

12. Aplicación de un Programa DUA para el aprendizaje de Química Orgánica en bachillerato

FERNANDO BECERRIL MORALES*

ALBERTO GUADARRAMA HERRERA**

XIOMARA RODRÍGUEZ MONDRAGÓN***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.311.12>

Resumen

Actualmente, la inclusión educativa requiere no sólo de políticas que la susciten, sino de acciones concretas para su real implementación. Este trabajo muestra los resultados de una investigación cuantitativa cuasi experimental con diseño A-B-A, realizada en una institución pública de bachillerato que tuvo por objetivo estudiar la eficacia de la aplicación del Programa DUA. Participaron 120 estudiantes distribuidos en tres grupos naturales cada uno con 40 estudiantes, dos de los grupos fueron experimentales y el otro grupo de control. Se trató de una intervención educativa implementando el Programa DUA, concebido para facilitar el aprendizaje para todos los estudiantes y consta de secuencias didácticas diseñadas bajo el modelo DUA (Diseño Universal para el Aprendizaje), con la aplicación de TIC insertadas a través del modelo TPACK para la instrucción de temas de nombre sistemático y reacciones de oxidación de Alcoholes, el cual se aplicó con los dos grupos experimentales; mientras que con el grupo de control se dio la instrucción tradicional sin el uso de TIC. Para estudiar las diferencias en el aprendizaje de los tres grupos se aplicó la prueba objetiva Alcoholes, como

* Doctor en Investigación Educativa. Investigador de Tiempo Completo del Plantel Doctor Pablo González Casanova, de la Universidad Autónoma del estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1737-2196>

** Doctor en Educación. Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6782-9989>

*** Doctora en Ciencias de la Educación. Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0517-8196>

pre y post test, la cual fue validada a través de juicio de expertos, dando una α de Aiken de 0.96, y un α de Cronbach de 0.873. Los datos se analizaron con la prueba no paramétrica W de Wilcoxon y U de Mann-Whitney para contrastarlos, al mostrar distribución no normal. Los resultados indicaron una mejora en el aprendizaje de los estudiantes de ambos grupos experimentales al contrastarlos con el grupo control, y evidenciar diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje antes y después de la intervención, lo cual demostró la eficacia del Programa DUA. Se recomienda la aplicación del Programa DUA para la instrucción de otros temas de química para promover la inclusión educativa.

Palabras clave: *DUA, aprendizaje, química orgánica, software químico, retroalimentación, discapacidad, evaluación formativa.*

Introducción

En tiempos recientes, en todo el mundo la mayoría de las instituciones gubernamentales han mostrado interés en promover la inclusión, más que nada para responder a las exigencias de la sociedad y no tanto por convicción propia. Sin embargo, por la razón que sea, el fomento a la inclusión resulta benigno porque se contribuye al desarrollo de las personas que tienen alguna limitación, promoviendo de esta manera la equidad e inclusión. Pero para avanzar hacia una cultura incluyente, es necesaria la implementación de estrategias que conduzcan a la eliminación de las barreras que impidan el libre desempeño de las personas con discapacidad y otras situaciones personales desfavorables (Vargas y Márquez, 2016).

En el ámbito educativo, es imprescindible allanar el acceso a la educación a estudiantes que poseen alguna discapacidad, pero también contribuir a que sus estudios, en cualquier nivel educativo, les exijan un esfuerzo equivalente al de aquellos que no se encuentran en una situación de esta naturaleza; escenario bastante complejo, sobre todo en países como México, porque es incipiente la cultura incluyente, ya que por diversas razones seguimos siendo un país con un alto nivel de discriminación dirigida hacia las personas “diferentes”.

Al respecto, la Encuesta Nacional Sobre Discriminación (ENADIS) 2022 (INEGI, 2023), indica que entre 2021-2022 el 25.6% de hombres y el 31.4% de las mujeres de la población de entre 12-29 años declaró haber sufrido discriminación, mientras que el 37.9% reveló padecer discriminación por su arreglo personal o forma de vestir (ropa, perforaciones, forma de peinarse o tatuajes). Mientras que, el 33.4% de mujeres y el 34.4% de hombres de la población de 12 años o más manifestó ser discriminada, por el hecho de ser discapacitado.

Pero esta situación va más allá, ya que además de afectar emocionalmente, puede impactar negativamente en otros aspectos, como el impedimento de acceder a una fuente de trabajo o a una institución educativa. Al respecto, en la ENADIS 2022 (INEGI, 2023) se muestra que el 29.7% de la población de 18 años o más indicó haber perdido la oportunidad de obtener un empleo o un ascenso por ser discapacitado, mientras que el 22.6% de la población entre 12-35 años declaró que perdió la oportunidad de estudiar o continuar estudiante, por la misma razón.

Estos datos dan indicio del rezago actual en cuanto a la inclusión de personas con discapacidad, atraso que se extiende al ámbito educativo, a pesar de que los objetivos de desarrollo sostenible, esencialmente el 4 objetivo, expuesto en la Declaración de Incheon 2015, que expresan la exigencia de implementación de políticas para que todos los estudiantes en el mundo tengan las mismas oportunidades de desarrollo educativo, independientemente del sexo, religión, estatus social o discapacidad que tengan (ONU, 2016).

También, la Declaración de Incheon enuncia el compromiso de los gobiernos para la implementación de políticas que garanticen condiciones de igualdad para los grupos minoritarios y personas con discapacidad, favoreciendo su desempeño en cualquier nivel educativo, para que a lo largo de la vida tengan oportunidades de aprendizaje y una educación de calidad, equitativa e inclusiva, a través del acondicionamiento de entornos de aprendizaje que favorezcan su desarrollo, y que estén libres de violencia y discriminación (ONU, 2016). Pero es evidente que en el contexto nacional esto no ha sucedido, como muestran los datos del ENADIS 2022 (INEGI, 2023) del alto nivel de discriminación y exclusión que experimentan las personas discapacitadas y otras.

En el ámbito local, la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), institución en donde se desarrolló la investigación, a través del Plan Rector de Desarrollo Institucional (PRDI) 2021-2025, manifiesta su compromiso con la comunidad estudiantil conformada por grupos vulnerables o minoritarios, declarando que se debe garantizar la inclusión del estudiantado que tienen alguna discapacidad u otra situación personal que pueda limitar su libre desempeño en las actividades académicas, a través de la preparación académica y administrativa del personal, así como del fortalecimiento de las modalidades de educación mixta y a distancia, y el uso eficaz de los sistemas informáticos institucionales (UAEMéx, 2021).

Para hacer frente a este desafío, es necesaria la implementación de metodologías de aprendizaje que influyan en la eliminación de las barreras que limiten el trabajo académico de los estudiantes con discapacidad u otra limitación física, emocional o mental (Hernández, Reveles y Ceballos, 2024). Al respecto, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) es una alternativa que puede contribuir a la solución, ya que por su naturaleza está orientado hacia la eliminación de obstáculos que puedan impedir su libre desempeño, equilibrando así la exigencia académica (CAST, 2024).

Porque el DUA está concebido para facilitar el aprendizaje a todos los estudiantes, considerando las desventajas que muchos tienen por sus condiciones particulares, mismas que representan barreras para el aprendizaje y límites a su libre desempeño (Ainscow, 2020; CAST, 2024). Con un programa académico concebido bajo el DUA no será necesario realizar ajustes para adaptarse a las necesidades de todos, porque eso ya está considerado, evitando el esfuerzo extra por parte de los estudiantes con discapacidad u otras situaciones personales (Ainscow, 2020; Guanotuñas, *et al.*, 2024).

El DUA tiene tres pautas o principios esenciales, que contribuyen a garantizar la eliminación de barreras para el aprendizaje, haciendo que éste sea más flexible, personalizado y pueda abarcar las necesidades de todos los estudiantes (CAST, 2024).

1. *Principio I.* Proporcionar múltiples medios de representación (el qué del aprendizaje). Dado que todos los estudiantes perciben y comprenden de distintas maneras, se requieren también diversas opciones de representación de los contenidos que se desean aprender, opciones

que consideren distintas formas de percibir, distintos símbolos y lenguaje y que faciliten la comprensión de todos, como la presentación de un mismo tema con diferentes formatos: textos de distinto tamaño, vocabulario o sintaxis, con imágenes y en diferentes idiomas, video, audio, con subtítulos, etc.

