



---

**SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA ISOMERÍA DE  
COMPUESTOS ORGÁNICOS Y DESARROLLO DE LA COMPETENCIA  
VISOESPACIAL A PARTIR DE UN SOFTWARE DE REALIDAD AUMENTADA**

---

**PRESENTADO POR:**

RUBEN ALFONSO FONSECA PEÑA  
Licenciado en Química e Ingeniero Químico

**PROYECTO DE TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**  
Magíster en Docencia de la Química

**DIRECTORA:**

Mg. NOHORA MARLEN ARIAS VARGAS  
Magister en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C. 2023**

## DEDICATORIA

A mi madre, mi fuente de inspiración infinita y mi ejemplo de perseverancia. Cada paso que di en este viaje hacia mi maestría estuvo marcado por su apoyo y comprensión. En los momentos difíciles, sus palabras de ánimo fueron mi fuerza, y en los triunfos, sus sonrisas fueron mi mayor recompensa. Gracias por estar a mi lado, por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Cada logro que alcanzo es un reflejo de tus enseñanzas y sacrificios. Esta tesis está dedicada a ti, en agradecimiento por tu compañía y tu fe inquebrantable en mi capacidad para lograr lo imposible.

A mi hermana, mi confidente y amiga. Eres una de las personas que más admiro y mi ejemplo a seguir en cada paso que doy. Gracias por escucharme cuando más te necesitaba y por celebrar cada pequeño triunfo conmigo. Esta tesis está dedicada a ti, como símbolo de nuestra unión indestructible y como muestra de mi profundo agradecimiento por tu amor incondicional.

A mi padre, aunque ya no estés físicamente a mi lado, siento tu presencia y tu amor en cada paso de este viaje académico. Desde el cielo, has sido mi guía silenciosa, mi protector y mi fuente de fortaleza. Cada desafío que enfrenté, cada obstáculo que superé, lo hice con la certeza de que tu espíritu estaba a mi lado, inspirándome y dándome fuerzas para seguir adelante.

A mi tutora, Nohora Marlen Arias, le agradezco de corazón por su orientación, por su paciencia y por su dedicación incansable a lo largo de este proceso. Sus sabios consejos y su guía fueron la brújula que me condujo a alcanzar este gran logro. Cada conversación con usted fue una lección valiosa y cada corrección que hizo en mi trabajo fue un paso hacia la excelencia. Estoy profundamente agradecido por su apoyo y mentoría.

A todos aquellos que han sido parte de mi camino hacia la maestría,

Gracias por su contribución, ya sea grande o pequeña, en este camino. Cada experiencia compartida y cada palabra amable han dejado una marca imborrable en mi corazón y en esta tesis. Este logro es también suyo, y esta tesis está dedicada a todos ustedes, en reconocimiento a su apoyo incondicional.

Con gratitud y cariño,

*Ruben Alfonso Fonseca Peña*

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	10
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
Planteamiento del problema.....	12
Formulación del problema.....	14
Antecedentes.....	15
CAPÍTULO II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos.....	22
CAPITULO III. REFERENTES CONCEPTUALES.....	23
Referentes disciplinares.....	23
Referentes didácticos.....	30
<i>Secuencia didáctica</i> .....	30
<i>Aprendizaje significativo</i> .....	32
<i>Ciclo de aprendizaje 7E</i> .....	35
<i>Visualización</i> .....	36
<i>Realidad aumentada</i> .....	38
CAPITULO IV. METODOLOGÍA.....	39
Fase I. Prueba inicial de Competencia Visoespacial e Isomería Orgánica.....	40
Fase II Diseño y elaboración de la aplicación: IsomeRA.....	42
Fase III Diseño de la Secuencia Didáctica.....	45
Fase IV Validación e implementación de la secuencia.....	48
Fase V Prueba Final de Competencia Visoespacial e Isomería Orgánica.....	48
CAPITULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	51
Prueba Inicial de Competencia Visoespacial e Isomería.....	51
<i>Categoría de Interpretación de las Representaciones Químicas</i> .....	51
<i>Categoría de traducción de las representaciones químicas</i> .....	59
<i>Categoría de Manipulación Mental de las Representaciones Químicas</i> .....	68
Resultados y análisis de la implementación de la secuencia didáctica.....	69

<b>Prueba Final de Competencia Visoespacial e Isomería .....</b>	<b>83</b>
<i>Categoría de Interpretación de las Representaciones Químicas</i>	83
<i>Categoría de traducción de las Representaciones Químicas</i>	91
<i>Categoría de manipulación mental de las Representaciones Químicas</i>	97
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>103</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>107</b>
<b>Apéndice A .....</b>	<b>107</b>
<b>Apéndice B.....</b>	<b>111</b>
<b>Apéndice C .....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice D .....</b>	<b>133</b>
<b>Apéndice E.....</b>	<b>173</b>
<b>Apéndice F.....</b>	<b>176</b>
<b>Apéndice G .....</b>	<b>184</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Estructura de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial e isomería de compuestos orgánicos.....	41
<b>Tabla 2</b> Contenidos de aprendizaje incluidos en secuencia didáctica .....	47
<b>Tabla 3</b> Estructura de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial e isomería de compuestos orgánicos.....	49
<b>Tabla 4</b> Niveles de desempeño por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial .....	52
<b>Tabla 5</b> Porcentaje de acierto en la identificación de los grupos funcionales – prueba de entrada .....	55
<b>Tabla 6</b> Niveles de desempeño de la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial.....	58
<b>Tabla 7</b> Niveles de desempeño por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba inicial .....	60
<b>Tabla 8</b> Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas.....	67
<b>Tabla 9</b> Niveles de desempeño de la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas .....	68
<b>Tabla 10</b> Niveles de desempeño por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba final.....	84
<b>Tabla 11</b> Niveles de desempeño de la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba final .....	90
<b>Tabla 12</b> Niveles de desempeño por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba Final.....	92
<b>Tabla 13</b> Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba final .....	96
<b>Tabla 14</b> Niveles de desempeño de la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas - Prueba Final .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Árbol de problemas sobre la falta de comprensión de la isomería orgánica.....	14
<b>Figura 2</b> Ejemplos de isómeros constitucionales .....	25
<b>Figura 3</b> Isómeros Z y E del ácido 3-amino-2-butenoico.....	26
<b>Figura 4</b> Isómeros S y R del bromoclorofluormetano .....	27
<b>Figura 5</b> Confórmeros del n-butano .....	28
<b>Figura 6</b> Mapa conceptual sobre la isomería de compuestos orgánicos.....	29
<b>Figura 7</b> Mapa conceptual sobre la teoría del aprendizaje significativo según Ausubel (1963) .....	34
<b>Figura 8</b> Expansión del modelo 5E al 7E .....	36
<b>Figura 9</b> Aplicación móvil de realidad aumentada: IsomeRA publicada en la Play Store....	43
<b>Figura 10</b> Secciones principales de la aplicación móvil IsomeRA .....	45
<b>Figura 11</b> Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial.....	53
<b>Figura 12</b> Fórmulas semidesarrolladas del E.10 para los isómeros del trans-2-penteno – Prueba inicial .....	54
<b>Figura 13</b> Niveles de desempeño de la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial.....	59
<b>Figura 14</b> Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba inicial.....	61
<b>Figura 15</b> Fórmulas bidimensionales de la E.12 para el 3-bromo-1-buteno– Prueba inicial	62
<b>Figura 16</b> Representaciones tridimensionales de la E.03 del isómero R del 2-butanol – Prueba inicial .....	64
<b>Figura 17</b> Porcentaje de acierto en el establecimiento de fórmulas químicas – Prueba de entrada .....	64
<b>Figura 18</b> Representación tridimensional del isómero R del 2-butanol según la E.03.....	66
<b>Figura 19</b> Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas.....	67
<b>Figura 20</b> Niveles de desempeño de la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas .....	69
<b>Figura 21</b> Actividades de enganchar y elicitar de la etapa de introducción a la isomería orgánica .....	71
<b>Figura 22</b> Implementación de IsomeRA para apreciar los componentes de la gasolina en 3D .....	73
<b>Figura 23</b> Ejercicio de isomería constitucional de la E.01 en la fase de elaborar de la segunda etapa de la secuencia didáctica .....	74
<b>Figura 24</b> Uso de IsomeRA para preciar el modelo 3D de diastereoisómeros .....	76
<b>Figura 25</b> Asignación de configuraciones absolutas del E.08.....	78
<b>Figura 26</b> Asignación de configuraciones absolutas de la E.06 .....	79
<b>Figura 27</b> Determinación del epímero de la D-Ribosa por parte del E.09 .....	80
<b>Figura 28</b> Visualización de confórmeros con IsomeRA.....	81

<b>Figura 29</b> Ejercicios de isomería conformacional de la etapa cinco de la secuencia didáctica .....	82
<b>Figura 30</b> Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba Final .....	85
<b>Figura31</b> Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas - Prueba inicial y Final .....	85
<b>Figura 32</b> Fórmulas semidesarrolladas del E.13 para los isómeros del Z-2-penteno – Prueba Final .....	87
<b>Figura 33</b> Comparativo de resultados en la categoría de interpretación de las representaciones químicas entre la prueba inicial y final. ....	91
<b>Figura 34</b> Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba Final.....	93
<b>Figura35</b> Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas - Prueba inicial y Final .....	93
<b>Figura 36</b> Puntos evaluados del estudiante E.08 en la categoría de traducción de las representaciones químicas .....	95
<b>Figura 37</b> Comparativo de resultados en la categoría de traducción de las representaciones químicas entre la prueba inicial y final.....	97
<b>Figura 38</b> Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas.....	98
<b>Figura 39</b> Comparativo de resultados en la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas entre la prueba inicial y final. ....	98

# SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS Y DESARROLLO DE LA COMPETENCIA VISOESPACIAL A PARTIR DE UN SOFTWARE DE REALIDAD AUMENTADA.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores obstáculos que supone la enseñanza de la química orgánica, es que los átomos y moléculas son partículas imperceptibles a la vista, debido a su reducido tamaño, por lo cual, se emplean representaciones que tienen como fin la construcción de modelos mentales que faciliten su enseñanza (Ugliarolo y Muscia, 2012). Teniendo en cuenta que la química hace uso de estos modelos en tres niveles de representación diferentes (micro, macro y simbólico), los estudiantes deben aprender a desplazarse entre ellos con relativa facilidad (Ordenes, Arellano, Jara, y Merino, 2014). Sin embargo, se ha evidenciado que el comprender cada uno de estos niveles y cambiar mentalmente entre ellos no es una tarea sencilla, ya que se requiere el desarrollo de la visualización o competencia visoespacial, la cual se define como la capacidad de construir significados de las representaciones mentales o también llamadas representaciones internas.

