La implementación de la herramienta aumentó el éxito en las evaluaciones intrasemestrales e intersemestrales. La actitud de los estudiantes frente al uso de la herramienta fue favorable, la consideraron útil para reforzar sus conocimientos y mejorar su formación académica.

Conclusión: el uso orientado de las tecnologías de la información y la comunicación TICs en la educación superior favorece el proceso de autoaprendizaje

y plantea la necesidad de una mayor integración e implementación estructurada y adaptada de este tipo de herramientas al entorno estudiantil.

Palabras clave: tecnologías de la información y la comunicación; Bioquímica; educación médica; enseñanza; aprendizaje.

ABSTRACT

Introduction: Information and communication technologies (ICTs) have modified the way knowledge is transmitted and assimilated. In medical education, they are considered fundamental for the optimization of the teaching-learning process, to favor the appropriation and integration of knowledge, and to support classroom activities. An effective application of these tools requires the identification of the most difficult topics for students, allowing to precisely address their use for the solution of learning problems.

Methods: The Biochemistry topic with more difficulties was identified and a virtual tool was designed with animated slides, drawings and graphs that would address it. Students received conceptual guidance that they prepared and discussed with the professor. Later on, they accessed the tool to reinforce homework. The efficacy of the tool was evaluated on comparing the results of the evaluations before and after applying it and evaluated the students' attitude towards their use.

Results: The global difficulty index identified the metabolism of nitrogen compounds as a critical issue. The implementation of the tool increased the success in the intra- and inter-semester quizzes. The students' attitude towards the use of the tool was favorable, they considered it useful to reinforce their knowledge and to improve their academic training.

Conclusion: The use of the information and communication technologies in higher education favors the process of self-learning and raises the need for a greater integration or structured and adapted implementation of this type of tools to the students' environment.

Keywords: information and communication technologies; Biochemistry; medical education; teaching; learning.

INTRODUCCIÓN

En la educación médica, la enseñanza y el aprendizaje de la Bioquímica han sido considerados como aspectos importantes de intervención a la hora de disminuir el fracaso académico de los estudiantes de los primeros semestres. Es bien sabido que la Bioquímica es una ciencia compleja y su enseñanza lo es más en la medida que los profesores no cuenten con estrategias que faciliten su comprensión. La búsqueda de estas estrategias se ha orientado, entre otras alternativas, al uso de tecnologías de información y comunicación (TICs) que permitan la organización, presentación y comunicación de información, para que sean utilizadas como nuevas tecnologías docentes fundamentales que aseguren la calidad de la educación superior.¹

El potencial de las TICs para presentar información en una variedad de formas es, desde un punto de vista práctico, teórico y empírico, útil para la educación. Aunque la información se puede presentar de diversas formas, la elección de un método sobre otro optimiza su capacidad de asimilación por parte del estudiante. Varias investigaciones muestran que la presentación gráfica resulta en mayor retención y transferencia de información,^{2,3} ayuda también a representar conceptos de una forma más organizada con un esquema estructurado y analizado previamente a profundidad. Aunque la adopción de las TICs se vio inicialmente promovida en áreas de procesamiento de palabras e informática, este tipo de tecnologías se vieron rápidamente adoptadas por otras áreas del conocimiento en las comunidades universitarias. Entre estas áreas, la educación médica se ha visto ampliamente favorecida, dada la versatilidad de este tipo de herramientas.⁴

En los últimos años, las escuelas de Medicina han modificado de forma sustancial sus actitudes con respecto a los recursos tecnológicos utilizados con los estudiantes. En menos de tres generaciones de estudiantes, las TICs se han posicionado como un componente integral de la educación médica.⁵ Se considera que dos factores han contribuido en gran medida a esta transición: la mayor disponibilidad de recursos informáticos, con una mejora y disminución en su costo, y la difusión de los medios de comunicación como el internet. Considerando este panorama, las universidades y las escuelas de Medicina han invertido de manera importante en la adquisición de recursos y en la formación de su personal en tecnología, no solo para mejorar su calidad académica sino porque las TICs y las habilidades informáticas son vistas actualmente como esenciales en una profesión que es cada vez más dependiente de la información electrónica.⁶

