



Revista *de la* Facultad *de* Medicina

Publicación anticipada

Este artículo fue aprobado para publicación en el v71n3 de la Revista de la Facultad de Medicina teniendo en cuenta los conceptos de los pares evaluadores y los cambios realizados por los autores según estos conceptos. Por lo tanto, se publica la versión preliminar del artículo para su consulta y citación provisional, pero debe aclararse que esta puede diferir del documento final, ya que no ha completado las etapas finales del proceso editorial (corrección de estilo, traducción y diagramación) y solo los títulos, datos de autores, palabras clave y resúmenes corresponden a la versión final del artículo.

Esta versión puede consultarse, descargarse y citarse según se indique a continuación, pero debe recordarse que el documento final (PDF, HTML y XML) puede ser diferente.

Cómo citar:

Layton-Jaramillo SE, Villamil-Villar WA, Aguaded-Ramírez EM, Carrillo-Rosúa J. [Efectividad de una propuesta de aprendizaje basada en el contexto para mejorar aprendizaje del cálculo de concentraciones en estudiantes de medicina]. Rev. Fac. Med. 2023;71(1):e95436 (In press). English. doi: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.103851>.

Article in press

This article was accepted for publication in V71N3 of Revista de la Facultad de Medicina (Journal of the Faculty of Medicine), considering the concepts of the peer reviewers and the changes made by the authors based on said concepts. Therefore, the preliminary version of this article is published for consultation and provisional citation purposes. However, it should be noted that this version may differ from the final document since it has not completed the final stages of the editorial process (proof-editing, translation, and layout). Only the titles, authorship, keywords and abstracts will remain unchanged in the final version of the article.

This version can be consulted, downloaded, and cited as indicated below, but please bear in mind that the final document (PDF, HTML, and XML) may differ.

How to cite:

Layton-Jaramillo SE, Villamil-Villar WA, Aguaded-Ramírez EM, Carrillo-Rosúa J. Efficacy of a context-based learning approach to improve the learning of the calculation of concentration units in medical students. Rev. Fac. Med. 2023;71(1):e95436 (In press). English. doi: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.103851>.

Tipo de artículo: Investigación original

<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.103851>

Efficacy of a context-based learning approach to improve the learning of the calculation of concentration units in medical students

Running title: Context based learning of the calculation of concentrations

Efectividad de una propuesta de aprendizaje basada en el contexto para mejorar aprendizaje del cálculo de concentraciones en estudiantes de medicina

Título corto: Aprendizaje basado en el contexto del cálculo de concentraciones

Recibido: 23/07/2022 Aceptado: 26/12/2022

Soraya Elena Layton-Jaramillo^{1,2} CvLac: https://scienti.min-ciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001421457&lang=es

<https://orcid.org/0000-0002-2609-2957>

William Anibal Villamil-Villar³ CvLac: <http://www.hermes.unal.edu.co/pa-ges/Docentes/Docente.jsf?u=wavillamilv>

<https://orcid.org/0000-0002-1406-3657>

Eva María Aguaded-Ramírez⁴ orcid.org/0000-0001-9831-6799

Javier Carrillo-Rosúa^{1,5} orcid.org/0000-0003-2889-3966

¹Universidad de Granada - Facultad de Ciencias de la Educación - Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales - Granada - España

²Universidad Nacional de Colombia - Dirección Nacional de Innovación Académica - Nivel nacional - Colombia.

³Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Medicina - Departamento de Ciencias Fisiológicas - Bogotá - Colombia.

⁴Universidad de Granada - Facultad de Ciencias de la Educación - Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación - Granada - España.

⁵Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra - CSIC-UGR - Armilla - España.

Correspondencia: Soraya Elena Layton Jaramillo, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada, Granada, España; slaytonj@correo.ugr.es

Abstract

Introduction. Medical students need to learn and acquire skills in calculating the concentration of chemical solutions in order to be able to use them properly during their professional life.

Objective. To evaluate the efficacy of a didactic resource designed with the context-based learning (CBL) approach to improve the learning of the calculation of concentration units of chemical solutions in first-semester medical students of a public university.

Materials and methods. Design-based research conducted in three phases: design, intervention and evaluation. In the first phase, the Solutions with Empathy didactic resource was developed. The intervention was carried out during the second semester of 2020 with first-semester students of the Medicine program of the Universidad Nacional de Colombia enrolled in the Basic chemistry for health sciences subject. An experimental study in which 66 volunteers took a knowledge questionnaire (pretest) and were randomly distributed into two groups was conducted. Then, the experimental group (n=30) used the resource and then completed the post-test knowledge questionnaire, while the control group (n=36) did the opposite. Subsequently, 120 students took the regular exam of the subject. Bivariate analyses were performed to evaluate differences in the pre and post-test performance between both groups and in the performance in the regular exam between those who used the resource and those who did not. Finally, to assess the perception of the resource, a questionnaire designed for this purpose was answered by 34 students, and the comments made by 116 teachers/students in the forum of an academic outreach event were analyzed.

Results. Significant differences were observed in the mean scores obtained in the post-test knowledge questionnaire in favor of the experimental group ($p=0.003$) and in the regular exam of the subject in favor of those who used the resource ($p=0.041$). The resource received positive comments from most students and professors.

Conclusion. The CBL approach of the Solutions with Empathy didactic resource favored the learning of the calculation of concentration units in

the students who used it, increasing their motivation for studying and learning this topic.

Keywords: Context Based Learning, Design Based Research, Chemistry learning, Medicine (MeSH).

Layton-Jaramillo SE, Villamil-Villar WA, Aguaded-Ramírez EM, Carrillo-Rosúa J. Efficacy of a context-based learning approach to improve the learning of the calculation of concentration units in medical students. Rev. Fac. Med. 2023;71(1):e95436 (In press). English. doi: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.103851>.

Resumen

Introducción. Los estudiantes de Medicina necesitan aprender y adquirir destreza en el cálculo de la concentración de las soluciones químicas para poder usarlas adecuadamente durante su vida profesional.

Objetivo. Evaluar la efectividad de un recurso didáctico diseñado con el enfoque de aprendizaje basado en el contexto (CBL) para mejorar el aprendizaje del cálculo de las unidades de concentración de las soluciones químicas en estudiantes de Medicina de primer semestre de una universidad pública.

Materiales y métodos. Investigación basada en el diseño realizada en tres fases: diseño, intervención y evaluación. En la primera fase se elaboró el recurso didáctico Soluciones con Empatía. La intervención se realizó durante el segundo semestre de 2020 con los estudiantes del programa

de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia inscritos en la asignatura química básica para ciencias de la salud. Se realizó un estudio experimental en el que 66 estudiantes contestaron un cuestionario de conocimiento (pretest) de forma voluntaria y en el cual fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos. El grupo experimental ($n=30$) usó el recurso y después presentó el cuestionario de conocimientos postest, mientras que el grupo control ($n=36$) hizo lo contrario. Posteriormente, 120 estudiantes presentaron el examen regular de la asignatura. Se realizaron análisis bivariados para evaluar diferencias en el desempeño en las pruebas entre ambos grupos y en el examen regular de la materia entre aquellos que usaron el recurso y aquellos que no. Finalmente, para evaluar la percepción sobre el recurso, se diseñó un cuestionario que fue respondido por 34 estudiantes, y se analizaron los comentarios de 116 docentes/estudiantes en el foro de un evento académico de divulgación.

Resultados. Se observaron diferencias significativas en la puntuación promedio en la prueba de conocimientos postest a favor del grupo experimental ($p=0.003$) y en el examen regular de la asignatura a favor de quienes usaron el recurso ($p=0.041$). El recurso fue valorado positivamente por estudiantes y profesores.

Conclusión. El enfoque CBL del recurso didáctico aquí evaluado favoreció el aprendizaje del cálculo de las unidades de concentración en quienes lo usaron, aumentando su motivación por el tema.