En el estudio de uno de los componentes introductorios en química orgánica, correspondiente a la isomería, la cual consiste en la propiedad de aquellos compuestos que presentan la misma fórmula molecular, pero difieren en su estructura (McMurry, 2008), se evidencia por parte de los estudiantes dificultad en su aprendizaje, siendo la falta de desarrollo de la competencia visoespacial la principal causa, ya que es fundamental para comprender la estructura tridimensional de las moléculas orgánicas. Sin ella, los estudiantes tendrían inconvenientes en la comprensión de la interacción molecular de las moléculas, no podrían explicar fenómenos relacionados con compuestos orgánicos, la diferenciación de sustancias semejantes no sería posible e imposibilitaría el entendimiento de los conceptos químicos relacionados, tales como: quiralidad, geometría molecular, mecanismos de reacción, propiedades, entre otras.

El estudio de dichas dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la isomería se ha planteado en múltiples investigaciones (Bryan, 2007; Taagepera y Noori, 2000; Sendur, 2012). En dichos estudios, se manifiesta que los aprendices tienen una comprensión limitada en relación con la isomería (Taagepera y Noori, 2000), presentan la idea alternativa que la isomería de las moléculas orgánicas



se trata de una propiedad que está presente en compuestos pertenecientes a la misma función química (Schmidt,1992). Algunos estudiantes, también interpretan que los isómeros tienen la misma forma en la que se visualizan las representaciones bidimensionales (Taagepera & Noori, 2000).

Si bien, hay diferentes trabajos sobre las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la isomería, se hace indispensable contribuir con más ejemplos de herramientas educativas en el aula sobre la naturaleza de la visualización para la educación científica (Merino et al.,2018). Por esta razón, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el diseño y desarrollo de una secuencia didáctica para la enseñanza de la isomería con estudiantes de cuarto semestre del programa de Licenciatura de la Universidad Pedagógica Nacional, en los cuales se evidencian las mismas dificultades descritas anteriormente. Se diseñará a partir de un conjunto de actividades de aprendizaje que permitan a los estudiantes desarrollar su competencia visoespacial a través del uso de una aplicación de autoría propia, la cual tendrá como nombre: “IsomeRA”.

## JUSTIFICACIÓN

La isomería constituye uno de los componentes fundamentales en química orgánica, ya que a partir de su entendimiento es posible diferenciar y clasificar los compuestos orgánicos en función de la disposición y distribución de sus átomos, lo cual es imprescindible en la comprensión y predicción de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las sustancias, tales como su reactividad, estabilidad, polaridad, puntos de fusión, puntos de ebullición, solubilidad, toxicidad, biodegradabilidad, actividad biológica, entre otras propiedades. Por lo tanto, la isomería orgánica presenta importantes implicaciones en el campo de la síntesis orgánica, la bioquímica y la farmacología.

Sin embargo, se ha observado que muchos estudiantes encuentran dificultades en su aprendizaje, como se evidenció en un grupo de estudiantes de Sistemas Orgánicos I de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, los cuales presentaron un nivel de comprensión de la isomería orgánica y desarrollo de la competencia visoespacial bajo. Estas dificultades pueden atribuirse, en parte, a la incapacidad de los estudiantes para relacionar los conocimientos previos necesarios para comprender la isomería y al uso exclusivo de recursos didácticos tradicionales, como las representaciones bidimensionales en papel o en el tablero de clase.

Con base en estas consideraciones, se propone diseñar e implementar una secuencia didáctica que fomente el aprendizaje significativo de la isomería de compuestos orgánicos y promueva el desarrollo de la habilidad de visualización mediante la incorporación de una aplicación de realidad aumentada. Al adquirir un aprendizaje significativo, los estudiantes podrán relacionar sus conocimientos previos con la nueva información presentada, lo que les ayudará a construir una estructura cognitiva sólida y coherente. Esto a su vez, facilitará la retención y comprensión de la información, permitiéndoles aplicar los conocimientos adquiridos sobre isomería en diferentes contextos.

Por otro lado, la implementación de la realidad aumentada en la secuencia didáctica logra una experiencia de aprendizaje inmersiva e interactiva, al permitir a los estudiantes manipular y observar los compuestos orgánicos en un formato tridimensional desde múltiples ángulos y perspectivas. Esta capacidad de interacción fomenta una comprensión más profunda y significativa de los conceptos asociados con la isomería de compuestos orgánicos, convirtiéndose así en una herramienta eficaz para

el desarrollo de habilidades cognitivas y visuales. Asimismo, la realidad aumentada ofrece un entorno visualmente atractivo y estimulante que capta el interés y la atención de los estudiantes, generando así una mayor motivación en el proceso de aprendizaje.

Se espera que los resultados de la investigación contribuyan a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la isomería orgánica, facilitando la adquisición de aprendizajes significativos de este componente fundamental en química orgánica. Además, el uso de la realidad aumentada como herramienta educativa innovadora, puede brindar nuevas oportunidades para promover el desarrollo de la competencia visoespacial. De la misma manera, los recursos pedagógicos desarrollados en este estudio pueden ser aplicados en diferentes contextos educativos y adaptados a distintos niveles de educación, desde la enseñanza secundaria hasta la educación universitaria. Esto permitiría a los educadores aprovechar estas herramientas y estrategias para enriquecer la enseñanza de este campo de la Química, lo que a su vez contribuirá a una mejor formación de los estudiantes en esta disciplina.

# CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## Planteamiento del problema

Una de las principales dificultades conceptuales de la enseñanza y aprendizaje de la química, es la incapacidad que tienen los estudiantes para comprender, relacionar y desplazarse por los diferentes niveles de representación que posee: macroscópico (percepciones sensoriales que se adquieren de forma empírica), submicroscópico (modelos teóricos que permiten explicar los fenómenos macroscópicos) y simbólico (símbolos asignados para representar entidades químicas y fenómenos) (Gilbert y Treagust, 2009). Por lo tanto, se requiere por parte de quien aprende esta disciplina la capacidad de operar por los tres niveles de forma simultánea, empleando para esto un lenguaje que con frecuencia no es explícito al nivel en que se sitúa (Caamaño y Oñorbe, 2004).

Sin embargo, se evidencia por parte de los estudiantes en Química, dificultad para trabajar en un nivel representacional específico y moverse entre ellos (Locatelli, 2011). Una de las causas, es debido a la falta de desarrollo de la competencia metavisual o visualización, la cual corresponde a la capacidad de abstracción de significados a partir de las representaciones internas (Gilbert et al., 2008). Teniendo en cuenta su importancia, en caso de no tenerla supondría graves consecuencias para las oportunidades de aprendizaje (Merino et al., 2017).

Uno de los componentes de química en donde la falta de desarrollo de la competencia metavisual se ha identificado como uno de los principales problemas en su aprendizaje, es la isomería de compuestos orgánicos, motivo por el cual su estudio ha sido objeto de investigación durante décadas (Raupp et al., 2020). Esto se debe a que dicha competencia es imprescindible en la comprensión de la disposición y conectividad de los átomos o grupos de átomos en tres dimensiones (Dettorre et al., 2019), Aspecto clave para diferenciar compuestos orgánicos, comprender la relación de la estructura molecular con su reactividad y realizar diferentes tipos de predicciones de las propiedades de una sustancia particular.

Múltiples investigaciones han evidenciado esta dificultad por parte de los estudiantes, incluso en los niveles de formación de química en pregrado (Perren y Odetti, 2006; Pérez Benítez, 2008). Por

lo tanto, es indispensable elaborar modelos moleculares tridimensionales que promuevan la competencia visoespacial de tal forma que los estudiantes sean capaces de emplear un conjunto de operaciones mentales a dichos modelos, como: rotarlos, trasladar representaciones tridimensionales, identificar la posición espacial de los átomos o rotar alrededor de los enlaces. Esto es de vital importancia para construir amplios conocimientos de la estructura electrónico -molecular de los compuestos orgánicos (Dettorre et al., 2021). Sin embargo, los métodos de enseñanza tradicional no han ayudado lo suficiente para el desarrollo de dicha competencia (Fatemah et al., 2020), ya que lo más usual es el empleo de representaciones bidimensionales (proyecciones de Fischer, proyecciones de Newman, fórmulas estructurales, fórmulas desarrolladas, entre otras) sobre el tablero de clase o en el cuaderno, las cuales, si bien resultan prácticas y de gran utilidad, omiten la mayor parte de la información. Por lo tanto, no permiten una visión correcta de la distribución espacial y enlaces de los átomos que forman parte de las moléculas que presentan isomería (Abad, 2019).

La falta de comprensión de la isomería a causa del bajo desarrollo de la competencia visoespacial no excluye a los estudiantes de cuarto semestre del programa de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), en quienes se evidencia dificultad para proyectar moléculas orgánicas en las tres dimensiones y extraer información de estas. Aunque se han abordado los conceptos de isomería y su representación en diferentes dimensiones en asignaturas dentro del plan de estudios de la Licenciatura, persisten desafíos significativos en la asimilación de estos conocimientos por parte de los estudiantes.

