

Incorporación didáctica de recursos TIC a la enseñanza de la química: Fortalecimiento de habilidades digitales en tiempos de pandemia

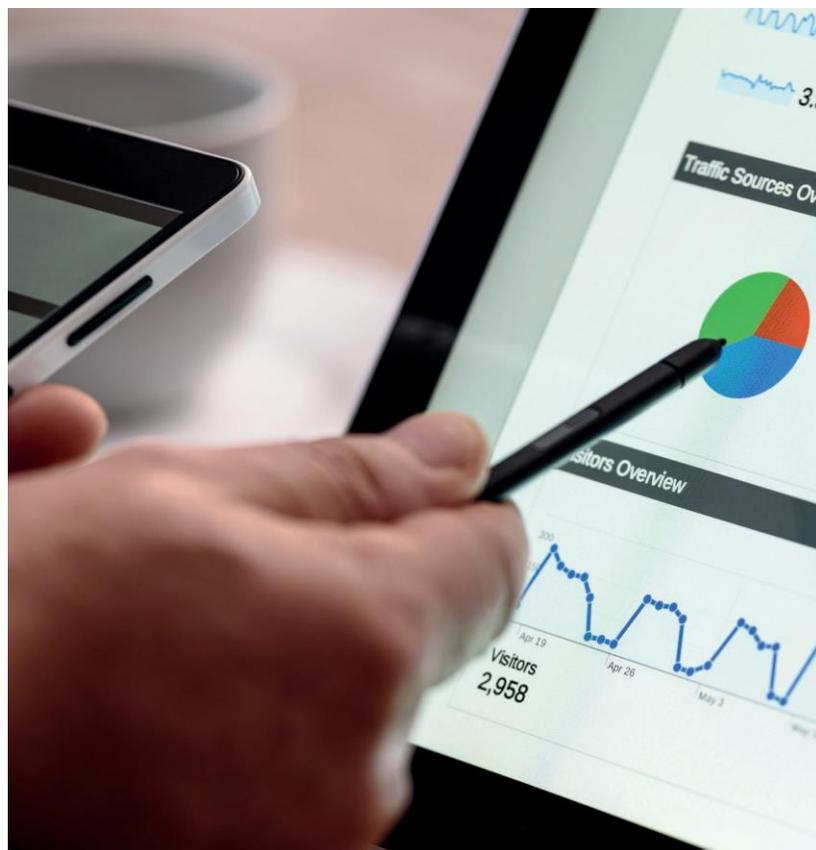
Didactic Incorporation of ICT to Chemistry Teaching: Strengthen of Digital Skills in Pandemic Times

<https://doi.org/10.54104/papeles.v13n25.934>

Recibido: 21 de julio de 2021

Aprobado: 27 de septiembre de 2021

Publicado: 15 de octubre de 2021



Leonardo E. Abella Peña*
<https://orcid.org/0000-0001-9179-1650>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación, Grupo GREECE. Bogotá, Colombia

*Autor de correspondencia:
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación, Grupo GREECE. Cra. 13 No. 26 A 40 Bogotá, Colombia.
leabellap@correo.udistrital.edu.co

Para citar este artículo:
Abella Peña, L. E. (2021).
Incorporación didáctica de recursos TIC a la enseñanza de la química: Fortalecimiento de habilidades digitales en tiempos de pandemia. *Papeles*, 13(26), <https://doi.org/10.54104/papeles.v13n25.934>

Resumen

Palabras clave
TIC en educación; didáctica de la química; informática educativa; habilidad cognitiva; habilidad lingüística.

Se presenta parte de los resultados de una experiencia de aula que toma fundamentos teóricos de una propuesta de incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), bajo un modelo de desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas enfocadas en la descripción y explicación, mediante la enseñanza de conceptos estructurantes de química. Como ejercicio práctico de intervención en el aula, este trabajo se propuso aplicar una metodología de diseño didáctico con incorporación de TIC, para lograr mejores aprendizajes en los estudiantes, presentando escenarios alternativos de educación científico-escolar en la modalidad no presencial, generada por la crisis sanitaria de la covid-19. Tomando aspectos metodológicos de la investigación-acción, se desarrollaron instrumentos para comprender las necesidades emergentes de incorporación de TIC ante el retiro de la población escolar de las aulas, y se realizó intervención participante para atender las dificultades de la metodología y conseguir soluciones eficientes. Entre los hallazgos se ratifica la necesidad de promover procesos de formación en TIC para que los docentes puedan afrontar retos tecnológicos educativos, generar habilidades digitales en los estudiantes de las instituciones públicas de Bogotá y reconocer enfoques de diseño didáctico alternativo que permitan superar problemas específicos de la educación en ciencias mediada por TIC.

Abstract

Keywords
ICT in education; chemistry education; ICT integration; cognitive-linguistic skills development.

Part of the results of a classroom experience that takes theoretical foundations from a proposal for ICT incorporation are presented, under a model of development of cognitive linguistic skills, through the teaching of structuring concepts of chemistry. As a practical exercise of intervention in the classroom, this work proposed to apply a methodology of “Didactic Design with ICT Incorporation”, with the aim of achieving better learning in students, offering alternative scenarios of scientific-scholar education in the non-face-to-face modality, caused by the health crisis of covid-19. Taking methodological aspects of the action-research, instruments were developed to understand the emerging needs of ICT incorporation, due to the withdrawal of the school population from the classrooms, participant intervention was carried out to address the difficulties of the proposed methodology and achieve efficient solutions. Among the findings the need to promote training processes in ICT for teachers, to face educational technological challenges, generate digital skills in students of public institutions in the city of Bogotá and recognize alternative didactic design approaches that allow to overcome specific problems of science education mediated by ICT.

1. Introducción

La tendencia a considerar que las investigaciones que se realizan en las esferas académicas distan de las realidades del aula ha ido disminuyendo (Aguirre-García y Jaramillo-Echeverri, 2008; Candela et al., 2009; Vanderlinde y van Braak, 2010), y si bien aún existen muchas predisposiciones de ambas partes (investigadores y profesores), la realidad es que la única forma de garantizar una transformación de aula es considerar el ejercicio práctico de los profesores como una fuente directa de conocimiento educativo.

Según Arias (2016),

la contribución de la producción científica en el campo de las TIC a los propósitos actuales de la Educación en Ciencias no se está dando en la medida esperada, pues además de que se evidencia un amplio desfase entre el avance de la tecnología educativa y su investigación en los procesos de enseñanza, los intereses por llevar las tecnologías al aula de ciencias siguen rezagados en una visión instrumental. (p. 85)

La experiencia descrita en este artículo es parte y producto de una propuesta de incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) y didáctica de la química (Abella, 2012, 2019), en la que, por medio de diferentes actividades, organizadas a partir de una secuencia didáctica (García et al., 2018; Sanmartí, 2000), se integra de manera lógica, pertinente y justificada actividades de aula, sesiones TIC y trabajo de laboratorio en una institución educativa pública de Bogotá durante cuatro bimestres distribuidos entre 2020 y 2021, dirigida por un docente de química a cuatro grados escolares y nueve cursos (uno de sexto, tres de noveno, tres de décimo y dos de undécimo) quien orientó la asignatura de química.

Con la llegada de la pandemia, originada por el virus del SARS-CoVs (covid-19), la necesidad

Con la llegada de la pandemia, originada por el virus del SARS-CoVs (covid-19), la necesidad de continuar con los procesos de enseñanza y aprendizaje volcaron la urgencia de utilizar las herramientas digitales básicamente como el único insumo y posibilidad de trabajo académico.

de continuar con los procesos de enseñanza y aprendizaje volcaron la urgencia de utilizar las herramientas digitales básicamente como el único insumo y posibilidad de trabajo académico.

Ante la imposibilidad de realizar el trabajo presencial y la necesidad de aplicar una educación remota de emergencia (ERE), en la que no se cuenta con la organización y las características de la educación virtual (Marotias, 2021), el desarrollo de las clases evidenció múltiples problemas, que habrían podido ser atendidos de manera normal estando cara a cara con los estudiantes. Sin embargo, la experiencia previa de trabajo con los diferentes cursos en años anteriores permitió que una propuesta alternativa de trabajo en aula tuviese la oportunidad de medir sus alcances al requerir y fortalecer diferentes habilidades digitales por el profesor y los estudiantes.