Layton-Jaramillo SE, Villamil-Villar WA, Aguaded-Ramírez EM, Carrillo-Rosúa J. [Efectividad de una propuesta de aprendizaje basada en el contexto para mejorar aprendizaje del cálculo de concentraciones en

estudiantes de medicina]. Rev. Fac. Med. 2023;71(1):e95436 (In press). English. doi: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v71n3.103851>.

Palabras Clave: Aprendizaje Basado en el Contexto, Investigación Basada en el Diseño, Aprendizaje de la Química, Medicina (DeCS).

Número de palabras: 3549

Número de tablas/figuras: 8

1. Introducción

Durante su primer año de universidad, los estudiantes de Medicina estudian conceptos básicos de química fundamentales para su vida profesional. Por ejemplo, aprender a calcular correctamente las diferentes formas de expresar la concentración de las soluciones químicas es trascendental para la correcta prescripción y administración de medicamentos y para la toma de decisiones clínicas con base en la interpretación cuantitativa de resultados de exámenes de laboratorio, procedimientos en los que cualquier error de cálculo puede tener consecuencias irreversibles.^{1,2} Por esta razón, los docentes de química suelen pedir a los estudiantes de Medicina realizar ejercicios para calcular la concentración de las soluciones de forma repetitiva, hasta dominar el tema de forma mecánica y memorística, a pesar de que varias investigaciones han descrito que esta estrategia desestimula la motivación de los estudiantes por saber y no fomenta el aprendizaje significativo.^{3,4}

Otros factores que desestimulan la motivación por el estudio de la química en estudiantes de primer semestre, independientemente de su programa académico, incluyen la dificultad intrínseca de los contenidos de la disciplina⁵, la disociación entre teoría y práctica⁶ o la poca aplicabilidad que los estudiantes perciben en su profesión.⁷

La motivación por el estudio es un elemento muy importante en el proceso de aprendizaje de las ciencias experimentales, que influye en el rendimiento académico.⁸ En programas como Medicina es especialmente relevante, pues los estudiantes necesitan tener una alta motivación para seguir estudiando una carrera que demanda entrega y consagración absolutas al trabajo.⁹

Para favorecer la motivación y el interés por el aprendizaje de las ciencias experimentales, en años recientes se ha venido implementando el aprendizaje basado en el contexto (CBL por su sigla en inglés), un enfoque en el que los conceptos se aplican en contextos reales y cercanos a los estudiantes¹⁰ para favorecer tanto el aprendizaje significativo como el desarrollo de competencias para la solución de problemas^{11,12} y de metacognición.¹³ A través de este enfoque, los estudiantes logran aprender contenidos de química y aplicarlos en diferentes contextos¹⁴; además perciben que lo aprendido es relevante para su vida profesional, disfrutando más el proceso de aprender.¹⁵

La contextualización de los contenidos y tareas favorece el aprendizaje estructurado, sin distraer a los estudiantes, y fomenta el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico más allá de lo estudiado, por esta

razón, en el CBL, el diseño de contextos adecuados es especialmente relevante.¹⁶ En la enseñanza de las ciencias experimentales para diferentes disciplinas, la aproximación contextual puede enmarcarse en la definición y solución de problemas que hacen parte de la cotidianidad de cada campo de conocimiento. En Medicina, por ejemplo, los dilemas éticos de la práctica médica ofrecen contextos que contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico.¹⁷

Por otro lado, mediante las TIC, es factible construir contextos simulados en entornos digitales que ayuden a dar sentido a los problemas por resolver, pues estas tecnologías facilitan el diseño de nuevas experiencias educativas con la introducción de nuevas narrativas digitales por medio de lenguajes visuales, auditivos y/o sensoriales.¹⁸ Los estudiantes universitarios reconocen el gran potencial de las TIC para apoyar su aprendizaje y mejorar su rendimiento académico¹⁹, por lo cual deberían considerarse como una alternativa en toda propuesta para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en la universidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de un recurso didáctico diseñado con el enfoque CBL para mejorar el aprendizaje del cálculo de las unidades de concentración de soluciones químicas en estudiantes de Medicina de primer semestre de una universidad pública de Colombia.

2. Materiales y métodos

Tipo de estudio

Investigación basada en el diseño desarrollada en tres fases: diseño, intervención y evaluación. Este tipo de investigación, orientada hacia la innovación pedagógica, conecta la teoría educativa, la investigación y la práctica, con el propósito de transformar o mejorar una situación problemática mediante la introducción de un elemento nuevo como programas de aula, estrategias didácticas, recursos educativos, etc.²⁰

Población de estudio y muestra

La investigación se llevó a cabo con dos poblaciones de estudio. La población 1 consistió en 123 estudiantes de primer semestre del programa de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) inscritos en asignatura Química Básica para Ciencias de la Salud (QBCS) durante el 2020-2S: 52 mujeres (42.28%) y 71 hombres (57.72%), entre 15 y 47 años, con edad promedio 20.20 años. La población se caracterizó con la información obtenida del Sistema de Información Académica (SIA) de la universidad.

La población de estudio 2 consistió en 237 integrantes de la UNAL, 132 mujeres (55.70%) y 105 hombres (44.30%), pertenecientes a programas de Ciencias Exactas o Ciencias de la Salud, inscritos en el Congreso Nacional de Iniciativas de Innovación Pedagógica de la UNAL, llevado a cabo en febrero del 2021. Esta población estuvo constituida por 90 do-

centes (37.97%), 112 estudiantes (47.26%) y 35 egresados (14.77%) pertenecientes a 5 sedes de la UNAL: 4 de Amazonía (1.69%), 189 de Bogotá (79.74%), 14 de Manizales (5.91%), 27 de Medellín (11.39%) y 3 de Orinoquía (1.27%). Para la caracterización de la población se usó la información de la base de datos de inscritos al congreso, obtenida con la Dirección Nacional de Innovación Académica (DNIA) de la UNAL.

El diseño muestral para la población de estudio 1 fue polietápico. En la primera etapa, se generaron dos unidades de muestreo primarias (PSU). La PSU 1 estuvo conformada por 66 estudiantes (53.66% de la población 1) que aceptaron voluntariamente participar en la intervención y usar el recurso didáctico. La PSU 2 fueron los 120 estudiantes (97.56% de la población 1) que presentaron el examen regular de la asignatura. En la segunda etapa, se generó una unidad de muestreo secundaria (SSU) conformada por 34 estudiantes (51.51% de la PSU 1) que diligenciaron anónimamente un cuestionario de percepción del recurso después de haberlo usado. En el caso de la población 2, la muestra consistió en los 116 participantes (48.95%) que consignaron voluntariamente comentarios sobre el recurso didáctico Soluciones con Empatía, en el foro del congreso (Tabla 1).

Tabla 1. Poblaciones y muestras de la investigación.

Proceso	Población	Muestra	Etapas
Determinación del efecto del recurso	Población 1: 123 estudiantes QBCS	PSU 1: 66 estudiantes voluntarios, 33 mujeres (50.00%) y 33 hombres (50.00%), organizados aleatoriamente en grupo experimental (n=30) y control (n=36); relación experimental:control 1:1.2	1
		PSU 2: 120 estudiantes que presentaron el examen, 50 mujeres (41.67%) y 70 hombres (58.33%), de los cuales 63 usaron el recurso (52.50%) y 57 no (47.50%).	1
Percepción sobre el recurso	PSU 1: 66 estudiantes que usaron el recurso	SSU 1: 34 estudiantes voluntarios, que diligenciaron el cuestionario de percepción de forma anónima.	2
	Población 2: 239 inscritos en el congreso	116 participantes en el foro sobre <i>Soluciones con Empatía</i> , durante el congreso: 43 docentes (37.07%), 58 estudiantes (50.00%) y 15 egresados (12.93%). Según el género, participaron 66 mujeres (56.90%) y 50 hombres (43.10%).	-

Fuente: Elaboración propia basada en el estudio.

En todos los casos, el muestreo fue no probabilístico, de tipo casual o incidental, salvo en la conformación de los grupos control y experimental de la PSU 1, que fue aleatorizado.