2. *Principio II.* Proporcionar múltiples medios de expresión y representación (el cómo del aprendizaje). Se deben tener distintos medios o formas de expresión y acción, para que los estudiantes representen y expresen lo que están aprendiendo, dadas las particularidades de cada uno de ellos, pueden ser orales, escritas, visuales, etc., y el estudiante tener la oportunidad de elegir la que prefiera.
3. *Principio III.* Proporcionar múltiples medios de compromiso o implicación (el porqué del aprendizaje). Corresponde al elemento actitudinal del proceso de enseñanza y el de aprendizaje, porque existen diversos factores como el interés personal, el conocimiento previo, la subjetividad, factores neurológicos y culturales, etc., así que se deben considerar estos factores para que todos los estudiantes adquieran la motivación y el interés para implicarse en el aprendizaje.

Los criterios de DUA también consideran que la habilitación de ambientes físicos para el aprendizaje es importante. Éstos deben estar adaptados para facilitar el acceso, libre tránsito y la eliminación de distracciones para todo el estudiantado y docentes. Deben contar con: amplitud adecuada, rampas de acceso, buena iluminación, vidrios opacos, sin ruidos externos, pizarrones y bancas funcionales, etc. Asimismo, tener la infraestructura y recursos didácticos adecuados, como conexión a internet, tomas de corriente eléctrica y dispositivos como pantallas planas, etc., generándose de esta manera ambientes físicamente inclusivos (Angulo, 2024).

En el mismo tenor, dar un seguimiento particular al desempeño y considerar las opiniones del estudiantado, puede ser una herramienta de gran utilidad para alcanzar los objetivos de aprendizaje a través de un programa DUA, como indicó una intervención DUA en educación básica en Estados Unidos de Zhang y cols. (2021), quienes utilizaron un autoinforme de los estudiantes para darles voz y determinar sus necesidades particulares, lo cual

orientó a una participación activa y originó información útil para el diseño de programas más atractivos.

También, un estudio transversal realizado en Japón, Shimojo, Teruya y Soland (2020), indicaron que brindar la oportunidad a los estudiantes, con necesidades especiales, expresar sus ideas y exigencias durante una intervención DUA con el uso de TIC, contribuyó a la aceptación del programa y un aumento de su motivación, así como a una mejora en el aprendizaje del idioma inglés. De igual manera, durante la implementación de un programa DUA, la evaluación formativa puede ser un medio para dar voz a los estudiantes, permitiéndoles participar en su proceso de aprendizaje y así verificar el avance en la concreción de sus objetivos de aprendizaje (Behjat y Paul, 2021).

Así, la evaluación formativa, que prioriza la retroalimentación, no sólo de los docentes sino también de los compañeros de clase, puede ayudar a dar un seguimiento personalizado, incentivar la participación activa, permitiendo a los estudiantes elegir formas de evaluación y retroalimentación (Merry, 2019; Klinke, 2021) y fomentando gradualmente su autonomía (Behjat, *et al.*, 2021; Rao, 2021). Pero además, la evaluación formativa de docentes y personal escolar puede contribuir a mejorar la implementación de programas DUA (Basham, Gardner y Smith, 2020).

Aunque el modelo DUA ha mostrado en general buena aceptación tanto por los docentes que lo implementan como por los estudiantes que lo reciben (Han y Lei, 2024), su aplicación como un modelo para promover la inclusión y equidad educativa, requiere de docentes capacitados pedagógicamente y también en los fundamentos esenciales de DUA (Rusconi y Squillaci, 2023), así como en el uso y la aplicación eficaz de herramientas tecnológicas (Rao, Torres y Smith, 2021; Smith, King, Williams, Metcalf y Potts, 2017), porque de lo contrario, los docentes no aptos pueden conducir a resultados no deseados en intervenciones DUA (Han, *et al.*, 2024).

Actualmente, DUA se ha convertido en una forma de visualizar la educación que promueve la inclusión educativa, facilitando el acceso a la educación porque su enfoque permite el ajuste a las necesidades particulares de cada estudiante. Al respecto, Smith (2024) describe al DUA como una metodología que permite a todos los estudiantes, siguiendo su camino predilecto, alcanzar las metas de aprendizaje. A través de una forma de instrucción ajustada

a los requerimientos del mundo actual, mediante un aprendizaje diferenciado y personalizado.

El modelo DUA concede gran importancia al uso inclusivo de la tecnología y para que sea insertada eficazmente en el proceso educativo, se requiere el conocimiento y vasta experiencia en el área de los docentes a cargo, resultando esencial la aplicación de modelos que potencialicen el uso de la tecnología. Al respecto, TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) es un modelo conveniente que permite la inserción eficaz de la tecnología en el proceso educativo. Se puede concebir como un modelo que integra tres elementos fundamentales: tecnología, pedagogía y contenido (Koehler y Mishra, 2009; Koehler, Mishra y Cain, 2015; Mishra y Koehler, 2006). A través de TPACK se puede mejorar el uso educativo de la tecnología, seleccionando las herramientas tecnológicas más adecuadas para la representación de un contenido específico, del cual se debe tener un conocimiento profundo, aunado a la elección de la metodología de instrucción más apropiada para tal contenido, potencializando de esta manera su aprendizaje.

A continuación se describen los elementos de TPACK esenciales que debe tener el docente para una inserción eficaz de la tecnología (Koehler, *et al.*, 2009; Koehler, *et al.*, 2015; Mishra, *et al.*, 2006):

PK. Se refiere al conocimiento pedagógico. Contar con preparación en la aplicación de diversas estrategias y metodologías de enseñanza.

TK. Es el conocimiento tecnológico. Tener amplios conocimientos y experiencia en el uso educativo de la tecnología.

CK. Conocimiento del contenido. Contar con un amplio y profundo conocimiento de los temas a enseñar y sus peculiaridades.

TPK. Conocimiento tecnológico pedagógico. Debe identificar en conjunto qué herramientas tecnológicas y a través de cuáles métodos de instrucción se potencializa la enseñanza de un contenido específico.

PCK. Conocimiento pedagógico del contenido. Identificar y aplicar las estrategias de enseñanza más eficaces para cada contenido particular.

TCK. Conocimiento tecnológico del contenido. Elegir las tecnologías más idóneas para facilitar la representación y comprensión de cada contenido específico.

Más recientemente ha incluido un cuarto elemento que puede ser crucial en la inserción educativa de la tecnología: el conocimiento contextual (contextual knowledge, XK para no confundir con CK), siendo oportuno considerar la situación particular en la que se aplicará la tecnología (Mischra, 2016; Rosenberg y Koehler, 2015).

Experiencias educativas surgidas por la pandemia COVID-19 evidenciaron la utilidad de las herramientas tecnológicas en situaciones emergentes, pero esas herramientas, estrategias y metodologías generadas, llegaron para quedarse, y en conjunto con DUA pueden promover una educación inclusiva y adaptativa (Mnisi, 2023; Saenen, Hermans, Do Nascimento, Struyven y Emmers, 2024). En consecuencia, la implementación educativa de la tecnología requiere modelos como TPACK, para ser más eficaz y también es primordial la preparación en los fundamentos TPACK por parte de los docentes (Hadas, Herscovitz y Dori, 2023) y considerar el contexto cultural de los estudiantes (Ali y Hawk, 2024).

Recientemente, ha ganado importancia el conocimiento y aplicación del modelo TPACK para la inserción de la tecnología en la educación e investigación, particularmente de la Inteligencia Artificial Generativa (Generative Intelligence Artificial, por sus siglas en inglés GIA) (Feldman-Maggor, Blonder y Alexandron, 2024).

En resumen, DUA cotidianamente se aplica en conjunto con herramientas tecnológicas, buscando promover la igualdad y la inclusión educativa con diversos enfoques, por ejemplo, en Nigeria Akhigbe y Adeyemi (2020) realizaron una investigación cuasi experimental, buscando favorecer la equidad de género, en la que diseñaron una estrategia de aprendizaje colaborativo con perspectiva de género (GR-CLS) basado en DUA, mostrando que la estrategia favorecía la actitud y el desempeño independientemente del sexo en el aprendizaje de ciencias. Mientras que en Colombia, Herrera, Ferrel, Flórez y Gómez (2022) describen una investigación cualitativa para facilitar el acceso al proceso etnoeducativo, en ésta se diseñó una cartilla didáctica bajo el modelo DUA en idioma Wayuunaiki, que condujo a un mejor aprendizaje de biología de estudiantes de la comunidad Wayuunaiki.