Sin embargo, la naturaleza inherente a este tipo de herramientas las convierte en medios no estructurados y carentes de direccionamiento, lo cual exige por parte de los estudiantes un aprendizaje previo acerca de cómo usar y manejar efectivamente la gran cantidad de información disponible. Esta limitación fundamental ha llevado a que las instituciones educativas adopten un modelo estructurado local para asistir en esta tarea. Muchas instituciones han desarrollado campus virtuales, con el fin de facilitar la interacción profesor-estudiante y la difusión de material educativo. La información obtenida por estos métodos mejora las habilidades de los estudiantes para entender o reforzar un tópico analizado en una clase magistral o en una actividad experimental o clínica. El desarrollo de tales interfaces y herramientas presenta varias limitaciones. En términos de profundidad, los estudiantes a menudo requieren de herramientas de calidad que abarquen un gran número de tópicos dentro de los temas de estudio y no todos los profesores ofrecen sus contenidos en una herramienta virtual debido a que el diseño requiere de conocimiento previo acerca de los recursos tecnológicos y una inversión en tiempo para construirlos. La correcta implementación de estas herramientas, por lo tanto, requiere de profesores con formación sólida de los conceptos a transmitir y personal con formación tecnológica que plasmen el conocimiento en herramientas útiles y atractivas para la comunidad estudiantil y a su vez los invite a crear nuevas estrategias basadas en las TICs para el diseño de actividades de enseñanza y aprendizaje.⁷

En áreas de ciencias básicas las TICs han ampliado las posibilidades de aprendizaje y la disponibilidad de recursos que facilitan el proceso de enseñanza. Los entornos multimedia en plataformas virtuales constituyen una forma eficaz de publicar material educativo, ya que permiten ilustrar procesos dinámicos y difíciles de presentar mediante otros métodos más tradicionales, además fomentan la interacción profesor-estudiante y facilitan la obtención de información por parte de este último. Estos recursos didácticos puestos a disposición del estudiante lo ubican en el centro del proceso educativo, le permiten abordar el contenido de la asignatura de una manera más interactiva y autónoma, facilitando el aprendizaje

de temas que representan mayor dificultad en el proceso educativo y lo hacen protagonista de su formación profesional.⁸

Unido a las estrategias didácticas basadas en herramientas virtuales, la necesidad de contar con una orientación apropiada para el estudio de los temas abordados en las asignaturas, también hace que sea necesaria la generación de materiales que apunten a ese objetivo. En el caso particular de temáticas de difícil comprensión para los estudiantes, como es la Bioquímica, es importante desarrollar estrategias pedagógicas que faciliten no sólo su comprensión, sino que generen una percepción más positiva de la importancia y utilidad de estos temas en los estudiantes de los primeros años de las carreras de Medicina y Ciencias de la Salud. Una estrategia para lograr este fin ha sido el diseño de orientaciones para el abordaje de los temas de estudio que concentran los conceptos más importantes que facilitan su comprensión, que los estudiantes deben preparar con anticipación a las actividades grupales y discutir durante la clase siguiendo las orientaciones del profesor,⁹ que en este sentido se convierte en un mediador efectivo que da soporte guiado a la evolución del estudiante.⁸

Frente a las ventajas que el uso de tecnologías de información y comunicación representa para la educación médica, este trabajo presenta una segunda estrategia abordada por los autores que con su línea de educación en ciencias ha incursionado en el diseño, uso y evaluación de recursos físicos y virtuales que favorezcan la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje y la forma en que profesores y estudiantes acceden al conocimiento y la información. En este caso se buscó identificar las temáticas de más difícil aprendizaje en Bioquímica, particularmente el área del metabolismo y desarrollar, aplicar y evaluar la efectividad de una herramienta basada en TICs que fortalezca y complemente el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Bioquímica en estudiantes de la carrera de Medicina.

MÉTODOS

Descripción del estudio

La recolección de información cuantitativa sobre los temas con mayor dificultad se obtuvo a partir de los resultados de las evaluaciones de los estudiantes de Medicina que cursaron la asignatura Bioquímica II durante los cuatro períodos académicos transcurridos entre 2010 y 2011 ($n= 415$); cohortes I a IV, respectivamente. La información cualitativa se obtuvo por medio de una encuesta de opinión que recogió el grado de dificultad e interés en los temas de estudio y que se aplicó a los estudiantes que cursaron con anterioridad la asignatura ($n= 164$), y a los profesores que la impartieron ($n= 6$). Se realizó una estadística descriptiva tipo censo al recuento total del número de estudiantes de las diferentes cohortes. El estudio se llevó a cabo con el cumplimiento de las normas éticas y de confidencialidad de acuerdo con los principios éticos fundamentales del Código de Nuremberg, la Declaración de Helsinki y el Informe de Belmont.

Diseño

El estudio se dividió en tres fases:

Fase 1. Consistió en determinar el tema que representaba mayor dificultad para los estudiantes; en la segunda fase se diseñó e implementó la herramienta virtual y se proporcionaron y discutieron las orientaciones conceptuales con los estudiantes; y en la tercera se evaluó la eficacia de la metodología empleada (Fig. 1).