Instrumentos

Recurso didáctico

Soluciones con Empatía es un recurso didáctico interactivo en el que se simulan situaciones cotidianas de cuatro personajes, relacionadas con el consumo de alcohol (soluciones líquidas) y su impacto en el organismo. Está disponible en el link: <https://view.genial.ly/5f2e106620c4eb->

[0d81b13a31](#). El nombre se refiere al contenido disciplinar (mezclas homogéneas o soluciones), y también a que el estudiante de Medicina debe solucionar dilemas éticos en situaciones de consulta a partir del cálculo de concentraciones, actuando empáticamente. La empatía es un elemento primordial de la relación médico-paciente, necesaria para brindar la ayuda adecuada que el paciente requiere.²¹

El recurso fue programado para ofrecer un sistema de navegación reticular, de tal manera que cada usuario puede explorar las situaciones en el orden que decida, sin límite de tiempo, para realizar los ejercicios y enfrentarse a los dilemas éticos que se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Personajes, situaciones, ejercicios y dilemas éticos del recurso Soluciones con Empatía.

Personaje	 Trabajadora desilusionada del amor	 Hombre alegre y muy bailarín	 Joven exitosa adicta al trabajo	 Viejito pero sabroso
Situación	Con el corazón destrozado se toma unas cervezas y se siente muy mal para ir a trabajar.	Después de tomarse unos vinos en una fiesta siente que se va a morir.	En la celebración de su cumpleaños en la oficina se toma un vaso de ginebra y pierde la licencia de conducción.	Después de unas copas viaja en bicicleta y tiene un accidente de tránsito.

Ejercicios sobre soluciones	<p>Calcular los mL de alcohol consumidos a partir del % Vol.</p> <p>Calcular la concentración molar de alcohol en sangre.</p>	<p>Calcular los mL de alcohol consumido a partir del % Vol.</p> <p>Determinar la cantidad de alcohol letal según el peso.</p>	<p>Calcular la concentración de etanol en sangre expresada en gr etanol/dL de sangre.</p> <p>Calcular el tiempo de suspensión de la licencia según el grado de alcohol y la normatividad colombiana.</p>	<p>Relacionar la concentración molar de alcohol en sangre con el riesgo relativo de accidente.</p> <p>Calcular el grado de embriaguez a partir de la concentración en g/dL y la normatividad colombiana.</p>
Dilema ético	¿Expediría una incapacidad médica para la mujer desilusionada del amor?	¿Recomendaría al bailarín subir de peso para evitar la muerte por consumo de alcohol?	¿Ayudaría a la joven exitosa adicta al trabajo certificando que estaba apta para conducir?	¿Alteraría el resultado del examen de alcoholemia del paciente, para que el seguro asuma los costos del accidente?

Fuente: Elaboración propia a partir del recurso Soluciones con Empatía.

Los personajes no se identifican con nombres para evitar comparaciones con personas reales, se identifican con frases que brindan información sobre características sociales y/o emocionales, porque, para actuar con empatía durante la consulta, el médico debe prestar atención tanto a estos aspectos como a los signos físicos, para acercarse a un mejor diagnóstico que le permita ayudar adecuadamente al paciente.²¹

Cada ejercicio tiene su retroalimentación y cada dilema una reflexión desde la ética médica. De esta forma es el mismo estudiante quien encuentra respuestas a las preguntas del ¿por qué? y el ¿para qué? necesita aprender a

calcular la concentración de las soluciones de manera adecuada, como una estrategia metacognitiva para favorecer el proceso de aprender.²²

Instrumentos de recolección de información

Los instrumentos para recolectar datos fueron diseñados ad hoc y se aplicaron a través formularios en Google Forms. Estos se describen a continuación.

Se diseñó una prueba de conocimientos diferenciada para la aplicación pretest (Anexo 1) y postest (Anexo 2), con preguntas de selección múltiple de cuatro opciones y única respuesta correcta, relacionadas con la determinación de la cantidad de soluto, transformación de unidades de concentración e inferencia de resultados con base en escalas estándar. En el pretest se incluyeron 10 ejercicios y, en el postest, 15. Los datos de los dos test son diferentes, para prevenir la memorización de las respuestas correctas.

Otro instrumento es el examen regular de la asignatura. Entre sus 50 preguntas, se incluyeron 7 preguntas sobre unidades de concentración, diferentes a las de los test, pero en el mismo formato.

El cuestionario de percepción sobre el recurso (Anexo 3) se diseñó con 10 afirmaciones evaluadas con una escala tipo Likert de 1 a 5, donde 1: Totalmente en desacuerdo; 2: Parcialmente en desacuerdo; 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4: Parcialmente de acuerdo y 5: Totalmente de acuerdo; más una pregunta abierta para sugerencias, no obligatoria. Las afirmaciones se diseñaron en dos dimensiones: Aprendizaje y Desarrollo tecnológico. En la primera, se incluyeron 5 frases, que relacionan el uso

del recurso con factores asociados al enfoque CBL, como el contexto, el aprendizaje significativo, la motivación y la aplicabilidad en la vida profesional. En la segunda, se incluyeron 5 preguntas sobre el desarrollo de la herramienta didáctica relacionadas con la navegación, el diseño y los recursos materiales y humanos necesarios para su elaboración.

Por último, se generó un foro en el aula virtual del Congreso Nacional de Iniciativas de Innovación Pedagógica, disponible desde el 16 de febrero hasta el 30 de marzo de 2021, donde se pidió a los participantes evaluar, de forma voluntaria, el recurso Soluciones con Empatía.

Procedimientos

Fase de diseño

En esta fase, los docentes de QBCS que participaron en la investigación, compartieron sus conocimientos trabajando en equipo y elaboraron el recurso didáctico Soluciones con Empatía, usando el software Genially²³, una herramienta online para crear contenidos educativos interactivos y animados.

Fase de intervención

La intervención pedagógica se realizó a través de un diseño experimental de dos grupos aleatorios en el aula virtual de QBCS (Figura 1). Al concluir las actividades regulares programadas en la asignatura sobre el tema, se invitó a los estudiantes a participar en un ejercicio pedagógico adicional.

92 voluntarios aceptaron y se les aplicó el pretest de conocimientos. Dos semanas después, se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos con igual número de sujetos, con el fin de reducir el sesgo de selección del muestreo incidental. Se programó el aula virtual para que el grupo 1 (experimental) usara el recurso y después diligenciara el postest, y el grupo 2 (control) primero diligenciara el postest y después usara el recurso. Las actividades fueron completadas por 66 estudiantes (PSU 1): 30 del grupo 1 y 36 del grupo 2. Para conocer la percepción de quienes usaron el recurso, se aplicó un cuestionario, que fue respondido por 34 de los voluntarios (SSU 1) de forma anónima. Una semana después, 120 estudiantes presentaron el examen de la asignatura (PSU 2). De ellos, 63 usaron el recurso didáctico (para esta variable el diseño es cuasi-experimental).

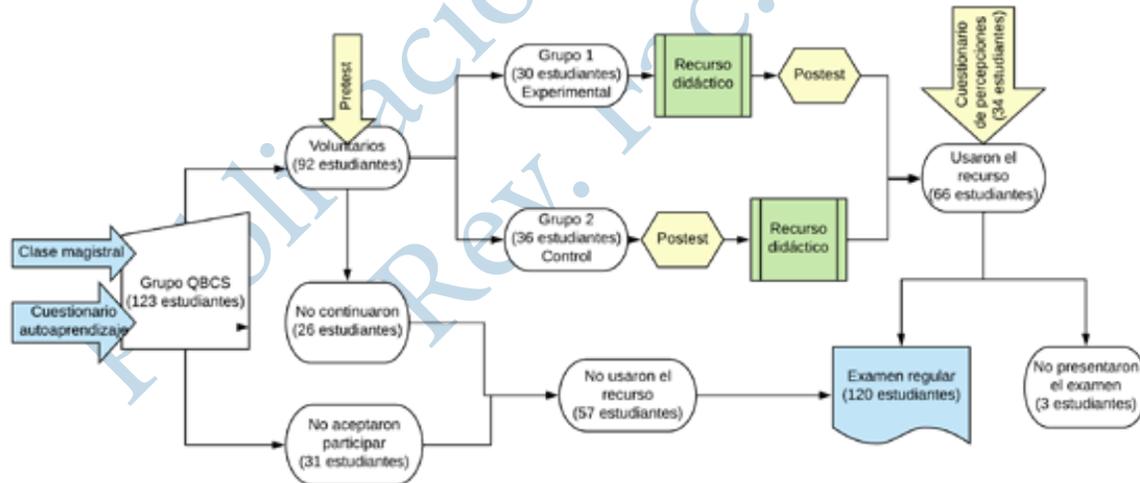


Figura 1. Diagrama de la intervención pedagógica.

