



**XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025**  
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:  
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL  
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

## **Impacto de Modelos Moleculares Tridimensionales en la Motivación, Interés y Autoeficacia de Estudiantes Universitarios de Química Orgánica: Un Estudio Comparativo en el Aprendizaje de Estereoisomería**

Tania Tapia Opazo, Universidad de La Frontera, tania.tapia@ufrontera.cl

Andrea Arias Padilla, Universidad de La Frontera, andrea.arias@ufrontera.cl

Dominique Toledo Acuña, Universidad de La Frontera, dominique.toledo@ufrontera.cl

Herbert Venthur Peña, Universidad de La Frontera, herbert.venthur@ufrontera.cl

Paula Faúndez Rojas, Universidad de La Frontera, p.faundez02@ufromail.cl

### **RESUMEN**

La enseñanza de la Química Orgánica enfrenta desafíos significativos en la visualización de conceptos tridimensionales, particularmente en estereoisomería. Este estudio evaluó comparativamente el impacto de modelos moleculares analógicos y virtuales en la motivación, interés y autoeficacia de 65 estudiantes universitarios de cuatro carreras en la asignatura de Química Orgánica durante los semestres 2024-2025. Mediante un diseño cuasiexperimental con mediciones pre y post intervención utilizando cuestionarios adaptados con escalas Likert, se asignaron aleatoriamente los participantes a dos grupos experimentales. Los resultados revelaron mejoras estadísticamente significativas en la percepción de autoeficacia en ambos grupos, especialmente en visualización tridimensional, comprensión conceptual y manipulación de estructuras isoméricas. No se observaron diferencias significativas entre el uso de modelos analógicos versus virtuales en ninguna de las dimensiones evaluadas. El interés disciplinar se mantuvo elevado, con incrementos notables en percepción de utilidad y relevancia profesional post-intervención. Estos hallazgos sugieren que ambas metodologías constituyen herramientas pedagógicas equivalentemente efectivas para mejorar la autoeficacia estudiantil en el aprendizaje de estereoisomería, facilitando su implementación según recursos institucionales disponibles..

**PALABRAS CLAVE:** : modelos moleculares, estereoisomería, autoeficacia académica, química orgánica, visualización tridimensional



## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias STEM, particularmente la Química, enfrenta una crisis de popularidad que se refleja en la escasez de graduados en estas disciplinas, especialmente evidente en contextos europeos y latinoamericanos. Esta problemática se intensifica en la Química Orgánica, donde la naturaleza abstracta de conceptos como orbitales atómicos, hibridación y configuraciones moleculares genera barreras cognitivas significativas para el aprendizaje estudiantil (Ferrell & Barbera, 2015).

La estereoisomería representa uno de los temas más desafiantes en Química Orgánica debido a su inherente tridimensionalidad. Los estudiantes frecuentemente experimentan dificultades para visualizar y manipular mentalmente estructuras moleculares complejas (Wu & Shah, 2004), lo que impacta negativamente en su motivación y autoeficacia académica. Tradicionalmente, los modelos físicos de barras y esferas han sido utilizados como herramientas complementarias, aunque presentan limitaciones relacionadas con costo, tamaño y accesibilidad masiva (Stull et al., 2013).

Los avances tecnológicos han introducido alternativas digitales prometedoras, incluyendo aplicaciones de realidad aumentada (Limniou et al., 2022), software de modelado molecular y plataformas interactivas de visualización 3D. Investigaciones previas sugieren que estas tecnologías pueden reducir la carga cognitiva, mejorar la comprensión conceptual y aumentar la participación activa estudiantil (Merchant et al., 2014). Sin embargo, existe una brecha en la literatura respecto a estudios comparativos sistemáticos entre modelos analógicos y virtuales en contextos universitarios específicos (Abdinejad et al., 2021).

El presente estudio busca evaluar comparativamente el impacto de modelos moleculares tridimensionales analógicos y virtuales en la motivación, interés y autoeficacia de estudiantes universitarios durante el aprendizaje de estereoisomería, proporcionando evidencia empírica para informar decisiones pedagógicas en la enseñanza de Química Orgánica.