Por otro lado, en Chile, Badilla, Sepulveda y Salazar (2020), buscaron facilitar el acceso al bachillerato a estudiantes con o sin discapacidad con el uso de Realidad Aumentada, usando la aplicación AR VR Molecules Editor

con un enfoque inclusivo similar a DUA, hallando que las tecnologías inmersivas posibilitan el aprendizaje de química, independientemente de si los estudiantes tienen una discapacidad o no. Mientras, en México, Ramos, *et al.* (2023), describen una investigación a través de estudio de casos, para mejorar el compromiso y participación en actividades cotidianas de personas con discapacidad visual y trastorno del espectro autista, desarrollando dos aplicaciones que combinaban realidad virtual, interfases de usuario tangibles y DUA, usando actividades basadas en la gamificación, encontrando una mejora en la accesibilidad, compromiso y un aumento en la motivación.

Recientemente también en México, Torres y Pineda (2024) desarrollaron una investigación cuantitativa para promover la inclusión de estudiantes con depresión severa y discapacidad intelectual y visual en el aprendizaje de inglés, determinando que el uso de la tecnología y estrategias inclusivas con DUA contribuyeron al cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, promoviendo una educación más equitativa.

Como se puede apreciar en las investigaciones precedentes descritas, generalmente los programas educativos basados en los principios de DUA sí contribuyen a una educación inclusiva, pero en México la investigación de intervenciones DUA en bachillerato es limitada, por lo que es necesario indagar con mayor profundidad esta área tan importante de la educación inclusiva, de ahí que el objetivo de esta investigación fue: Investigar la eficacia de un Programa DUA para la enseñanza y el aprendizaje de química orgánica en bachillerato.

Desarrollo

Método

Se trató de una investigación cuasi experimental transversal, a través de una intervención educativa con un diseño A-B-A. Aplicando un *Programa DUA* con dos grupos experimentales y uno de control, realizada en una escuela preparatoria del sur del estado de México, para la enseñanza de temas de alcoholes.

Participantes

Participaron 120 estudiantes del bachillerato de turno matutino, con edades entre 15 y 17 años, de ambos sexos (80 mujeres y 40 hombres) distribuidos en tres grupos naturales, cada uno con 40 estudiantes, dos de los cuales fueron experimentales y uno de control, elegidos al azar.

Instrumentos

Prueba alcoholes. Esta prueba objetiva es un cuestionario que consta de 21 reactivos de opción múltiple con preguntas relacionadas con temas de alcoholes del Módulo IV de la asignatura Química II, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 12.1. *Prueba alcoholes*

<i>Instrumento</i>	<i>Subtema</i>	<i>Cantidad de preguntas</i>
1. Prueba alcoholes (cuestionario)	2.1 Propiedades físicas y químicas	21
	2.2 Nomenclatura	
	2.3 Reacciones de oxidación	

Nota: Instrumento aplicado tanto como pre-test como post-test, antes y después de implementación del programa DUA en los dos grupos experimentales y en el grupo de control. Incluye reactivos que evalúan el tema 2. Alcoholes*

* módulo IV. Otros compuestos orgánicos, perteneciente al CBU 2015 de bachillerato de la UAEMÉX (UAEMÉX, 2019).

Fuente: Elaboración propia.

La prueba alcoholes previamente fue validada por juicio de expertos, en el que participaron cinco jueces expertos en química, arrojando un α de Aiken de 0.96. También se determinó su fiabilidad usando el *software* IBM SPSS Statistics v. 26, dando una alfa de Cronbach de $\alpha = 0.873$. Este instrumento fue aplicado como pre-test y post-test, antes y después de implementación del programa DUA en los dos grupos experimentales y en el grupo de control.

Pruebas objetivas por tema. Fueron cinco pruebas objetivas diseñadas para evaluar los mismos contenidos que la prueba alcoholes, tenían un grado de dificultad similar, aunque con una menor cantidad de reactivos.

Se aplicaron en la Fase B de la intervención con los dos grupos experimentales y con el grupo control también.

Procedimiento

Consentimiento informado

Antes de la intervención se solicitó permiso a través de un oficio a las autoridades de la escuela preparatoria en donde se iba a realizar la intervención educativa y también se les describió verbalmente en qué consistía el programa DUA para la enseñanza de química orgánica y con qué estudiantes se deseaba implementar. Una vez otorgado el permiso por la autoridad competente, se solicitó la autorización a los padres de familia de los estudiantes, a través de un *consentimiento informado*, para que permitieran su participación, ya que todos eran menores de edad. Sólo participaron en la intervención aquellos estudiantes que entregaron el *consentimiento informado* debidamente firmado por sus padres.

Fase A. Pre test. Se aplicó en línea la *Prueba Alcoholes* en salas de cómputo del plantel, antes de la intervención en los tres grupos bajo estudio, los dos experimentales y el grupo control, utilizando la plataforma *Google Forms*.

Fase B. Intervención Educativa con el Programa DUA. Se implementó el Programa DUA en los dos grupos experimentales, durante aproximadamente un mes, el cual consistió en la aplicación de secuencias didácticas que incluían actividades diseñadas bajo el modelo DUA para la instrucción de los temas de alcoholes. Cada actividad realizada se generó siguiendo las pautas de DUA para promover la educación inclusiva y facilitar el aprendizaje para todos los estudiantes, proporcionando múltiples formas o medios de: (1) Implicación y compromiso; (2) Representación y (3) Acción y expresión.

La aplicación de las secuencias didácticas del Programa DUA con los grupos experimentales siempre incluían el uso de TIC, elegidas con esmero para ser las más adecuadas para cada tema particular, mientras que con el grupo

control se dio una instrucción tradicional sin el uso de TIC. La instrucción para los dos grupos experimentales y el grupo control se dio por el mismo docente

A continuación, en la tabla 2, se muestra una de las secuencias didácticas del programa DUA aplicadas con los dos grupos experimentales:

Tabla 12.2. *Secuencia DUA diseñada con el tema 2. Alcoholes.*

	<i>Proporciona múltiples medios de compromiso</i>	<i>Proporciona múltiples medios de representación</i>	<i>Proporciona múltiples medios de acción y expresión</i>
	<i>Reclutamiento de interés</i>	<i>Percepción</i>	<i>Acción física</i>
	<i>Actividades</i>	<i>Actividades</i>	<i>Actividades</i>
Acceso	Alcoholes, limpieza y desinfección.	Tipos de alcoholes (multiformato: digital-Power Point, pdf, Word, Genially, Powtoon, videos con transcripciones; impresa-infografía, apuntes, libro de texto, etc.)	Ejercicios parte 1 de clasificación de alcoholes, usando actividades interactivas, plataformas y en formato impreso.
	Experimental: Quitamanchas y mezclas.	Representar lo aprendido (organizadores de información multiformato).	Ejercicios parte 2 de clasificación de tipos de alcoholes usando celular, Laptop, u otro dispositivo.
	Foro de discusión	Foro de discusión	Foro de discusión
	<i>Mantener el esfuerzo y persistencia</i>	<i>Lenguaje y símbolos</i>	<i>Expresión y comunicación</i>
	<i>Actividades</i>	<i>Actividades</i>	<i>Actividades</i>
Construir	Revisión de avances por pares.	Revisando entre todos.	Elaboración de cartel con tipos de alcoholes mediante múltiples medios (infografías, reporte escrito, historietas, video corto, modelos tridimensionales, etc.)
	¿De qué otra manera?	Elaboración de guía. Lenguaje químico de símbolos-significado (multiformato-inglés)	Exposición de cartel (según sus características).
	Retroalimentación		
	<i>Autorregulación</i>	<i>Comprensión</i>	<i>Funciones ejecutivas</i>
	<i>Actividades</i>	<i>Actividades</i>	<i>Actividades</i>
Interiorizar	Reflexión individual, ¿Cuánto he avanzado?	¿Qué sabía? ¿Qué he aprendido? ¿Cómo lo he aprendido?	Aprendiendo conmigo mismo (reflexión y autoevaluación).
	Yo te ayudo, tú me ayudas	¿Cómo lo puedo aplicar?	Enseñando para aprender.
	Tratemos una vez más.	Reflexión individual, ¿cuánto he avanzado?	Aprendiendo entre todos.

Nota: Todas las actividades serán diseñadas para realizarse en equipos cooperativos, sin embargo cuando los alumnos lo deseen pueden trabajar individualmente.
Fuente: Elaboración propia.