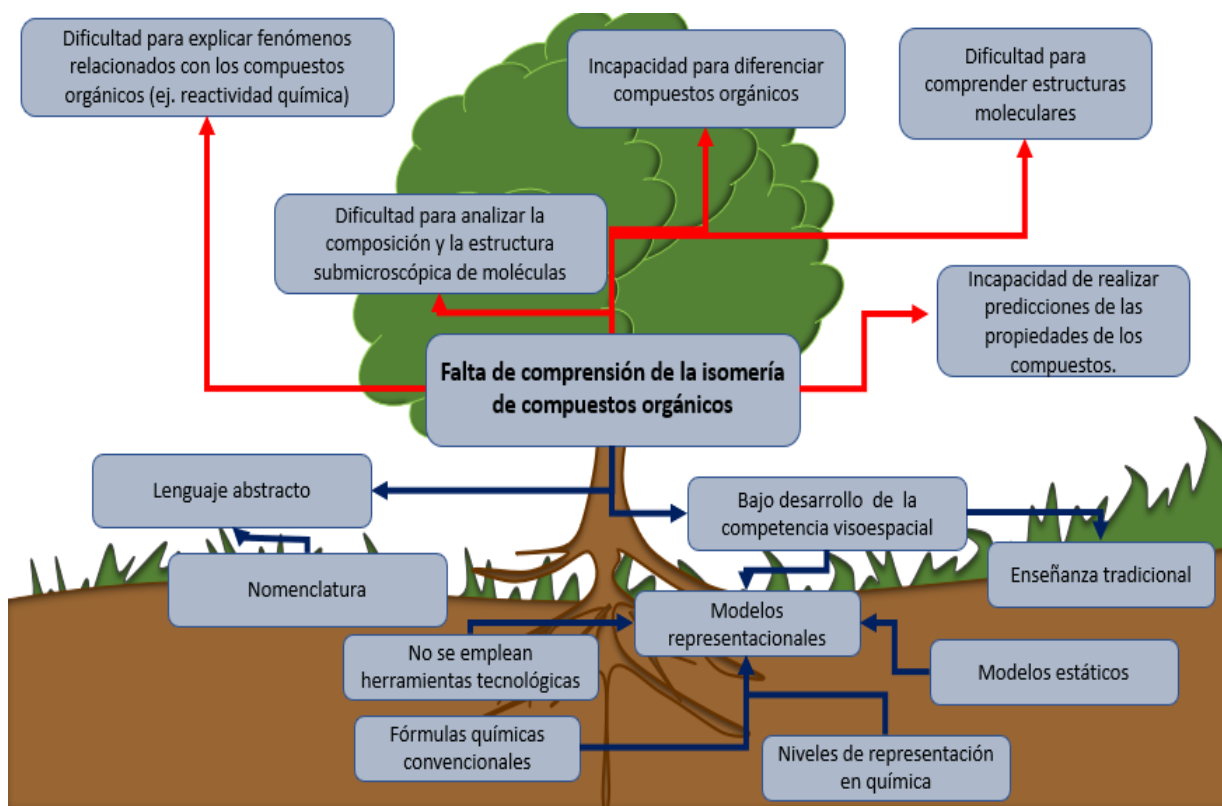
Si bien, hay múltiples trabajos sobre las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la isomería, se hace indispensable contribuir con más ejemplos de herramientas educativas en el aula sobre la naturaleza de la visualización para la educación científica. En este sentido, en los últimos años se ha incorporado a la enseñanza y aprendizaje de la isomería el uso de la realidad aumentada (RA), ya que se ha evidenciado que permite promover el desarrollo de la competencia visoespacial en el marco de la isomería constitucional y estereoisomería.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea como objetivo general del presente proyecto de investigación el diseño e implementación de una secuencia didáctica que favorezca la adquisición de aprendizajes significativos del componente de isomería de compuestos orgánicos y además, favorezca el desarrollo de la visualización a partir de una aplicación de realidad aumentada con estudiantes de cuarto semestre del programa de Licenciatura en química de la UPN.

En la Figura 1 se ilustra la técnica de identificación de problemas, junto con sus causas y efectos, conocida como árbol de problemas, el cual fue empleado en la descripción del problema de investigación (Hernández, 2015).

### Figura 1

Árbol de problemas sobre la falta de comprensión de la isomería orgánica



Fuente: Elaboración propia

### Formulación del problema

¿Cómo implementar una secuencia didáctica que promueva el aprendizaje de la isomería de compuestos orgánicos y desarrolle la competencia visoespacial en estudiantes de cuarto semestre del programa de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional de la UPN a partir de una aplicación de realidad aumentada?

## Antecedentes

Como referentes de la presente investigación se describen diferentes trabajos relacionados con el aprendizaje de la isomería de compuestos orgánicos a partir de diferentes herramientas tecnológicas o didácticas y el desarrollo de la competencia visoespacial o metavisual de los estudiantes, implementados en diferentes niveles de escolaridad.

TÍTULO	FECHA	AUTORES	RESUMEN	APORTE
Relaciones entre la metacognición y el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de la estereoquímica	2013	Valentina Cadavid Alzate	<p>El trabajo de tesis se centró en la mejora de la enseñanza de la estereoquímica en estudiantes de Licenciatura en Biología y Química. Se empleó una secuencia didáctica constructivista en cinco fases, incluyendo revisión bibliográfica, pretest, implementación de la secuencia, entrevistas y post-test. La secuencia se enfocó en procesos metacognitivos y habilidades visoespaciales.</p> <p>Se establecieron tres subcategorías para medir habilidades visoespaciales: traducción, relaciones espaciales y visualización. La metodología permitió a los estudiantes regular sus procesos de aprendizaje y mejoró la comprensión tridimensional de las moléculas, así como las habilidades de rotación y transformación de compuestos químicos. La secuencia didáctica y los instrumentos desarrollados demostraron ser efectivos en el avance de la metacognición y habilidades visoespaciales en el aprendizaje de estereoquímica.</p>	<p>Proporcionó un marco sólido para el diseño e implementación de la secuencia didáctica, ya que demostró la efectividad que podría tener una secuencia didáctica constructivista centrada en un determinado tipo de isomería orgánica.</p> <p>Por otro lado, la subdivisión de las habilidades visoespaciales en categorías específicas, como traducción, relaciones espaciales y visualización, fue un aporte clave para el establecimiento de las categorías de análisis empleadas para evaluar el progreso de los estudiantes de manera detallada.</p>

<p>Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario</p>	<p>2016</p>	<p>Martínez-Hung, Hassan; García-Lopez, América Y Escalona-Arranz, Julio Cesar.</p>	<p>En este trabajo se desarrollaron elementos de realidad aumentada para enseñar compuestos químicos en las asignaturas de Licenciatura Química y Farmacia en la Universidad de Oriente, Cuba. Se utilizaron programas como Aumentaty 1.3 para representar objetos 3D y Blender 2.7 para diseñar estructuras. Los datos geométricos se obtuvieron de WebCSD y Hyperchem 8.0.5. El proceso constó de cinco fases: selección de temas, elección de objetos, creación de objetos tridimensionales, importación a la RA, aplicación y validación mediante encuestas Likert. Los resultados indican que el uso de la realidad aumentada aumentó el interés de los estudiantes y facilitó la comprensión de los conceptos químicos.</p>	<p>La experiencia previa, que empleó elementos de realidad aumentada para enseñar compuestos químicos en el ámbito universitario, sirvió como punto de referencia para estructurar la propuesta didáctica. En este contexto, se adquirieron conocimientos frente al modelado 3D y su renderizado.</p> <p>De igual forma, se tuvo como precedente que el uso de la tecnología de realidad aumentada permitía mejorar el aprendizaje de los estudiantes y aumentar su motivación frente al estudio de la química.</p>
<p>Realidad aumentada en la enseñanza de la química de coordinación y estructura de sólidos</p>	<p>2019</p>	<p>Martínez Hung, Hassan; García López, América; Quesada González, Omaidá; Almenares Verdecias, Isabel</p>	<p>La investigación tenía como objetivo principal evaluar la influencia de la realidad aumentada (RA) en la motivación y comprensión de los temas abordados en las asignaturas de Química Inorgánica II y química de materiales en la Universidad de Oriente, Cuba. Se utilizaron modelos tridimensionales de realidad aumentada (RA) que</p>	<p>Contribuyó a plantear las actividades de aprendizaje realizadas en la secuencia didáctica a partir de modelos tridimensionales visualizados en realidad aumentada.</p>



			<p>incluyeron estructuras moleculares, compuestos de coordinación, orbitales y más. Se emplearon programas como Blender, Aumentaty, Chimera, WebCSD PDB, HyperChem y GaussView en el desarrollo y visualización de los modelos. Los resultados indicaron que la RA aumentó la motivación de los estudiantes y facilitó el aprendizaje en ambas asignaturas, según una encuesta tipo Likert diseñada para la validación de la aplicación.</p>	<p>Además, permitió conocer el proceso mediante el cual se produce el modelado de diferentes sustancias químicas y la forma en que se exportan a plataformas especializadas en su visualización.</p>
<p>Realidad aumentada como recurso disruptivo para explorar la química orgánica</p>	<p>2022</p>	<p>Mario Fernando Bustillo López, Liliana Ferrer, Silvina Videla, Gabriela Ohanian y Sergio Vardaro</p>	<p>El objetivo central fue desarrollar e implementar AUMENTED, una plataforma educativa basada en realidad aumentada (RA) para apoyar la enseñanza de conceptos químicos, especialmente en Química Orgánica. Con accesibilidad a través de un navegador web, la plataforma buscó facilitar la comprensión de temas educativos, mejorar habilidades y motivar el aprendizaje de la Química mediante herramientas tecnológicas para el autoaprendizaje. La metodología comprendió siete fases, desde la selección de clases y temas hasta la tutoría del uso de la RA, la aplicación de la plataforma y la validación del proceso. Los resultados destacaron que AUMENTED mejoró la comprensión espacial de compuestos orgánicos, permitiendo una educación más abierta y creativa a través del uso de dispositivos móviles,</p>	<p>El proyecto al demostrar que una plataforma basada en realidad aumentada permite captar el interés de los estudiantes, fomentando su participación en el aprendizaje, permitió el establecimiento de herramientas didácticas tenidas en cuenta en el diseño de la secuencia didáctica implementada.</p> <p>Conforme a las dificultades identificadas y las recomendaciones proporcionadas en el trabajo en relación con la plataforma educativa, se llevaron a cabo mejoras</p>

			<p>cumpliendo así con sus objetivos educativos.</p>	<p>significativas en el desarrollo de aplicación móvil. Estas mejoras incluyeron aspectos tales como la interfaz, interactividad con los usuarios y visualización de los modelos tridimensionales.</p>
<p>La Realidad Aumentada (AR) para el aprendizaje de Química Orgánica</p>	<p>2020</p>	<p>Aura Marcela Rodríguez González</p>	<p>El estudio se propuso analizar el impacto de la Realidad Aumentada (RA) en el proceso de aprendizaje de química orgánica en estudiantes de undécimo grado. La metodología incluyó la aplicación inicial de un cuestionario para evaluar conocimientos previos sobre hidrocarburos y alcoholes, seguido por la creación y ejecución de guías de interaprendizaje mediante el modelo de Escuela Nueva, utilizando RA. Finalmente, se administró una prueba final para comparar el progreso conceptual con la evaluación inicial. Los resultados indicaron que el uso de RA mejoró significativamente la comprensión de los estudiantes, atribuyendo este avance a la presentación de contenidos más contextualizados y cercanos a la realidad individual de los participantes.</p>	<p>En este proyecto se destacó de manera positiva los beneficios de la realidad aumentada (RA) en el aprendizaje, especialmente en la comprensión de conceptos complejos en Química. Este éxito sentó un sólido precedente para proponer la implementación de la RA como herramienta de aprendizaje de la isomería orgánica.</p> <p>Al igual que en el estudio, se empleó una metodología que incluyó una evaluación inicial de conocimientos sobre isomería, seguida del diseño y aplicación de actividades mediadas por RA.</p>