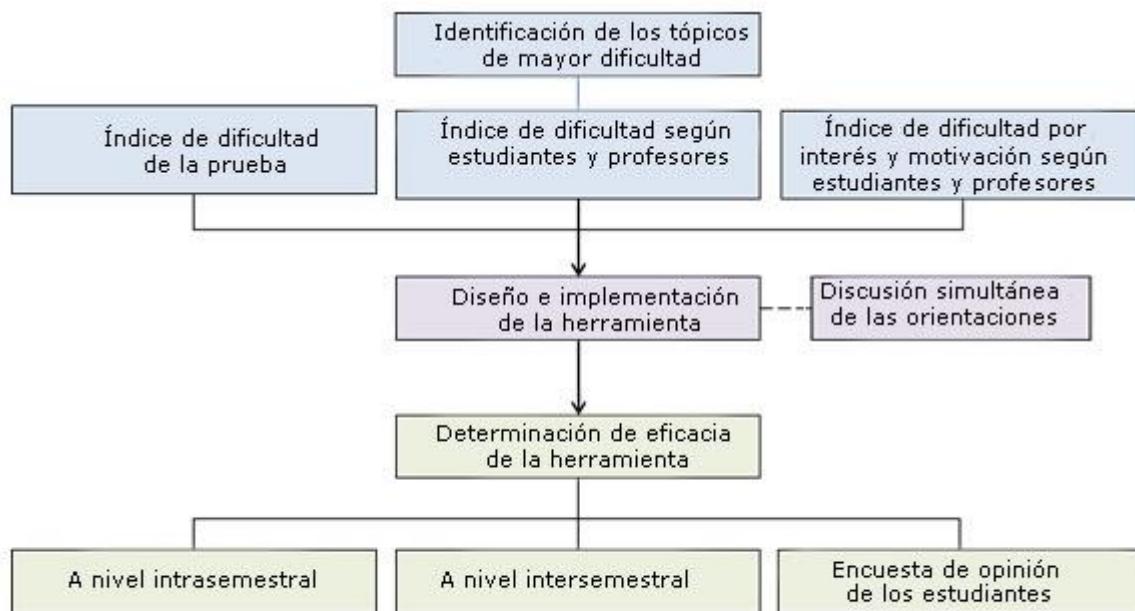


Fig 1. Diseño metodológico desarrollado durante el estudio.

Para determinar los temas que representan mayor dificultad para los estudiantes se consideró un componente cuantitativo y otro cualitativo. En el componente cuantitativo se evaluó la dificultad de cada tema del curso en las pruebas escritas. Se agruparon los resultados numéricos de las pruebas durante los cuatro períodos académicos transcurridos entre 2010 y 2011 (cohorte I-IV, respectivamente) por preguntas y temas. Se unificó el valor numérico de calificación en el caso de las preguntas abiertas; para el éxito la calificación > 0,7, para el fracaso la calificación < 0,7. En el caso de las preguntas cerradas, el contestarlas correctamente se consideró como éxito, en caso contrario como fracaso.

El índice de dificultad en la prueba escrita se estableció como se muestra en la ecuación 1, teniendo en cuenta que los temas con menor índice de éxito (menor número de preguntas correctas) al contestar las preguntas se corresponden con un mayor índice de dificultad.

$$\text{Índice de dificultad de la prueba (IDP)} = 1 - \text{índice de éxito}$$

$$\text{IDP} = 1 - \frac{\text{Número de preguntas respondidas correctamente}}{\text{Número de preguntas totales}}$$

En el componente cualitativo, se aplicó una encuesta a los estudiantes que cursaron Bioquímica II en los dos períodos del 2011 (cohorte III y IV) y se les interrogó acerca del nivel de dificultad y de interés en una escala numérica de 1 a 5. Para estimar el nivel de dificultad se adjudicó un valor de uno [1] a un contenido muy fácil y cinco [5] a uno muy difícil; para estimar el interés, se adjudicó un valor de uno [1] a un contenido con bajo nivel de interés y motivación y cinco [5] a uno con alto nivel de interés y motivación. Se preguntó además si alguno de los dos aspectos consultados correspondía al rendimiento académico obtenido en la asignatura previamente cursada. Se aplicó el mismo tipo de encuesta a los profesores que impartieron la asignatura. Todos los valores se normalizaron en una

escala de 0 - 1. Para el nivel de dificultad los valores se denominaron índice de dificultad según estudiantes (IDE) y profesores (IDP). Se tuvo en cuenta que un menor nivel de interés y motivación se corresponde con un mayor grado de dificultad y se obtuvieron los índices de acuerdo con la ecuación 2.

$$\text{Índice de dificultad por interés y motivación (IDIM)} = 1 - \text{Nivel de Interés y Motivación}$$

Para determinar los temas de mayor dificultad se consideraron todos los datos y se agruparon en un valor denominado índice de dificultad global (IDG) (ecuación 3), y que consideró el índice de dificultad según estudiantes (E) y profesores (P), el índice dificultad de acuerdo con el interés y motivación de estudiantes y profesores, y el índice de dificultad de la prueba.

$$\text{Índice de dificultad global} = \frac{\text{IDP} + \text{ID}(E) + \text{ID}(P) + \text{IDIM}(E) + \text{IDIM}(P)}{\text{Número total de índices}}$$