En seguida se describen algunos de los elementos principales del Programa DUA y cómo se utilizaron durante la intervención:

- *Trabajo cooperativo.* Durante la aplicación del Programa DUA los estudiantes siempre trabajaron cooperativamente en equipos de 5-7. Aunque algunos prefirieron hacerlo de manera individual.
- *Elemento actitudinal.* Los estudiantes siempre tuvieron la opción de elegir el medio y formato que consideraron más apropiado tanto para adquirir información como para procesarla y para mostrar el avance de su aprendizaje. El docente en todo momento estuvo disponible para conocer las necesidades de los estudiantes y atento para acercarse a estudiantes que mostraban desinterés, bajo desempeño académico o cualquier situación particular que pudiera ser un obstáculo en su aprendizaje, comunicándose con ellos de manera personal para evitarles incomodidad de que los demás se enteraran de su situación, siempre respetando su espacio y persona.
- *Plataforma para gestión del aprendizaje.* Como plataforma principal se usó *Microsoft Teams*, en la que se alojaron todos los materiales didácticos diseñados previamente, tales como: apuntes en formato *Word* o *PDF*; presentaciones en *Power Point*, *Powtoon*, *Genially*; videos en *YouTube*.

En esta plataforma también se asignaban las actividades de investigación, series de ejercicios y organizadores de información. También se aplicaron cuestionarios y exámenes mediante *Microsoft Forms*.

- *Dispositivos electrónicos.* Se utilizaron distintos dispositivos electrónicos como *Laptop*, celular, computadora, tablet y proyectores.
- *Software.* Además de la plataforma *Microsoft Teams*, se usó *software* de aplicación general: *Microsoft Word*, *Power Point* y *Excel*; *Powtoon*, *Genially* y *YouTube* y específico para química: *Chemsketch*, *Marvinsketch*, *ChemDraw* y *KingDraw Chemical*.
- *Retroalimentación y asesoría.* Un elemento esencial durante toda la implementación fue la retroalimentación, ya sea efectuada por los mismos miembros de su equipo o por el docente; para ello se utilizaron distintos medios para que todos pudieran recibir o dar retroalimentación como: Exámenes en línea (los cuales proporcionan retroalimentación instantánea), revisión en plenaria de trabajos de investiga-

ción, cuestionarios, series de ejercicios, etc. También se proporcionó asesoría presencial y en línea a través de WhatsApp y Microsoft Teams.

- *Medios de comunicación.* Para facilitar la comunicación entre estudiantes y docente se utilizó principalmente el chat de *Microsoft Teams*, así como WhatsApp, a través de los cuales se pudo resolver dudas personales, académicas y administrativas con los grupos experimentales.

Fase A. Post test. Una vez terminada la intervención con los dos grupos experimentales con el *Programa DUA* y finalizada la instrucción de los mismos temas de alcoholes con el grupo control, se aplicó como post test la *Prueba Alcoholes*, también en salas de cómputo del plantel usando la plataforma *Google Forms*.

Análisis estadístico

Los resultados del pre y post test de la *prueba alcoholes* de los dos grupos experimentales y del grupo control se analizaron usando la prueba Kolgomorov-Smirnov usando SPSS v 26, determinando que tenían una distribución no normal. De esta manera, el contraste de las calificaciones medias pareadas del pre y post test se realizó aplicando la prueba de *Rangos con Signo de Wilcoxon*. Mientras que el contraste de los calificaciones medias del post test entre los grupos experimentales y el grupo control para muestras pareadas independientes se realizó aplicando la prueba no paramétrica *U de Mann-Whitney*.

Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos del contraste de las medias del pre y post test de la *prueba alcoholes* de los tres grupos estudiados en la investigación. Los resultados son expuestos de la siguiente manera:

1. Grupo Experimental 1 (GE1)

En la tabla 3 se presenta la comparación de las medias que se efectuó para cada uno de los 27 reactivos antes del programa DUA (pre-tratamiento) y después de la intervención (post-tratamiento).

Tabla 12.3. *Contraste de medias pre y post intervención educativa de la prueba alcoholes del Grupo Experimental 1 (GE1)*

Factor del Instrumento	Reactivo	Pre Tx $\bar{x}$	Post Tx $\bar{x}$	Z	p
1	1	1.6	2.0	-4.123 ^b	0.000
2	2	1.2	2.0	-5.745 ^b	0.000
3	3	1.2	2.0	-5.657 ^b	0.000
4	4	1.4	2.0	-4.600 ^b	0.000
5	5	1.1	2.0	-6.000 ^b	0.000
6	6	1.2	2.0	-5.568 ^b	0.000
7	7	1.1	2.0	-5.578 ^b	0.000
8	8	1.3	2.0	-5.196 ^b	0.000
9	9	1.2	1.3	-1.069 ^b	0.285
10	10	1.3	2.0	-4.811 ^b	0.000
11	11	1.2	2.0	-5.568 ^b	0.000
12	12	1.2	1.7	-3.674 ^b	0.000
13	13	1.2	2.0	-5.745 ^b	0.000
14	14	1.2	1.4	-1.698 ^b	0.090
15	15	1.3	2.0	-5.099 ^b	0.000
16	16	1.3	2.0	-5.385 ^b	0.000
17	17	1.2	2.0	-5.477 ^b	0.000
18	18	1.2	1.9	-4.914 ^b	0.000
19	19	1.3	2.0	-5.196 ^b	0.000
20	20	1.3	1.9	-4.707 ^b	0.000
21	21	1.3	1.9	-4.811 ^b	0.000

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

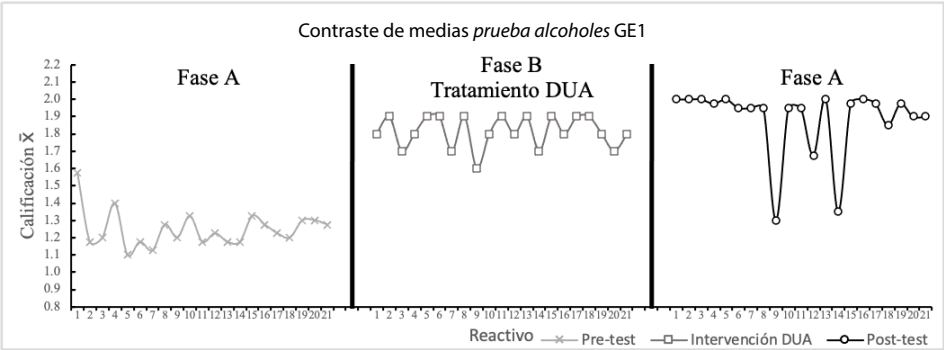
Tx = tratamiento; ^b = Se basa en rangos negativos

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en los resultados que en 19 de 21 reactivos (90.5%) existieron diferencias estadísticamente significativas, $p < 0.05$, entre las calificaciones medias del pre y post test de la prueba alcoholes, indicando una mejora relacionada con la aplicación del Programa DUA con el GE1, lo cual se muestra en las calificaciones medias obtenidas por el estudiantado después de la intervención, únicamente en los reactivos 9 y 14 no la hubo.

A continuación, en la figura 2, se exponen gráficamente los resultados de la prueba alcoholes, antes de la intervención (fase A), durante la intervención DUA (fase B) y después de la intervención (fase A) del GE1.

Gráfica 12.1. Respuestas en prueba alcoholes del grupo experimental 1 (GE1), antes y después de la intervención



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1, se visualiza claramente cómo existe una diferencia en las calificaciones medias antes y después de la intervención educativa. También existe esa mejora en las calificaciones medias durante la intervención DUA, haciendo notar que estas calificaciones de la fase B, mostradas en la figura 1, se obtuvieron de la aplicación de cinco pruebas objetivas distintas a la aplicada como pre y post test, prueba alcoholes. Únicamente en los reactivos 9 y 14 no se observan diferencias en el aprendizaje antes y después de la intervención, mostrando que no se alcanzó el aprendizaje deseado en los temas que evalúan.

2. Grupo experimental 2 (GE2)

En la tabla 4 se presenta la comparación de las medias que se efectuó para cada uno de los 21 reactivos antes del programa DUA (pre-tratamiento) y después de la intervención (post-tratamiento) para el grupo experimental 2 (GE2).

Tabla 12.4. *Contraste de medias pre y post intervención educativa de la prueba alcoholes del grupo experimental 2 (GE2)*

<i>Factor del Instrumento</i>	<i>Reactivo</i>	<i>Pre Tx</i> $\bar{x}$	<i>Post Tx</i> $\bar{x}$	<i>Z</i>	<i>p</i>
1	1	1.6	2.0	-3.638 ^b	0.000
2	2	1.3	2.0	-5.099 ^b	0.000
3	3	1.3	1.5	-1.317 ^c	0.001
4	4	1.5	2.0	-3.900 ^b	0.000
5	5	1.2	1.9	-5.292 ^b	0.000
6	6	1.3	1.9	-4.536 ^b	0.000
7	7	1.2	1.9	-4.352 ^b	0.000
8	8	1.2	1.9	-5.303 ^b	0.000
9	9	1.2	1.6	-4.243 ^b	0.000
10	10	1.4	1.9	-4.264 ^b	0.000
11	11	1.2	1.9	-4.849 ^b	0.000
12	12	1.3	1.5	-1.606 ^b	0.108
13	13	1.3	2.0	-5.196 ^b	0.000
14	14	1.3	1.6	-3.441 ^b	0.001
15	15	1.4	2.0	-4.899 ^b	0.000
16	16	1.3	2.0	-5.000 ^b	0.000
17	17	1.2	2.0	-5.568 ^b	0.000
18	18	1.4	2.0	-4.491 ^b	0.000
19	19	1.3	1.9	-4.707 ^b	0.000
20	20	1.2	1.9	-5.292 ^b	0.000
21	21	1.2	1.9	-4.642 ^b	0.000

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Tx = tratamiento; ^b = se basa en rangos negativos; ^c = se basa en rangos positivos

Fuente: Elaboración propia.

