

Investigación en didáctica de la Química

INTEGRACIÓN DIDÁCTICA DE CHEMSKETCH EN LA ESTEREOQUÍMICA Y SUS EFECTOS EN LAS HABILIDADES VISOESPAZIALES

Carolaine Urra Canales¹, Jorge Valdivia Guzmán²

1- *Liceo Obispo San Miguel. Chiguayante. Provincia de Concepción. Chile.*
2- *Universidad de Concepción, Facultad de Educación, Departamento de Metodología de la Investigación e Informática Educacional. Chile.*

E-mail: jvaldivi@udec.cl

Recibido: 08/09/2024. Aceptado: 28/11/2025.

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s23449683/u6ji5s1f>

Resumen. Las habilidades visoespaciales son fundamentales para comprender y representar de manera adecuada las estructuras tridimensionales de las moléculas. En el campo de la estereoquímica, estas habilidades adquieren una importancia primordial, ya que se estudian las propiedades espaciales de las moléculas y su relación con sus propiedades fisicoquímicas. La finalidad del estudio, de carácter cuantitativo, y modalidad cuasiexperimental, fue el de incorporar el software de simulación ChemSketch como recurso TIC para promover el desarrollo de habilidades visoespaciales en la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de enseñanza media. El diseño investigativo contempló un Pretest y Postest y grupo intacto e involucró una muestra de 70 estudiantes. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en las habilidades visoespaciales de la estereoquímica antes y después de la intervención con el programa ChemSketch, implicando con ello el desarrollo de habilidades visoespaciales en el área de la estereoquímica.

Palabras clave: escuela secundaria, estereoquímica, habilidades visoespaciales, software educativo

Didactic integration of ChemSketch in stereochemistry and its effects on visuospatial skills

Abstract. Visuospatial skills are fundamental to understanding and adequately represent the three-dimensional structures of molecules. In the field of stereochemistry, these skills acquire a primordial importance, since the spatial properties of molecules and their relationship with their physicochemical properties are studied. The purpose of the study, which was quantitative and quasi-experimental, was to incorporate the simulation software ChemSketch as an ICT resource to promote the development of visuospatial skills in the teaching of stereochemistry in high school students. The research design included a Pretest and Posttest and intact group and involved a sample of 70 students. The results showed statistically significant differences in visuospatial skills in stereochemistry before and after the intervention with the ChemSketch program, implying the development of visuospatial skills around stereochemistry.

Keywords: high school, stereochemistry, visual-spatial skills, educational software

Integração didática do ChemSketch na estereoquímica e seus efeitos nas habilidades visoespaciais

Resumo. As habilidades visoespaciais são fundamentais para compreender e representar adequadamente as estruturas tridimensionais das moléculas. No campo da estereoquímica,



essas habilidades assumem importância central, uma vez que são estudadas as propriedades espaciais das moléculas e sua relação com as propriedades físico-químicas. O objetivo deste estudo, de abordagem quantitativa e delineamento quase experimental, foi incorporar o software de simulação ChemSketch como recurso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para promover o desenvolvimento de habilidades visoespaciais no ensino de estereoquímica em estudantes do ensino médio. O desenho da pesquisa contemplou a aplicação de pré-teste e pós-teste com grupo intacto, envolvendo uma amostra de 70 estudantes. Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas nas habilidades visoespaciais relacionadas à estereoquímica antes e após a intervenção com o programa ChemSketch, indicando o desenvolvimento dessas habilidades na área da estereoquímica.

Palavras-chave: ensino médio, estereoquímica, habilidades visoespaciais, software educativo

INTRODUCCIÓN

Entre los conceptos fundamentales de la química orgánica se encuentra la estereoquímica, que aborda la disposición espacial tridimensional de los átomos o grupos en una molécula y cómo esta configuración influye en sus propiedades y comportamientos fisicoquímicos.

En los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la estereoquímica, es crucial el desarrollo de las habilidades visoespaciales en los estudiantes, ya que estas permiten comprender y visualizar la estructura tridimensional de las moléculas, resultando fundamental para interpretar las interacciones químicas y explicar, por tanto, el comportamiento de los compuestos. Según, Pineda et al. (2019), estas habilidades son un componente crítico para el éxito en la comprensión de los compuestos de la química orgánica.

Para abordar este desafío y mejorar significativamente los aprendizajes del estudiante, se ha explorado el uso de recursos educativos innovadores y herramientas tecnológicas, proporcionando así nuevas formas de comprender conceptos complejos y fomentando un aprendizaje mucho más interactivo y dinámico. Entre estos recursos, los simuladores especializados en química han adquirido relevancia como herramientas pedagógicas eficaces. De acuerdo con Loureiro (2017), los programas de estructuración molecular permiten el diseño de estructuras, y algunos de ellos también, la manipulación y representación de moléculas tridimensionales.

En este mismo orden de ideas, se puede mencionar el software de simulación *ChemSketch*, desarrollado por *Advanced Chemistry Development Labs* (ACD/Labs), recurso tecnológico educativo que promueve el aprendizaje en el área de la química en aspectos como el dibujar estructuras químicas simples, deducir ángulos de enlace, crear modelos tridimensionales de moléculas orgánicas (Iglesias et al., 2013), aspectos notables que colaboran con la práctica del profesor, en especial en temas tan complejos como los mencionados. Además, Becerril y Chávez (2015), explicitan que el software de simulación *ChemSketch*, es un programa que dispone de una interfaz muy fácil manejo, tiene un editor estructural y es muy eficiente pues ayuda a comunicar la información científica y química de manera expedita al usuario.