Fase 2. Diseño e implementación de la herramienta y discusión de las orientaciones

Se correlacionaron los datos en la primera fase y se diseñó una herramienta virtual teniendo en cuenta los conceptos críticos y subtemas impartidos por los profesores. La herramienta fue diseñada en diapositivas animadas mediante el programa PowerPoint®, los dibujos y gráficas fueron descargados bajo licencia de dominio público y los esquemas e información adicional no amparada por este tipo de licencia fueron diseñadas con el programa Adobe Photoshop CS5®. La herramienta fue optimizada mediante la continua retroalimentación de los profesores, los cuales aportaron en su construcción con experiencia e ideas en puntos críticos y de estructuración. Al concluir el diseño, fue puesta a disposición de los estudiantes que cursaban la materia en el primer periodo de 2012, mediante su descarga libre en la plataforma virtual del curso en *Moodle*. De esta manera, los estudiantes pudieron trabajar de manera autónoma y a su propio ritmo los conceptos en ella contenidos. Simultáneamente, se trabajó en sesiones presenciales la discusión de las orientaciones conceptuales que previamente se habían proporcionado a los estudiantes para su estudio independiente. Estas orientaciones fueron elaboradas teniendo en cuenta los conceptos más importantes de los temas a tratar.⁹

Fase 3. Determinación de la eficacia de la metodología aplicada

Para evaluar la eficacia de la metodología empleada se tomaron en consideración los resultados de los exámenes y las opiniones de los estudiantes que se encontraban cursando la asignatura en el primer periodo de 2012 (cohorte V, n= 88). A nivel intersemestral, se compararon los resultados de estos estudiantes con los resultados de estudiantes de cohortes anteriores. A nivel intrasemestral, se realizó una evaluación corta al finalizar las clases teóricas previa implementación de la herramienta y se comparó con la evaluación final del curso, se usó el índice de éxito para las evaluaciones según la ecuación 1. Finalmente se aplicó una encuesta acerca del uso de la herramienta y la opinión en cuanto a su utilidad y diseño.

RESULTADOS

Temas de mayor dificultad en Bioquímica

Los resultados a partir de las opiniones de los estudiantes muestran que entre los temas con mayor dificultad se encuentran el metabolismo de compuestos nitrogenados, seguido por metabolismo tisular y el de lípidos; entre los temas de menor interés se encuentran membranas y transporte, bioenergética y metabolismo de compuestos nitrogenados (Fig. 2). Al indagar por la relación entre el nivel de dificultad y los resultados de las evaluaciones escritas, el 62 % de los estudiantes admitieron encontrar dicha relación; por otra parte, el 54 % de los estudiantes consideró que el grado de interés prestado en el tema se correlaciona con los resultados de las evaluaciones.

Los profesores opinaron que los temas que revisten mayor dificultad son el metabolismo de compuestos nitrogenados, bioenergética y respiración celular y que los que tienen un menor grado de interés son bioenergética, metabolismo de compuestos nitrogenados y respiración (fig. 2). En cuanto a la relación entre el nivel de dificultad y los resultados de las evaluaciones escritas, el 83 % de los profesores consideró que existe relación y el 100 % considera que el nivel de interés de un estudiante en determinado tema se correlaciona con los resultados de las evaluaciones escritas.