				La experiencia positiva previa sugirió que la presentación de contenidos tridimensionales y contextualizados a través de la RA podría mejorar significativamente la comprensión de la isomería, haciendo que los conceptos sean más accesibles y aplicables para los estudiantes.
Promoción de la comprensión de las representaciones químicas: uso de una herramienta de visualización en el aula por parte de los estudiantes	2001	Hsin-Kai Wu, Joseph S. Krajcik, Elliot Soloway	<p>Este estudio buscó mejorar la comprensión de representaciones químicas mediante la herramienta eChem. Un total de 71 estudiantes de undécimo grado de una escuela pública trabajaron en parejas durante seis semanas, abordando una toxina en el agua para responder a una pregunta de investigación. Los docentes enseñaron teoría VSEPR, enlaces covalentes, polaridad de enlaces, nomenclatura IUPAC y estructuras moleculares. Los estudiantes aplicaron eChem en actividades centradas en hidrocarburos y alcanos.</p> <p>Los resultados de pruebas inicial y final mostraron una mejora significativa en la comprensión, destacando la facilitación en la construcción de modelos y la generación de vínculos visuales y conceptuales gracias a eChem.</p>	El software implementado permitió la identificación de elementos esenciales para lograr que los estudiantes establezcan conexiones entre los conceptos y las representaciones visuales. Entre estos elementos se destacan la capacidad de interactuar con modelos tridimensionales y su relación con problemáticas de la vida cotidiana.

<p>Desarrollo de habilidades visoespaciales: un reto para la enseñanza de química orgánica</p>	<p>2019</p>	<p>Pineda Caro, Diana Yicela; Torres Merchán, Nidia Yaneth y Vargas Aguilar, Edgar Eduardo</p>	<p>El proyecto tuvo como objetivo mejorar la habilidad visoespacial de los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Pedagógica Tecnológica de Colombia en la enseñanza de estereoisómeros de compuestos orgánicos mediante modelos moleculares de origami. Se empleó un enfoque cualitativo y un diseño cuasiexperimental. Se realizaron tres fases: diagnóstico, diseño e implementación de la estrategia, y evaluación. Se aplicó una encuesta a docentes para identificar la metodología y dificultades de aprendizaje. Se elaboró una guía didáctica y se llevaron a cabo cuatro talleres con modelado de moléculas en origami. La evaluación final mediante un cuestionario demostró una mejora significativa en la comprensión tridimensional, fortaleciendo la habilidad visoespacial y mejorando la enseñanza y aprendizaje de química orgánica.</p>	<p>El empleo del origami como estrategia didáctica innovadora en el aprendizaje de la isomería óptica no solo evidenció una apertura hacia enfoques pedagógicos creativos, sino que también sentó las bases para la incorporación exitosa de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada, en el entorno educativo.</p> <p>Además, resultó valioso al proporcionar percepciones significativas sobre cómo los estudiantes pudieron potenciar su competencia visoespacial mediante modelos físicos, contribuyendo significativamente al diseño de actividades que promovieron un desarrollo similar. Este enfoque práctico no solo demostró eficacia en la comprensión de conceptos tridimensionales, sino que también</p>
--	-------------	--	---	---

				ofreció la posibilidad de implementar estrategias más avanzadas, como la integración de realidad aumentada, para enriquecer aún más la experiencia educativa.
--	--	--	--	---

## CAPÍTULO II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Objetivo general

Diseñar e implementar una secuencia didáctica para el aprendizaje significativo de la isomería de compuestos orgánicos y desarrollo de la visualización a partir de una aplicación de realidad aumentada con estudiantes de IV semestre de Licenciatura en Química de la UPN.

### Objetivos específicos

- Caracterizar el grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería orgánica en estudiantes de IV semestre de la Universidad Pedagógica Nacional.
- Diseñar y validar una secuencia didáctica que facilite el aprendizaje de la isomería de compuestos orgánicos y la competencia visoespacial incorporando una aplicación de realidad aumentada.
- Evaluar el aprendizaje significativo adquirido en isomería orgánica y el avance de la competencia visoespacial por parte de los estudiantes.

## CAPITULO III. REFERENTES CONCEPTUALES

### Referentes disciplinares

*Existe una característica estructural que debe ser tomada en cuenta: la relación espacial entre átomos y moléculas reaccionantes. Estar en el lugar correcto puede ser el factor más poderoso para determinar la velocidad y el producto de una reacción*

*Robert Thornton, Morrison Robert y Neilson Boyd*

Los compuestos o moléculas orgánicas corresponden a especies químicas que contienen en su composición atómica al elemento carbono y por lo general átomos de hidrógeno. El número de estos compuestos resulta ser muy abundante, esto debido a la capacidad de concatenación del carbono, formando enlaces covalentes (sencillos y múltiples) y cadenas que pueden ser lineales, ramificadas o cíclicas. Además, forma enlaces con otros elementos más electronegativos tales como los halógenos, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo e incluso con los metales. (Pilar et al., 2013). A lo largo del tiempo se han encontrado tanto moléculas con miles de átomos, como moléculas de pequeño tamaño, con ordenamientos complejos. Esta situación pone de manifiesto uno de los mayores problemas de la química orgánica, el determinar cómo es la estructura de dichos compuestos (Morrison y Boyd, 1998).

De acuerdo con Muñoz (2015), el análisis de las estructuras moleculares en los compuestos orgánicos puede darse conforme a los siguientes cuatro niveles estructurales:

- Composición: se refiere al tipo de átomos y la proporción en la que se encuentran en la molécula.
- Constitución: está relacionada con la secuencialidad en la que se unen los átomos en una molécula.
- Configuración: se asocia con la orientación que presentan los átomos en el espacio.

- Conformación: está vinculada con la orientación de los átomos en el espacio, pero como resultado de los giros alrededor de los enlaces sencillos de la molécula.

El estudio de los compuestos orgánicos a partir de su estructura permitió identificar una propiedad denominada isomería, la cual se refiere a la relación existente entre isómeros, los cuales son compuestos químicos que tienen la misma composición química, pero difieren en su constitución, configuración o conformación, presentando propiedades físicas y químicas diferentes (Muñoz, 2015). Por lo tanto, los isómeros son compuestos que presentan idénticas fórmulas moleculares, pero difieren en su fórmula estructural. En otras palabras, tienen la misma composición atómica y masa molecular, pero se diferencian en cuanto a su conectividad y disposición de sus átomos en el espacio (Pilar et al., 2013).

El estudio de la isomería es imprescindible en la comprensión de las estructuras moleculares, propiedades de los compuestos y mecanismos de reacción (Adriana y Corzo, 2009). Si bien, en los compuestos orgánicos este fenómeno es común, no se limita solo a ellos, ya que existen compuestos inorgánicos que la presentan, como lo son los compuestos de coordinación, los cuales son sustancias químicas que constan de un ion metálico central unido a moléculas o iones circundantes, conocidos como ligandos. (Sánchez et al., 2017).

Los compuestos orgánicos presentan diferentes tipos de isomería que se clasifican en dos clases principales: isómeros estructurales o constitucionales (difieren en su constitución) y estereoisómeros (difieren en su configuración o conformación) (Wade et al., 2004). La primera se puede comprender por medio de fórmulas bidimensionales, mientras la segunda requiere que se tenga en cuenta la estructura tridimensional que presentan las moléculas (Carvajal y Navia, 2018).

Los isómeros constitucionales o estructurales, como su nombre lo indica, son compuestos orgánicos que presentan la misma composición y difieren únicamente en su constitución. Por lo tanto, son moléculas en las cuales cambia la secuencia en la que se enlazan los átomos de carbono (isomería de cadena). También se exhibe en los casos en los que se altera la ubicación del grupo funcional (isomería de posición) o presentan grupos funcionales diferentes (isomería de función) (Muñoz, 2015). Sin importar la causa del isomerismo, siempre se les debe considerar como compuestos orgánicos diferentes con propiedades independientes, pero la misma fórmula molecular (McMurry et

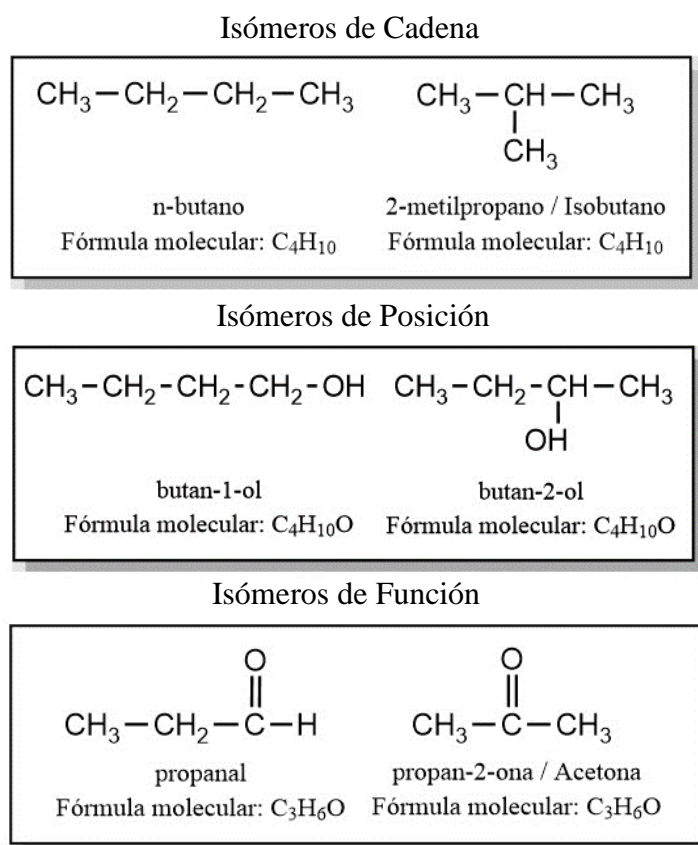


al., 2008). Debido a que este tipo de isomería no cambia la configuración o conformación de los compuestos, estos se pueden representar con fórmulas en dos dimensiones, tales como las fórmulas desarrolladas, semidesarrolladas o de líneas y ángulos (Muñoz, 2015).