Una de las diferencias radicales de esta frente a otras propuestas de incorporación diseñadas desde las TIC, es precisamente que no se limita a los protocolos ingenieriles o cerrados de diseño, uso y aplicación, es decir,



no es producida de manera algorítmica; por el contrario, ofrece una propuesta divergente a los protocolos cerrados y permite a los profesores adaptar tanto TIC como actividad a las necesidades propias de su entorno.

Considerando las múltiples posibilidades de integración de las TIC en la enseñanza de las ciencias (Abella et al., 2013) y reconociendo que la didáctica debe ser pilar fundamental de la planeación curricular y organización de las actividades de clase, esta experiencia aborda el desarrollo de los conceptos fundamentales de la química (Mosquera et al., 2003) y el desarrollo de unidades didácticas con mediación TIC (García-Martínez et al., 2014) para que los estudiantes produzcan contenidos digitales a manera de talleres en los que, regulados por una red virtual, comuniquen sus aprendizajes.

Estos talleres digitales apuntan al desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas, entendidas como aquellas que se activan para producir diferentes tipologías textuales, que, además, son transversales, pero que a su vez se concretan de manera diferenciada en cada una de las áreas curriculares (Jorba et al., 2000), y que, para el caso concreto de esta experiencia, se centran principalmente en la descripción y la explicación que, como menciona la Alcaldía Mayor de Bogotá (2007), orientan a los estudiantes para que aprendan a explicar los fenómenos químicos desde sus expresiones comunicativas multimodales,

y asimismo les permite mayor apropiación de las tecnologías que apoyan la educación mediadas por TIC, como las experimentadas durante la pandemia de los años 2020 y 2021.

Múltiples trabajos en el campo de la integración TIC por los profesores a las clases de química, (Abella, 2019; Barreto y Barreto, 2013; Dori et al., 2013; Frías et al., 2016; Gupta-Bhowon et al., 2009; Krause et al., 2017) señalan que el éxito de una experiencia de este tipo es la capacidad de motivación que deben generar los diseños didácticos y la apropiación de la TIC incorporada que, junto con el conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido del profesor titular (TPACK, por sus siglas en inglés, propuesto por Mishra y Koehler [2006]), permite una reflexión sobre los retos y las posibilidades que cualquier diseño mediado por TIC debe ofrecer para garantizar el máximo aprendizaje de lo propuesto.

1.1 Los propósitos

Como intervención en el aula, de manera digital en tiempos de pandemia, esta experiencia se propone conseguir mejores aprendizajes en los estudiantes, con el fin de presentar escenarios alternativos de educación científico-escolar.

Como propósitos del desarrollo del trabajo de aula, los objetivos se resumen de manera general en:

- Mitigar los efectos de una ERE.
- Aplicar una estructura metodológica alternativa de incorporación de TIC en diseños didácticos, orientados desde la didáctica de la química.
- Identificar los aprendizajes desarrollados mediante la incorporación de TIC en la evaluación de productos multimodales elaborados por los estudiantes desde el punto de vista de las habilidades cognitivo-lingüísticas para describir y explicar.

Las intencionalidades o los propósitos de la experiencia, como se mencionó, se centraron en ofrecer una alternativa a los estudiantes que, debido a la crisis sanitaria, no podían asistir con regularidad a las aulas de clases presenciales. Esta alternativa se construye a partir de la revisión previa de múltiples propuestas de diseño e integración de TIC a las clases de química (Achuthan et al., 2018; Barreto y Barreto, 2013; Blonder et al., 2013; Bolaños et al., 2006; Cataldi et al., 2010; Chandra y Sharma, 2018; Crandall et al., 2015; Daza et al., 2009; Dori et al., 2013; González et al., 2011; Gupta-Bhowon et al., 2009; Hernández y Astudillo, 2014; Jiménez-Valverde y Núñez-Cruz, 2009; Jones et al., 2018; Leite, 2016; Martínez et al., 2019; Martín-Fernández et al., 2016; Naik, 2017; Osicka et al., 2013; Pietzner, 2014; Ranga, 2018; Sá et al., 2010; Torres, 2009), tras lo cual se encontró que se requiere una estrategia particular, ya que ninguna de ellas responde a las demandas y características de la educación en tiempos de pandemia, presentando un contexto distinto de la de cualquiera de las experiencias consultadas.

Así, de la dinámica misma de las clases, se orientan los esfuerzos en garantizar un proceso formativo que se ajustara a las necesidades del contexto, sin dejar de lado el objetivo de desarrollar en los estudiantes las habilidades digitales y cognitivo-lingüísticas mencionadas, que les permitieran abordar conceptos de la clase de química en secundaria.

Toma entonces una especial relevancia la participación de cada uno de los actores de la experiencia, profesor y estudiantes, quienes deben generar una dinámica diferente en la comunicación, basada íntegramente en el apoyo de las TIC, donde el horario de clases no es suficiente, pues no todos cuentan con los recursos para estar conectados de manera sincrónica, y así se convierten los estudiantes en reguladores de su propio aprendizaje y de los avances de cada curso.

2. Metodología

A continuación, se mencionan aspectos esenciales de la experiencia metodológicamente que incluyen la caracterización de la población, de los participantes, los instrumentos y los aspectos teóricos de los modelos metodológicos que sirvieron de referencia.

2.1 Contexto

Para el desarrollo de la propuesta, se contó con la participación de un profesor de Química con estudios y experticia en el campo de la didáctica de la química, para nueve cursos de cuatro grados escolares que abarcan la educación básica secundaria y media, cada uno con un promedio de 35 estudiantes, de los cuales entre 25 y 30 hicieron parte activa del desarrollo de la investigación. Se contaron con múltiples contenidos, por lo que el ejercicio se enfocó en reconocer las dinámicas de diseño de las actividades didácticas y los productos generados por los estudiantes y no en temas específicos.

2.2 Modelos metodológicos de soporte e instrumentos

Las similitudes del modelo de investigación-acción aplicado a esta experiencia destacan las fases generales señaladas por Colmenares (2012) desde el punto de vista de:

- Acercamiento al objeto de estudio
- Intencionalidades o propósitos
- Accionar de los actores involucrados
- Procedimientos desarrollados
- Logros alcanzados

Inicialmente, el acercamiento se da con la necesidad de mejorar los procesos de enseñanza de la química e integrar de manera satisfactoria las TIC en tiempos de educación remota de emergencia ocasionada por la pandemia de 2020. A partir del resultado de un diagnóstico de habilidades digitales y cognitivo-lingüísticas

en que las primeras fueron identificadas a partir instrumentos soportados por el trabajo de Henríquez-Ritchie y Organista-Sandoval (2009), y desde el TICómetro® de Kriscautzky y Cabrera (2015) orientado a partir de preguntas abiertas sobre una situación contextual (tabla 1). Para reconocer las habilidades cognitivo-lingüísticas (Jorba et al., 2000), se utilizó un

instrumento que identifica las posibilidades de los estudiantes para describir, explicar y argumentar. Luego fueron analizados mediante escala de valoración (de 1,0 a 5,0) basada en la propuesta de Erduran et al. (2004), para reconocer el nivel de habilidad presentada por los estudiantes en ese momento (tabla 2).