Niveles de dificultad e interés y motivación

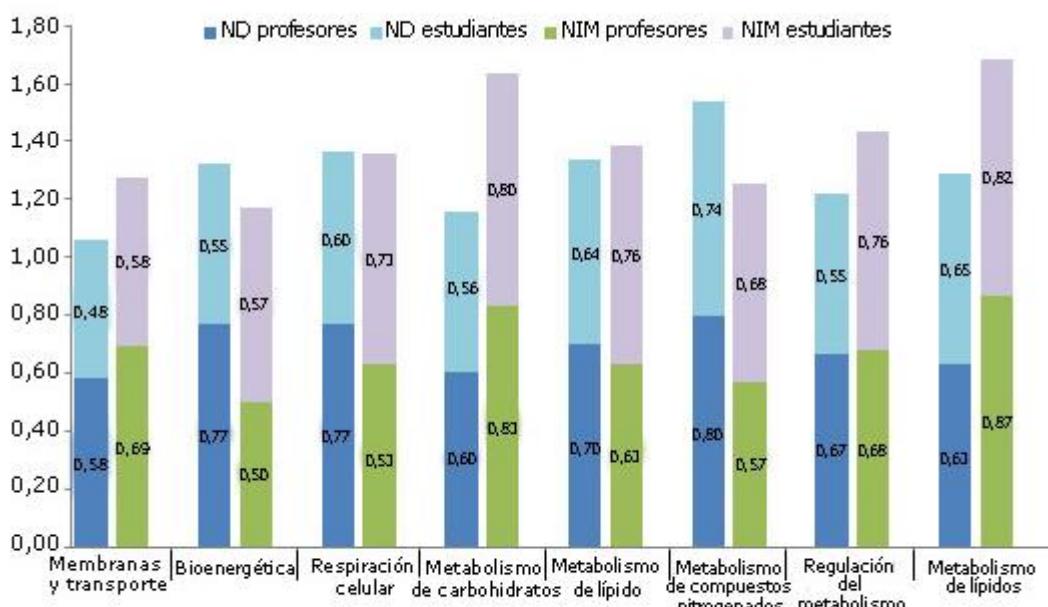


Fig 2. Nivel de dificultad (ND) y nivel de interés y motivación (NIM) de los temas impartidos en Bioquímica II, según los estudiantes y los profesores. El gráfico representa los valores normalizados en una escala 0 – 1 de estos resultados.

Los resultados de las evaluaciones académicas aplicadas a los estudiantes en las diferentes cohortes muestran que el número de preguntas asignadas para cada tema fue variable entre los temas y los períodos académicos con un intervalo de 0-9 preguntas, con una media de 4,4 preguntas por tema y una moda de 3 preguntas (tabla 1).

Tabla 1. Número de preguntas e índice de éxitos por semestre académica en los diferentes tópicos en Bioquímica

Tópicos de Bioquímica	No. de preguntas	Índice de éxito				Índice de éxito promedio	Desviación estándar	IDP*
		Semestre I/2010	Semestre II/2010	Semestre I/2011	Semestre II/2011			
Membranas y transporte	12	0,55	0,73	0,65	0,55	0,62	0,08	0,38
Bioenergética	6	0,62	–	0,50	0,70	0,61	0,08	0,39
Respiración celular	26	0,57	0,67	0,51	0,59	0,59	0,06	0,41
Metabolismo de carbohidratos	18	0,47	0,66	0,81	0,67	0,65	0,12	0,35
Metabolismo de lípidos	20	0,47	0,55	0,61	0,72	0,59	0,09	0,41
Metabolismo de compuestos nitrogenados	21	0,56	0,70	0,59	0,72	0,64	0,07	0,36
Regulación del metabolismo	13	0,60	0,63	0,61	0,67	0,63	0,03	0,37
Metabolismo tisular	24	0,61	0,72	0,75	0,65	0,68	0,06	0,32
Promedio	17,5	0,56	0,67	0,63	0,66	0,63	0,07	0,37

* Índice de dificultad.

El índice de éxito en las evaluaciones escritas para cada uno de los temas fue variable al encontrar valores entre 0,47 y 0,75, con una media de 0,63. Existen temas con un índice de éxito bajo, entre los que cabe resaltar respiración celular y metabolismo de lípidos, aunque al considerar los períodos de manera particular no se observa un comportamiento de bajo éxito académico constante a través del tiempo. Es de destacar adicionalmente que los resultados académicos varían entre los períodos académicos para cada uno de los temas y de manera global en los promedios.

De acuerdo con la ecuación 3 se obtuvo el índice de dificultad global para cada uno de los temas, en donde se observa que entre los temas de mayor dificultad se encuentran en su orden, metabolismo de compuestos nitrogenados, bioenergética y respiración celular (tabla 2).

Estos resultados sugieren que el desempeño académico no necesariamente se relaciona con el grado de dificultad evidenciado por los profesores y estudiantes. Al tomar en cuenta estas consideraciones, el diseño de la herramienta se centró en metabolismo de compuestos nitrogenados como uno de los temas que mayor dificultad y menor interés representa según la opinión de estudiantes y profesores, aunque los resultados de las evaluaciones lo excluyan de esta condición.

Tabla 2. Índice de dificultad global según tema

Tópicos de Bioquímica	IDP	IDE	IDP	IDIME	IDIMP	IDG
Membranas y transporte	0,38	0,48	0,58	0,42	0,31	0,43
Bioenergética	0,39	0,55	0,77	0,33	0,50	0,51
Respiración celular	0,42	0,60	0,77	0,27	0,37	0,48
Metabolismo de carbohidratos	0,35	0,56	0,60	0,20	0,17	0,37
Metabolismo de lípidos	0,41	0,64	0,70	0,24	0,37	0,47
Metabolismo de compuestos nitrogenados	0,36	0,74	0,80	0,32	0,43	0,53
Regulación del metabolismo	0,37	0,55	0,67	0,24	0,32	0,43
Metabolismo tisular	0,32	0,65	0,63	0,18	0,13	0,18

IDP: Índice de dificultad en la prueba; IDE/P: Índice de dificultad, según estudiantes o profesores; IME/P: Índice de dificultad por interés y motivación, según estudiantes o profesores.