Habilidades visoespaciales

Todos los objetos, formas y materiales con los cuales trabajamos diariamente son tridimensionales. Las interacciones con los diferentes objetos de nuestro medio promueven el desarrollo y fortalecimiento de las habilidades visoespaciales (Cadavid y Tamayo, 2013).

Según Ortega et al. (2014):

"Las funciones visoespaciales representan el grupo de funciones cognitivas utilizadas para analizar, comprender y manejar el espacio en el que vivimos en varias dimensiones (2D y 3D). Estos procesos incluyen imágenes y navegación mental, percepción de la distancia y profundidad, así como la construcción visoespacial. Utilizamos las imágenes y la navegación mental para procesar y rotar objetos en nuestra mente o para desplazarnos virtualmente por una imagen de nuestro entorno, que hemos reconstruido en nuestro cerebro." (p. 83)

Ahora bien, en algunos temas de química orgánica, como por ejemplo en estereoquímica e isomería, se utilizan bastante las habilidades visoespaciales. En el aula, los estudiantes, por ejemplo, construyen con material reciclado o con plastilina, modelos moleculares de cloruro de metilo (CH_3Cl), etano ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) o acetileno (C_2H_2), respetando los colores asignados para átomos, enlaces y ángulos respectivos. De acuerdo con lo visto, todas estas actividades requieren el desarrollar habilidades espaciales.

Sin embargo, como Harle y Towns (2010) señalan, las habilidades espaciales deben ser evidenciadas por el estudiante en las tareas planificadas por el docente de modo que el mismo muestre sus avances en los desempeños requeridos en la clase. Aquí es importante la práctica o un programa de instrucción para mejorar la capacidad espacial para el desarrollo de las habilidades visoespaciales (Pribyl y Bodner, 1987; Tuckey, 1989).

Por otro lado, Fensham (2002) escribe que en la química se involucran tres tipos de habilidades espaciales:

"La visualización, la percepción precisa del patrón espacial en objetos tridimensionales a partir de representaciones bidimensionales. La orientación, cómo cambia una representación desde diferentes perspectivas y la operación, relacionado con los efectos de rotación, reflexión e inversión en representaciones bidimensionales de objetos tridimensionales." (p. 336)

Asimismo, y teniendo en consideración la relevancia de las habilidades visoespaciales en la comprensión de conceptos y la resolución de problemas relacionados con estereoquímica, Johnson (s.f.) propuso un tutorial de simetría en línea sustentado en JSmol (visor gratuito Java Scripts de código abierto que visualiza estructuras químicas en 3D) con la finalidad de que los estudiantes practicaran las habilidades espaciales. Este tutorial, se apoyó en cinco principios para el diseño de herramientas de visualización química que habían sido descritos por Wu y Shah en su momento (2004):

"Proporcionar múltiples representaciones y descripciones, hacer visibles las conexiones referenciales, presentar la naturaleza dinámica e interactiva de la química, promover la transformación entre 2D y 3D,

y reducir la carga cognitiva al explicitar e integrar la información para los estudiantes." (p. 470)

Lo expuesto, denota la relevancia de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para el profesor, más aún cuando se hace alusión a dispositivos multimediales para mostrar la naturaleza interactiva de la química o para promover la transformación entre 2D y 3D de las representaciones moleculares, recursos que pueden contribuir a desarrollo de habilidades visoespaciales en los estudiantes (Cortés et al., 2022).

ChemSketch, un simulador para la enseñanza de la química

Para Campos et al. (2000), un simulador tiene por finalidad implementar de manera virtual un escenario que permita al estudiante actuar como si fuera una situación real. Su uso busca reducir riesgos y gastos, lo que lo convierte en una herramienta educativa muy importante, ya que el alumno puede aplicar sus conocimientos sin poner en peligro su integridad personal.

Ahora, para la enseñanza de la química orgánica están surgiendo recursos tecnológicos y multimediales, como son las nuevas herramientas visuales que permiten no solo comprender los espacios tridimensionales, sino que también construir, ejercitarse y poner a prueba los contenidos teóricos de forma segura y práctica. Es por lo mismo, que los simuladores de carácter interactivo se han incorporado en el ámbito educativo como un medio didáctico para potenciar tanto la enseñanza como el aprendizaje de la asignatura (Castillo et al., 2017).

En este caso, se hace mención del software de simulación *ChemSketch*, una herramienta educativa que permite la construcción y representación de estructuras moleculares. Es un programa de visualización molecular interactivo, en el cual se puede aprender de manera autónoma y colaborativa con los pares. Al mismo tiempo, favorece el aprendizaje de la química orgánica, así como la creación de ecuaciones químicas, estructuras moleculares y diagramas de laboratorio.

Chonillo (2024), incorporando el software de simulación *ChemSketch* como recurso didáctico para el aprendizaje de Química Orgánica en estudiantes de bachillerato, expresó que se "produjo una mejora altamente significativa en el aprendizaje de la química orgánica", evidenciado con ello que este software puede ser una estrategia pedagógica efectiva para enriquecer la enseñanza en el nivel secundario.