## DESARROLLO

### METODOLOGÍA

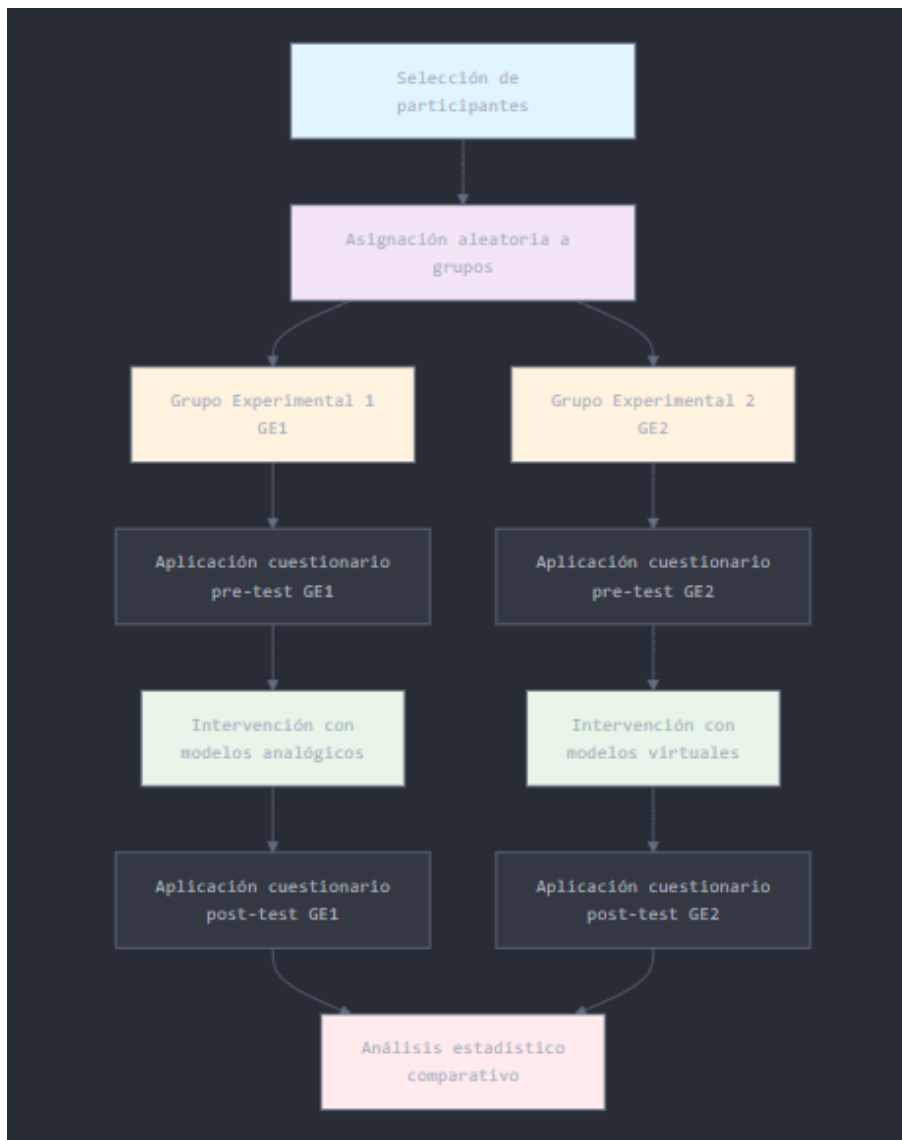
Se implementó un diseño cuasiexperimental con dos grupos de intervención en una muestra de 65 estudiantes de Química Orgánica distribuidos en cuatro carreras durante el segundo semestre de 2024 y primer semestre de 2025. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos experimentales: GE1 (modelos analógicos) y GE2 (modelos virtuales).



**Tabla 1. Comparación de características entre modelos analógicos y virtuales utilizados en el estudio**

Característica	Modelos Analógicos	Modelos Virtuales
Tipo de herramienta	Kits físicos de barras y esferas	Aplicaciones móviles y WebMO3
Modalidad de interacción	Manipulación táctil directa	Interfaz digital táctil/cursor
Accesibilidad	Limitada por disponibilidad física	Amplia disponibilidad digital
Costo de implementación	Alto (adquisición de kits)	Bajo (software gratuito/licencia)
Capacidad de visualización	Estructuras tangibles limitadas	Múltiples representaciones y animaciones
Portabilidad	Media (transporte de componentes)	Alta (dispositivos móviles)

Como se observa en la Tabla 1, ambos tipos de modelos presentan ventajas complementarias que justifican su evaluación comparativa. El instrumento de recolección consistió en cuestionarios adaptados de Ferrell & Barbera (2015) y Abdinejad et al. (2021), aplicados en modalidades pre y post intervención para evaluar percepciones de autoeficacia e interés mediante escalas Likert de cinco puntos.