Diseño e implementación de la herramienta

Antes de comenzar con el diseño de la herramienta, se realizó una búsqueda de las ayudas existentes y disponibles en internet para el estudio del tema seleccionado, y se encontró que la información realmente es muy escasa y sobretodo incompleta. Esto reforzó la decisión y el interés por iniciar el diseño de una herramienta acorde con las necesidades de los estudiantes e integrada al currículo impartido en la carrera de Medicina de la Universidad del Rosario. Para el diseño de la herramienta se consideraron varios puntos clave, entre ellos, un mapa de conceptos que permitiera el acceso rápido a cada uno de los subtemas a tratar y los objetivos buscados con la implementación de la herramienta; la presentación estructurada de la información por medio de ventanas emergentes explicativas en cada parte de la animación; la calidad de las imágenes y el diseño de las animaciones para que fuesen a la vez atractivas visualmente y claras al transmitir los conceptos; representaciones que permitieran visualizar procesos biológicos críticos para la comprensión de los conceptos a analizar; preguntas para reforzar los conocimientos previamente trabajados con el profesor y favorecer así la consolidación de la información suministrada.

La utilización de la herramienta fue enriquecida con la lectura orientada de los conceptos más importantes del tema. La preparación de las orientaciones permitió a los estudiantes discutir los temas en una puesta en común con el profesor y formular nuevas preguntas que les permitieron profundizar en el tema tratado.

Eficacia de la metodología

En la valoración intrasemestral de los resultados se observó un índice de éxito de 56 % previo a la implementación de la herramienta. Tras la implementación de la

herramienta se encontró un índice de éxito de 72 %. Al realizar el análisis estadístico la prueba T mostró un $p < 0,05$, lo que permitió inferir que las diferencias son estadísticamente significativas con un aumento del éxito en las evaluaciones escritas tras implementar la herramienta virtual. A nivel intersemestral se compararon los resultados tras la implementación de la herramienta en el semestre estudiado y los cuatro semestres previos en el tema de interés asumiendo desigualdad de varianzas por la prueba de Levene. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) con un aumento del éxito en las evaluaciones de 7 % tras implementar la herramienta.

La respuesta de los estudiantes que utilizaron la herramienta y contestaron la encuesta fue, en general satisfactoria, de estos, la mayoría estuvo totalmente de acuerdo o de acuerdo con respecto a la utilidad y el diseño de la herramienta ([tabla 3](#)).

Tabla 3. Actitud de los estudiantes con respecto a la implementación de la herramienta

Ítem evaluado	Totalmente de acuerdo %	De acuerdo %	Neutral %	En desacuerdo %	Totalmente en desacuerdo %
La implementación de la herramienta resultó de utilidad para mi formación académica	70,1	26,4	3,4	0,0	0,0
Retengo más información al incorporar la herramienta junto con la clase, que solo con la clase	70,1	24,1	5,7	0,0	0,0
Me gustaría participar en la implementación de más herramientas de ese tipo	59,8	32,2	8,0	0,0	0,0
Me gustó el diseño de la herramienta	72,4	19,5	6,9	0,0	1,1

DISCUSIÓN

La implementación de herramientas virtuales ha venido en aumento en el área de educación biomédica gracias a los avances tecnológicos y a la amplia utilidad que estas han mostrado tener en el proceso de enseñanza-aprendizaje.^{10,11} A pesar de su utilidad existen diversas limitaciones que restringen su uso más extendido en el ambiente universitario.¹² En este trabajo se presenta un diseño experimental de tres fases consistentes en la determinación de los temas de mayor dificultad en la asignatura Bioquímica, el diseño e implementación de la herramienta y finalmente la evaluación de la eficacia de esta, el cual mostró tener resultados exitosos.

El grado de dificultad no es un elemento fácil de medir ya que depende de apreciaciones personales según estudiantes y profesores, y aunque una forma de cuantificarlo es el éxito en las evaluaciones escritas, no necesariamente está asociado al grado de dificultad observado por ellos, como lo sugieren nuestros resultados. Esta consideración llevó al planteamiento de un nuevo índice en el que se relacionaran los resultados en las evaluaciones escritas y las opiniones de los alumnos y profesores en cuanto al grado de dificultad e interés y motivación, denominado índice de dificultad global, el cual puede constituir un indicador más sensible para medir dificultad, que el rendimiento en las evaluaciones.