Tabla 1. Ejemplos de preguntas en la rúbrica de identificación de habilidades digitales

Temas relacionados con las TIC	Ejemplos de preguntas asociadas				
A. Búsqueda, selección y validación de la información	Imagina que eres el encargado de contratar un plan de internet para tu casa y uno para tu celular. ¿Cuál es la mejor opción en cuanto a velocidad de conexión y capacidad de datos?	En un plan de internet para el hogar, ¿qué es lo más importante?	Para buscar información por internet, la herramienta adecuada es...	La información que obtenemos por medio de una computadora conectada a internet se encuentra guardada en...	Las extensiones en las páginas o "dominios" (.com, .co, .edu, .org), indican el tipo de página y su contenido. Al buscar información relevante para una tarea, el mejor dominio es...
B. Comunicación y colaboración en línea	¿Cuál de las siguientes es una extensión de correo electrónico?	La principal razón de utilizar una red social es...	La principal razón para tener correo electrónico es...	Los teléfonos inteligentes pueden acceder a diferentes servicios cuando está conectados a una red móvil. Para poder buscar información, tratarla y enviarla es necesario que el teléfono...	Una gran diferencia entre Facebook y Twitter es...
C. Procesamiento y administración de la información	La información que posee una computadora se encuentra ubicada en...	En una computadora, el dispositivo de conexión a una red es...	Es un sistema operativo	Debes realizar una lista con 32 estudiantes e indicar su número de teléfono y correo electrónico. La mejor opción para hacerlo es...	Debes obtener el promedio y equivalente al 20 % de una serie de datos en Excel. Las fórmulas para obtener cada dato, asumiendo que "CELDA" es igual a una celda de los datos, serían...
D. Seguridad	La razón para colocar una clave en un teléfono inteligente es principalmente...	Los antivirus son programas que evitan...	¿Lees siempre las declaraciones de privacidad y advertencias de cada programa que instalas en tus dispositivos?	¿Cualquier información en internet es de público uso, para compartir, editar y publicar?	Una de las mejores razones para no compartir los datos privados en las redes sociales es...

Tabla 2. Rúbrica de exploración de habilidades cognitivo-lingüísticas

Valoración del nivel de argumentación	Descripción del nivel	Habilidad cognitivo-lingüística asociada
1	Consiste en simples opiniones o conclusiones versus una contraopinión o una opinión versus otra opinión.	Describir
2	Posee argumentos consistentes en una opinión versus una opinión con algunos datos, reglas o fuentes, pero no contiene ninguna justificación.	
3	Posee argumentos con una serie de opiniones o contraopiniones con algunos datos, reglas o fuentes con una débil justificación.	Explicar
4	Muestra argumentos con una opinión con una clara e identificable justificación. Como un argumento puede tener varias opiniones y contraopiniones.	
5	Presenta un extenso argumento con más de una justificación.	Argumentar

En consideración a los cambios motivacionales generados por la propuesta, se decidió organizar un instrumento que permitiera estimar las motivaciones de los estudiantes antes y después de participar de la experiencia, tomando algunos aspectos de los trabajos de Hänze y Berger (2007) y Coca (2015), en los que se reflexiona sobre el impacto emocional que se genera en la

interacción con metodologías alternativas y ambientes de aprendizaje. Con este fin, se elaboró un cuestionario para los estudiantes que ingresaban en la experiencia en que a manera de escala se les pedía su percepción sobre los cuatro niveles propuestos por Coca (2015): 1) grado de motivación, 2) potencial motivador, 3) fuentes de motivación y 4) motivos dominantes (tabla 3).

Tabla 3. Preguntas y estructura del pretest de motivaciones

Grado de motivación	Fuentes de motivación
GM1: ¿Cuál fue tu rendimiento académico en ciencias el año pasado?	FM1: ¿Qué tan apropiadas fueron las fuentes que usó tu profesor de ciencias el año pasado en cuanto a libros, páginas web, actividades, tecnologías, laboratorios?
GM2: ¿Qué tanto interés tenías en las clases de ciencias del año pasado?	FM2: ¿Qué calificación le pondrías a tu profesor de ciencias 1 del año pasado?
GM3: ¿Te gustaba prestar atención a las clases de ciencias del año pasado?	FM3: ¿Qué calificación le pondrías a tu profesor de ciencias 2 del año pasado?
GM4: ¿Qué tanto te esforzabas para las clases y los trabajos de ciencias el año pasado?	FM4: ¿Qué calificación le pondrías a tu profesor de ciencias 3 del año pasado?
GM5: ¿Qué tanto tiempo dedicabas a las actividades de las clases de ciencias del año pasado?	
GM6: ¿Qué tan “satisfecho” te sientes de tus clases del año pasado?	

Potencial motivador	Motivos dominantes
PM1: Si pudieras calificar la calidad de las clases de ciencias del año pasado al compararlas con las demás asignaturas que viste, ¿cuánto les pondrías?	MD1: ¿Por qué crees que las ciencias naturales hacen parte de las cosas que se estudian en el colegio?
PM2: ¿Qué tan divertidas eran las clases de ciencias?	MD2: ¿Qué te interesa aprender de la ciencia?
PM3: ¿Qué tan interesantes eran las clases de ciencias?	MD3: ¿Qué tanto querías estar en las clases de ciencias?

2.3 El diseño de trabajo en aula virtual: entre la teoría y la práctica

El trabajo y la fase de diseño de la estrategia cuenta con dos procesos simultáneos, pero diferenciados. El diseño de la unidad didáctica digital se fundamenta desde la propuesta de Sanmartí (2000) y el modelo de diseño curricular (García-Martínez et al., 2018), en el cual se propone un mapa de diseño microcurricular a partir de los conceptos fundamentales a abordar con cada grado (figura 1). Con estos insumos, se diseñan actividades que, mediante los aportes de la historia de la química, aborden el desarrollo de estos conceptos, para convertirlos desde la resolución de problemas en preguntas orientadoras para el curso.

De manera simultánea, se hace una selección de TIC que puedan apoyar las actividades tanto dirigidas por el profesor como aquellas que permitirán a los estudiantes desarrollar sus contenidos multimodales (múltiples formatos comunicativos), para los cuales se realizan los tutoriales e instructivos necesarios. En el caso concreto, se consideraron aquellas TIC que pudiesen ser utilizadas de manera personal por cada estudiante y que en lo posible contaran con altos criterios de accesibilidad (tanto de dispositivo como de lenguaje de programación), en atención a las condiciones de la ERE.

Las actividades del taller digital abarcan diferentes tipos de TIC basadas en su mayoría en la web 2.0, que cuentan con diagramas, cómics, animaciones, simulaciones, presentaciones dinámicas y videos, en que cada

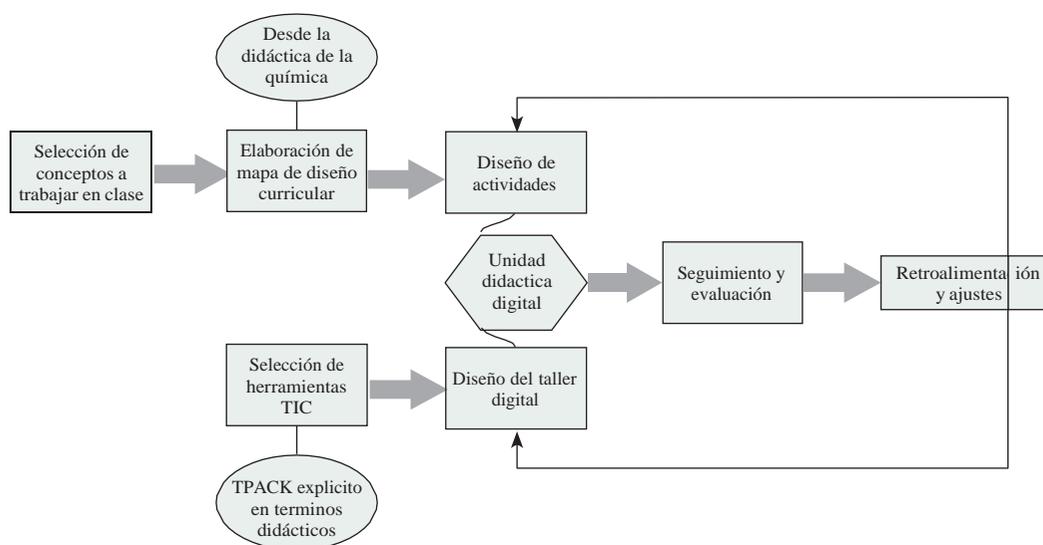


Figura 1. Diagrama de incorporación TIC/didáctica en una unidad didáctica

uno de los productos digitales multimodales reciben coevaluación, heteroevaluación y autoevaluación. La evaluación en grupo de las actividades que se facilita por la red virtual permite una relación horizontal entre los estudiantes, en que desde la coevaluación reflexionan sobre sus dificultades, las cuales son atendidas la mayoría de las veces por los mismos estudiantes, quienes a la vez desarrollan dinámicas de trabajo similares a las que se dan en comunidades de aprendizaje (Elboj et al., 2003).