**Figura 1. Diagrama del proceso metodológico implementado en el estudio  
(diagrama realizado con claude IA)**

La Figura 1 ilustra la secuencia metodológica seguida en la investigación. Las intervenciones didácticas se focalizaron específicamente en conceptos de estereoisomería, incluyendo quiralidad, enantiómeros, diastereómeros y proyecciones conformacionales, con sesiones de 90 minutos por grupo.



## RESULTADOS

### ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron analizados mediante comparaciones de medias utilizando pruebas t de Student para muestras relacionadas y análisis descriptivo de frecuencias. Se empleó el software GraphPad Prism 10 para el procesamiento estadístico, estableciendo un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  para todas las comparaciones.

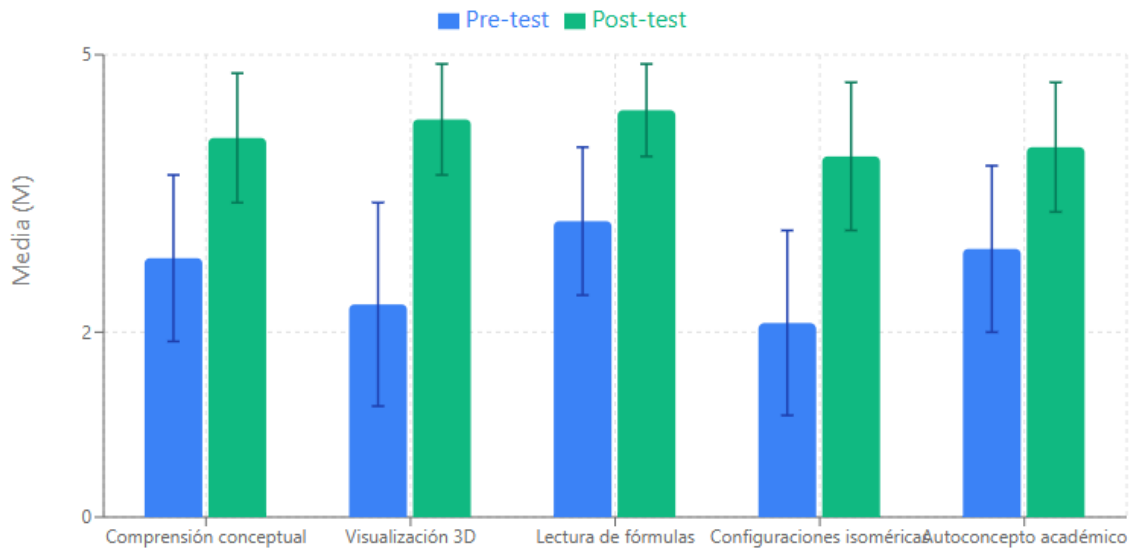
**Tabla 2. Resultados de autoeficacia pre y post intervención por dimensiones evaluadas**

Dimensión de Autoeficacia	Pre-test M(DE)	Post-test M(DE)	Valor t	Valor p
Comprensión conceptual	2.8(0.9)	4.1(0.7)	8.92	<0.001**
Visualización 3D	2.3(1.1)	4.3(0.6)	12.45	<0.001**
Lectura de fórmulas	3.2(0.8)	4.4(0.5)	7.38	<0.001**
Configuraciones isoméricas	2.1(1.0)	3.9(0.8)	10.67	<0.001**
Autoconcepto académico	2.9(0.9)	4.0(0.7)	6.88	<0.001**

Los resultados presentados en la Tabla 2 evidencian mejoras estadísticamente significativas en todas las dimensiones de autoeficacia evaluadas. Particularmente notable es el incremento en visualización tridimensional y asignación de configuraciones isoméricas, áreas tradicionalmente problemáticas en el aprendizaje de estereoisomería.



### Dimensión de Autoeficacia: Comparación Pre-test vs Post-test



**Figura 2. Comparación de resultados de autoeficacia entre grupos de modelos analógicos y virtuales**

La Figura 2 muestra la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos que utilizaron modelos analógicos versus virtuales, sugiriendo efectividad equivalente de ambas metodologías en el fortalecimiento de la autoeficacia estudiantil.



## **AUTOEFICACIA ACADÉMICA**

El análisis pre-intervención reveló un predominio de respuestas negativas o neutras en ítems relacionados con comprensión y manejo conceptual de Química Orgánica. Los estudiantes mostraron mayor confianza en lectura básica de fórmulas estructurales, pero experimentaban dificultades significativas en visualización tridimensional y asignación de configuraciones isoméricas.