Las opiniones de los estudiantes y de los profesores en cuanto a los factores que influyen en el éxito en las evaluaciones escritas también muestran que estos resultados de manera aislada no son indicativos de dificultad para un tema específico. Esto lleva a considerar que existen otros factores que afectan las competencias individuales de los estudiantes, que aunque no son motivo del presente estudio, se amplían en otros artículos acerca del tema.^{13,14} Nuestros resultados sugieren que uno de los parámetros críticos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y rendimiento académico es el grado de motivación que tengan los estudiantes hacia determinado tema, lo cual es compatible con lo descrito previamente en la literatura.^{15,16}

Este tipo de herramientas han mostrado en otros estudios ayudar a transmitir información que puede resultar difícil por medios convencionales.¹⁷ El énfasis en un tema que representa un alto índice de dificultad según los estudiantes y un bajo nivel de interés, se llevó a cabo, buscando modificar estos parámetros. Por un lado, la existencia de un recurso estructurado y a disposición libre del estudiante facilita y refuerza los conceptos aprendidos en clase, permitiendo reducir el grado de dificultad, y por otro, al ser una herramienta visualmente atractiva y de libre acceso, puede aumentar el nivel de interés y de motivación, permitiéndoles abordar el estudio independiente al ritmo particular de cada estudiante.¹⁸

Uno de los principales factores limitantes observados en estudios previos que dificultan la implementación más generalizada de este tipo de herramientas ha sido su diseño,¹⁹ nuestras observaciones están de acuerdo con este punto. Considerando que se tuvo gran énfasis en la calidad de la herramienta, se diseñaron y adaptaron a menudo esquemas y animaciones buscando que su presentación fuera lo más clara y concisa posible; también por parte de los docentes el tiempo invertido para la revisión y retroalimentación fue loable. Estas observaciones apoyan análisis previos en los que se resalta la importancia de un personal docente y de apoyo capacitado y motivado para el uso de este tipo de herramienta, así como una estrecha cooperación entre estos.²⁰ De hecho, la efectividad del aprendizaje en línea puede depender de los objetivos de aprendizaje cognitivo orientado de la forma tradicional²¹ y es lo que se ha conseguido con la puesta en común de las orientaciones conceptuales que los profesores han utilizado para reforzar las temáticas en un encuentro presencial con sus estudiantes.

Nuestros resultados sugieren que la implementación de la herramienta fue exitosa en términos de rendimiento académico y según las opiniones de los estudiantes se puede asociar a una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Diversos artículos muestran que las nuevas técnicas pedagógicas como el aprendizaje activo, el aprendizaje basado en problemas y la implementación de herramientas basadas en la Web 2.0 son también eficaces en mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.^{22,23} En este panorama de continuo cambio, el papel de la comunidad universitaria es fundamental para optimizar el proceso de educación y las herramientas innovadoras pueden constituir poderosos aliados, por lo que se debería considerar su mayor uso e implementación para mejorar la calidad de la educación y adaptarse al incesante cambio de nuestra sociedad actual.²⁴

El desarrollo de este trabajo propone un nuevo indicador, el índice de dificultad global, para medir la dificultad en el aprendizaje de un tema determinado. Su aplicación permitió evidenciar que la dificultad de un tema se relaciona con el éxito de las evaluaciones escritas, pero además, con factores como el interés y la motivación de los estudiantes para el estudio de un tema en particular y de los profesores para orientarlo. Los resultados tras la implementación de la herramienta permitieron evidenciar su utilidad para mejorar la comprensión del metabolismo de los compuestos nitrogenados en los estudiantes de Medicina al comparar los resultados intrasemestrales e intersemestrales, así como la actitud de los

estudiantes frente a la herramienta. Dentro de la política de continuo cambio y mejoramiento al interior de la Unidad de Bioquímica de la Universidad del Rosario, este proyecto constituyó un primer acercamiento al diseño e implementación de TICs. Los resultados permitieron sentar las bases para que en un corto plazo se continúe con el diseño de nuevas TICs en otros temas, y en otras asignaturas. Finalmente cabe resaltar que estos beneficios y los futuros solo son posibles gracias a la participación de toda la comunidad universitaria y especialmente los profesores, por lo que parte de las políticas de educación deberían también estar enfocadas a un mayor uso y capacitación en este tipo de herramientas que se traduzcan en una mejora del proceso educativo.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al doctor Pedro Monterrey por su colaboración en la construcción de las bases de datos y análisis estadístico, a los profesores de la unidad de bioquímica y a los estudiantes de segundo y tercer semestre durante los periodos 2011-2012 de la Universidad, que con su participación hicieron posible este estudio. Este trabajo fue apoyado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) y el Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores "Virginia Gutiérrez de Pineda" 2010, Colombia.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Skinner D. Effective Teaching and Learning in Practice. London; New York: Continuum International Pub. Group. 2010.
2. Schönborn KJ, Anderson TR. Bridging the educational research-teaching practice gap: Foundations for assessing and developing biochemistry students' visual literacy. *Biochem Mol Biol Educ.* 2010;38(5):347-54. doi: 10.1002/bmb.20436.
3. Addison S, Wright A, Milner R. Using clickers to improve student engagement and performance in an introductory biochemistry class. *Biochem Mol Biol Educ.* 2009[cited 23 oct 2014];37(2):84-91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21567711>. doi: 10.1002/bmb.20264
4. Robin BR, McNeil SG, Cook DA, Agarwal KL, Singhal GR. Preparing for the changing role of instructional technologies in medical education. *Acad Med.* 2011;86(4):435-9. doi: 10.1097/ACM.0b013e31820dbee4.
5. Steinert Y, Mann K, Centeno A, Dolmans D, Spencer J, Gelula M, et al. A systematic review of faculty development initiatives designed to improve teaching effectiveness in medical education: BEME Guide No. 8. *Med Teach.* 2006;28(6):497-26.
6. Watmough S, O'Sullivan H, Taylor D. Graduates from a traditional medical curriculum evaluate the effectiveness of their medical curriculum through interviews. *BMC Med Educ.* 2009;9:64. doi: 10.1186/1472-6920-9-64.