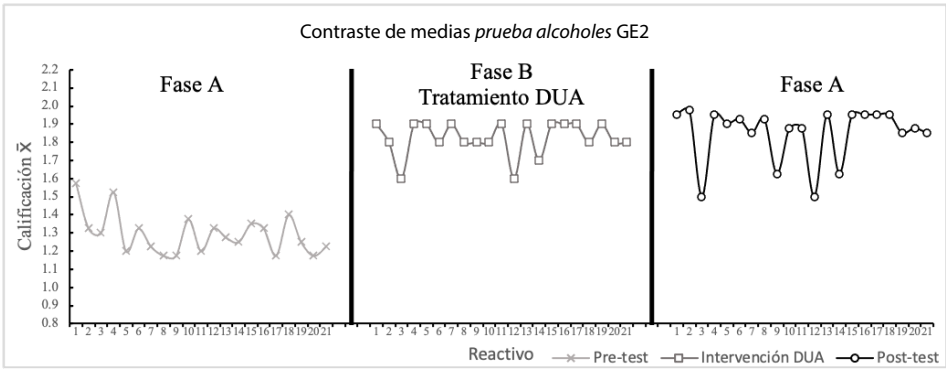
Estos resultados muestran que con excepción del reactivo 12, hubo diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones medias obtenidas antes y después de la intervención en los otros veinte reactivos (95.2%), ya que $p < 0.05$ en todos estos casos.

A continuación, en la gráfica 2, se representan gráficamente los resultados de la prueba alcoholes, antes de la intervención (fase A), durante la intervención (fase B) y después de la intervención (fase A) del GE2.

En la gráfica 2, se aprecia rotundamente como existe una diferencia en las calificaciones medias antes y después de la intervención educativa del GE2. También se observa que existe una mejora en las calificaciones medias durante la intervención DUA (fase B). Además del reactivo 12, en los reactivos 3, 9 y 14, también se observan calificaciones medias ligeramente bajas

en el post test (segunda fase A), pero significativamente superiores a las obtenidas en el pre test (primera fase A).

Gráfica 12.2. Respuestas en la prueba alcoholes del grupo experimental 2 (GE2), antes y después de la intervención



Fuente: Elaboración propia.

3. Grupo Control (GC)

En la tabla 5 se presenta la comparación de las medias que se efectuó para cada uno de los 21 reactivos antes del programa DUA (pre-tratamiento) y después de la intervención (post-tratamiento) para el grupo control (GC).

Se observa en la tabla 5 que sólo existieron diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones medias antes y después de la intervención en 8 de los 21 reactivos (40.0%), mientras que en el resto no las hubo, $p>0.05$. De esta manera se puede distinguir que no se logró alcanzar el aprendizaje deseado en el 60% de los temas evaluados, después de la instrucción tradicional sin el Programa DUA.

A continuación, en la gráfica 3, se representan gráficamente los resultados de la prueba alcoholes, antes de la intervención (fase A), durante la intervención (fase B) y después de la intervención (fase A) del GC.

En la gráfica 3 se visualiza claramente que no hay una gran diferencia en las calificaciones medias obtenidas en la prueba alcoholes, antes y después de la intervención (pre y post test). Lo mismo se puede notar que sucede durante la intervención DUA (fase B). Sólo se observa una ligera mejora

Tabla 12.5. *Contraste de medias pre y post intervención educativa de la prueba alcoholes del Grupo Control (GC)*

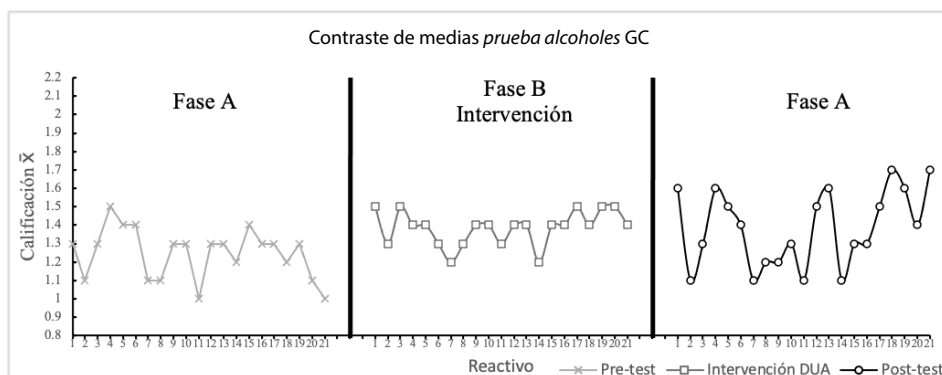
Factor del Instrumento	Reactivo	Pre Tx $\bar{x}$	Post Tx $\bar{x}$	Z	p
1	1	1.3	1.6	-2.668 ^b	0.008
2	2	1.1	1.1	-1.414 ^c	0.157
3	3	1.3	1.3	-0.471 ^c	0.637
4	4	1.5	1.6	-1.347 ^b	0.178
5	5	1.4	1.5	-1.387 ^b	0.166
6	6	1.4	1.4	-0.302 ^b	0.763
7	7	1.1	1.1	-1.134 ^b	0.257
8	8	1.1	1.2	-1.414 ^b	0.157
9	9	1.3	1.2	-0.277 ^c	0.782
10	10	1.3	1.3	-0.243 ^b	0.808
11	11	1.0	1.1	-2.236 ^b	0.025
12	12	1.3	1.5	-2.000 ^b	0.046
13	13	1.3	1.6	-3.000 ^b	0.003
14	14	1.2	1.1	-0.905 ^c	0.366
15	15	1.4	1.3	-0.728 ^c	0.467
16	16	1.3	1.3	-0.218 ^b	0.827
17	17	1.3	1.5	-1.400 ^b	0.162
18	18	1.2	1.7	-3.528 ^b	0.000
19	19	1.3	1.6	-2.294 ^b	0.022
20	20	1.1	1.4	-3.464 ^b	0.001
21	21	1.0	1.7	-5.196 ^b	0.000

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Tx = tratamiento; ^b = se basa en rangos negativos; ^c = se basa en rangos positivos

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 12.3. *Respuestas en la prueba alcoholes del grupo control (GC), antes y después de la intervención*



Fuente: Elaboración propia.

en las calificaciones medias después de la intervención en algunos reactivos, tal como el reactivo 18 y el 21. Estos resultados muestran que en la mayoría de los temas no se logró alcanzar el aprendizaje por parte del alumnado.

Contraste de resultados a través de la prueba no paramétricas U Mann Whitney

En esta sección se describen los resultados obtenidos del contraste de las calificaciones medias del post test de los dos grupos experimentales (GE1 y GE2) *vs.* el grupo control (GC), así como entre ambos grupos experimentales, utilizando la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, de la siguiente manera:

1. Contraste entre el GE1 *vs.* GC

En las tablas 6 y 7 se visualizan los resultados del contraste de medias del post test de la prueba U de Mann-Whitney del GE1 *vs.* GC. Como se observa existieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en la calificación media del post test ($z . -5.072, p < 0.05$) entre el GE1 ($Md = 1$) y el GC ($Md = 2$), de los 21 reactivos de la *prueba alcoholes*.

El contraste entre los resultados del GE1 *vs.* el GC se pueden visualizar gráficamente en la gráfica 4, en la cual se aprecia claramente la diferencia entre las calificaciones medias del post test de ambos grupos, siendo casi siempre mayores las del GE1. Únicamente en los reactivos 9, 12 y 14 son similares.

Tabla 12.6. Rangos de la prueba U de Mann-Whitney del contraste de medias del post test de la prueba alcoholes del GE1 *vs.* GC después de la intervención

	Rangos			
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Calificación media post test	GE1	21	30.86	648.00
	GC	21	12.14	255.00
	Total	42		

Fuente: Elaboración propia.