Post-intervención, se observó una transformación notable en las percepciones de autoeficacia. Las respuestas de "muy en desacuerdo" desaparecieron completamente, mientras que predominaron respuestas positivas, especialmente en descripción de estructuras moleculares y interpretación de modelos 3D. El autoconcepto académico experimentó un fortalecimiento considerable, con estudiantes reportando mayor confianza en sus capacidades para abordar problemas estereoquímicos complejos.

## **INTERÉS Y MOTIVACIÓN**

El interés inicial hacia la asignatura mostró una tendencia mayoritariamente positiva, aunque se identificaron altos valores de neutralidad en dimensiones emocionales y valoración personal/profesional. La disciplina Química recibió alta valoración general por parte de los estudiantes.

Posterior a la intervención, el interés mantenido presentó puntuaciones predominantemente positivas en categorías de interés, disfrute, entusiasmo, utilidad percibida y relevancia profesional del contenido. Sin embargo, la aplicabilidad cotidiana de los conceptos aún fue percibida como un área de mejora, sugiriendo la necesidad de estrategias adicionales para conectar el aprendizaje académico con contextos de vida real.

## **COMPARACIÓN ENTRE MODALIDADES**

El análisis comparativo entre modelos analógicos y virtuales no reveló diferencias estadísticamente significativas en percepciones de autoeficacia, interés o dimensiones específicas evaluadas. Todos los valores  $p$  obtenidos fueron no significativos ( $p > 0.05$ ), indicando efectividad pedagógica equivalente entre ambas modalidades de intervención.

Este hallazgo sugiere que la elección entre modelos analógicos o virtuales puede basarse en consideraciones prácticas como disponibilidad de recursos, preferencias institucionales o características específicas del contexto educativo, sin comprometer la efectividad del aprendizaje.



**XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025**  
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:  
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL  
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

## CONCLUSIONES

El presente estudio confirma el impacto positivo significativo del uso de modelos moleculares tridimensionales en la percepción de autoeficacia estudiantil en Química Orgánica, particularmente en el dominio de estereoisomería. La equivalencia estadística entre modelos analógicos y virtuales constituye un hallazgo relevante que amplía las opciones pedagógicas disponibles para educadores.

La mejora sustancial observada en visualización tridimensional y comprensión conceptual aborda directamente las barreras cognitivas tradicionales del aprendizaje estereoquímico. El fortalecimiento del autoconcepto académico sugiere beneficios que trascienden el dominio específico, potencialmente influenciando la persistencia y motivación estudiantil en disciplinas STEM.

La ausencia de diferencias significativas entre modalidades analógicas y virtuales facilita la implementación flexible de estrategias didácticas adaptadas a contextos institucionales diversos. Instituciones con recursos limitados pueden optar por soluciones digitales accesibles, mientras que aquellas con infraestructura adecuada pueden mantener enfoques tradicionales sin comprometer la efectividad educativa.

El mantenimiento del interés disciplinar, combinado con incrementos en percepción de utilidad profesional, sugiere que las intervenciones basadas en modelos 3D contribuyen no solo al aprendizaje inmediato sino también a la formación de actitudes positivas hacia la disciplina química.

Futuras líneas de investigación deberían explorar la efectividad a largo plazo de estas intervenciones, su impacto en el rendimiento académico objetivo, y la optimización de diseños híbridos que combinen ventajas de ambas modalidades. Adicionalmente, se requiere investigación sobre variables moderadoras como estilos de aprendizaje individuales y contextos culturales específicos que puedan influenciar la efectividad diferencial de estas herramientas pedagógicas.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de innovación docente DID24-0011, dependiente de la Vicerrectoría de pregrado (VIPRE), de la Universidad de La Frontera.

Departamento de Ciencias químicas y Recursos Naturales, Universidad de La Frontera.



## REFERENCIAS

- Abdinejad, M., Ferrell, B., Gaussoin, A., & Dam, H. A. (2021). Student perceptions of 3D molecular visualizations in undergraduate chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 98(5), 1567-1575. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01408>
- Ferrell, B., & Barbera, J. (2015). Analysis of students' self-efficacy, interest, and effort beliefs in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 318-337. <https://doi.org/10.1039/C4RP00152D>
- Limniou, M., Papadopoulos, N., & Giannakoudakis, A. (2022). The effectiveness of augmented reality in chemistry education: A systematic review. *Computers & Education*, 178, 104-119. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104397>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Stull, A. T., Barrett, T., & Hegarty, M. (2013). Usability of concrete and virtual models in chemistry instruction. *Computers in Human Behavior*, 29(6), 2546-2556. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.012>
- Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>
- Uso de Claude IA para la realización de diagrama de flujo y para revision de gramática del trabajo.