Para considerar esta dinámica de comunidad, la información debe fluir entre los participantes, razón por la cual, como cuarto momento, se acordó realizar reuniones sincrónicas dos veces por semana con cada curso, igualmente se contó con un foro de participación, repositorio de archivos conjunto y herramientas de publicación y supervisión de tareas y actividades. Para cada TIC seleccionada y su correspondiente actividad, cada semana el profesor titular asignaba una actividad para ser abordada en la siguiente reunión, en la cual se evaluaba la pertinencia de la actividad, las posibilidades de la herramienta y las dificultades presentadas, y así identificar aquellos aspectos que debían mejorarse o replantearse, en busca siempre de la participación continua de cada actor del proceso. Posterior a la prueba, se asigna la actividad final, que será para el caso escolar la evidencia del trabajo realizado por los estudiantes, es decir, desarrollan sus contenidos comunicativos digitales.

Los contenidos producidos por los estudiantes se asocian a las construcciones que realizan tanto en clase como fuera de ella, lo que significa que pueden ser efectuados de manera sincrónica o asincrónica. Cada uno de los productos son en sí mismos un logro de la metodología desarrollada, ya que generan información importante que puede ser utilizada como insumo para su interpretación desde diferentes modelos de evaluación, sin

Los contenidos producidos por los estudiantes se asocian a las construcciones que realizan tanto en clase como fuera de ella, lo que significa que pueden ser efectuados de manera sincrónica o asincrónica.

dejar de lado el análisis propio de la investigación-acción emulada en esta experiencia.

Cada actividad desarrollada para la unidad didáctica digital consta de una estructura desde su pregunta orientadora, las funciones esperadas de los estudiantes y del profesor, los objetivos y las actividades de evaluación asociadas (García-Martínez et al., 2018). La actividad digital que se asigna en el taller digital propende a que el estudiante desarrolle desde diferentes modos de comunicación una explicación a la pregunta orientadora de la actividad respectiva.

Para cada una de las actividades asociadas, el estudiante genera un producto digital multimodal, y a cada uno de los productos digitales se les aplicó una rúbrica de evaluación que analiza principalmente si el producto (Tabla 4):

- Posee una estructura y organización visual adecuada (considerando adecuado los protocolos de forma, ortografía, diseño, manejo del espacio, manejo de colores)
- Responde a la pregunta orientadora de manera clara y con suficiencia
- Hace uso responsable de la información consultada (calidad y uso de referencias)
- Demuestra apropiación de la herramienta digital seleccionada

Tabla 4. Rúbrica de análisis de productos digitales comunicativos

Items	Escala valorativa		
Presentación	Excelente	Básico	Insuficiente
Calidad del material en términos visuales de manejo de colores, tipo de fuente y tamaño, organización de recursos	El impacto visual del producto digital es interesante e invita a su lectura	No se tuvo suficiente cuidado con la presentación, pero cumple con lo mínimo esperado	Desordenado y de difícil lectura

Contenido	Argumentación	Explicación avanzada	Explicación básica	Descripción	Descripción/opinión
Desde el punto de vista de habilidades cognitivo-lingüísticas	Presenta un extenso argumento con más de una justificación.	Muestra argumentos con una opinión con una clara e identificable justificación. Como un argumento puede tener varias opiniones y contraopiniones.	Posee argumentos con una serie de opiniones o contraopiniones con algunos datos, reglas o fuentes con una débil justificación.	Posee argumentos consistentes en una opinión versus una opinión con algunos datos, reglas o fuentes, pero no contiene ninguna justificación.	Consiste en simples opiniones o conclusiones versus una contraopinión o una opinión versus otra opinión

Uso de la información	Excelente	Suficiente	Básico	Insuficiente
Uso de referencias	Claridad en la Web/Bibliografía y derechos de autor	Se presenta una Web/Bibliografía y derechos de autor, pero no está bien elaborada	No tiene claridad sobre la manera en que se utilizan las referencias señaladas y una o todas no son información válida.	No hay referencias.

Apropiación de TIC	Apropiación eficiente	Apropiación básica	Uso estructurado	Uso básico
Desde el punto de vista de facilidad de uso de la herramienta y apropiación evidente	El estudiante evidencia en su producto un amplio manejo de la herramienta, logra interactuar con otras y enriquece su material.	El estudiante tiene suficiente control sobre la herramienta y la emplea en su producto de manera suficiente.	El estudiante utiliza los aspectos mínimos de la herramienta, y evidencia algunas fallas de aplicación.	El estudiante no aprovecha el mínimo potencial de la herramienta, presenta errores de ejecución y dificultades.

3. Resultados y discusión

En esta fase, se hace presente la constante reflexión sobre cada uno de los ejercicios desarrollados, y asumiendo ese papel de “investigador de su propia práctica” (Colmeares, 2012), cada hallazgo y solución es

considerado un beneficio que no necesariamente finaliza la investigación, sino que la retroalimenta y mejora constantemente.

La experiencia ha permitido sistematizar todos los productos multimodales desarrollados por los estudiantes, entre los que se cuenta principalmente con:

- Organizadores gráficos (mapas conceptuales, mapas mentales, diagramas de flujo y de procesos)
- Historietas y cómics (narraciones alternativas)
- Animaciones y videos digitales
- Presentaciones dinámicas (multimedia)
- Infografías

Cada uno de los productos multimodales elaborados por los estudiantes se considera evidencia de los aprendizajes desarrollados mediante la incorporación didáctica/TIC y son analizados desde instrumentos diseñados para tal fin como rúbricas y análisis de contenido.

Simultáneamente, los productos de los estudiantes revelan los principales obstáculos de aprendizaje (Erhel y Jamet, 2013), que permiten reorientar las actividades de la unidad didáctica para desarrollar estrategias que permitan superarlos y, a su vez, cuestionan las implicaciones didáctico-tecnológicas de las herramientas que median los aprendizajes. En el desarrollo de habilidades digitales que les permitan a los estudiantes cumplir los criterios de evaluación establecidos, se logra evidenciar que, si bien requieren una continua retroalimentación y acompañamiento, el tiempo y la dedicación promueven en ellos competencias digitales fácilmente verificables.

Si bien el modelo metodológico está centrado en los aspectos descriptivos y cualitativos de la experiencia, la lectura de los resultados en las rúbricas señala que conceptualmente los estudiantes logran desarrollar respuestas argumentadas a las preguntas orientadoras de cada actividad de los talleres digitales, evidenciado en el análisis de contenido de cada uno de los productos comunicativos digitales.

Para cada curso y grado, se seleccionan objetivos desde el punto de vista del

aprendizaje, asociados a conceptos que se enmarcan en los lineamientos curriculares decretados por el Ministerio de Educación Nacional (MinEducación), y junto con la actividad diseñada para cada TIC, se generan los productos digitales que presentan los estudiantes, los cuales permiten verificar los alcances de la propuesta desde el punto de vista de los aprendizajes (tabla 5). El análisis del contenido que se realiza con estos materiales, al igual que los espacios de socialización sincrónica necesaria, facilita la evaluación de los niveles de apropiación de los diferentes conceptos.

El tratamiento y análisis de cada producto por medio de las rúbricas posibilita la clasificación valorativamente, mientras que los procesos de coevaluación y heteroevaluación brindan evidencias de los aprendizajes desarrollados.

Para cada curso y grado, se seleccionan objetivos desde el punto de vista del aprendizaje, asociados a conceptos que se enmarcan en los lineamientos curriculares decretados por el Ministerio de Educación Nacional (MinEducación), y junto con la actividad diseñada para cada TIC, se generan los productos digitales que presentan los estudiantes, los cuales permiten verificar los alcances de la propuesta desde el punto de vista de los aprendizajes.