Algunos ejemplos de cada uno de los tipos de isomería constitucional (cadena, posición y función) se pueden evidenciar en la Figura 2.

**Figura 2**

*Ejemplos de isómeros constitucionales*



*Fuente:* Elaboración propia

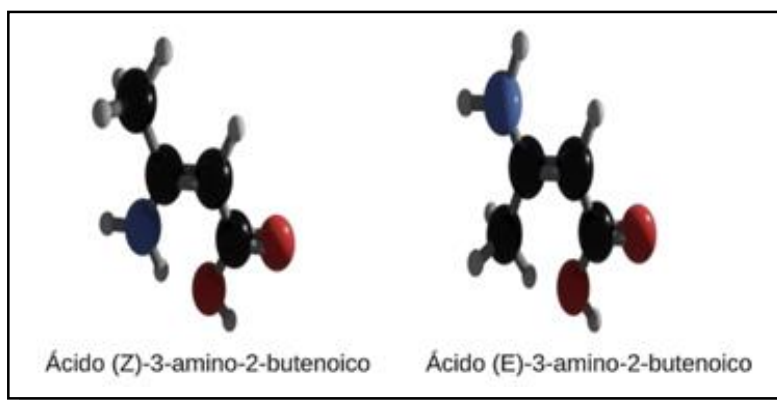
Por otra parte, si se presentan dos compuestos orgánicos que tienen la misma conectividad en sus enlaces (igual constitución) y estos son isómeros, significa que debe haber diferencias en la distribución espacial de los átomos que los conforman. Este tipo de isomería se denomina estereoisomería y las moléculas que la presentan se les da el nombre de estereoisómeros (Muñoz,

2015). Debido a que en dicho isomerismo los átomos presentan la misma distribución, pero diferente disposición en espacio, los compuestos se pueden representar con la misma fórmula bidimensional y habría que representarlos en tres dimensiones para apreciar sus diferencias (Pilar et al., 2013).

Los estereoisómeros pueden presentar diferente configuración (isomería configuracional) o conformación (isomería conformacional) (Muñoz, 2015). En el primer tipo de isomería se encuentran los diastereoisómeros y enantiómeros. Los diastereoisómeros son isómeros cuyos átomos tienen la misma conectividad, es decir que sus átomos están conectados en el mismo orden, y no son la imagen especular del otro. La mayoría de ellos son isómeros geométricos o moléculas que contienen múltiples centros quirales (Wade et al., 2004). Un ejemplo de este tipo de isomería son los isómeros del ácido 3-amino-2-butenoico, los cuales al tener los sustituyentes de mayor prioridad en el doble enlace en el mismo plano (configuración Z) o en diferente (configuración E) da como resultado dos compuestos que presentan la misma conectividad, pero la disposición de sus átomos es diferente, tal y como se puede evidenciar en la Figura 3.

### Figura 3

*Isómeros Z y E del ácido 3-amino-2-butenoico*



*Fuente:* Elaboración propia

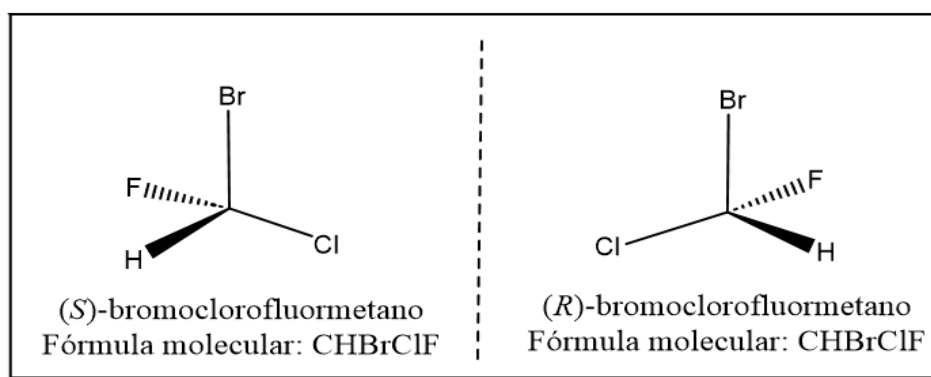
Nota. Las esferas de color negro representan los átomos de carbono (C), las blancas los átomos de hidrógeno (H), las rojas los átomos de oxígeno (O) y las azules los átomos de nitrógeno (N).

En caso de que los isómeros presenten una imagen especular y está no sea superponible, se establece que son enantiómeros. Teniendo en cuenta que la propiedad de no ser imágenes especulares superponibles se le conoce como quiralidad, significa que todos los enantiómeros deben tratarse de

moléculas quirales (Yurkanis, 2015). Para visualizar la estructura de los estereoisómeros de forma bidimensional se debe hacer uso de fórmulas estereoquímicas, tales como las fórmulas de cuñas o también llamadas fórmulas de perspectiva y proyecciones de Fisher, ya que permiten representar las tres dimensiones espaciales que tiene el compuesto orgánico (Muñoz, 2015). En la Figura 4 se puede apreciar un ejemplo de enantiómeros, correspondientes al (S)-bromoclorofluorometano y el (R)-bromoclorofluorometano, los cuales difieren en la disposición de sus sustituyentes alrededor del carbono quiral, en la *configuración S* los grupos de mayor prioridad según las reglas de Cahn, Ingold y Prelog se encuentran ubicados en sentido antihorario, mientras que en la *configuración R* los sustituyentes de mayor prioridad se ubican en sentido horario.

#### Figura 4

Isómeros S y R del bromoclorofluorometano



Fuente: Elaboración propia

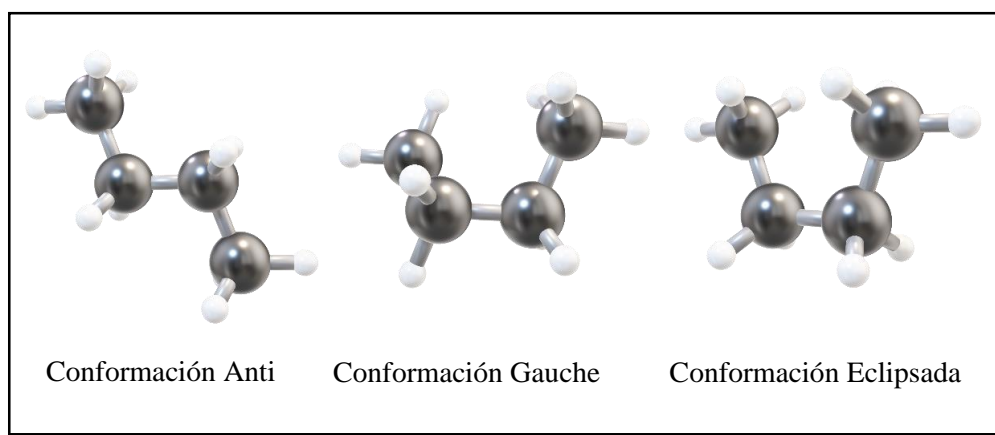
Los estereoisómeros en los cuales se presenta la misma configuración, pero presentan diferentes conformaciones debido a la rotación de sus enlaces sencillos se denominan conformeros. En comparación con los isómeros constitucionales, en la mayoría de los casos, no pueden obtenerse por separado los diferentes conformeros, ya que estos se convierten rápidamente en otros a una temperatura ambiente (McMurry et al., 2008).

Un ejemplo de las posibles conformaciones de un compuesto orgánico se ilustra en la Figura 5, en donde se muestran la conformación anti, gauche y eclipsada del n-butano. La conformación anti es la más estable, ya que minimiza las repulsiones estéricas entre los grupos metilo opuestos. En la

conformación gauche, los grupos metilo adyacentes están ligeramente eclipsados, mientras que en la conformación eclipsada, están directamente superpuestos, lo que resulta en una mayor energía debido a las interacciones estéricas desfavorables. La estabilidad disminuye en el orden anti > gauche > eclipsada. La transición entre estas conformaciones implica rotaciones conformacionales alrededor de los enlaces

### Figura 5

*Conformeros del n-butano*



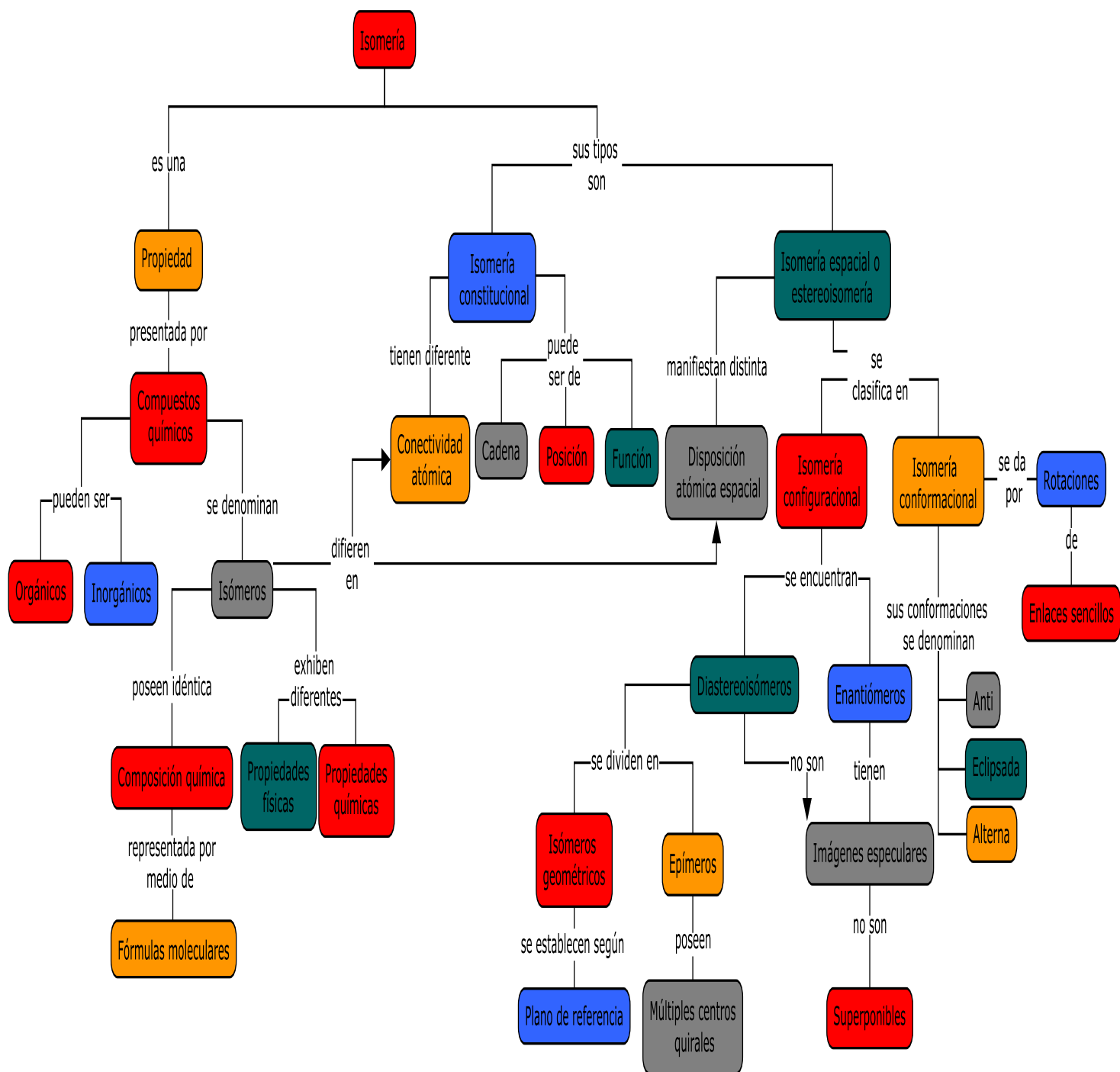
*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* Las esferas de color negro representan los átomos de carbono (C) y las blancas los átomos de hidrógeno (H)

En la Figura 6 se muestra el esquema de mapa conceptual sobre isomería orgánica, con base a su definición y clasificación.