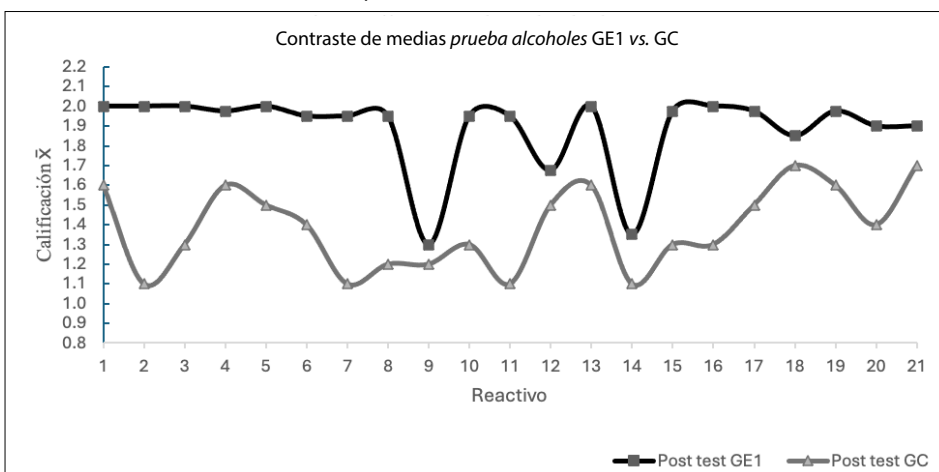
Tabla 12.7. Estadísticos de la prueba U de Mann-Whitney del contraste de medias del post test de la prueba alcoholes del GE1 vs. GC después de la intervención

Estadísticos de prueba ^a	
	Calif. Máxima
U de Mann-Whitney	24.000
W de Wilcoxon	255.000
Z	-5.072
Sig. asintótica (bilateral)	.000

^a Variable de agrupación: GRUPOS GE1 vs GC.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 12.4. Calificaciones medias de la prueba alcoholes después de la intervención, post test, del GE1 vs. GC



Fuente: Elaboración propia.

2. Contraste entre el GE1 vs. GC

En las tablas 8 y 9 se visualizan los resultados del contraste de medias del post test de la prueba U de Mann-Whitney del GE2 vs. GC. Como se observa existieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en la calificación media del post test ($z = -5.026$, $p < 0.05$) entre el GE2 ($Md = 1$) y el GC ($Md = 2$), de los 21 reactivos de la prueba alcoholes.

El contraste entre los resultados del GE2 vs. el GC se representan en la gráfica 5, en la cual se aprecia claramente la diferencia entre las califacio-

Tabla 12.8. Rangos de la prueba U de Mann-Whitney del contraste de medias del post test de la prueba alcoholes del GE1 vs. GC después de la intervención

	Rangos			
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Calificación media post test	GE2	21	30.90	649.00
	GC	21	12.10	254.00
	Total	42		

Fuente: Elaboración propia.

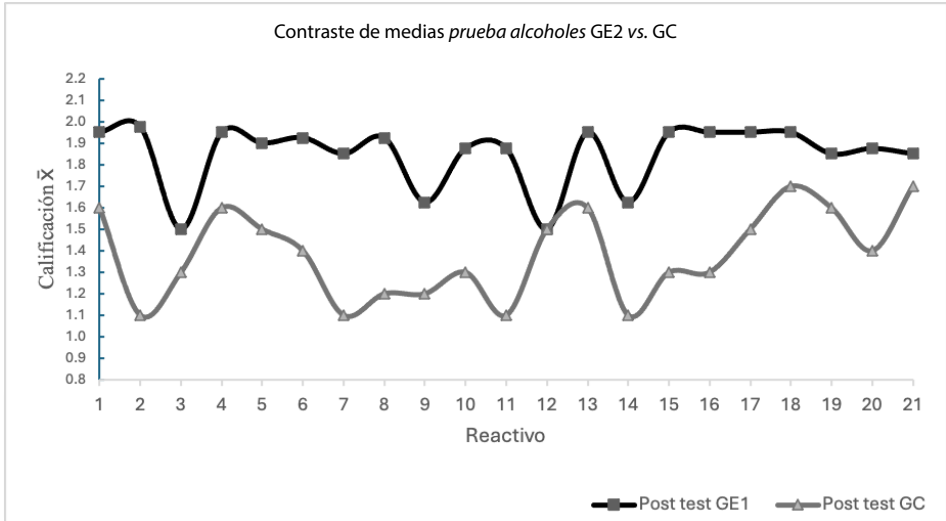
Tabla 12.9. Estadísticos de la prueba U de Mann-Whitney del contraste de medias del post test de la prueba alcoholes del GE2 vs. GC después de la intervención

Estadísticos de prueba ^a	
	Calif. Máxima
U de Mann-Whitney	23.000
W de Wilcoxon	254.000
Z	-5.026
Sig. asintótica (bilateral)	.000

^a Variable de agrupación: GRUPOS GE2 vs. GC

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 12.5. Calificaciones medias de la prueba alcoholes después de la intervención, post test, del GE2 vs. GC



Fuente: Elaboración propia.

nes medias del post test de ambos grupos, siendo casi siempre mayores las del GE2. Únicamente en el reactivo 3 las calificaciones medias son similares, mientras que en el reactivo 12 son iguales.

3. Contraste entre el GE1 vs GE2

En las tablas 8 y 9 se muestran los resultados del contraste de medias del post test mediante la prueba U de Mann-Whitney del GE1 vs GE2. Como se observa no existieron diferencias entre ambos grupos en la calificación media del post test ($z = -1.786$, $p > 0.05$) entre el GE1 ($Md = 1$) y el GE2 ($Md = 2$), de los 21 reactivos de la *Prueba Alcoholes*.

Tabla 12.10. Rangos de la prueba U de Mann-Whitney del contraste de medias del post test de la prueba alcoholes del GE1 vs. GE2 después de la intervención

	Rangos			
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Calificación media post test	GE1	21	24.55	515.50
	GE2	21	18.45	387.50
	Total	42		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12.11. Estadísticos de la prueba U de Mann-Whitney del contraste de medias del post test de la prueba alcoholes del GE1 vs. GE2 después de la intervención

Estadísticos de prueba ^a	
	Calif. Máxima
U de Mann-Whitney	156.500
W de Wilcoxon	387.500
Z	-1.786
Sig. asintótica(bilateral)	.074

^a Variable de agrupación: GRUPOS GE1 vs. GE2

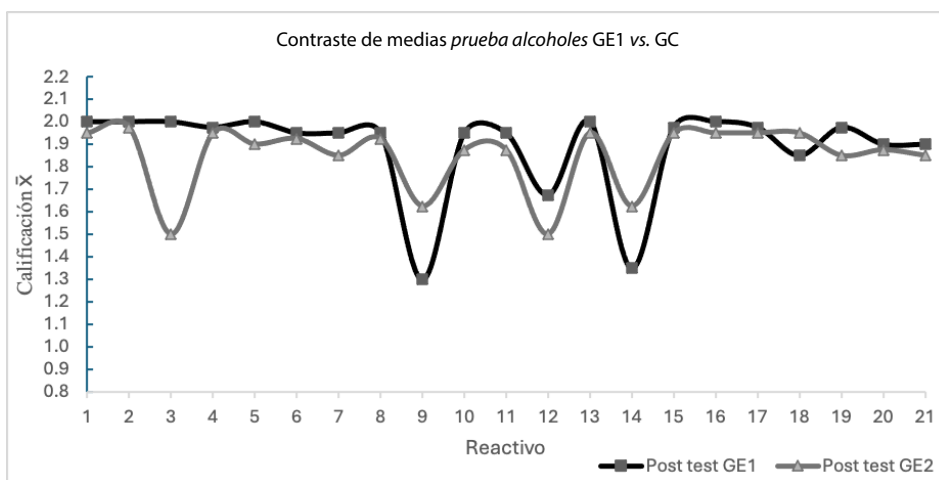
Fuente: Elaboración propia.

El contraste de las calificaciones medias del post test de ambos grupos experimentales se muestra en la gráfica 6.