Ramírez (2022), por otro lado, elaboró una propuesta didáctica que incorporó el software de simulación *ChemSketch* en la que participaron 16 estudiantes de enseñanza media (grado once) con la finalidad de mejorar los conocimientos de los grupos funcionales de química orgánica, situación que se evidenció en los resultados obtenidos, donde el rendimiento de ellos pasó de un nivel básico hacia un nivel superior.

Coincidente con lo anterior, Araujo (2024), desarrolló una investigación cuasiexperimental en la que incorporó el software *ChemSketch* para fomentar los aprendizajes e interés de los estudiantes en la asignatura. De acuerdo con la autora, el software mejoró la apropiación de los contenidos de los grupos

funcionales en química orgánica, como también la promoción de las habilidades intelectuales, motoras y actitudinales.

OBJETIVO GENERAL

Evidenciar el desarrollo de habilidades visoespaciales a través de la incorporación del *software* de simulación *ChemSketch* para la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de tercer año que cursan su enseñanza media en un establecimiento de carácter subvencionado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Capacitar en el uso de *software* de simulación *ChemSketch* a un grupo de estudiantes.
2. Implementar actividades educativas que promuevan el desarrollo de habilidades visoespaciales en estereoquímica, mediante el uso del *software* de simulación *ChemSketch*.
3. Analizar las habilidades visoespaciales existentes y adquiridas por los estudiantes de enseñanza media antes y después de la intervención para el contenido de estereoquímica.

METODOLOGÍA

La iniciativa se implementó en un establecimiento particular subvencionado ubicado en la comuna de Chiguayante, de la ciudad de Concepción, Chile.

El diseño de investigación de carácter longitudinal, supeditado al método cuantitativo, modalidad cuasiexperimental, correspondió al llamado Pretest y Postest y grupos intactos (siendo este último el grupo de control). La equivalencia de los grupos tomó en consideración aspectos tales como la edad de los estudiantes, la distribución en ellos en los grupos experimental y control, como también el género (ver Tabla 1).

Tabla 1. Muestra de estudio: grupo experimental y el grupo control. Conteo de participantes según edad y género

Variable	Grupo Experimental	Grupo Control
Edad	15 años: 03 16 años: 27 17 años: 05	15 años: 01 16 años: 31 17 años: 03
Género	Mujeres: 20 Hombres: 15	Mujeres: 20 Hombres: 15
Total	35	35

Fuente: Elaboración propia

Población

La población estuvo constituida de 210 estudiantes todos los cuales correspondieron a casos que concordaron con las especificaciones de las unidades de análisis del estudio: que los estudiantes estuviesen cursando el tercer año de enseñanza media en un establecimiento particular subvencionado dependiente de una Fundación Educacional Católica, que su

rango de edad fuese de entre 15 y 17 años y que tuviesen la Unidad de "Química orgánica: estereoquímica e isomería" en el marco de su formación regular.

Muestra

De acuerdo con el contexto de la investigación, el tipo de muestreo no probabilístico consideró la técnica de muestreo por conveniencia que permitió seleccionar a los estudiantes por la facilidad de acceso y disponibilidad de ellos para que fueran parte de la investigación. La muestra se conformó de 70 estudiantes. Además, ambos cursos fueron intervenidos por la misma docente de química, implicando con ello resguardos u objetividad durante el proceso de intervención y que pudiesen afectar la validación interna de la investigación, por citar, el sesgo de la elección de la muestra, aplicación de evaluaciones diferentes en ambos grupos, conocimiento de los cursos, aspectos que se mantuvieron controladas durante la investigación.

De la implementación de la iniciativa

Para llevar a cabo la investigación, se implementaron una serie de etapas, como fue el acceso a diversas fuentes investigativas nacionales e internacionales que tenían relación con la incorporación de recursos tecnológicos en la Química Orgánica, el acercamiento a las autoridades del establecimiento para difundir la iniciativa, se elevó a los familiares un consentimiento informado para la participación de los menores en la investigación, como también la búsqueda de expertos para validar el instrumento de recogida de datos.

Además, el equipo de investigación planificó cuatro sesiones de formación para los estudiantes relacionada con la Unidad "Química Orgánica: estereoquímica e isomería". La formación tuvo por objetivo "Desarrollar modelos que expliquen la estereoquímica e isomería de compuestos orgánicos como la glucosa, identificando sus propiedades y su utilidad para los seres vivos" (MINEDUC, s.f.).

A continuación, en la Tabla 2 se describe en detalle el escenario didáctico durante la investigación para la Unidad antes mencionada. El mismo fue implementado tanto para el grupo experimental como para el grupo control.

Tabla 2. Descripción de la planificación de las sesiones (4) tanto para el Grupo Experimental como para el Grupo Control.

Sesión	Contenidos	Grupo Experimental	Grupo Control
1	Diagnóstico Representaciones Tridimensionales (cuña/línea, caballete, Newman, Fisher).	Aplicar Pretest. Capacitación y uso del software ChemSketch. Dibujar, visualizar (3D Viewer) y determinar ángulos/longitudes de enlace.	Aplicar Pretest. Dibujar moléculas en el cuaderno (según Guía). Visualizar y determinar ángulos/longitudes de enlace.