Fuente: Elaboración propia basada en el estudio.

Fase de evaluación

En la última fase, se determinó el efecto del recurso mediante el análisis estadístico de los resultados del test de conocimientos y del examen regular. Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados del cuestionario de percepción y un análisis cualitativo de los comentarios consignados en el foro del congreso.

Análisis de los datos

Los datos cuantitativos se consignaron automáticamente en hojas de cálculo de Google, asociadas a cada uno de los formularios de recolección de información. El procesamiento y análisis de los datos se realizó con el programa SPSS v24. Para el análisis descriptivo, se calcularon medias y desviaciones estándar, y para las variables categóricas, frecuencias absolutas y relativas (porcentaje de aciertos y/o respuestas en los diferentes cuestionarios y pruebas). En lo que respecta a la estadística inferencial, se realizaron análisis bivariados para evaluar las diferencias en el desempeño de los estudiantes entre grupos (pretest y postest) y en el desempeño en el examen regular de la materia entre quienes utilizaron el recurso y quienes no lo hicieron mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, puesto que los tamaños muestrales son muy pequeños como para obtener resultados fiables usando estadística paramétrica, teniendo en cuenta un nivel de significancia de $p < 0.05$ con un intervalo de confianza del 95%²⁴, y se determinó el tamaño del efecto (TE) de acuerdo con las siguientes categorías: bajo < 0.2 ; medio entre 0.2 y 0.8; alto > 0.8 . Los análisis se realizaron para la muestra total y para hombres y mujeres.

Los datos cualitativos se procesaron con el software Nvivo V.11. La clasificación en categorías y subcategorías se realizó siguiendo un proceso inductivo. A partir del análisis de las respuestas a la pregunta abierta del cuestionario de percepción, surgieron las categorías: Nuevas temáticas, Más casos/personajes, Mejor diseño y Más divulgación. Los comentarios del foro del congreso se clasificaron en las siguientes categorías: Contexto clínico y ético, Desarrollo tecnológico, Empatía, Sugerencias y Preguntas.

Consideraciones éticas

La investigación fue aprobada por la Dirección Nacional de Innovación Académica, la cual verificó que la investigación cumplió todos los requisitos éticos evaluados en un comité de ética institucional, según Acta DNIA-075-2020 del 10 de junio de 2020, en el marco del proyecto Incubadora de Iniciativas de Innovación Pedagógica, I3P. Además, la investigación se desarrolló en todo momento bajo los principios de veracidad, fidelidad, reciprocidad y respeto a la autonomía, y prevaleció el respeto a la dignidad y protección de derechos y bienestar de los participantes. Previo a su participación, se informó a los participantes el propósito de la investigación y se solicitó la firma del respectivo consentimiento informado. Igualmente, el estudio siguió los principios éticos de investigación biomédica en seres humanos de la Declaración de Helsinki²⁵ y las normas científicas, técnicas y administrativas de investigación en salud de la Resolución 08430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia.²⁶ Los datos personales se trataron según las políticas de la UNAL y se mantuvo su confidencialidad en todo momento.

Resultados

La efectividad del recurso didáctico en la mejoría del aprendizaje del cálculo de las unidades de concentración de las soluciones, se evaluó a partir del análisis de los resultados de las pruebas de conocimiento y el examen regular; así como a partir de la percepción sobre los propios aprendizajes después de usar el recurso, tanto de los estudiantes participantes, como de los asistentes al foro de divulgación.

Prueba de conocimiento

Las diferencias en la media de puntaje en el pretest entre el grupo experimental (7.97/10) y el grupo control (7.33/10) no fueron significativas ($p=0.46$). Después de usar el recurso, la media del puntaje en el posttest del grupo experimental (8.68/10) se incrementó en mayor proporción que en el grupo control (7.47/10), la diferencia entre los dos grupos se hizo significativa ($p=0.003$) y el TE fue alto (0.80), como se observa en la Figura 2.

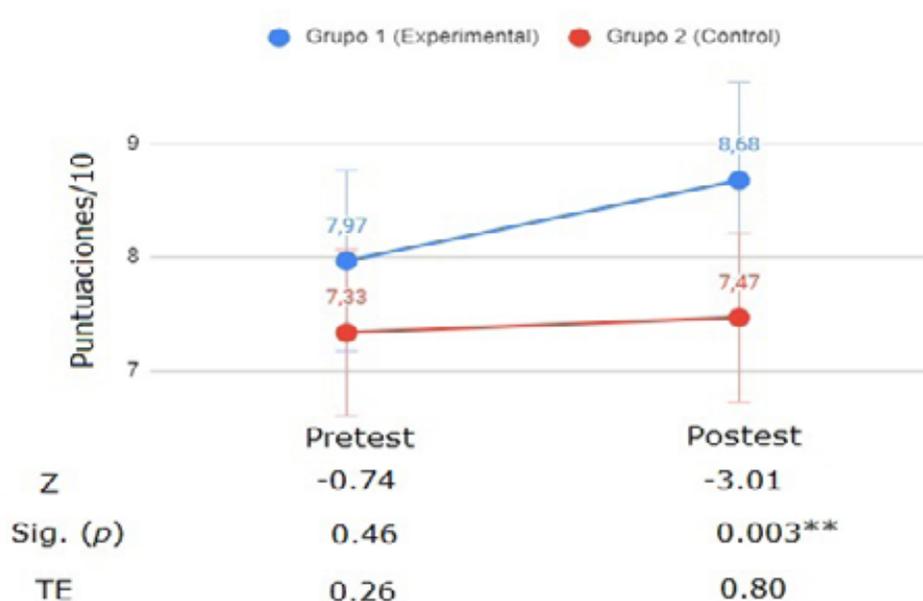


Figura 2. Puntuaciones del pretest y el posttest de la prueba de conocimiento y resultado de la prueba de U Mann-Whitney y tamaño del efecto para el cruce de las puntuaciones entre el grupo control y experimental del posttest.

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos en el estudio.

Al realizar el análisis según el género (Tabla 3), en las mujeres se observó una diferencia significativa ($p=0.008$) en la media del puntaje del posttest entre el grupo experimental y el control, con un TE alto (1.07), pero esta diferencia no fue significativa en los varones ($p=0.13$), aunque el TE fue medio (0.49). Tanto para los hombres como para las mujeres del grupo experimental, se observó un aumento en la media de puntuaciones del posttest respecto a la media obtenida en el pretest.

Tabla 3. Puntuaciones del pretest y el postest de la prueba de conocimiento y resultado de la prueba de U Mann-Whitney y tamaño del efecto para el cruce de las puntuaciones entre el grupo control y experimental del postest, en función del género.

Género	Test	Grupo	n	Media/10	Desv.	Z	p	TE
Mujeres	Pre	1:Experim	14	7.93	2.30	-0.56	0.57	0.27
		2:Control	19	7.21	2.92			
	Pos	1:Experim	14	8.75	1.10	-2.65	0.008**	1.07
		2:Control	19	7.05	1.87			
Varones	Pre	1:Experim	16	8.00	1.93	-0.41	0.68	0.23
		2:Control	17	7.47	2.50			
	Pos	1:Experim	16	8.61	1.21	-1.51	0.13	0.49
		2:Control	17	7.93	1.56			

Estadísticamente significativo al * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$.