Tabla 5. Relación entre los aprendizajes, conceptos y productos comunicativos digitales

Curso	Objetivos desde el punto de vista de los aprendizajes	Conceptos asociados	Productos comunicativos digitales (evidencias)	Tratamiento y análisis
6A	Identifica la química como ciencia y su relación con la historia de la humanidad. Reconoce diferentes mezclas, sus propiedades y sus formas de separación.	Historia de la química Materia Mezclas Sustancias Lenguaje químico	Línea del tiempo interactiva Cómic Video animado	
9A 9B 9C	Clasifica los compuestos de acuerdo con el tipo de enlace que presentan. Identifica las propiedades de las soluciones. Reconoce las propiedades ácidas o básicas de distintas sustancias. Nombra diferentes tipos de sustancias según su composición molecular.	Cambio químico Discontinuidad de la materia Lenguaje químico	Infografía Presentación dinámica Video animado Hojas de cálculo dinámicas	
10A 10B 10C	Reconoce la química como una construcción social dinámica y contextual. Nombra apropiadamente diferentes sustancias químicas de acuerdo con las normas de la IUPAC (por sus siglas en inglés). Identifica y diferencia las formas en las que se presenta la materia. Representa de manera correcta las transformaciones de diferentes sustancias químicas empleando ecuaciones químicas. Ajusta de manera apropiada cálculos estequiométricos en ecuaciones químicas.	Epistemología de la química Lenguaje químico Cambio químico Cuantificación de la materia Discontinuidad de la materia	Infografía Cómic Presentación dinámica Elaboración de bases de datos Video digital Participación <i>online</i> (foros y blog)	
11A 11B	Describe las propiedades atómicas y moleculares de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas. Clasifica las sustancias químicas en orgánicas e inorgánicas según su composición. Representa los estadios de transformación de sustancias químicas orgánicas desde el punto de vista de los mecanismos de reacción. Justifica las interacciones entre la química y los campos del conocimiento como la genética, la farmacéutica y la biomedicina.	Lenguaje químico Cambio químico Cuantificación de la materia Discontinuidad de la materia Relaciones CTSA (ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente)	Infografía Cómic Presentación dinámica Elaboración de bases de datos Video digital Participación <i>online</i> (foros y blog)	

Rúbrica

- Presentación
- Contenido
- Uso de la información
- Apropiación de TIC

Heteroevaluación (por el profesor)
Coevaluación (por pares)
Autoevaluación descriptiva

Se puede observar que el diseño de cada una de las actividades, independiente del grado o curso, promueve el uso de TIC de generación de contenido digital, desde imagen hasta video. Las razones que orientan esta selección de TIC es la posibilidad de mantener los mismos parámetros de evaluación mediante las rúbricas, lo que en la práctica facilita tanto al profesor como a los estudiantes realizar un seguimiento y un análisis de los avances y de las dificultades que se presentan durante el desarrollo de la unidad didáctica.

Asimismo, se puede observar que los temas y abordajes conceptuales de las diferentes actividades diseñadas se centran en los conceptos estructurantes de la química (Mosquera et al., 2003), los cuales, según el grado escolar, pueden ser abordados con diferentes niveles de complejidad, pero cabe aclarar que los alcances conceptuales de cada uno de esos abordajes no hacen parte de los análisis realizados en este artículo.

Como se ha mencionado, parte del éxito de la experiencia se basa en la familiaridad de los grupos con el trabajo de aula apoyado en TIC, por tanto, el abordaje de los diferentes conceptos asociados se relaciona con los ejercicios previos desarrollados en la experiencia de incorporación de TIC durante varios años. Así es como se cuenta con diferentes estructuras metodológicas (abordajes didácticos) que facilitan las integraciones de TIC y permiten centrar la atención en los productos elaborados por los estudiantes, más que en los productos didácticos diseñados por el profesor.

El abordaje de los aspectos históricos de la química se ha apoyado en lecturas y videos que narran los elementos sociohistóricos que rodean los conceptos trabajados, por tanto, las líneas de tiempo no se centran solo en personajes o eventos específicos, sino que permiten reconocer lo que globalmente sucedía desde el punto de vista científico

y sociohistórico. Estas líneas de tiempo interactivas, permiten la integración de otras lecturas, imágenes y videos, o bien elaborados por los estudiantes, o bien recolectados por ellos, de manera que sirvan para consolidar los aprendizajes asociados.

Contenidos como las propiedades de la materia, la clasificación de la materia y los estados de la materia, en los primeros grados de secundaria son abordados por medio de cómics digitales, que facilitan a los estudiantes la posibilidad de elegir entre formatos preestablecidos, los personajes y escenarios para las escenas en las que por medio de diálogos describen sus aprendizajes. La posibilidad de centrar la atención en el contenido del cómic, más que en su diseño, permite que el profesor identifique aquellos aspectos que no han quedado claros, y facilita al estudiante su comunicación, ya que este tipo de herramientas digitales ofrece múltiples opciones de ambientación, con lo cual se fortalece la creatividad del estudiante y posibilita concentrar los esfuerzos en las habilidades de descripción que se deben desarrollar.

Los videos animados han sido incorporados como herramientas de síntesis, los cuales requieren una serie de habilidades para su elaboración. Desde la construcción de un guion, la identificación de personajes y su ambientación, retoman las habilidades necesarias para la construcción de explicaciones, por tanto, su incorporación apoya todos los procesos en los que se necesite ir más allá de la descripción.

El abordaje de conceptos como el cambio químico, la discontinuidad de la materia y la nomenclatura mediante la elaboración de infografías y videos animados impulsa la creatividad de los estudiantes, y puede darse con diferentes niveles de complejidad y contextos, y, a la vez, ofrece puntos de vista para los estudiantes quienes, en el proceso de construcción de sus propios productos

comunicativos, pueden utilizar o reutilizar las asociaciones presentadas. Las infografías requieren que el estudiante sea capaz de sintetizar ideas, la elaboración de un mapa conceptual convertido en una infografía facilita al profesor identificar las formas en que el estudiante relaciona diversos conceptos e ideas para la construcción de argumentos y explicaciones.

El manejo de los temas que requieren procesos matemáticos aprovecha las posibilidades de las hojas de cálculo dinámicas, entendidas como aquellas que permiten a partir de hipervínculos correlacionar información y contenidos asociados a operaciones matemáticas, y la construcción de bases de datos. Por medio de estas hojas de cálculo, los estudiantes pueden presentar de manera alternativa los resultados de las diferentes actividades experimentales caseras propuestas. Los estudiantes construyeron contenidos enriquecidos que posibilitan al profesor identificar las formas en que los estudiantes correlacionan los

datos, las transformaciones químicas y las observaciones parciales de varios procesos, pues permite integrar imágenes y videos elaborados directamente por los estudiantes.

Aunque en la categoría de videos existen múltiples distinciones y variantes como los videos animados o los personificados (Blonder et al., 2013), la elaboración de videos requiere múltiples habilidades, entre ellas la descripción, la síntesis, la narración, la explicación. Permitirles a los estudiantes la elaboración de videos en los que puedan explotar las diferentes habilidades requeridas ha sido un ejercicio de evaluación sumamente enriquecido, pues posibilita múltiples miradas para el análisis y la comprobación de aprendizajes. Este tipo de material diseñado por los estudiantes ha sido utilizado para verificar los aprendizajes no solo conceptualmente, sino para reconocer las relaciones que se dan entre saber, contexto y relevancia de lo aprendido.

Antes de la pandemia de 2020, los grupos de estudiantes utilizaban plataformas para compartir ideas tipo blog y foros, los cuales se fortalecieron a causa de la falta de espacios presenciales, donde la comunidad *online* generada desde la propuesta permitió el flujo de apreciaciones, dudas, aclaraciones y como canal principal de comunicación. En estos espacios digitales, los estudiantes demuestran, además de su capacidad de síntesis, el respeto y correcto uso del lenguaje en comunicaciones digitales.

Las falencias en conectividad y recursos tecnológicos con que cuentan varios de los estudiantes participantes limita la posibilidad de hacer generalizaciones desde el punto de vista de mejora absoluta en los aprendizajes y en el desarrollo de habilidades digitales y cognitivo-lingüísticas; sin embargo, en la muestra representativa de quienes lograron desarrollar la totalidad de las actividades los aprendizajes emergen con mejoras significativas (tabla 6).