2	Isómeros Estructurales.	Construir estructuras en ChemSketch (ej. 1-propanol). Reconocer tipos de isomería en las estructuras creadas.	Construir estructuras en el cuaderno (ej. 1-propanol). Reconocer tipos de isomería (según Guía).
3	Isomería Óptica y Estereoquímica.	Dibujar y rotar el 2-buteno en ChemSketch y extender a alquenos. Reconocer la quiralidad a través del software.	Dibujar el 2-buteno en el cuaderno y extender a alquenos (según Guía). Realizar estructuras y reconocer la quiralidad en el cuaderno.
4	Postest de aprendizajes de salida.	Aplicar el Postest (Google Form).	Aplicar el Postest (Google Form).

Fuente: Elaboración propia

Todas las sesiones fueron acompañadas por la docente de Química mientras que el grupo experimental además estuvo acompañado del encargado del Laboratorio de computación.

En la figura 1 se ilustran momentos de las actividades realizadas.



Figura 1. Estudiantes en el aula interactuando con el software de simulación ChemSketch

Del instrumento de recogida de datos

En lo que respecta a la adquisición y desarrollo de las habilidades visoespaciales (rotación y orientación molecular) se aplicó el mismo instrumento de evaluación (Pretest y Posttest) al grupo experimental y control al inicio y final de la intervención pedagógica.

Dicho instrumento fue elaborado por el equipo de investigación y validado por juicios de expertos, esencialmente en la referencia teórica del componente “validez de contenido”. Dicho instrumento publicado en *Google Form* estuvo conformado por preguntas cerradas que se complementaban con respuestas de tipo abierta.

A continuación, se mencionan las preguntas para cada uno de los ejercicios del instrumento de evaluación:

Tabla 3. Ejercicios incorporados en el instrumento de evaluación y que fue aplicado durante la investigación

Nº	Enunciados del ejercicio (ver imágenes en la figura 2)	Habilidad visoespacial evaluada
1	<p>a) Si rotas la molécula modelo 90° en el eje X ¿Cuál de las siguientes moléculas representa el giro realizado? Marca la correcta.</p> <p>b) Describe el proceso que realizaste para resolver el ejercicio</p> <p>c) Explica las principales dificultades que presentaste al resolver el ejercicio</p>	Efectos de rotación
2	<p>a) Si rotas la molécula modelo 180° en el eje Y ¿Cuál de las moléculas siguientes representa el giro pedido? Marca la correcta.</p> <p>b) ¿Consideras que la pregunta anterior fue bien planteada? Justifica tu respuesta.</p> <p>c) <u>Explica por qué la respuesta que elegiste es la correcta.</u></p>	Efectos de rotación
3	<p>a) La molécula B representa la molécula A reflejada en el espejo, si al rotar la molécula B 180° alrededor del eje que pasa por el centro de la molécula (tal y como lo indica la figura) ¿Crees que después de realizado el giro, son exactamente iguales la molécula A Y B?</p> <p>b) ¿Tuviste dificultades al girar la molécula según el ángulo pedido? Justifica tu respuesta.</p> <p>c) ¿Piensas que es necesario elaborar algún tipo de planeación previa, antes de resolver el ejercicio? <u>Explica tu respuesta.</u></p>	Orientación molecular Efectos de rotación
4	<p>a) En este ejercicio debes dibujar la imagen de la molécula modelo reflejada en el espejo (tal y como lo indica la figura). Para ello se te solicita elaborar un plan. Describe el plan que propusiste.</p> <p>b) Ahora, sigue el plan que propusiste para resolver el ejercicio. Selecciona la alternativa correcta.</p> <p>c) ¿Por qué piensa que estos pasos le permitieron resolverlo?</p> <p>d) ¿Qué pasos modificarías y de qué forma?</p>	Orientación molecular
5	<p>a) ¿Cuántos grados tuviste que rotar la molécula A, para que sea como la molécula B? Marca la alternativa correcta.</p> <p>b) ¿Crees que posees habilidades para realizar giros mentales de moléculas? Justifica tu respuesta.</p> <p>c) ¿Consideras que se necesitas conocimientos en química para resolver algunos ejercicios? Justifica tu respuesta.</p>	Efectos de rotación
6	<p>a) Debes identificar cuáles de las 5 moléculas presentadas a continuación son QUIRALES. Marca la(s) alternativa(s) correcta(s).</p>	Efectos de rotación
7	<p>a) ¿Cómo crees que luciría la molécula si se rotara de tal manera que el Hidrógeno quedara ubicado en la posición de atrás? Marca la respuesta correcta.</p> <p>b) ¿Cuál crees que fue el principal obstáculo que se presentó mientras resolvías la pregunta?</p>	Efectos de rotación
8	<p>a) Qué crees que sucedería con las moléculas A y B si superponemos la mano derecha con la izquierda ¿Quedarán iguales?</p> <p>b) Justifica tu respuesta a la pregunta anterior.</p>	Orientación molecular
¿Cómo nos fue?	<p>a) De 1 a 10 ¿Cuál fue tu desempeño mientras resolviste los ejercicios?</p> <p>b) Justifica tu respuesta a la pregunta anterior</p> <p>c) Le agrada la asignatura de Química. ¿Por qué?</p>	

Las imágenes asociadas a las preguntas cerradas y abiertas del Pretest y Postest y que les dan sentido orientador a los estudiantes se reproducen en la figura 2.