**Figura 6**

*Mapa conceptual sobre la isomería de compuestos orgánicos*



Fuente: Elaboración propia

## Referentes didácticos

### *Secuencia didáctica*

Una secuencia didáctica, unidad didáctica, o secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) corresponde a un conjunto de actividades sistemáticas, estructuradas y articuladas de aprendizaje y evaluación, mediadas por el docente con el propósito de mejorar la asimilación y comprensión de los contenidos curriculares a partir de diferentes herramientas didácticas (Barriga, 2013; Rodríguez, 2014; Tobón et al., 2010; Zabala, 2008). En ella se incluyen los materiales y recursos que emplea el docente en el momento de su aplicación, por ejemplo; videos, audios, prácticas de laboratorio, simuladores, dispositivos electrónicos, juegos, etc. así como los documentos con los cuales trabajarán los estudiantes (cuestionarios, lecturas, aplicaciones, etc.). Además, describe detalladamente los contenidos específicos, el contexto, los objetivos de aprendizaje, el orden preestablecido y la forma en la que se evaluará cada tarea (Couso, 2011).

Las actividades de aprendizaje parten de la identificación las ideas previas del estudiante sobre el componente a enseñar y luego se relacionan con situaciones problema en contextos reales, esto con el fin de favorecer la adquisición de aprendizajes significativos. Por lo tanto, la secuencia no consiste en realizar actividades convencionales, se requiere que el aprendiz efectúe acciones prácticas que permitan vincular sus conocimientos previos con la nueva información proveniente de su realidad y el objeto de conocimiento (Barriga, 2013). De acuerdo con esto, se puede afirmar que la SEA corresponde a una Secuencia de análisis fundamental para mejorar y reflexionar sobre el quehacer docente, ya que incorpora diferentes decisiones referentes a su práctica: elección y disposición de los contenidos, recursos didácticos, el tiempo y el espacio; disposición de los estudiantes y asignación de funciones; la función de la evaluación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje y su papel como mecanismo para medir los resultados (Zabala, 2008).

El diseño de una SEA parte las competencias que se pretenden desarrollar en los estudiantes y los objetivos del proceso de enseñanza. Con base en estos elementos, se priorizan los contenidos y se seleccionan los materiales, recursos, actividades, organización de trabajo (individual, cooperativo, colaborativo) y la manera en que se evaluarán las actividades propuestas. Dentro de su planificación,

se tienen en cuenta actividades de inicio, desarrollo y cierre, las cuales buscan favorecer el aprendizaje a través de diferentes recursos didácticos (Rodríguez, 2014).

Las actividades de inicio, apertura o introducción tienen como fin el indagar sobre la información previa que tienen los estudiantes y emplearla como punto de partida en la construcción de nuevos significados (Rodríguez, 2014). En este momento el docente puede emplear actividades tales como: debates, preguntas orientadoras, estudio de un problema del contexto o fomentar discusiones por grupos partiendo de preguntas que sean significativas para los estudiantes (Barriga, 2013). En este primer momento, generalmente las actividades no se plantean por cada uno de los encuentros que se tengan de clase, estas se establecen de acuerdo con el contenido temático de la secuencia didáctica (Leguizamón et al., 2019).

Las actividades de desarrollo tienen el propósito de relacionar la información previa del estudiante con la nueva información y en la medida de lo posible, contemplar un referente teórico que le permita al estudiante dar significado a lo que está aprendiendo (Barriga, 2013). Dentro de estos referentes contextuales, el docente puede recurrir al desarrollo de un debate basado en el componente estudiado, la visualización de un video estrictamente conceptual o al uso de diferentes herramientas digitales. (Leguizamón et al., 2019). Dentro de estas actividades de profundización, se debe tener en cuenta que hay dos momentos que se deben desarrollar, el trabajo cognitivo con la información presentada y el uso de dicha información para resolver un determinado problema. El problema puede ser formulado a partir de una situación real o establecido por el propio docente. No se busca que la aplicación parta de ejercicios convencionales como lo es el uso de cuestionarios, se requieren actividades que representen un cierto grado de significancia por parte de quien aprende (Barriga, 2013).

En el tercer momento, correspondiente a las actividades de cierre, el docente hace uso de diferentes estrategias para dar finalización a las correspondientes actividades de aplicación, de tal modo que se logre evidenciar la adquisición de un aprendizaje significativo. Este momento se establece una vez que los propósitos y principios básicos se reconocen como aprendidos en el sentido de que el estudiante tiene la capacidad de relacionar los conocimientos nuevos con los que ya hacían parte de su estructura cognitiva (Feo, 2010).

## *Aprendizaje significativo*

El aprendizaje significativo, según el psicólogo estadounidense David Ausubel es el proceso mediante el cual la nueva información se vincula de manera no aleatoria y no literal a la estructura cognitiva del alumno. Es decir, con sus conocimientos previos. (Moreira et al., 1997). La información previa se refiere al conglomerado de conceptos e ideas existentes por parte del individuo en una determinada disciplina, como también su organización (Ausubel et al., 1983).

La nueva información no se relaciona de forma completa con la estructura cognitiva del individuo, únicamente los elementos de mayor relevancia, los cuales se denominan subsumidores o ideas de anclaje. (Moreira et al., 1997). Con “no literal” se refiere a la sustantividad, lo cual quiere decir que lo que se incorpora a los conocimientos previos es la sustancia del nuevo conocimiento, no las palabras usadas para expresarlos. (Ausubel, 1976)

Cuando el estudiante no tiene suficientes conocimientos previos para dar sentido a los nuevos conocimientos y/o cuando no está inclinado a aprender, estos conocimientos se retienen en la estructura cognitiva de forma puramente mecánica, sin sentido, sin poder explicarlos plenamente y tampoco sin comprenderlos (Moreira, 2014).

Es una teoría con alta relevancia en el campo educativo, ya que explica el mecanismo por el cual los seres humanos adquieren y retienen grandes cantidades de ideas e información que está representada en cualquier campo del saber. Abordando todos los elementos, condiciones y tipos que posibilitan la adquisición y alojamiento del contenido que la institución le ofrece al estudiante, de manera tal que sea él mismo quien le dé significado. (Ausubel, 1976).

Ausubel (1976), establece tres tipos de aprendizaje significativo: representacional, propositivo y conceptual. El aprendizaje más sencillo corresponde al aprendizaje por recepción o representacional, el cual incluye por lo general palabras o lo que se representa. El aprendizaje de proposiciones, el cual se refiere al significado dado a las ideas combinadas en oraciones y el aprendizaje de conceptos, hace referencia a un tipo de representación de símbolos, pero que en términos generales son genéricos o categoriales.

De forma sucinta, el aprendizaje significativo corresponde a una teoría ya que explica el mecanismo o modo mediante el cual se genera el aprendizaje, es decir, su psicología. En ella se



menciona la evolución de los conocimientos previos con base en la interacción con los conocimientos nuevos. La teoría, resuelve el problema del aprendizaje de memoria originado por la teoría conductista, introduciendo como novedad la forma de adquirir conocimientos que posibilitan la formación de nuevos aprendizajes. Además de permitir un proceso reflexivo del conocimiento adquirido y la construcción de conocimiento razonable e intencionado. Presenta como limitación explicar a nivel neurobiológico como se produce el conocimiento, esto debido a la incapacidad de medir los conocimientos previos de un sujeto de forma interna, solo se puede recurrir a entrevistas clínicas o test para poderlas identificar.

Las dos características principales del aprendizaje significativo son su sustancialidad y la falta de arbitrariedad. Con sustancialidad se refiere a la no literalidad, esto quiere decir que lo que interactúa con la estructura cognitiva de una persona no son las representaciones simbólicas que se usan para expresar los conocimientos, sino la esencia del nuevo conocimiento, que un mismo concepto puede tener diferentes representaciones y tener el mismo significado. (Moreira, Caballero y Rodríguez, 1997). Como lo expresaba Ausubel (1963), el aprendizaje significativo no puede depender del uso de un conjunto de símbolos de forma particular.