En esta gráfica 6 se observa con puntualidad que en la mayoría de los reactivos de la prueba alcoholes, el estudiantado de ambos grupos experimentales (GE1 y GE2) obtuvieron calificaciones medias similares, excepto

en los reactivos 3 y 12, en donde fueron mayores mayor para el GE1 (2.0 y 1.7 respectivamente), mientras que para el GE2 ambas fueron de 1.5. En contraste, en los reactivos 9 y 14 las calificaciones medias fueron mayores para el GE2 (1.6 contra 1.3 y 1.6 contra 1.4 respectivamente). Esta representación gráfica nos permite apreciar que el impacto del Programa DUA fue similar en ambos grupos y condujo a un mejor desempeño de los estudiantes en la mayoría de los reactivos de la Prueba Alcoholes, lo cual evidencia que hubo una mejora en el aprendizaje de la mayoría de los temas de alcoholes asociado a la intervención DUA.

Gráfica 12.6. *Contraste de medias la prueba alcoholes del GE 1 vs. GE 2 después de la intervención, post test*



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El *Programa DUA*, que involucra la inserción de TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en los procesos de enseñanza y en el de aprendizaje, bajo el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), así como actividades diseñadas bajo los principios de DUA (Diseño Universal para el Aprendizaje) para proporcionar múltiples medios

de implicación, representación y acción, resultó eficaz para la enseñanza y el aprendizaje de química orgánica en bachillerato, ya que se alcanzó un mayor aprendizaje de los temas de alcoholes en los dos grupos experimentales comparado con el grupo control, evidenciado por el contraste de las calificaciones medias de los estudiantes antes y después de la intervención con el Programa DUA.

Los resultados mostraron que la aplicación del Programa DUA condujo a una mejora similar en el aprendizaje de los estudiantes de ambos grupos experimentales, aunque hubo diferencias mínimas entre los resultados del post test de la prueba alcoholes entre ambos, en contraste con los del grupo control, donde no se observó ninguna mejora en el aprendizaje. Esto da indicios de que el Programa DUA puede ser aplicado en la enseñanza y el aprendizaje de otros temas de química y de otras áreas de la ciencia, sin embargo, se recomienda investigar su efecto en grupos equivalentes, dado que en esta investigación no se consideró ese factor.

Uno de los elementos esenciales para la aplicación eficaz del Programa DUA fue la evaluación formativa enlazada a la retroalimentación constante durante la fase B de la intervención, brindando a los estudiantes la oportunidad de verificar y mejorar sus aprendizaje, dando posibilidad al estudiantado de elegir formas de evaluación predilectas, de manera similar a lo reportado por Klinke (2021). Lo cual permitió dar un seguimiento personalizado de cada estudiantes, facilitado con el uso de la plataforma *Microsoft Forms* que además de mostrar datos concretos de cada prueba emite instantáneamente retroalimentación que puede ser visualizada por el docente y los estudiantes, de manera independiente.

El uso de *software* específico para química pudo facilitar el trabajo de todos los estudiantes para el aprendizaje de la nomenclatura sistemática, porque da la oportunidad de verificar los nombres asignados a cada alcohol de manera manual, simplemente al representar la estructura, ya sea en Chemsketch, MarvinSketch, ChemDraw o KingDraw Chemical, facilitando la representación y nomenclatura de compuestos orgánicos del mismo modo a lo reportado Pongkendek, Parlindungan, Nurvitasari y Marpaung (2021) quienes al usar Chemsketch observaron mejora en la motivación y aprendizaje de hidrocarburos y de Mahmoud (2020) que encontró un incremento en el aprendizaje de estereoquímica al aplicar, con estudiantes de nivel

superior, *KingDraw Chemical* y otros tipos de *software* químico para representar fórmulas estructurales de compuestos orgánicos.

La visualización de fórmulas estructurales de los alcoholes que se representaron usando principalmente *ChemSketch* y *KingDraw Chemical*, también pudo auxiliar en el aprendizaje del grupo funcional alcohol, para lograr una mayor comprensión de sus características estructurales principales, de manera análoga a los hallazgos de Listyarini (2021) que al utilizar *ChemSketch* para representar diversos compuestos orgánicos y a través de la visualización de sus características estructurales, apreció la mejora en el aprendizaje de enlace químico por parte de los estudiantes. De esta manera, este tipo de *software* químico puede contribuir al aprendizaje visual (Rajpoot, *et al.*, 2022) combinando representaciones digitales o impresas en 2D y modelos moleculares digitales y físicos en 3D, facilitando el acceso a la mayoría de los estudiante, independientemente de sus características particulares.

Estas alternativas de representación de las fórmulas estructurales de alcoholes benefician al factor esencial de un Programa bajo los principios de DUA, disponibilidad de múltiples medios de representación, ya que facilitaron el acceso y procesamiento de la información de la mayoría de los estudiantes; porque para el mismo tema se contó con diversos formatos, principalmente presentaciones, apuntes, modelos 2D y 3D y videos. Hallazgos similares fueron descritos por Rodríguez, Ribera y Rotger (2021) quienes utilizaron videos con subtítulos para un curso de matemáticas, observando una mejora en el aprendizaje en estudiantes con necesidades auditivas. De esta manera, para que ningún estudiante se vea limitado en el acceso a la información y esto inhiba su aprendizaje, se recomienda considerar también materiales diseñados para estudiantes con discapacidad visual o auditiva.

De esta forma se dotó a todos los estudiantes de las herramientas digitales y analógicas necesarias que les permitieron alcanzar los objetivos académicos, utilizando presentaciones en *Power Point*, *Genialy* y *Powtoon*, entre otras, para comprender el tema de alcoholes. Los estudiantes, además de las explicaciones del docente y la retroalimentación continua, pudieron revisar videos, apuntes impresos y digitales y se apoyaron en modelos tridimensionales reales y otros virtuales diseñados en *Chemsketch* (en computadora) y *KingDraw Chemical* (en celular), para que tuvieran múltiples

posibilidades y eligieran la que fuera de su preferencia para comprender, característica esencial de DUA (Smith, 2024).

A través del uso de estas múltiples representaciones de los temas de alcoholes se logró una mejora en el aprendizaje en los dos grupos experimentales. Análogamente con lo reportado por Mahmoud (2020), quien describió la eficacia, en el desarrollo de niveles de comprensión de química, de la aplicación de representaciones múltiples usando diferentes tipos de *software* químico, como la plataforma *Chem Tube 3D* y las aplicaciones *King Draw Chemical* y *Stereochem VR*, etc., para el aprendizaje de estereoquímica.

Aunque todos los principios de DUA se deben conjuntar para una intervención educativa eficaz, en tiempos actuales en donde el compromiso de los estudiantes con su proceso de aprendizaje es bastante escaso, toma relevancia proporcionar múltiples medios de compromiso e implicación, por lo que en el Programa DUA diseñado e implementado se incluyeron actividades en las que envolvían aplicaciones prácticas de alcoholes en la vida cotidiana y que los estudiantes observan diariamente en su entorno, como materiales de limpieza y medicamentos. Durante la intervención también se enfatizaron los objetivos de aprendizaje buscados, para que ellos verificaran el avance logrado durante todo el proceso de aprendizaje, se les dio la oportunidad de elegir la forma de trabajar, ya sea individualmente o en equipo cooperativo, así como externar sus dudas, sugerencias e inquietudes.

Tales situaciones pudieron impactar de manera positiva en su motivación y compromiso, a la luz de la mejora en el aprendizaje observado en los grupos experimentales después de la intervención, no así en el grupo control, similarmente a los hallazgos de la aplicación de los programas DUA de Behjat, *et al.* (2021), que reportaron un aumento en la motivación y compromiso en estudiantes cuando se les permitió participar en el proceso educativo y verificar su avance y de Shimojo, *et al.* (2020) quienes encontraron un incremento en la motivación de los estudiantes, cuando se escucharon sus inquietudes y se atendieron sus necesidades.

Finalmente, dada la complejidad del diseño de cursos de química u otra área bajo los principios de DUA, para que verdaderamente se promueva una educación equitativa para todos, es evidente que los docentes encargados de impartirlos deben tener la capacitación previa de los elementos de DUA, así como de su implementación; situación de gran relevancia porque de lo

contrario se puede tener una aplicación ineficaz de DUA (Han, *et al.*, 2024). Por ello, se recomienda contar con talleres o cursos de preparación, tales como el que describe Holländer y Melle (2023) acerca del diseño de la plataforma denominada *Chemdive* con el objetivo de que los futuros docentes se capacitaran en la instrucción de química basada en DUA, obtuvieron buenos resultados, pero recomendaron más entrenamiento y práctica.