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos en el estudio.

Examen regular

En cuanto al examen regular, quienes usaron el recurso ($n=63$), obtuvieron un porcentaje promedio de aciertos más alto en las preguntas sobre unidades de concentración (Tabla 4). La diferencia con quienes no usaron el recurso fue significativa ($p=0.041$) y el TE fue medio (0.42). Al desagregar por género, la media de porcentaje de aciertos fue mayor para los varones. La diferencia fue significativa para ellos ($p=0.031$), con un TE medio (0.61), pero no para las mujeres ($p=0.515$), para quienes el TE fue bajo (0.19).

Tabla 4. Puntuaciones del examen regular y resultado de la prueba de U Mann-Whitney y tamaño del efecto para el cruce de las puntuaciones entre el grupo control y experimental del postest.

Género	Uso del recurso	n	Media (% de aciertos)	Desviación	Z	p	TE
Ambos	Sí	63	73.68%	18.00	-2.04	0.041*	0.42
	No	57	65.16%	22.73			
Mujeres	Sí	31	70.96%	21.33	-0.65	0.515	0.19
	No	19	66.91%	21.84			
Varones	Sí	32	76.32%	13.88	-2.15	0.031*	0.61
	No	38	64.28%	23.41			

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos en el estudio.

Cuestionario de percepción sobre el recurso

En la Tabla 5 se indica el porcentaje de respuestas para cada valor de la escala Likert en las 10 afirmaciones. El porcentaje de participantes que seleccionaron la opción 5 (Totalmente de acuerdo), fue mayor del 85.00% en todas las afirmaciones, excepto la 3 (Usar el recurso mejora mi destreza en el cálculo de la concentración de las soluciones) y la 7 (Me gusta la forma como está diseñado el recurso). La afirmación mejor valorada fue la 1 (El contexto clínico del recurso es apropiado para favorecer el aprendizaje con sentido del tema).

Tabla 5. Respuestas del cuestionario de percepción (en %) para las dos dimensiones: Aprendizaje y Desarrollo tecnológico (n=34).

Afirmación – Dimensión Aprendizaje	1	2	3	4	5
1. El contexto clínico del recurso es apropiado para favorecer el aprendizaje con sentido del tema.	0.00	0.00	0.00	2.94	97.06
2. Usar el recurso mejora mi percepción sobre la importancia del tema para mi vida profesional.	0.00	0.00	8.82	5.88	85.30
3. Usar el recurso mejora mi destreza en el cálculo de la concentración de las soluciones.	0.00	0.00	2.94	32.35	64.71
4. El contexto clínico y ético del recurso mejoran mi motivación hacia el aprendizaje del tema.	0.00	0.00	2.94	5.88	91.18
5. Me gustaría que el recurso se desarrollara aún más, para abarcar otros aspectos de las soluciones en el contexto clínico.	0.00	0.00	2.94	2.94	94.12
Afirmación – Dimensión Desarrollo tecnológico					
6. La navegación por el recurso es fácil.	0.00	0.00	0.00	11.76	88.23
7. Me gusta la forma como está diseñado el recurso.	0.00	0.00	0.00	26.47	73.53
8. Es conveniente invertir recursos en el diseño y desarrollo de este tipo de herramientas didácticas.	0.00	2.94	5.88	0.00	91.18
9. Vale la pena que los docentes dediquen parte de su tiempo al diseño de este tipo de recursos.	0.00	0.00	2.94	2.94	94.12
10. Valdría la pena promover la participación de los estudiantes en el desarrollo de este tipo de recursos educativos.	0.00	0.00	8.82	5.88	85.30

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del estudio.

La pregunta abierta fue contestada por 11 de los 34 participantes. Las sugerencias se clasificaron en 4 categorías inductivas. Hubo 7 sugerencias en Nuevas temáticas, por ejemplo: "Me gustaría que no solo se aplicara este recurso al tema de concentración de las soluciones, sino también abarcar otras temáticas de la materia"; otras 2 en Más personajes/casos; una en Más divulgación y otra en Mejor diseño.

Foro del congreso

Los comentarios de los 116 participantes del foro sobre el recurso didáctico Soluciones con Empatía se clasificaron en cinco categorías inductivas: Contexto clínico y ético, Desarrollo tecnológico, Empatía, Sugerencias y Preguntas. En cada categoría surgieron subcategorías para organizar la información (Tabla 6).

Tabla 6. Categorías y subcategorías para los comentarios en el foro del congreso.

Categoría	Subcategoría	Cantidad de comentarios	Ejemplo
Contexto clínico y ético	Aprendizaje significativo	17	"Gran iniciativa para promover el aprendizaje significativo mediante la combinación de contenidos curriculares e historias de personas de la vida real"
	Aplicabilidad en la profesión	14	"Lo considero un importante recurso didáctico para afianzar conocimientos interconectados. La aplicabilidad en la vida de los estudiantes es muy visible"
	Motivación por aprender	13	"Es una muy buena herramienta de apoyo para el aprendizaje y de motivación para los estudiantes"
	Pensamiento Crítico	8	"Es una estrategia que le permite al estudiante tener una reflexión de manera crítica generando un pensamiento crítico"
	Aprendizaje autónomo	5	"Sinergia entre la química y la salud, excelente forma de incentivar el aprendizaje autónomo en los estudiantes"
Desarrollo tecnológico	Diseño y usabilidad	26	"El recurso está muy sencillo de usar y es muy útil para trabajar soluciones con los estudiantes"
	Herramienta didáctica	17	"Buena herramienta didáctica, es una buena herramienta de aprendizaje"
	Educación remota	3	"Buena herramienta en la educación remota que estamos viviendo"

Empatía	Valores ciudadanos	12	"La empatía es uno de los sentimientos que más hacen falta en la sociedad colombiana y estas estrategias ayudan a formar ciudadanos más responsables y capaces de resolver los problemas éticos de esta sociedad enferma"
	Profesión médica	6	"Destaco el hecho de que hayan pensado en la empatía, que considero importante en esa labor para la vida, en esa profesión"
	Estrategia pedagógica	3	"Desde el aspecto pedagógico considero muy buena estrategia usar la empatía para generar espacios de reflexión, acción y aprendizaje"
Sugerencias	Replicar	8	"Esta clase de herramientas sería bueno implementarlas también en otros temas o áreas del conocimiento"
	Evaluación de resultados	1	"Habría que llevarlo a otros entornos y ponerlos a prueba para identificar la practicidad de estas ideas"
Preguntas sobre el recurso	Sobre los casos y personajes	5	"¿La creación de los personajes con sus historias fue basada en experiencias previas del equipo, casos típicos con pacientes o de qué manera?"
	Sobre la elaboración	3	"Me gustaría saber cómo la hicieron"

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos en el estudio.

De los 116 participantes, 57 realizaron comentarios positivos sobre el contexto clínico y ético en relación con el aprendizaje; 46 se enfocaron en aspectos positivos del desarrollo tecnológico como herramienta didáctica; 21 resaltaron el hecho de trabajar la empatía para Medicina; se recibieron 8 sugerencias para replicar la experiencia con otros temas o áreas del conocimiento y 1 sobre evaluar la estrategia en otros contextos. 8 personas realizaron preguntas, que fueron contestadas en su momento en el foro.

4. Discusión

El objetivo de este estudio nace de la inquietud de los docentes de la asignatura QBCS de la UNAL por mejorar sus prácticas educativas a partir de

la reflexión sobre el qué y el cómo enseñar y aprender química, y el para qué de estos aprendizajes en estudiantes de carreras diferentes a Química, particularmente de Medicina.