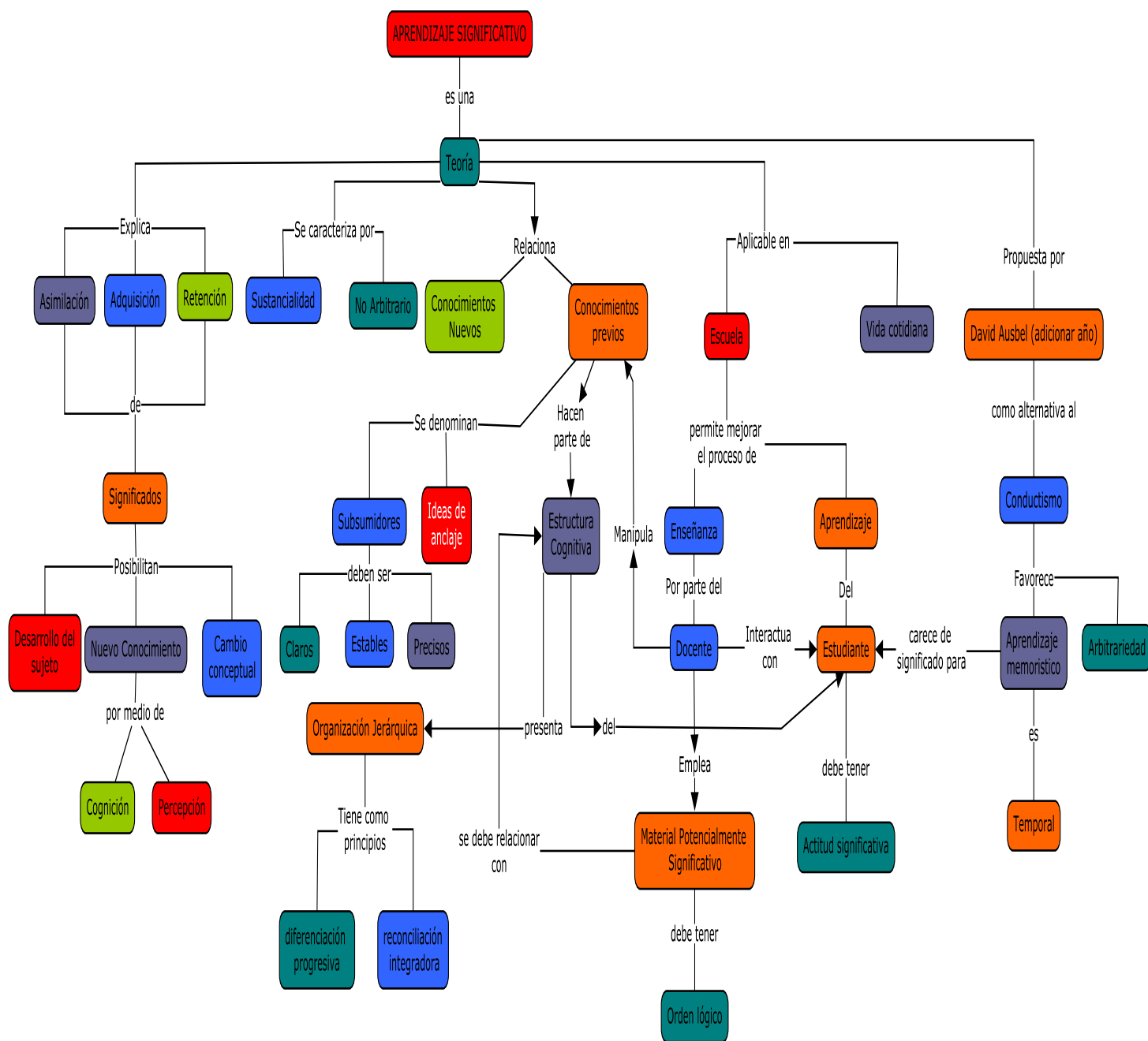
La no arbitrariedad se refiere al orden lógico en el que se vincula o relaciona la estructura cognoscitiva del sujeto y el material potencialmente significativo, es decir que no toda la información previa existente en la estructura cognitiva participa en la generación del aprendizaje, solo aquella que sea relevante (Moreira et al., 1997). Por lo tanto, el conocimiento previo representa el alojamiento de información que se dispone por parte del individuo conforme a la información que está siendo incorporada.

Por otro lado, existen dos condiciones fundamentales que se deben dar en el proceso de generación de significados, se debe contar con una actitud potencialmente significativa por parte de quien aprende, es decir que el sujeto tenga la intencionalidad de aprender significativamente y se debe emplear un material potencialmente significativo. Dicho material tiene como características tener un orden lógico (no arbitrario), es decir que sea relacionable con la estructura cognitiva de quien está aprendiendo y debe contar con las correspondientes ideas de anclaje, de tal manera que favorezcan la relación entre la información o conocimientos nuevos que se estén presentado. (Rodríguez, 2011).

A continuación, se ilustra el mapa conceptual sobre la teoría del aprendizaje significativo, en el cual se establece su definición, características y diferencias con otras teorías del aprendizaje:

**Figura 7**

*Mapa conceptual sobre la teoría del aprendizaje significativo según Ausubel (1963)*



Fuente: Elaboración propia

## *Ciclo de aprendizaje 7E*

El enfoque pedagógico denominado "Ciclo de aprendizaje 7E" se basa en siete fases secuenciales fundamentales en el diseño de una secuencia didáctica. Su denominación proviene de las siete etapas que lo componen, todas ellas iniciando con la letra E. Cabe destacar que el orden en que estas etapas se abordan es flexible, lo que implica que algunas de ellas pueden ser trabajadas de forma simultánea o incluso superponerse unas sobre otras (Romero y Vázquez, 2013). Este modelo teórico fue planteado por primera vez por Eisenkraft en el 2003 como una ampliación del modelo establecido por Bybee en 1997 conocido como modelo de las 5E (Gómez y Ramírez, 2018).

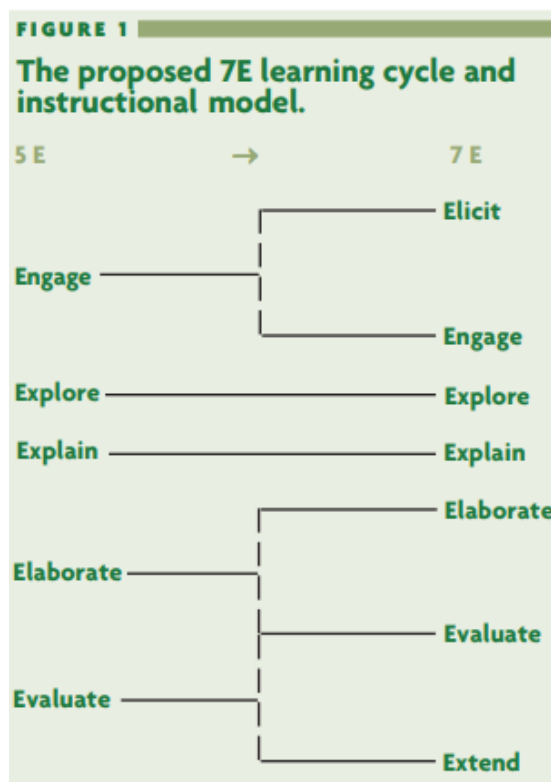
De acuerdo con Eisenkraft (2003) las fases de este modelo son:

- Enganchar: Se trata de despertar el interés y la curiosidad de los estudiantes, sumergiéndolos en el tema a tratar.
- Elicitar: En esta fase, se busca comprender las diferentes ideas previas que los estudiantes puedan tener, con el objetivo de identificar sus necesidades y crear un ambiente que favorezca la construcción de un aprendizaje significativo.
- Explorar: A través de diversas actividades de aprendizaje (como diseñar proyectos o experimentos, resolver problemas, recopilar y analizar datos, formular conclusiones, desarrollar hipótesis, hacer predicciones, discutir temas, etc.), los estudiantes profundizarán en el tema de estudio para su comprensión.
- Explicar: El profesor utiliza conceptos, terminología, hechos, leyes, etc., para interpretar y reforzar los resultados de la fase de exploración.
- Elaborar: Se trata de aplicar y transferir el aprendizaje a nuevas preguntas y problemas propuestos por el docente.
- Extender: Implica “transferir y aplicar el aprendizaje a nuevos dominios, preguntas y contextos más alejados de los estudiantes.
- Evaluar: Se aplica una variedad de métodos e instrumentos para realizar una evaluación formativa de todos los aspectos relevantes que se trabajaron durante las demás etapas.

En comparación con el modelo propuesto de las 5E, el modelo 7E se centra en la identificación de conocimientos previos (elicit) y ampliación de los conceptos (extender) . Con esto, se busca que los docentes ya no puedan omitir estos dos requisitos incorporados y que son fundamentales para el proceso de aprendizaje de los estudiantes (Eisenkraft, 2003). En la Figura 8 se muestra la ampliación del modelo de las 5E al modelo 7E.

**Figura 8**

*Expansión del modelo 5E al 7E*



*Nota.* De "Expansión del modelo 5E" [Figura], por A. Eisenkraft, 2003, recuperado de <https://aae.lewiscenter.org/documents/AAE/Science/NGSS/eisenkraftst.pdf>

**Visualización**

El término de visualización presenta diferentes connotaciones de acuerdo con el contexto en el que se emplee, desde la enseñanza de las ciencias se establecen dos significados para este concepto: como verbo o sustantivo (Locatelli, 2011). En la primera acepción, la visualización se entiende como

la comprensión del significado atribuido a una representación interna (versiones disponibles mentalmente para una persona individual) y en la segunda, la visualización corresponde a la representación externa (versiones físicamente disponibles para otros de forma material, visual, verbal o simbólica), la cual se representa mentalmente por parte del sujeto como una imagen (Gilbert et al., 2008).

La visualización entendida como la capacidad de abstraer significados de las representaciones internas, resulta de vital importancia en el aprendizaje, principalmente en las ciencias, ya que los estudiantes tienen que desplazarse por los diferentes niveles de representación (submicroscópico, macroscópico y simbólico) (Merino et al., 2017). Por lo tanto, los estudiantes en ciencias deben convertirse en metacognitivos con relación a la visualización, de tal forma que dominen con experticia esta capacidad. En consecuencia, también se podría denominar a la visualización: competencia metavisual, o metavisualización (Gilbert, 2005).

Para Gobert (2007), la visualización en psicología e investigación educativa adopta tres usos diferentes: visualización interna, visualización externa y visualización como un tipo de habilidad espacial. La visualización como representación externa se refiere a aquella que emplea gráficos, diagramas, modelos, simulaciones o animaciones para favorecer el aprendizaje. En este uso se requieren diferentes recursos que permitan a los estudiantes construir significados de dichas representaciones. En cuanto a la visualización interna se emplea para explicar los modelos mentales que elaboran los sujetos de forma personal y que sirven en la resolución de problemas. Por último, la visualización como un tipo de habilidad espacial, es la que describe la capacidad de manipular o transformar las representaciones mentales a partir de diferentes configuraciones espaciales.

Es importante destacar que se pueden unificar los conceptos de visualización descritos por Gilbert et al. (2008) y Gobert (2007), ya que la visualización como sustantivo coincide en definición con el uso de la visualización como representación externa y por el otro lado, la visualización como verbo concuerda con la asignación de visualización interna y como habilidad espacial, ya que en ambos casos hay una acción mental por parte del individuo con base en la representación interna (Locatelli, 2011). Las diferentes definiciones de visualización en educación en ciencias no implican procesos mutuamente excluyentes (Gobert, 2007), ya que por ejemplo para tener una percepción visual (metavisualización) se requiere en principio una “imagen visual” (representación externa).