Referencias

- Akhigbe, J. N., y Adeyemi, A. E. (2020). Using gender responsive collaborative learning strategy to improve students' achievement and attitude towards learning science in virtual and hands-on laboratory environment. *Journal of Pedagogical Research*, 4(3), 241-261.
- Ali, S. S., Hawk, N. A. (2024). Examining cultural background as context and in-service teachers' perception of TPACK: A mixed-method study. *Education and Information Technologies*, 29, 3547-3570 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11939-7>
- Angulo, V. (2024). El Ambiente Físico de la Sala de Clases: Un Ámbito de Prácticas Inclusivas. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 18(1), 213-226. <https://doi.org/10.4067/S0718-73782024000100213>
- Badilla, M., Sepúlveda, E., y Salazar, M. (2020). Realidad aumentada como tecnología sustentable para mejorar el rendimiento académico en estudiantes con y sin necesidades educativas especiales. *Sustainability*, 12(19):8116. <https://doi.org/10.3390/su12198116>
- Basham, J. D., Gardner, J. E., y Smith, S. J. (2020). Measuring the Implementation of UDL in Classrooms and Schools: Initial Field Test Results. *Remedial and Special Education*, 41(4), 231-243. <https://doi.org/10.1177/0741932520908015>
- Behjat, L., Paul, R. M. (2021). Assessment as a Tool for Learning-How Portfolios Were Designed to Improve Student Learning and Wellbeing, en M. Arcellana-Panlilio and P. Dyjur (eds.), *Incorporating Universal Design for Learning in Disciplinary Contexts in Higher Education* (pp. 43-47). Calgary, AB: Taylor Institute for Teaching and Learning Guide Series.
- CAST (2024). *Guía de diseño universal para el aprendizaje versión 3.0*. <https://udlguidelines.cast.org>
- Feldman-Maggor, Y., Blonder, R. y Alexandron, G. (2024). Perspectives of Generative AI in Chemistry Education Within the TPACK Framework. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10147-3>
- Guanotuñas, G. E., *et al.*, (2024). Las TIC en la Educación Inclusiva: Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 8854-8869. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10213
- Han, C., y Lei, J. (2024). Teachers' and Students' Beliefs Towards Universal Design for

- Learning Framework: A Scoping Review. *SAGE Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241272032>
- Hadas, B., Herscovitz, O., y Dori, Y. (2023). Analysis of online assignments designed by chemistry teachers based on their knowledge and self-regulation. *Chemistry Teacher International*, 5(2), 189-201. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0037>
- Herrera, L. B., Ferrel, L. F., Flórez, D. Y. y Gómez, N. (2022). Diseño de cartilla para la enseñanza de la biología en estudiantes de la cultura Wayuu bajo los principios del DUA. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 16(2), 89-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-73782022000200089>
- Holländer, M. y Melle, I. (2023). ChemDive-a classroom planning tool for infusing Universal Design for Learning. *Chemistry Teacher International*, 5(2), 165-176. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0039>
- Klinke, C. (2021). Assessment as a Tool for Learning-How Portfolios Were Designed to Improve Student Learning and Wellbeing, en M. Arcellana-Panlilio and P. Dyjur (eds.), *Incorporating Universal Design for Learning in Disciplinary Contexts in Higher Education*. (pp. 17-21). Calgary, AB: Taylor Institute for Teaching and Learning Guide Series.
- Koehler, M. J., y Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. Recuperado de <https://bit.ly/3NHU4rT>
- Koehler, M. J., Mishra, P. y Cain, W. (2015). ¿Qué son los saberes tecnológicos y pedagógicos del contenido (TPACK)? *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 6(10), 9-23. Recuperado de <https://bit.ly/33smtNH>
- Layachi, A., y Pitchford, N. J. (2024). Formative evaluation of an interactive personalised learning technology to inform equitable access and inclusive education for children with special educational needs and disabilities. *Technology, Knowledge and Learning: Learning mathematics, science and the arts in the context of digital technologies*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09739-0>
- Listyarini, R. (2021). Implementation of Molecular Visualization Program for Chemistry Learning. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 9(1), 64-75. doi:<https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i1.3941>
- Merry, K. L. (2019). *Designing curricula with Universal Design for Learning (UDL)*. Evaluation of the Supporting and Leading Educational Change SEDA Fellowship course. Recuperado de <https://bit.ly/3XIUPgF>
- Mishra, P. (2019). Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76-78, DOI:10.1080/21532974.2019.1588611
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mnisi, K. (2023). A case for deliberate and accommodative design for blended tea-

- ching and learning in universities in developing countries. *Perspectives in Education*, 41(2), 195-210. <https://doi.org/10.38140/pie.v41i2.6863>
- Pongkondek, J. J., Parlindungan, J. Y., Evi Nurvitasari, E. y Marpaung, D. N. (2021). The Use of Chemscketch to Increase Student Learning Outcomes and Motivation in Learning Hydrocarbons. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 6(1), 9-18. <http://dx.doi.org/10.17977/um026v6i12021p009>
- Rajpoot, I., Patel, H., Thakur, R., Khare, B., Jain, A, Jain, P. y Thakur, B. (2022). Review on Molecular Modelling in Chemistry Education. *Asian Journal of Dental and Health Sciences*, 2(4), 55-58DOI: <http://dx.doi.org/10.22270/ajdhs.v2i4.26>
- Ramos, L., et al. (2023). Implementing Gamification for Blind and Autistic People with Tangible Interfaces, Extended Reality, and Universal Design for Learning: Two Case Studies. *Applied Sciences*, 13(5), 3159. <https://doi.org/10.3390/app13053159>
- Rao, K. (2021). Inclusive Instructional Design: Applying UDL to Online Learning. *The Journal of Applied Instructional Design: January*, 10(1), 83-96. <https://doi.org/10.59668/223.3753>
- Rao, K., Torres, C., y Smith, S. (2021). Digital Tools and UDL-Based Instructional Strategies to Support Students With Disabilities Online. *Journal of Special Education Technology*, 36(2), 105-112. DOI: 10.1177/0162643421998327
- Rodríguez, D., Ribera, J. y Rotger, L. (2021). *El subtítulo en vídeos educativos de carácter científico: El caso de las matemáticas*. En REDINE (ed.). Conference Proceedings EDUNOVATIC 2021. (pp. 947-952). Madrid, Spain: Redine. <https://acortar.link/wxgbqi>
- Rosenberg, J. y Koehler, M. J. (2015). Context and Technological Pedagogical Content Knowledg (TPACK): A Systematic Review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3), 186-210. DOI: 10.1080/15391523.2015.1052663
- Rusconi, L. y Squillaci, M. (2023). Effects of a Universal Design for Learning (UDL) Training Course on the Development Teachers' Competences: A Systematic Review. *Education Sciences*, 13(5), 466. <https://doi.org/10.3390/educsci13050466>
- Mahmoud, D. (2020). Uso de la representación múltiple para desarrollar la comprensión de la química entre estudiantes de química de la Facultad de Educación. *Journal of Faculty of Education*, 123(1), 71-118. DOI:10.21608/jfeb.2020.169194
- Saenen, L., Hermans, K., Do Nascimento, M., Struyven, K., y Emmers, E. (2024). Co-diseño de la excelencia inclusiva en la educación superior: perspectivas de estudiantes y profesores sobre el entorno ideal de aprendizaje en línea utilizando el modelo I-TPACK. *Humanities and Social Sciences Communications* 11, 890 (2024). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03417-3>
- Shimojo, M. Teruya, H. y Soland, M. (2020). UDL using ICT for Inclusive Learning; Learning Support for Students with Diverse Learning Styles, Including Students who Need Special Support. *Asian Journal of Human Services*, 18, 112-122. DOI: <http://dx.doi.org/10.14391/ajhs.18.112>
- Smith, D., (2024). *UDL and new equation for success*. En Jiménez. E., del Angel, M. y Urbani, P. (eds). De Clase Internacional
- Smith, L., King, L., Williams, J., Metcalf, D. y Potts, K. (2017). Evaluating Pedagogy and

- Practice of Universal Design for Learning in Public Schools. *Exceptionality Education International*, 27(1), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.5206/eei.v27i1.7743>
- Torres, B., y Pineda, K. (2024). Educación inclusiva en un curso de inglés en una institución de educación superior en México. *Estudios lambda. Teoría y práctica de la didáctica en Lengua y Literatura.*, 2(9), 1-26. <https://doi.org/10.36799/el.v2i9.151>
- Vargas, M. y Márquez, N. (2016). *Educación Inclusiva. Una perspectiva de Oportunidades. Enfoque Académico*. Universidad de Colima. ISBN: 978-607-8356-62-1. México
- Zhang, L., Jackson, H. A., Yang, S., Basham, J. D., Williams, C. H., y Carter, R. A. (2021). Codesigning learning environments guided by the framework of Universal Design for Learning: a case study. *Learning Environments Research*, 25, 379-397. <https://doi.org/10.1007/s10984-021-09364-z>