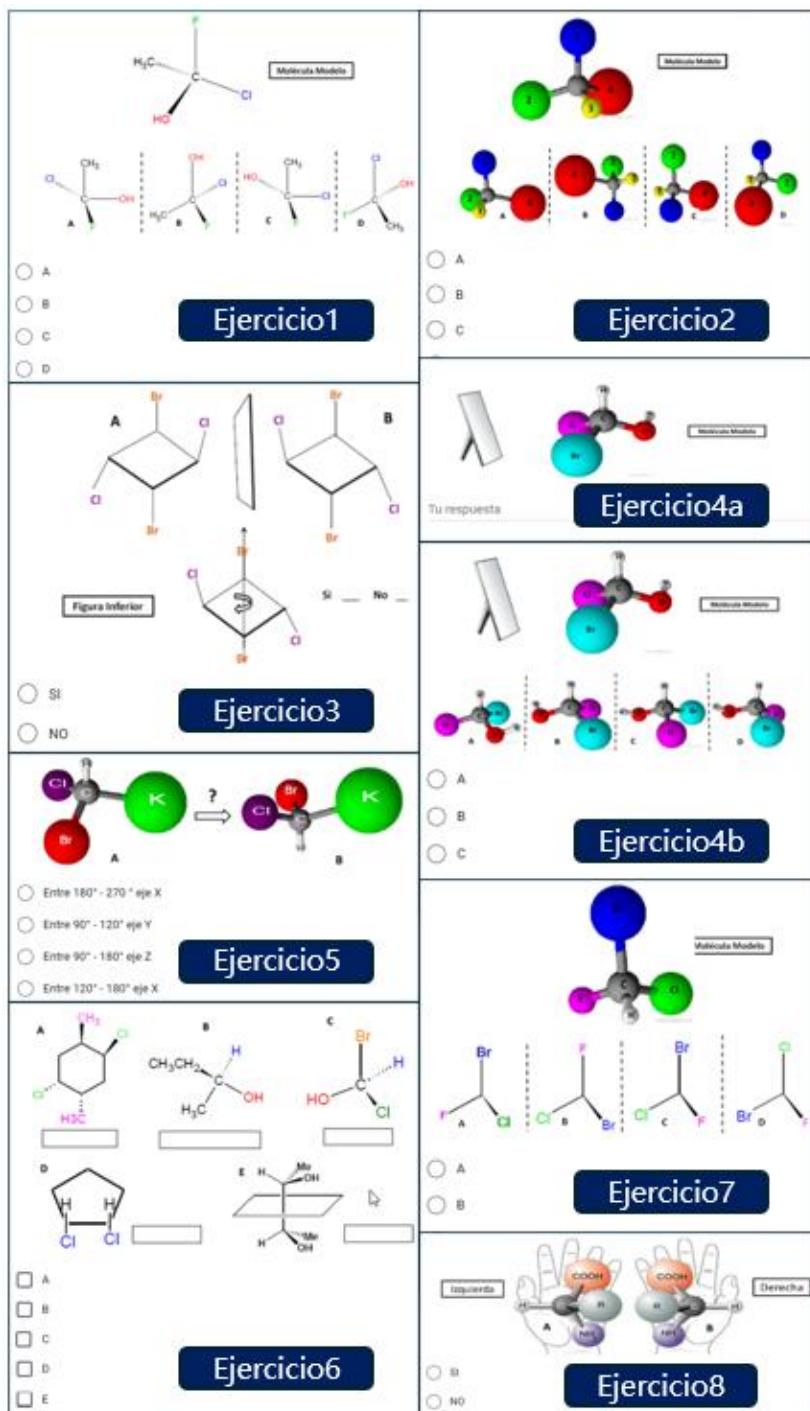


Figura 2. Detalle de las moléculas consideradas en los ejercicios tanto el Pretest como en el Postest. Fuente: Elaboración propia

De la prueba estadística en el contexto de la investigación

Según Guillen Valle et al. (2019) para definir la prueba estadística que se utilizará en una investigación, se debe analizar en primer lugar el cumplimiento del supuesto de Normalidad de los datos en ambas muestras.

Hecha la consideración anterior, se analizó la distribución normal a través de la Prueba de Normalidad de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk utilizando el software estadístico SPSS.

Sobre la base de lo expuesto, y conforme a los resultados de la Prueba de Normalidad y las características de la investigación (modalidad cuasiexperimental), se procedió a seleccionar el tipo de prueba estadística que daría respuesta al objetivo principal de la investigación: la U de Mann-Whitney o de Wilcoxon.

RESULTADOS

En lo que se refiere al comportamiento de los datos, la Prueba de Normalidad de Kolmogórov-Smirnov mostró que los resultados obtenidos tanto en el Pretest como en el Postest no se distribuyen de manera normal.

Por las consideraciones anteriores, la prueba estadística a utilizar para dar respuesta a las diferencias significativas entre los grupos de estudio fue la Prueba U de Mann-Whitney.