La discusión sobre qué y cómo enseñar ciencias no es nueva²⁷ y, aunque no está libre de controversias, hay un cierto grado de consenso sobre la utilidad de construir los currículos a partir de problemas reales que tengan sentido en el marco de la formación profesional de los estudiantes, en lugar de ejercicios que los conviertan en expertos en seguir una receta de memoria.²⁸ En consecuencia, surgieron enfoques como el CBL - aplicado en esta investigación en el recurso Soluciones con Empatía-, el cual se aleja de las estrategias didácticas basadas en el operativismo extremo para propiciar experiencias de aprendizaje más atractivas para los estudiantes.¹⁴ Aunque los resultados reportados sobre el uso de este enfoque son consistentemente positivos en relación al interés y la motivación^{10,15}, en lo que respecta a aspectos cognitivos, los hallazgos varían de un estudio a otro y no son concluyentes.^{29,30}

Los estudiantes de la asignatura QBCS que diligenciaron el cuestionario de percepción, y los participantes en el foro del congreso, indicaron que el contexto clínico y ético del recurso didáctico mejoran la motivación y la percepción sobre la importancia del tema, favoreciendo el aprendizaje significativo, coincidiendo con lo que reportan investigaciones recientes.^{11,15} Sin embargo, debido a que la principal crítica al CBL es que se apoya demasiado en aspectos afectivos^{30,31} del aprendizaje como el interés y la motivación, en esta investigación también se evaluó su eficacia en los aspectos cognitivos del aprendizaje.

En el estudio experimental se observó una diferencia estadísticamente significativa en la media de puntuación en el cuestionario de conocimientos posttest entre el grupo experimental y el control ($p=0.003$), con un TE alto (0.80); efecto positivo que también se observó en los resultados del examen regular de la asignatura, donde se encontró una diferencia significativa entre quienes usaron el recurso y quienes no ($p=0.0041$), aunque el TE fue medio (0.42). Sin embargo, la mejoría de los resultados tras la intervención fue diferente según el género, pues las mujeres obtuvieron mejores resultados en la prueba de conocimientos -que no influía en las calificaciones- que en el examen regular de la asignatura; mientras que para los hombres ocurrió lo contrario. Estos resultados coinciden con Tashiro y Talanquer³², quienes en su investigación sobre la reforma de un curso de química básica universitario, encontraron que los hombres tienden a tener mejores resultados en los exámenes, mientras que las mujeres tienden a tener mejores resultados en otras actividades. Este hecho podría tener que ver con el miedo al fracaso en el estudio de las ciencias en la universidad, que, según Howe et al.³³, afecta más a las mujeres que a los hombres, aunque este factor no fue indagado en la presente investigación.

De todas formas, el claro aumento de los aprendizajes conceptuales indica que a través del enfoque CBL también es posible favorecer aspectos cognitivos del aprendizaje, coincidiendo con investigaciones similares realizadas con estudiantes universitarios³⁴ y con estudiantes próximos a ingresar a la universidad³⁵, que concluyen que para lograr una mejoría, tanto en los aspectos afectivos como cognitivos del aprendizaje, es importante que los docentes dediquen tiempo a diseñar contextos adecuados que le permitan a los estudiantes aplicar sus conocimientos sobre temas o conceptos específicos en la solución de problemas relevantes para su formación.

Por otro lado, el desarrollo tecnológico del recurso también fue bien valorado por estudiantes y participantes del foro, como herramienta para el aprendizaje, en consonancia con García-Valcárcel y Tejedor¹⁹, quienes encontraron que los estudiantes universitarios reconocen en las TIC un gran potencial de apoyo para aprender y para mejorar su rendimiento académico.

Finalmente, es importante mencionar que los resultados positivos obtenidos en la investigación fueron propiciados por el trabajo reflexivo de los docentes de la asignatura QBCS que participaron en el diseño del recurso, quienes compartieron sus prácticas y establecieron diálogos entre el conocimiento de los contenidos, el conocimiento pedagógico del contenido y el conocimiento tecnológico del contenido³⁶, para diseñar nuevas y mejores experiencias de aprendizaje, en un contexto apropiado para estudiantes de Medicina a partir de dilemas éticos, en los que también se hace énfasis en la empatía de la relación médico-paciente, tan necesaria para la humanización de la profesión médica.²¹

La heterogeneidad de los conocimientos sobre el contenido, sobre los aspectos pedagógicos y sobre los aspectos tecnológicos de los profesores participantes en esta investigación se convirtió en una oportunidad para el aprendizaje colaborativo. El respeto mutuo, el liderazgo de apoyo, y el hecho de compartir valores y principios sobre la docencia y la educación, facilitaron el aprendizaje entre los docentes, mediante el intercambio de buenas prácticas, que, de acuerdo con Bolívar³⁷, constituyen un mecanismo privilegiado para la formación continua del profesorado y la innovación pedagógica, en Comunidades Profesionales de Aprendizaje. Cuando las transformaciones pedagógicas son gestadas por una comunidad de

profesores, los cambios se mantienen en el tiempo, se obtienen mejores resultados, y los profesores mejoran sus prácticas, contribuyendo al aprendizaje de toda la comunidad.³⁸

Finalmente, como aspecto de mejora, se podría enriquecer el recurso didáctico con hipervínculos que permitan mayor autonomía en el aprendizaje, y como limitación se puede mencionar la duración de la intervención didáctica, siendo de interés para el futuro diseñar e implementar experiencias didácticas de mayor duración y evaluar la evolución en el tiempo del impacto en aspectos cognitivos y emocionales.

5. Conclusión

El enfoque CBL del recurso didáctico Soluciones con Empatía fue efectivo para favorecer el aprendizaje de las unidades de concentración de soluciones químicas en estudiantes de Medicina, aumentando su motivación hacia el tema y causando un impacto positivo en el rendimiento académico de quienes lo usaron. Este resultado fue propiciado por el diálogo entre el conocimiento del contenido, el conocimiento pedagógico y el conocimiento tecnológico de los profesores que participaron en la investigación, quienes mejoraron sus capacidades compartiendo prácticas con sus pares, en un escenario de aprendizaje compartido basado en el respeto mutuo y el liderazgo de apoyo.

Conflicto de intereses

Ninguno declarado por los autores.

Financiación

El trabajo fue desarrollado con el apoyo de la DNIA, en el marco del Proyecto Incubadora de Iniciativas de Innovación Pedagógica – I3P.

Agradecimientos

Los autores agradecen al profesor Óscar Germán Duarte Velasco y al equipo de trabajo de la I3P de la DNIA, por su aporte a la innovación pedagógica en la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

1. Macías M, Solís L. Errores en la administración de medicación en un servicio de urgencias: conocer para disminuir el riesgo. Rev Esp Salud Pública. 2018;92:1-8.
<https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v92/1135-5727-resp-92-e201806038.pdf>
2. Angüiano N, Perales M, Díaz C, Cázares R, Pérez F, Llaca J. Errores en el laboratorio clínico; evaluación de tipos y frecuencias. Med Univ. 2011;13(52):133-138 <https://www.elsevier.es/en-revista-medicina-universitaria-304-pdf-X1665579611356429>
3. Cooper M, Stowe R. Chemistry Education Research - From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. Chem Rev. 2018;118:6053-6087. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.8b00020>.

4. López-Valentin DM, Furió-Más C. El concepto actual de elemento químico: ¿uno o dos significados? Implicaciones en su enseñanza (Segunda parte). *Educ Quim.* 2021;32(1):31-44. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75259>.
5. Barraqué F, Sampaolesi S, Briand L, Vetere V. La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: el estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Didác Quím.* 2021;32(1):58-73. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760>
6. Ríos M, Benito L, Germain L, Justianovich S. Inclusión, trayectorias estudiantiles y políticas académicas en la Universidad. Diagnóstico y estrategias de acción para recorridos estudiantiles no convencionales. La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata; 2017.
7. Pérgola MS, Galagovsky L. Enseñanza en contexto: la importancia de revelar obstáculos implícitos en docentes. *Ens Ciencias.* 2020;38(2):45-64. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2822>.
8. Caballero-García P, Fernández TG. Influence of maker-centred classroom on the students' motivation towards science learning. *Cypriot J Educ Sci.* 2019;14(4):535-544. <https://doi.org/10.18844/cjes.v11i4.4098>.
9. Alemán B, Navarro O, Suárez R, Izquierdo Y, Encinas T. La motivación en el contexto del proceso enseñanza-aprendizaje en carreras de las Ciencias Médicas. *R Méd Electr.* 2018;40(4):1257-1270. http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2307/pdf_495.