7. Kibble B. Effective use of ICT in Science Education. Demkanin P, Kibble B, Lavonen J, Guitart J, J T, editors. Bob Kibble, School of Education, University of Edinburgh. 2008.
8. Araya S. Experiencia de cambio metodológico en estudiantes chilenos basada en la autonomía y colaboración para la construcción de aprendizajes. Educ Médica Super. 2015 [citado 18 feb 2016];29(2):233-46. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412015000200004
9. del Riesgo L, Garzón R, Ondo A. Metabolismo intermedio y su regulación. Colección Textos de Ciencias Naturales y Matemáticas. Bogotá. Editorial Universidad del Rosario; 2011. p. 139. ISBN: 978-958-738-203-7.
10. Conole G, Dyke M. What are the affordances of information and communication technologies? Research in Learning Technology. 2004 [citado 18 feb 2016];12(2). Available from: <http://oro.open.ac.uk/6981/>
11. Ward JPT, Gordon J, Field MJ, Lehmann HP. Communication and information technology in medical education. Lancet. 2001 [citado 18 feb 2016];357(9258):792-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11253986>
12. Breen R, Lindsay R, Jenkins A. The Role of Information and Communication Technologies in a University Learning Environment. Stud High Educ. 2001;26(1):95-114.
13. Garbanzo G. Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. Educación. 2007 [citado 18 feb 2016];31(1):43-63. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/440/44031103.pdf>
14. Garzón R, Rojas MO, del Riesgo L, Pinzón M, Salamanca AL. Factores que pueden influir en el rendimiento académico de estudiantes de Bioquímica que ingresan al programa de Medicina. Educ Med. 2010;13(2):85-96.
15. Stegers-Jager KM, Cohen-Schotanus J, Themmen APN. Motivation, learning strategies, participation and medical school performance. Med Educ. 2012;46(7):678-88. doi: 10.1111/j.1365-2923.2012.04284.x.
16. Kusurkar RA, Croiset G, Mann KV, Custers E, ten Cate O. Have Motivation Theories Guided the Development and Reform of Medical Education Curricula? A Review of the Literature. Acad Med. 2012;87(6):735-43. doi: 10.1097/ACM.0b013e318253cc0e.
17. Hobbs J, Strothers H, Manyon A. Impact of expanding use of health information technologies on medical student education in family medicine. Ann Fam Med. 2009;7(5):470-1. doi: 10.1370/afm.1046.
18. Bruna C, Bunster M, Martínez J, Márquez C. Utilizar la wiki para promover autoaprendizaje y responsabilidad social en futuros científicos. Educ Medica Super. 2014[citado 18 feb 2016];28(2):229-42. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v28n2/ems05214.pdf>
19. Pelgrum WJ. Obstacles to the integration of ICT in education: Results from a worldwide educational assessment. Comput Educ. 2001 [citado 18 feb

- 2016];37(2):163-78. Disponible en:
http://users.ntua.gr/vvesk/ictedu/article5_pelgrum.pdf
20. Albirini A. Teachers' attitudes toward information and communication technologies: the case of Syrian EFL teachers. Comput Educ. 2006[citado 18 feb 2016];47(4):373-98. Disponible en:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.462.8303&rep=rep1&type=pdf>
21. Kang HG. Learning Outcomes in a Stress Management Course: Online versus Face-to-Face. MERLOT J Online Learn Teach. 2014 [citado 18 feb 2016];10(2):179-91. Disponible en: http://jolt.merlot.org/vol10no2/fish_0614.pdf
22. Boulos MNK, Maramba I, Wheeler S. Wikis, blogs and podcasts: a new generation of Web-based tools for virtual collaborative clinical practice and education. BMC Med Educ. 2006 Jan;6:41. Doi: 10.1186/1472-6920-6-41
23. Sé AB, Passos RM, Ono AH, Hermes-Lima M. The use of multiple tools for teaching medical biochemistry. Adv Physiol Educ. 2008 Mar;32(1):38-46. doi: 10.1152/advan.00028.2007.
24. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The Impact of E-Learning in Medical Education. PubMed. 2006[citado 18 feb 2016];81(3):207-12. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16501260>

Recibido: 22 de junio de 2016.

Aprobado: 16 de octubre de 2016.

Ruth Garzón Fernández. Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico: ruth.garzon@urosario.edu.co