Tabla 4. Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes realizada con IBM SPSS Statistics 23

Hipótesis Nula	Test	Sig. ^{a,b}	Decisión
La distribución del Pretest es la misma entre las categorías de Grupos	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,894	Retener la hipótesis nula
La distribución del Postest es la misma entre las categorías de Grupos	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	0,000	Rechazar la hipótesis nula

- a. El nivel de significancia es 0,05.
b. Se muestran las significancias asintóticas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 4 y en relación con el Postest, cuya significancia estadística es igual a 0,000 y menor que 0,05 (nivel de significancia consensuada para investigaciones de naturaleza educativa), se puede explicitar que se evidencian diferencias significativas en el grupo experimental entre las medias del antes y después de la intervención. En el Pretest no se observaron diferencias entre grupos, mientras que en el Postest se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo control, lo que sugiere un efecto favorable asociado a la intervención con ChemSketch.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, en la tabla 5 se destacan diversas opiniones de los estudiantes (después de la intervención del

simulador en el aula) y que tienen relación con los ejercicios propuestos en el grupo experimental.

Tabla 5. Comentarios de los estudiantes después de utilizar ChemSketch

Tipo de grupo	Expresiones y narrativas de los estudiantes ante la consulta en el Postest
	<p>Pregunta: Pregunta 5.a ¿Cree que posee habilidades para realizar giros mentales de moléculas?</p> <p>Un 77% de los estudiantes indican que sus habilidades para hacer giros mentales han mejorado, especialmente después de comprender mejor los ejes y las representaciones tridimensionales:</p> <p><i>"Entendiendo las imágenes tridimensionales se hace más fácil hacer los giros"</i> (estudiante 6).</p> <p><i>"Creo que las he mejorado ya que puedo imaginarme las moléculas sin problemas"</i> (estudiante 27).</p> <p><i>"Aún me cuesta hacer los giros, pero una vez entendiendo los ejes se hace muy fácil"</i> (estudiante 1).</p> <p>Junto con lo anterior señalan que la práctica ha ayudado a desarrollar su capacidad de visualización y manipulación mental:</p> <p><i>"Creo que ahora se me hace menos difícil imaginar las moléculas en 3D, debido a la práctica"</i> (estudiante 14).</p> <p><i>"Creo que la práctica ha ayudado"</i> (estudiante 20).</p>
Experimental	<p>Pregunta: Pregunta a) De 1 a 10 ¿Cuál fue su desempeño mientras resolvía los ejercicios propuestos? Justifique su respuesta.</p> <p>Un 37% de los estudiantes indicaron que su desempeño fue un 9. Señalan que se sintieron más seguros en sus respuestas, haciendo énfasis en que la práctica y el uso del simulador fue algo favorable. Por citar:</p> <p><i>"Creo que mi desempeño fue mejor que el pretest, ya que al hacer muchas actividades con el programa se me facilitó ahora mirar las moléculas"</i> (estudiante 1).</p> <p><i>"Me sentí más segura para resolver los ejercicios. Con la práctica se me hizo fácil imaginar los giros"</i> (estudiante 8).</p> <p><i>"No me costó tanto responder el test (léase Postest). Con la práctica en clases y con el simulador fue todo más fácil"</i> (estudiante 15).</p> <p>Por otro lado, un 11% señala que su desempeño fue de un 10, indicando que sintieron mayor seguridad, presentaron menos dificultades y el uso del programa ayudo:</p> <p><i>"Me sentí más segura y conforme de mis respuestas"</i> (estudiante 5).</p> <p><i>"Creo que me costó mucho menos hacer los ejercicios. Antes no sabía mucho, pero al practicar con el programa puedo ver mejor las imágenes."</i> (estudiante 11).</p> <p><i>"Creo que hice todo con mucha conciencia y no me costó tanto"</i> (estudiante 27).</p>

Fuente. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las prácticas pedagógicas en la actualidad se han visto favorecidas debido a la incorporación de tecnologías que han hecho que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea un espacio motivante y atractivo no sólo para el profesor, sino que también para el estudiante. La realidad aumentada, el software educativo, los laboratorios virtuales, los simuladores, las plataformas en línea han ampliado el horizonte de recursos disponibles en el contexto de la química (Bizzio et al., 2024; Chonillo, 2024; Marcano, 2020) despertando el interés y la motivación de los estudiantes en comprender los procesos físicos y químicos que ocurren en su entorno (Rodríguez et al., 2021).

El propósito de esta investigación fue el de incorporar el *software* de simulación *ChemSketch* como recurso tecnológico para promover el desarrollo de habilidades en la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de tercer año de enseñanza media.

Los resultados obtenidos en esta investigación evidenciaron una mejora significativa en las habilidades visoespaciales de los estudiantes, después de la intervención con el *software* de simulación *ChemSketch*. Estos hallazgos son coherentes con estudios previos que han señalado que la comprensión de conceptos vinculados con la estructura molecular, requieren la capacidad de los estudiantes de reconstruir imágenes de dos dimensiones en formas tridimensionales (Flamini y Wainmaier, 2012) y aquí destaca la importancia de dichas habilidades en el estudio de la estereoquímica. Pribyl y Bodner (1987) también encontraron una correlación entre las habilidades espaciales de los estudiantes y su desempeño en química orgánica, en donde los que tenían habilidades espaciales obtuvieron mejores desempeños que aquellos con habilidades visoespaciales bajas.