10. McPherson P, Johnston B. Anesthesia as a Theme for Context-Based Learning in a Physical Chemistry Short Course. *J Chem Educ.* 2022;99(5):1931-1937. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00053>.
11. Broman K, Bernholt S, Parchmann I. Using model-based scaffolds to support students solving context-based chemistry problems. *Intern J Sci Educ.* 2018;40(10):1176-1197. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470350>
12. Löffler P, Pozas M, Kauertz A. How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. *Intern J Sci Educ.* 2018;40(16):1935-1956. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1514673>.
13. Dori YJ, Avargil S, Kohen Z, Saar L. Context-based learning and metacognitive prompts for enhancing scientific text comprehension. *Intern J Sci Educ.* 2018;40(10):1198–1220. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470351>.
14. Sevian H, Hugi-Cleary D, Ngai C, Wanjiku F, Baldoria JM. Comparison of learning in two context-based university chemistry classes. *Intern J Sci Educ.* 2018;40:1239-1262. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470353>
15. Hasanpour-Dehkordi A. Comparison of context-based learning and traditional method in cognitive and psychomotor domains and critical thinking of undergraduate nursing students. *Przeglad*

- Epidemiologiczny. 2021;75(3):424-429. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35170665/>.
16. Moraga S, Espinet M, Merino C. El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial. R. Eureka Ens Div Ciencias. 2019;16(1):1604. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1604.
 17. Amar-Gavrilmán N, Bentwich ME. To debate or not to debate? Examining the contribution of debating when studying medical ethics in small groups. BMC Med Educ. 2022;22(1):114-124. <https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-022-03124-0>
 18. Hermann, A. Innovación, tecnologías y educación: las narrativas digitales como estrategias didácticas. R Killkana Soc. 2018;2(2):31-38. https://doi.org/10.26871/killkana_social.v2i2.295.
 19. García-Valcárcel A, Tejedor F. Percepción de los estudiantes sobre el valor de las TIC en sus estrategias de aprendizaje y su relación con el rendimiento. Educ XXI. 2017;20(2):137-159. <https://doi.org/10.5944/educxx1.19035>
 20. Adams SP, Du Preez R. Supporting student engagement through the Gamification of learning activities: A Design-Based Research Approach. Tech Know Learn. 2022;27:119-138. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09500-x>.

21. Barker ME, Crowfoot G, King J. Empathy development and volunteering for undergraduate healthcare students: A scoping review. *Nurse Educ Today*. 2022;116:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105441>
22. Pérez G, González L. Una posible definición de metacognición para la enseñanza de las ciencias. *Invest Ens Ciências*. 2020;25(1):385-404. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1629>
23. Genially: herramienta para crear contenidos interactivos [software]. Córdoba: Genial.ly; 2015. Disponible en: <https://genial.ly/es/>
24. Phillips MR, Wykoff CC, Thabane L, Bhandari M, Chaudhary V. The clinician's guide to p values, confidence intervals, and magnitude of effects. *Eye*. 2022;36:341-342. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01863-w>.
25. World Medical Association (WMA). WMA Declaration of Helsinki – Ethical principles for medical research involving human subjects. Fortaleza: 64th WMA General Assembly; 2013. [cited 2021 May 15]. Available from: <https://bit.ly/30eNT8S>.
26. Colombia. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993 (octubre 4): Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá D.C.; 1993 [cited 2021 May 15]. Available from: <https://goo.gl/agV1mY>.
27. Chamizo JA, Vásquez AM. The more I learn about how to teach, the worse teacher I feel. *Educ Quim*. 2021;32(3):202-207. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.79623>.

28. Chamizo JA, Izquierdo M. Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique Didác Ciencias Exp.* 2005;46:9-17. https://www.researchgate.net/publication/39215674_Ciencia_en_contexto_Una_reflexion_desde_la_filosofia.
29. Podschuweit S, Bernholt S. Composition-Effects of Context-based Learning Opportunities on Students' Understanding of Energy. *Res Sci Educ.* 2018;48(4):717–752. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9585-z>.
30. Marks R, Eilks I. Research-based development of a lesson plan on shower gels and musk fragrances following a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching. *Chem Educ Res Prac.* 2010;11:129-141. <https://doi.org/10.1039/C005357K>
31. Sevian H, Talanquer V. Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chem Educ Res Prac.* 2014;15:10-23. <https://doi.org/10.1039/c3rp00111c>.
32. Tashiro J, Talanquer V. Exploring Inequities in a Traditional and a Reformed General Chemistry Course. *J Chem Educ.* 2021;98:3680-3692. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00821>
33. Howe ME, Schaffer LV, Styles MJ, Pazicni S. Exploring Factors Affecting Interest in Chemistry Faculty Careers Among Graduate Student Women: Results from a Local Pilot Study. *J Chem Educ.* 2022;99:92-103. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00502>.
34. Bortnik B, Stozhko N, Pervukhina I. Context-Based Testing as assessment tool in chemistry learning on University level. *Educ Sci* 2021;11:450-466. <https://doi.org/10.3390/educsci11080450>.

35. Broman K, Parchmann I. Students application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. Chem Educ Res Pract. 2014;15:516-529. <https://doi.org/10.1039/C4RP00051J>.
36. Saubern R, Urbach D, Koehler M, Phillips M. Describing increasing proficiency in teachers' knowledge of the effective use of digital technology. Comp & Educ. 2020;147:1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103784>.
37. Bolívar A. Los centros educativos como organizaciones que aprenden. Madrid: Editorial La Muralla; 2007.
38. Austin R, Murray TA. Don't Go It Alone: The Importance of Community and Research in Implementing and Maintaining Innovative Pedagogy. In: Biochemistry Education: From Theory to Practice. ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington D.C.; 2019.

Material suplementario (Anexos)

Anexo 1: Cuestionario de conocimientos - Pretest.

Apreciado(a) estudiante: Muchas gracias por su participación voluntaria en el proyecto "Soluciones con Empatía" de la Incubadora de Iniciativas de Innovación Pedagógica de la DNIA, diligenciando el siguiente cuestionario. Sus respuestas serán tratadas confidencialmente y serán usadas sólo con fines académicos durante la investigación. El tratamiento de sus datos personales se realizará según la ley 1581 de 2012 y la Política de Datos Personales de la Universidad Nacional de Colombia.

1. ¿Cuántas moles de alcohol hay en 2.5 latas de cerveza de 330 ml (4.5% P/V)?

- A. 80.7
- B. 0.81
- C. 0.32
- D. 4.0

2. ¿Cuántos gramos de alcohol hay en 825 ml de cerveza con el 4.5% P/V?

- A. 37.1
- B. 183
- C. 8.25
- D. 33.0

3. Una concentración de 338 ppm, equivale en mg/dL a:

- A. 33.8
- B. 3.38
- C. 338
- D. 0.338

4. ¿Cuál es la concentración molar máxima de alcohol en sangre para dar una prueba negativa (debajo del grado cero)?

Tenga en cuenta: Grado cero: Entre 20 y 39 mg de etanol/100 mL de sangre. Peso molecular etanol: 46 g/mol

- A. 4.13×10^{-3}
- B. 4.13
- C. 1.9×10^{-3}
- D. 2.42

5. Tener primer grado de alcohol en sangre ocasiona la pérdida de la licencia de conducción entre uno y tres años. ¿Cuál es el valor del rango que corresponde a primer grado de alcohol, expresado en concentración molar?

Primer grado: Entre 40 y 99 mg de etanol/100 mL de sangre. Suspensión de la licencia entre uno y tres años. Peso molecular etanol: 46g/mol.