Antes de la pandemia de 2020, los grupos de estudiantes utilizaban plataformas para compartir ideas tipo blog y foros, los cuales se fortalecieron a causa de la falta de espacios presenciales, donde la comunidad *online* generada desde la propuesta permitió el flujo de apreciaciones, dudas, aclaraciones y como canal principal de comunicación.

Tabla 6. Diferencias valorativas evidenciadas por las rúbricas en los niveles de apropiación de habilidades digitales y cognitivo-lingüísticas “Describir y explicar”

Grado/ curso	N.º estudiantes	Participación en la experiencia (% de estudiantes)		Niveles de apropiación inicial promedio (escala valorativa sobre 5,0)		Niveles de apropiación observados (escala valorativa sobre 5,0)		Diferencia valorativa	
		Completa	Parcial	Digital	Cognitivo- lingüístico	Digital	Cognitivo- lingüístico	Digital	Cognitivo- lingüístico
6-A	40	65	35	3,5	3,7	4,1	4,2	0,6	0,5
9-A	37	84	16	3,1	3,3	3,3	4,0	0,2	0,7
9-B	37	86	14	2,9	3,3	3,9	4,3	1,0	1,0
9-C	36	83	17	2,6	2,9	3,8	4,4	1,2	1,5
10-A	29	93	7	3,3	3,8	3,7	3,9	0,4	0,1
10-B	33	85	15	3,1	3,2	3,6	3,7	0,5	0,5
10-C	31	90	10	3,5	3,8	3,9	4,0	0,4	0,2
11-A	30	80	20	3,4	3,5	3,7	3,9	0,3	0,4
11-B	28	89	11	3,5	3,8	3,9	4,0	0,4	0,2
Total	301	83	17	3,2	3,5	3,8	4,0	0,6	0,6

Puede observarse que no existe diferencia valorativa negativa, lo que numéricamente indica una progresión en las habilidades, pero que no es homogénea en todos los grados y cursos. Se observan mayores niveles de apropiación en los grados 9-B y 9-C en general, presentando una significativa mejora en la calidad de los productos digitales. Los grados 10 y 11 muestran una mejoría discreta, sin embargo, es necesario enfatizar que estos contaban con mayor tiempo de exposición a la propuesta, lo que se evidencia con productos digitales de calidad similar antes y después de la intervención. El curso 11-A es el que muestra la menor diferencia valorativa, y muy cerca el curso 11-B, que se justifica en cuanto son los cursos en los que la incorporación de TIC ha sido regular en sus clases de ciencias por más años que el resto de la población estudiada.

Desde el punto de vista de las habilidades digitales, en todos los cursos se observa un diferencia valorativa positiva que se relaciona directamente con el mejor uso y apropiación de las herramientas TIC incorporadas en

la propuesta diseñada, de acuerdo con los criterios de valoración descritos en la tabla 4, para la cual cada criterio es transformado en valor, que arroja los resultados presentados.

De manera similar, se pueden identificar las mejoras en la capacidad de describir y explicar en cada uno de los productos digitales, que, al ser ajustados a una escala valorativa correspondiente con sus descriptor cualitativo, permite reconocer el desarrollo de las habilidades mencionadas.

El desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas (describir y explicar) y digitales permite a los estudiantes enfrentar retos en diversos entornos, como el presentado a partir de la pandemia de la covid-19, en que el trabajo virtual y asistido ha sido la piedra angular. El análisis de los materiales producidos por los estudiantes evidencia que bajo la estrategia implementada no se disminuye el rendimiento escolar, que refleja las habilidades (digitales y cognitivo-lingüísticas) propias de los estudiantes. Este mismo análisis permite identificar los aprendizajes desde el punto de vista comunicativo,

en los que se logra superar la tendencia a la opinión para construir explicaciones basadas en argumentos de primer nivel en los que el uso de un lenguaje escolar prima por sobre el científico-escolar.

Los resultados del instrumento de salida frente a la motivación indican que, si bien los estudiantes reconocen que su rendimiento académico es promedio y en ocasiones inferior al esperado, se sentían ampliamente

motivados a trabajar mediante las TIC en procesos a distancia (tabla 7).

Los resultados indicaron que favorablemente se mejoraba la disposición de los estudiantes a las actividades, consideraban más interesantes las clases y dedicaban mucho más tiempo a cumplir las actividades; igualmente, reconocían una mejor incorporación de recursos TIC y una mejor relación de trabajo con el profesor.

Tabla 7. Grados de motivación, instrumento pre y post

Grado de motivación	Respuesta inicial % (N = 301)	Respuesta final % (N = 250)	Diferencia %
GM1: ¿Cuál fue tu rendimiento académico en ciencias el año pasado? ¿	Alto = 7 Bueno = 18 Regular = 43 Bajo = 21 Insuficiente = 11	Alto = 15 Bueno = 22 Regular = 35 Bajo = 20 Insuficiente = 8	+8 +4 -8 -1 -3
GM2: ¿Qué tanto interés tenías en las clases de ciencias del año pasado?	Mucho = 35 Lo suficiente = 18 Lo necesario = 20 Poco = 15 Muy poco = 15	Mucho = 41 Lo suficiente = 19 Lo necesario = 20 Poco = 15 Muy poco = 5	+6 +1 0 0 -10
GM3: ¿Te gustaba prestar atención a las clases de ciencias del año pasado?	Mucho = 30 Lo suficiente = 18 Lo necesario = 20 Poco = 20 Muy poco = 12	Mucho = 42 Lo suficiente = 29 Lo necesario = 25 Poco = 3 Muy poco = 1	+12 +11 +5 -7 -11
GM4: ¿Qué tanto te esforzabas para las clases y trabajos de ciencias el año pasado?	Mucho = 35 Lo suficiente = 26 Lo necesario = 25 Poco = 9 Muy poco = 5	Mucho = 41 Lo suficiente = 32 Lo necesario = 29 Poco = 3 Muy poco = 1	+6 +6 +4 -6 -4
GM5: ¿Qué tanto tiempo dedicabas a las actividades de las clases de ciencias del año pasado?	Mucho = 5 Lo suficiente = 12 Lo necesario = 56 Poco = 15 Muy poco = 12	Mucho = 18 Lo suficiente = 25 Lo necesario = 46 Poco = 7 Muy poco = 4	+13 +13 +10 -8 -8
GM6: ¿Qué tan “satisfecho” te sientes de tus clases del año pasado?	Mucho = 33 Lo suficiente = 29 Lo necesario = 19 Poco = 10 Muy poco = 9	Mucho = 39 Lo suficiente = 35 Lo necesario = 21 Poco = 4 Muy poco = 1	+6 +6 +3 -6 -8

Grado de motivación	Respuesta inicial % (N = 301)	Respuesta final % (N = 250)	Diferencia %
Potencial motivador			
PM1: Si pudieras calificar la calidad de las clases de ciencias del año pasado al compararlas con las demás asignaturas que viste, ¿cuánto les pondrías?	5 = 9	5 = 42	+33
	4 = 18	4 = 34	+16
	3 = 61	3 = 22	-39
	2 = 10	2 = 1	-9
	1 = 2	1 = 1	-1
PM2: ¿Qué tan divertidas eran las clases de ciencias?	Mucho = 24	Mucho = 39	+15
	Lo suficiente = 26	Lo suficiente = 29	+3
	Lo necesario = 28	Lo necesario = 28	0
	Poco = 12	Poco = 3	-9
	Muy poco = 10	Muy poco = 1	-9
PM3: ¿Qué tan interesantes eran las clases de ciencias?	Mucho = 22	Mucho = 38	+16
	Lo suficiente = 28	Lo suficiente = 45	+17
	Lo necesario = 26	Lo necesario = 14	-12
	Poco = 15	Poco = 2	-13
	Muy poco = 9	Muy poco = 1	-8
Fuentes de motivación			
FM1: ¿Qué tan apropiadas fueron las fuentes que usó tu profesor de ciencias el año pasado en cuanto a libros, páginas web, actividades, tecnologías, laboratorios?	Mucho = 28	Mucho = 43	+15
	Lo suficiente = 22	Lo suficiente = 34	+12
	Lo necesario = 19	Lo necesario = 18	-1
	Poco = 19	Poco = 3	-16
	Muy poco = 12	Muy poco = 2	-10

Los resultados motivacionales, si bien son positivos en su gran mayoría, deben leerse en el contexto dado por las dificultades digitales de comunicación, en que los estudiantes no contaban con la misma conectividad para todas las asignaturas y parte de la población había tenido experiencia de trabajo *online* y colaborativo con el profesor en otros periodos académicos pre-pandemia.