Resulta oportuno mencionar las ventajas del uso educativo de *ChemSketch* en lo que respecta a la adquisición de nuevos conocimientos en el ámbito de la química orgánica, aspecto que puede contribuir al desarrollo de las habilidades visoespaciales en los estudiantes. Ramírez (2022) implementó una secuencia didáctica en el aula para la mejora de los conocimientos de los grupos funcionales en química orgánica incorporando *ChemSketch* en un establecimiento rural e indígena. Después de la intervención, concluyó que el simulador contribuyó de manera notoria a la mejora en la diferenciación y componentes químicos de los grupos funcionales (aldehídos, éter, cetona, alcohol).

Cabe agregar las aportaciones de un estudio cuasiexperimental (Araujo, 2024) en la que concluyó que la herramienta *ChemSketch* promovió el desarrollo de habilidades intelectuales y estrategias cognitivas en los estudiantes del nivel secundario, y que al mismo tiempo favoreció el desarrollo de habilidades motoras de los estudiantes y una motivación por seguir aprendiendo química orgánica a través del software.

El empleo de representaciones y modelos virtuales ha demostrado ser de gran ayuda en la comprensión tridimensional de las moléculas orgánicas. La capacidad de utilizar estos modelos beneficia significativamente las habilidades de los estudiantes para visualizar procesos mentales complejos, como la rotación de moléculas y la transformación e interpretación de

representaciones moleculares con un alto contenido visoespacial (Harle y Towns, 2010). De hecho, los mismos autores citados respaldan la idea de que el uso de modelos tiene un impacto positivo en la comprensión de conceptos químicos tridimensionales, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación aportan evidencias de los beneficios pedagógicos de dichas representaciones en la enseñanza de la química. Por su parte, también Gilbert (2005) señala que el uso combinado de modelos físicos y modelos computacionales es crucial para la enseñanza y el aprendizaje de la química, en particular en el área de la estereoquímica.

CONCLUSIONES O PERSPECTIVAS

Un hallazgo de carácter investigativo fue la evidencia del desarrollo de habilidades visoespaciales debido a la incorporación del *software* de simulación *ChemSketch* en la didáctica de la asignatura, aspectos que se demuestran por las respuestas consignadas por los estudiantes en las preguntas cerradas y abiertas incorporadas en el instrumento de recogida de datos.

La incorporación del *software* de simulación *ChemSketch* en la enseñanza de la estereoquímica, mostró un impacto positivo en el desarrollo de habilidades visoespaciales de los estudiantes de tercer año de enseñanza media. Aspectos como los efectos de rotación al momento de girar una molécula o la orientación molecular fueron destacados por los estudiantes lo que permitió comprender de mejor manera el fenómeno como la estereoisomería como también el de la quiralidad de los componentes de una sustancia o compuesto orgánico.

Otro aspecto clave y que debe ser considerado al momento de incorporar un recurso tecnológico en la práctica educativa es la formación o capacitación para el uso de este, en este caso referido al *software* de simulación. Los estudiantes plantearon que lo expuesto facilitó la comprensión y manipulación de las estructuras moleculares en un contexto tridimensional demostrando que la utilidad del *software* para la enseñanza de la química es relevante no solo para el desarrollo de habilidades visoespaciales, sino que también como una herramienta educativa que debe ser parte regular de los planes y programas vigentes del Ministerio de Educación.

Cabe mencionar, que la elección del programa de simulación como lo fue el *software* de simulación *ChemSketch* brindó a los estudiantes la posibilidad de que los aprendizajes obtenidos y evidenciados a través del desarrollo de habilidades cognitivas permitiese no solo tener claridad sobre las estructuras y visualización de las moléculas 3D, sino que también acercar a los estudiantes a conceptos abstractos y complejos relacionados con la estereoquímica.

Por otro lado, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, la muestra estuvo compuesta exclusivamente por estudiantes de tercer año de un liceo particular de la comuna de Chiguayante. Esta selección específica de la población genera limitaciones en términos de generalización de los hallazgos a otras poblaciones de estudiantes o a distintos contextos educativos. Según la teoría de la representatividad de la

muestra, la generalización de los resultados a poblaciones más amplias se ve comprometida cuando la muestra no refleja adecuadamente la diversidad y características de la población objetivo (Ary et al., 1989). Por lo tanto, se sugiere considerar futuras investigaciones con muestras más diversas para obtener una visión más representativa de los efectos de la intervención con el *software* de simulación *ChemSketch* en el desarrollo de habilidades visoespaciales en diferentes contextos educativos.