- A. Entre 8.7×10^{-3} y 2.15×10^{-2}
- B. Entre 8.7×10^{-3} y 2.15×10^{-3}
- C. Entre 0.40 y 0.99
- D. Entre 8.7 y 21.5

6. Si se mezclan 50 ml de ginebra (40%p/v) y 250 ml de vino de (12%p/v), el número de moles de alcohol presentes en la mezcla son:

- A. 10.8
- B. 0.43
- C. 0.65
- D. 8.01

7.Cuál de las siguientes soluciones tiene mayor cantidad de alcohol (moles):

- A. 100 ml de un Vino 7.1% p/v
- B. 50 ml de Vodka del 40% p/v
- C. 60 ml whiskey al 36% p/v
- D. 200 ml de cerveza 4.9% p/v

8. Si alguien desea tomar menos de 10 gr de alcohol en su bebida de 200 ml, ¿Qué porcentaje (p/V) debería tener?

- A. Menos del 5% p/v
- B. Menos del 3% p/v
- C. Menos del 2% p/v
- D. Menos 1.5% p/v

9. ¿Cuántos gramos de alcohol hay en una cerveza de 330 ml, con 5.9% p/v?

- A. 19.5
- B. 17.7
- C. 5.9
- D. 56

10. Los vinos tintos suelen tener entre un 6 y 8% (p/v) de alcohol, ¿Cuántos mililitros máximo de vino debería tomar una personas para no pasar de 10 gr de alcohol?

- A. 125
- B. 167
- C. 80
- D. 103

Anexo 2: Cuestionario de conocimientos - Postest.

Apreciado(a) estudiante: Muchas gracias por su participación voluntaria en el proyecto "Soluciones con Empatía" de la Incubadora de Iniciativas de Innovación Pedagógica de la DNIA, diligenciando el siguiente cuestionario. Sus respuestas serán tratadas confidencialmente y serán usadas sólo con fines académicos durante la investigación. El tratamiento de sus datos personales se realizará según la ley 1581 de 2012 y la Política de Datos Personales de la Universidad Nacional de Colombia.

1. ¿Cuántas moles de alcohol hay en 1.5 botellas de vino tinto de 750 ml (12.0% P/V)?

- A. 135
- B. 2.93
- C. 1.96
- D. 4.0

2. Si 250 g de etanol se diluyen en 4.87 L de sangre, ¿Cuál es la concentración molar del etanol en la sangre?

- A. 5.43
- B. 1.12
- C. 5.13
- D. 2.36

3. ¿Cuántos gramos de alcohol hay en 650 mL de ginebra con el 40% P/V?

- A. 260
- B. 16.2
- C. 40
- D. 26000

4. Si una persona tiene 0.11 g/dL de alcohol en sangre, ¿Cuál es su grado de embriaguez?

Tenga en cuenta: Grado cero: Entre 20 y 39 mg de etanol/100 mL de sangre. Primer grado: Entre 40 y 99 mg de etanol/100 mL de sangre. Segundo grado: Entre 100 y 149 mg de etanol/100 mL de sangre. Tercer grado: Desde 150 mg de etanol/100 mL de sangre en adelante

- A. Grado cero
- B. Primer grado
- C. Segundo grado
- D. Tercer grado

5. Una concentración de 445 mg/dL, equivale en ppm a:

- A. 4450
- B. 445
- C. 44.5
- D. 44500

6. ¿Cuál es el rango de concentración molar de alcohol en sangre para el primer grado de alcohol?

- A. Entre 8.7×10^{-3} y 2.2×10^{-2}
- B. Entre 18.4 y 45.5
- C. Entre 8.7×10^{-2} y 2.2×10^{-3}
- D. Entre 1.8 y 4.5

7. Si la dosis letal DL50 del etanol es 15 g/Kg, la cantidad de botellas de 750 mL de ginebra (40% p/v) consumidas que podrían causar la muerte de un individuo de 70 kilos es:

- A. 3.5
- B. 14
- C. 1.5
- D. 5.0

8. Tener tercer grado de alcohol en sangre ocasiona la pérdida de la licencia de conducción entre cinco y diez años. ¿Cuál es la concentración molar de alcohol en sangre a partir de la cual se tiene tercer grado de alcohol?

Tercer grado: Desde 150 mg de etanol/100 mL de sangre en adelante.
Peso molecular etanol: 46g/mol

- A. 3.26×10^{-2}
- B. 3.26×10^{-3}
- C. 0.307
- D. 69.0

9. Si se mezclan 250 mL de whisky (40%p/v) y 150 mL de vino de (12%p/v), el número de moles de alcohol presentes en la mezcla son:

- A. 2.56
- B. 2.17
- C. 1.79
- D. 0.39

10. Cuál de las siguientes soluciones tiene mayor cantidad de alcohol (moles):

- A. 300 mL de un Vino 9.1% p/v
- B. 85 mL de Vodka del 40% p/v
- C. 90 mL whisky al 36% p/v
- D. 600 mL de cerveza 4.9% p/v

11. Si alguien desea tomar menos de 20 g de alcohol en su bebida de 250 mL, ¿Qué porcentaje (p/V) debería tener?

- A. Menos del 8% p/v
- B. Menos del 6% p/v
- C. Menos del 4% p/v
- D. Menos del 1.5% p/v

12. ¿Cuántos gramos de alcohol consume una persona si se toma una cerveza de 350 mL al 4.5% v/v?

- A. 12.4
- B. 15.8
- C. 19.9
- D. 10.8

13. ¿Cuántos gramos de alcohol hay en un vaso de vino de 50 mL si la concentración es 2.6 M?

- A. 5.98
- B. 13.0
- C. 11.9
- D. 5.60

14. El ginebra suele tener entre un 35 y 40% (p/v) de alcohol, ¿Cuántos mililitros máximo de ginebra debería tomar una personas para no pasar de 10 gr de alcohol?

- A. 25
- B. 250
- C. 10
- D. 40

15. Si una persona consume 50mL de whisky al 40% v/v, ¿Cuál es la concentración molar de etanol en la sangre?

- A. 7.05×10^{-2}
- B. 0.34
- C. 8.92×10^{-2}
- D. 3.40×10^{-2}

Anexo 3: Cuestionario de percepción

Apreciado estudiante: Muchas gracias por haber participado en el reto pedagógico sobre las formas de expresar la concentración de las soluciones usando el recurso educativo Soluciones con Empatía, en el marco del proyecto Incubadora de Iniciativas de Innovación Pedagógica de la DNIA. Su opinión sobre el recurso es muy importante, por eso le pedimos por favor diligenciar el siguiente cuestionario, que no le tomará más de 15 minutos. Si acepta, su participación será anónima, y sus datos personales no serán recolectados. Los resultados se utilizarán sólo con fines académicos durante la investigación.

I-Para las siguientes afirmaciones, por favor indique su nivel de acuerdo o desacuerdo según la escala:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: Parcialmente en desacuerdo
- 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4: Parcialmente de acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

Afirmación	1	2	3	4	5
1. El contexto clínico del recurso es apropiado para favorecer el aprendizaje con sentido del tema.					
2. Usar el recurso mejora mi percepción sobre la importancia del tema para mi vida profesional.					
3. Usar el recurso mejora mi destreza en el cálculo de la concentración de las soluciones.					
4. El contexto clínico y ético del recurso mejoran mi motivación hacia el aprendizaje del tema.					
5. Me gustaría que el recurso se desarrollara aún más, para abarcar otros aspectos de las soluciones en el contexto clínico.					
6. La navegación por el recurso es fácil.					
7. Me gusta la forma como está diseñado el recurso.					
8. Es conveniente invertir recursos en el diseño y desarrollo de este tipo de herramientas didácticas.					
9. Vale la pena que los docentes dediquen parte de su tiempo al diseño de este tipo de recursos.					
10. Valdría la pena promover la participación de los estudiantes en el desarrollo de este tipo de recursos educativos.					

II-¿Qué sugerencias haría para mejorar el recurso?