Además, los instrumentos de salida han mostrado que los estudiantes se sienten con mayor agrado a desarrollar las actividades no presenciales que apoyan la asignatura, en comparación con otras en las que no se ha hecho un abordaje previo desde lo digital, con lo que se resalta la importancia de construir en la comunidad escolar hábitos para el desarrollo de habilidades digitales,

en que, al igual que con las habilidades lectoras, cada asignatura pueda contribuir al desarrollo integral de los estudiantes de la era digital.

4. Conclusiones

El trabajo mediado por las actividades de la unidad didáctica desarrollada en este ejercicio práctico de aula demostró contar con la suficiencia metodológica para soportar el desarrollo de clases asincrónicas, no presenciales y por medios virtuales, sin descuidar los procesos de aprendizaje y fortalecimiento de habilidades en los estudiantes en medio de la pandemia de 2020 y 2021. Del análisis presentado, se puede concluir desde el punto de vista de la mitigación de efectos

de una educación remota de emergencia, la aplicación de una estructura metodológica alternativa y la identificación de los aprendizajes desarrollados mediante la incorporación de TIC.

4.1 Mitigación de efectos de una educación remota de emergencia

Una ERE requiere múltiples estrategias para poder asegurar una continuidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de cualquier área; sin embargo, es evidente que, para poder hacer más que un uso, una apropiación de las tecnologías que apoyan esta situación, el profesor debe conocer con suficiencia las posibilidades tecnológicas y comunicativas con las que puede contar.

Mitigar todos los posibles efectos adversos de una ERE requiere un trabajo multiestamental, si bien gran parte de la responsabilidad recae sobre la capacidad del profesorado para generar espacios alternativos de educación, la infraestructura que soporte estas alternativas influye considerablemente, como pudo evidenciarse en los estudiantes que de manera parcial contribuyeron a la experiencia.



4.2 Aplicación de una estructura metodológica alternativa

La estructura metodológica de incorporación de TIC desarrollada en el ejercicio práctico descrito permite evidenciar los alcances y las dificultades del diseño didáctico alternativo, en los que se evidencia principalmente:

- La importancia de la didáctica específica para la construcción de actividades que promuevan aprendizajes y estrategias de enseñanza contextuales.
- La necesidad de concebir el ejercicio de diseño didáctico de manera simultánea a la incorporación de TIC.
- Los roles alternativos que deben tomar estudiantes y profesores al asumir la construcción de ideas, explicaciones, opiniones y argumentos.
- La necesidad de profundizar en el conocimiento didáctico de las tecnologías por los profesores.
- El impacto de las limitaciones tecnológicas y de acceso a la conectividad por los estudiantes.

Las fases de diseño didáctico e incorporación de TIC deben realizarse de manera simultánea, la experiencia presentada demuestra que se puede obtener una mayor coherencia entre actividades y herramientas TIC, a diferencia de otras propuestas de uso de TIC en las que se prima la herramienta a la cual se ajusta posteriormente la estrategia de enseñanza (Alt, 2018; Barreto y Barreto, 2013; Donnelly et al., 2011; Dori et al., 2013; Ješková et al., 2011; Meroni et al., 2015; Tan y Tan, 2017).

La variedad de las actividades y su correspondiente incorporación de TIC requiere un conocimiento suficiente sobre las posibilidades educativas de las herramientas seleccionadas, para lo cual el profesor debe no solo conocer el “cómo de su uso”, sino también ubicarse a sí mismo como evaluador,

lo cual implica capacitaciones y programas de formación continuada que le faciliten este ejercicio. Al cumplir este rol evaluador, el profesor puede incluir con mayor naturalidad las incorporaciones de TIC que sus diseños didácticos requieren y eventualmente proponer el diseño y elaboración de herramientas TIC específicas para sus actividades.

4.3 Identificación de los aprendizajes desarrollados mediante la incorporación de TIC

En consideración a que no se abordó el desarrollo concreto de un contenido particular, sino la suma de los contenidos de un currículo tradicional de una institución de educación secundaria pública, identificar aprendizajes concretos es una tarea que no se puede resumir en un solo documento, sin embargo, en el ejercicio práctico de un profesor de secundaria, debe dar cuenta de los avances en general, por pequeños que estos sean.

Asimismo, la experiencia permitió corroborar que la incorporación adecuada y contextualizada de TIC puede mejorar la disposición y actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje y las estrategias de enseñanza diseñadas (Coca, 2015; Erhel y Jamet, 2013; Hanus y Fox, 2015; Hänze y Berger, 2007; Kebritchi et al., 2010; Osicka et al., 2013; Papastergiou, 2009; Riemer y Schrader, 2015; Sahin y Yilmaz, 2020; Srivastava, 2012).

Las rúbricas de evaluación de los diferentes productos multimodales permiten identificar mejoras en la capacidad de describir y explicar por los estudiantes lo que directamente se correlaciona con una mejora en los aprendizajes (Jorba et al., 2000), y en el futuro desarrollar actividades didácticas con incorporación de TIC que puedan abordar habilidades cognitivo-lingüísticas como la argumentación.

Una apropiada y contextual estrategia de diseño didáctico e incorporación de TIC permite desarrollar habilidades digitales y cognitivo-lingüísticas, y al profesor desarrollar múltiples actividades para evaluar materiales digitales multimodales desarrollados por los estudiantes que den cuenta de aprendizajes en el contexto de una educación remota de emergencia que puede ser continuada en otros escenarios educativos, incluso, la presencialidad, la sincronidad y la educación a distancia.

Financiación

Esta investigación no tiene financiación externa.

Agradecimientos

Se agradece la participación y disposición de los estudiantes de secundaria y media del Colegio Quiroga Alianza.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Referencias

- Abella Peña, L. (2012). Con Ciencias en el Quiroga Alianza, red virtual para el aprendizaje de las ciencias experimentales. En *Redes escolares en el territorio de derechos: Redes escolares Localidad Rafael Uribe Uribe* (pp. 57-66). Instituto para la Investigación Educativa y Desarrollo Pedagógico. <https://core.ac.uk/download/pdf/326427206.pdf>
- Abella Peña, L. (2019). La inclusión de recursos digitales para la enseñanza de la química: Qué se ha hecho y qué falta por hacer. Un

- estado del arte. En M. Quintanilla-Gatica y M. Vauras (comps.), *Inclusión digital y enseñanza de las ciencias aprendizaje de competencias del futuro para promover el desarrollo del pensamiento científico* (pp. 147-167). Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de las Ciencias. http://laboratoriogrecia.cl/?page_id=149&did=188
- Achuthan, K., Kolil, V. K. y Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2499-2515. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9727-1>
- Aguirre-García, J. C. y Jaramillo-Echeverri, L. G. (2008). Consideraciones acerca de la investigación en el aula: Más allá de estar a la moda. *Educación y Educadores*, 11(1), 43-54. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/717>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2007). *Orientaciones curriculares para el campo de ciencia y tecnología: Colegios públicos de excelencia para Bogotá*. <https://repositorios.educacionbogota.edu.co/handle/001/885>
- Arias Gil, V. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: Una mirada a la investigación en la línea desde el punto de vista de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica* [tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/5238>
- Barreto Leite, A. C. y Barreto Leite, M. A. (2013). Implantación de las TIC en la materia química inorgánica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 31(2), 253-268. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.702>
- Blonder, R., Jonatan, M., Bar-Dov, Z., Benny, N., Rap, S. y Sakhmini, S. (2013). Can You Tube it? Providing chemistry teachers with technological tools and enhancing their self-efficacy beliefs. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 269-285. <https://doi.org/10.1039/c3rp00001j>
- Bolaños, J. C. G., Martínez, A. G., Aguilar, C. S. C. y Sánchez, A. (2006). *Computer-based Didactic Unit based on a simulator for the process of simple and fractioned distillation in the context of the education learning of Chemistry-UDQuim* [ponencia]. En World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Canadá.
- Candela, A., Rockwell, E. y Coll, C. (2009). ¿Qué demonios pasa en las aulas? La investigación cualitativa del aula. *CPU-e: Revista de Investigación Educativa*, 8, 1-28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283121717001>
- Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., Donnamarí, C. y Lage, F. (2010). *TIC en la enseñanza de la química: Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ)* [ponencia]. XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Calafate, Santa Cruz, Argentina.
- Chandra, S. y Sharma, B. (2018). Near, far, wherever you are: Chemistry via distance in the South Seas. *American Journal of Distance Education*, 32(2), 80-95. <https://doi.org/10.1080/08923647.2018.1440106>
- Coca, D. M. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), 215-235. <https://doi.org/10.5944/educXX1.14016>
- Colmenares, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: Una metodología integradora del conocimiento y la acción.

- Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115. <https://doi.org/10.18175/vys3.1.2012.07>
- Crandall, P. G., Engler, R. K., Beck, D. E., Killian, S. A., O'Bryan, C. A., Jarvis, N. y Clausen, E. (2015). Development of an augmented reality game to teach abstract concepts in food chemistry. *Journal of Food Science Education*, 14(1), 18-23. <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12048>
- Daza Pérez, E. P., Gras-Martí, A., Gras-Velázquez, À., Guevara, N. G., Togasi, A. G., Joyce, A., Mora-Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E. y Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC. *Educación Química*, 20(3), 320-329. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30032-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30032-6)
- Dori, Y. J., Rodrigues, S. y Schanze, S. (2013). How to promote chemistry learning through the use of ICT. En I. Eilks y A. Hofstein (eds.), *Teaching chemistry: A studybook. A Practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (pp. 213-244). SensePublishers.
- Elboj, S., Esther, O. y Pérez, C. (2003). Learning communities: A model of education in the knowledge society. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17(3), 91-103. <http://www.redalyc.org/pdf/274/27417306.pdf>
- Erduran, S., Simon, S. y Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Erhel, S. y Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers y Education*, 67(1), 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Frías, M. V., Arce, C. y Flores-Morales, P. (2016). Uso de la plataforma socrative.com para alumnos de Química General. *Educación Química*, 27(1), 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.09.003>
- García-Martínez, A., Flores López, M. L., Merino Rubilar, C., Rodríguez Pineda, D. P., Hernández Barbosa, R., Reyes Cárdenas, F. de M., Abella Peña, L. y Guevara Bolaños, J. C. (2014). *La formación del profesorado de ciencias en contextos de diversidad: Una mirada desde la mediación con las TIC y la construcción de diseños didácticos*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- García-Martínez, Á., Hernández Barbosa, R. y Abella Peña, L. (2018). Diseño del trabajo de aula: Un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente. *Revista Científica*, 33(3), 316-331. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/23448350.12623>
- González Llanos, J. y Blanco Acosta, N. (2011). Estrategia didáctica con mediación de las TIC propicia significativamente el aprendizaje de la química orgánica en la educación secundaria. *Escenarios*, 9(2), 7-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4495449>
- Gupta-Bhowon, M., Jhaumeer-Laulloo, S., Wah, H. L. K. y Ramasami, P. (eds.) (2009). *Chemistry education in the ICT age*. Springer.
- Hänze, M. y Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. *Learning and Instruction*, 17(1), 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.11.004>
- Hanus, M. D. y Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A

- longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers and Education*, 80, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.019>
- Henríquez-Ritchie, P. y Organista-Sandoval, J. (2009). Definición y estimación de tipos y niveles de uso tecnológico: Una aproximación a partir de estudiantes de recién ingreso a la universidad. *EduTec: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 30, a124. <https://doi.org/10.21556/edutec.2009.30.483>
- Hernández Espinoza, D. y Astudillo Saavedra, L. (2014). Titulaciones ácido-base con el empleo de *software*. *Educación Química*, 25(1), 42-45. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70522-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70522-1)
- Jiménez-Valverde, G. y Núñez-Cruz, E. (2009). Cooperación *online* en entornos virtuales en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 20(3), 314-319. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30031-4](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30031-4)
- Jones, O. A. H., Spichkova, M. y Spencer, M. J. S. (2018). Chirality-2: Development of a multilevel mobile gaming app to support the teaching of introductory undergraduate-level organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(7), 1216-1220. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00856>
- Jorba, J., Gómez, I. y Prat, À. (eds.) (2000). *Hablar y escribir para aprender: Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Síntesis.
- Krause, M., Pietzner, V., Dori, Y. J. y Eilks, I. (2017). Differences and developments in attitudes and self-efficacy of prospective chemistry teachers concerning the use of ICT in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4405-4417. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00935a>
- Leite, B. S. (2016). Podcasts in the Chemistry Teaching. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 8(6). <https://doi.org/10.17807/orbital.v0i0.898>
- Kebritchi, M., Hirumi, A. y Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers y Education*, 55(2), 427-443. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.007>
- Kriscautzky Laxague, M. y Cabrera Zamora, I. M. (2015). TICómetro® 1: Cuestionario diagnóstico sobre habilidades digitales. <https://recursos.educas.org/publicaciones/TIC-metro-1-cuestionario-diagn-stico-sobre-habilidades-digitales>
- Marotias, A. (2021). La educación remota de emergencia y los peligros de imitar lo presencial. *Hipertextos*, 8(14), 173-177. <https://doi.org/10.24215/23143924e025>
- Martínez Hung, H., García López, A., Quesada González, O. y Almenares Verdecias, I. (2019). Augmented reality on the coordination chemistry and solid structure teaching. *Atenas*, 2(46), 111-125.
- Martín-Fernández, B., Sánchez-Paniagua López, M., Hervás Pérez, J. P. y Rodríguez, E. (2016). Uso de nuevas tecnologías en las enseñanzas universitarias de química analítica. *Profesorado*, 20(2), 140-154. <https://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/article/view/52095>
- Merino Rubilar, C., Contreras Guzmán, D. y Borja Orozco, M. (eds.) (2013). *Orientaciones específicas para la incorporación de tecnología en procesos de formación de profesores de ciencias naturales, lenguaje y comunicación, y matemáticas en contextos de diversidad para el diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. <https://www.senadis.gob.cl/descarga/i/993/documento>

- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mosquera Suárez, C. J., Mora Penagos, W. y García-Martínez, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Naik, G. H. (2017). Role of iOS and android mobile apps in teaching and learning chemistry. *ACS Symposium Series*, 1270, 19-35. <https://doi.org/10.1021/bk-2017-1270.ch002>
- Osicka Marinich, R. M., Fernández, M. L., Valenzuela, A. M., Buchhamer, E. E. y Giménez, M. C. (2013). Química analítica: Aprendizaje a partir de WebQuest. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 131-138. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4250380>
- Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers y Education*, 52(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>
- Pietzner, V. (2014). Computer-based learning in chemistry classes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(4), 297-311. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1084a>
- Ranga, J. S. (2018). Multipurpose use of explain everything iPad app for teaching chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 95(5), 895-898. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00676>
- Rierner, V. y Schrader, C. (2015). Learning with quizzes, simulations, and adventures: Students' attitudes, perceptions and intentions to learn with different types of serious games. *Computers and Education*, 88, 160-168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.05.003>
- Sá Menezes, A. P., Teixeira, A. F. y Kahlil, J. B. (2010). Windows movie maker software in the teaching of chemistry. *Educación Química*, 21(3), 219-223. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30086-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30086-7)
- Sahin, D. y Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers y Education*, 144, 103710. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. J. Perales Palacios y P. Cañal de León (coords.), *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 239-266). Marfil.
- Srivastava, S. (2012). A study of multimedia y its impact on students' attitude. En *2012 IEEE international conference on technology enhanced education (ICTEE)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICTEE.2012.6208606>
- Torres Climent, A. L. (2009). Creación y utilización de vídeo digital y TIC en f ísica y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 440-451. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.09
- Vanderlinde, R. y van Braak, J. (2010). The gap between educational research and practice: Views of teachers, school leaders, intermediaries and researchers. *British Educational Research Journal*, 36(2), 299-316. <https://doi.org/10.1080/01411920902919257>