Se espera que esta investigación proporcione referencias valiosas para futuras investigaciones, así como los resultados que son un aporte significativo al campo educativo. Al respecto, debería abrirse un camino para seguir explorando el potencial del software de simulación *ChemSketch* en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y su impacto en el desarrollo de habilidades y conocimientos en el campo de la Química y también, por qué no, de otras áreas del conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, N. (2024). Aproximación teórica sobre concepciones, creencias y representaciones sociales acerca de la enseñanza de la química. *Revista Dialéctica*, 24, 1707-1736. <https://doi.org/10.56219/dialctica.v2i24.3498>
- Ary, D., Jacobs, L., & Razavieh, A. (1989). *Introducción a la investigación pedagógica*. McGraw-Hill.
- Becerril, F., & Chávez, L. (2015). *Chemskech para aprender Química Orgánica*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Bizzio, M., Guirado, A., & Maturano, C. (2024). Uso de simulaciones científicas interactivas para fortalecer la formación inicial de docentes de Química. *Revista Educación*, 48(1), 1-20. <https://doi.org/10.15517/revedu.v48i1.56052>
- Cadavid, V., & Tamayo, O. (2013). Metacognición en la enseñanza y en el aprendizaje de conceptos en química orgánica. *Revista Electrónica*, 7, 47-57. <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/216>
- Castillo, A., Ramírez, M., & Ferrer, R. (2017). Aula virtual como estrategia para el aprendizaje de la Química Orgánica. *Educ@ción en Contexto*, 3(5), 95-112. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6296651>
- Campos, A., Lignan, L., González, Y., Medina, A., & González, C. (2000). *Actitudes de los docentes hacia la computadora y los medios para el aprendizaje: Reporte de resultados generales 1999*. Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), Unidad de Investigación y Modelos Educativos.
- Cortés, F., Krapp, L., Dal, M., & Abriata, L. (2022). Visualization, Interactive Handling and Simulation of Molecules in Commodity Augmented Reality in Web Browsers Using moleculeARweb's Virtual Modeling Kits. *Chimia*, 76, 145-150. <http://doi.org/10.2533/chimia.2022.145>

- Chonillo, L. (2024). Chemsketch: Un recurso didáctico para el aprendizaje de Química Orgánica en estudiantes de Bachillerato. *Revista Uniandes Episteme*, 11(3), 426-440. <https://doi.org/10.61154/rue.v11i3.3562>
- Fensham, P. (2002). Implications, large and small, from chemical education research for the teaching of chemistry. *Química Nova*, 25(2), 335-339. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000200024>
- Flamini, L., & Wainmaier, C. (2012, 26-28 de septiembre). *Representaciones moleculares: Reflexiones sobre su enseñanza*. En *III jornadas de enseñanza e investigación educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, La Plata, Argentina. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.3671/ev.3671.pdf
- Gilbert, J. (2005). Visualization: A metacognitive skill in Science and Science Education. En J. Gilbert (Ed.), *Models and Modeling in Science Education* (pp. 9-27). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_2
- Guillen Valle, O., Cerna Ventura, B., Gondo Minami, R., Suarez Reyes, F., & Martínez López, E. (2019). *Guía práctica de SPSS para diseños paramétricos y no paramétricos*. Universidad del Pacífico. http://cliic.org/2020/Taller-Normas-APA-2020/Guia-Estadistica-PACIFICO_c.pdf
- Harle, M., & Towns, M. (2010). A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 351-360. <https://doi.org/10.1021/ed900003n>
- Iglesias, G., Rota, R., & Chemes, L. (2013). *Tutorial ChemSketch 2013*. [Material educativo en línea no publicado]. <https://es.scribd.com/document/221200862/Tutorial-Chemsketch-2013>
- Johnson, D. (s.f.). *Symmetry tutorial introduction*. [Tutorial en línea]. Symmetry@Otterbein, Otterbein University. Recuperado el 8 de enero de 2026, de <https://symotter.org/tutorial>
- Loureiro, A. (2017). *ChemSketch no Ensino de Química*. Novas Edições Acadêmicas. Saarbrücken.
- Marcano, K. (2020). Estrategias didácticas para la enseñanza y aprendizaje de "Los elementos químicos y su información en la tabla periódica". *Revista Educación Las Américas*, 10, 84-105. <https://doi.org/10.35811/rea.v10i0.96>
- MINEDUC (s.f.). *Curso ciencias naturales 2º medio: eje química. Actividades sugeridas. Aprendo en línea*. Ministerio de Educación de Chile. Recuperado el 8 de enero de 2026, de <https://www.curriculumnacional.cl/docentes/Educacion-General/Ciencias-Naturales-2-medio/Ciencias-Naturales-2-Medio-Eje-Quimica/>
- Ortega, G., Alegret, M., Espinosa, A., Ibarria, M., Cañabate, P., & Boada, M. (2014). Valoración de las funciones viso-perceptivas y visoespaciales en

la práctica forense. *Revista Española de Medicina Legal*, 40(2), 83-85.
<https://doi.org/10.1016/j.reml.2013.11.003>

Pineda, D., Torres, N., & Vargas, E. (2019). Desarrollo de habilidades visoespaciales: un reto para la enseñanza de química orgánica. En *V Congreso Internacional de Investigación y Pedagogía*. RiUPTC Repositorio Institucional UPTC. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/5141>

Pribyl, J., & Bodner, G. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: a study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 229-240. <https://doi.org/10.1002/tea.3660240304>

Tuckey, H. (1989). *Testing and improving students' understanding of three-dimensional representations in chemistry*. [Tesis de maestría, Universidad of the Witwatersrand].

Ramírez, J. (2022). *Propuesta didáctica para el mejoramiento de la enseñanza de grupos funcionales en química orgánica del grado once por medio del simulador ChemSketch* [Tesis de grado, Universidad de Santander].

Rodríguez, Y., Obaya, A. E., & Vargas Rodríguez, Y. (2021). ICT: Didactic Strategy using Online Simulators for the Teaching Learning of the Law of Conservation of Matter and its Relationship to Chemical Reactions in Higher Middle Education. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 10(2), 56-67. <https://doi.org/10.20448/2003.102.56.67>

Wu, H., & Shah, P. (2004). Explorando el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de química. *Science Education*, 88, 465-492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>