Teniendo en cuenta que en el presente trabajo el interés es el promover los procesos mentales que requieren los estudiantes para aprender a partir de las visualizaciones externas y adquirir conocimientos a partir de visualizaciones complejas de modelos químicos, la definición de visualización que se empleará es correspondiente a la competencia relacionada con la capacidad de abstracción de significados de las representaciones internas que se originan a partir de representaciones externas.

### ***Realidad aumentada***

La realidad aumentada (RA) se puede definir como la combinación de entornos del mundo real e información en formato digital, con el propósito de ampliar la forma en la que se perciben situaciones reales. Este tipo de ambientes se pueden proyectar en un dispositivo en donde se combinan la realidad captada mediante una cámara en tiempo real y el contenido virtual que se ha desarrollado de forma previa y sincronizado a través de marcadores (p. ej. tarjetas con ilustraciones o diagramas en blanco y negro) o también por el posicionamiento geográfico (Merino et al., 2017). En el caso que el objeto virtual sea tridimensional, este puede visualizarse desde diferentes perspectivas moviendo la cámara del dispositivo o el marcador empleado (Dettorra, 2021).

La RA por lo tanto, es considerada un tipo de tecnología que permite la inmersión a través de un dispositivo (teléfonos móviles, tablets, computadores, etc.) relacionada con la realidad virtual (RV), en la cual las visualizaciones generadas son la mezcla del entorno real y elementos virtuales, es decir, es una tecnología de realidad mezclada o realidad híbrida, cuyo contenido está más orientado hacia lo real, en comparación con la realidad virtual que esta más cercana con la virtualidad (Ruiz, 2011). Esta tecnología presenta diferentes aplicaciones, en donde la modelización de objetos en tres dimensiones es una de las más utilizadas, presentando como características fundamentales la capacidad de crearse, maniobrarse y ser rotados en el espacio (Almgren et al., 2005).

La implementación de la RA en educación posibilita por parte de los estudiantes comprender de forma más explícita relaciones espaciales de alta complejidad y conceptos que pueden llegar a ser abstractos. Además, permite la visualización de objetos y fenómenos que debido a diferentes situaciones no están en el entorno convencional en donde se da el aprendizaje. Por lo tanto, su uso promueve habilidades y saberes que no pueden desarrollarse con otro tipo de tecnología. (Cuendet, 2013)

## CAPITULO IV. METODOLOGÍA

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos se optó por implementar un enfoque de investigación mixto con un diseño anidado concurrente de modelo dominante, ya que permite la recopilación y análisis de datos cuantitativos y cualitativos de forma simultánea para evaluar la competencia visoespacial y la comprensión de la isomería en compuestos orgánicos (Hernández et al., 2018). El enfoque cuantitativo, que es dominante en este diseño, permitió una evaluación objetiva a través de los cuestionarios suministrados, mientras el enfoque cualitativo (secundario o anidado) proporcionó una visión más profunda del aprendizaje de los estudiantes a través del análisis de las categorías de interpretación, traducción y manipulación mental de representaciones químicas. La concurrencia de estos dos métodos permitió una comprensión más completa del fenómeno estudiado.

El estudio se llevó a cabo con un grupo de 13 estudiantes constituido por 8 mujeres y 5 hombres de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional pertenecientes al espacio académico de Sistemas Orgánicos I Grupo-02. Se seleccionan los estudiantes específicamente de este espacio académico ya que en el syllabus estructurado desde la renovación curricular para la versión 3 en el área temática III denominada: isomería y estereoquímica, se abordan los componentes de clasificación de isómeros y representación de estos en diferentes dimensiones. Lo cual permite fortalecer habilidades relacionadas con la formulación de compuestos orgánicos y descripción de sus propiedades con base en la caracterización de su isomería molecular.

Para evaluar su competencia visoespacial y comprensión de la isomería en compuestos orgánicos, se suministró al grupo dos instrumentos validados (un cuestionario impreso y otro cuestionario virtual) como prueba de entrada (Apéndice A (p. 108) y Apéndice B (p.112) ). Luego, se implementó la secuencia didáctica que incorporaba una aplicación móvil de realidad aumentada y siguiendo el ciclo de aprendizaje de las 7Es. Finalmente, para evaluar el aprendizaje significativo alcanzado en isomería orgánica y el progreso en la competencia visoespacial, se desarrolló una prueba final diferente a la inicial (Apéndice E (p.174) y Apéndice F (p.177)) , pero similares en contenido, instrucciones y duración (método de formas alternativas o paralelas) (Hernández et al., 2018).

A continuación, se describen detalladamente cada una de las fases metodológicas llevadas a cabo en el proyecto de investigación:

## **Fase I. Prueba inicial de Competencia Visoespacial e Isomería Orgánica**

Se realizó una prueba de entrada validada por un experto con la finalidad de caracterizar el grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería orgánica en el grupo de estudiantes seleccionados. La prueba constó de dos etapas: En la primera, los estudiantes participaron en una sesión de una hora en el aula, durante la cual respondieron al cuestionario impreso que se encuentra en el Apéndice A. La segunda etapa tuvo lugar en la sala de sistemas del Departamento de Química, donde los estudiantes desarrollaron el cuestionario del Apéndice B, también durante un período de una hora.

El diseño de la prueba y el análisis de los resultados obtenidos se realizó a partir de tres categorías: interpretación, traducción y manipulación mental de representaciones químicas. La primera categoría se refiere a la capacidad de comprender adecuadamente los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas empleadas en la química, la cual requiere el establecimiento de vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales (Krajcik, 1991; Kai et al., 2001). La segunda categoría se refiere a la capacidad de transformar una representación dada de un compuesto químico en otras formas equivalentes de representación, como fórmulas moleculares, fórmulas semidesarrolladas, proyecciones de Fischer o estructuras tridimensionales (Kai et al., 2001). Por último, la tercera categoría se refiere a la capacidad de construir imágenes mentales en 3D a partir de fórmulas químicas bidimensionales y rotar mentalmente imágenes en 2D o representaciones en 3D (Pribyl y Bodner, 1987; Kai et al., 2001). Cada categoría y desempeño de los estudiantes se evaluó a partir de una serie de indicadores con base en cuatro niveles: superior, alto, básico y bajo.

En la Tabla 1 se evidencia la estructura general de la prueba de caracterización, incluyendo las tres categorías de análisis, los indicadores de cada una de ellas y las preguntas de cada prueba que permitieron establecer los niveles de desempeño de cada estudiante. Las rúbricas de evaluación por categorías e indicadores se pueden evidenciar en el Apéndice C (p. 120).



**Tabla 1**

*Estructura de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial e isomería de compuestos orgánicos.*

Categoría	Indicadores	Ítems	
		Prueba	Pregunta
Interpretación de representaciones químicas	El estudiante identifica los isómeros de un compuesto orgánico determinado a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	Física Primera parte	1 y 2
	El estudiante reconoce los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales de barras y esferas.	Virtual Segunda parte	1
	El estudiante identifica las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	Virtual Segunda parte	2
	El estudiante predice y explica, empleando fundamentos científicos, las propiedades físicas y químicas de los isómeros con base en la disposición de sus átomos en el espacio.	Virtual Segunda parte	7
Traducción de representaciones químicas	El estudiante representa diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones; fórmulas desarrolladas, fórmulas estructurales, proyecciones de Fischer, Proyecciones de Newman y fórmulas de líneas y ángulos.	Física Primera parte	3 (Fórmulas bidimensionales y 4 (Fórmulas tridimensionales)
		Virtual Segunda parte	6 (A y B) Fórmulas bidimensionales

			6 (C y D) Fórmulas tridimensionales
	El estudiante representa fórmulas bidimensionales a partir de modelos tridimensionales (caja de modelos moleculares).	Física Primera parte	4 (D)
Manipulación mental de representaciones químicas	El estudiante realiza mentalmente giros y diversos movimientos en ángulos variados a diversas estructuras orgánicas, a partir de representaciones en 2D y 3D	Virtual Segunda parte	3, 4 y 5

*Fuente:* Elaboración propia

## **Fase II Diseño y elaboración de la aplicación: IsomeRA**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de entrada se diseñó una aplicación móvil de realidad mixta o también conocida con el nombre de realidad aumentada para dispositivos Android, la cual recibió el nombre de IsomeRA. Este software fue desarrollado por el autor como parte integral del proyecto y no está disponible como software de código abierto, y su distribución y uso están restringidos. La versión subida a la Play Store es exclusivamente para demostración y evaluación en el contexto de este estudio. No se permite la reproducción, distribución o modificación sin la autorización explícita del autor.

Se seleccionó como entorno de desarrollo el software Unity 2022.2.1f1, el cual utiliza como lenguaje de programación C# para generar los scripts (conjunto de instrucciones escritas en lenguaje de programación para realizar tareas específicas en un programa) y la lógica de la aplicación. La aplicación se diseñó con cuatro escenas o secciones principales: Interfaz, Teoría, Biblioteca y Escanear. En la Figura 9 se puede evidenciar la aplicación móvil desarrollada subida en la Play Store.

## Figura 9

Aplicación móvil de realidad aumentada: IsomeRA publicada en la Play Store



Fuente: Elaboración propia

Nota. La aplicación de IsomeRA puede ser descargada desde la Play Store mediante el siguiente enlace: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.RubenFonseca.IsomeRA>

En la interfaz se encuentran los botones de las otras tres secciones, el botón de “acerca de” en donde se describen los aspectos más relevantes de la aplicación y el botón de “Salir”. En la escena de “Teoría” se encuentran los apartados de: isomería, historia, isomería constitucional, estereoisomería, grupos funcionales, fórmulas químicas y juego. En cada apartado se incluyen explicaciones detalladas y ejemplos para ayudar a los usuarios a comprender mejor los conceptos relacionados con la isomería de compuestos orgánicos.

A continuación, se presenta una descripción breve del contenido incluido en la sección de “Teoría”:

- Isomería: se establece la definición del concepto y se dan ejemplos de moléculas que exhiben esta propiedad representadas por medio de modelos tridimensionales que se pueden girar de forma táctil para facilitar su visualización desde diferentes ángulos.
- Historia: se presenta una línea de tiempo sobre los principales hechos que contribuyeron al entendimiento de la isomería orgánica y sus principales contribuyentes.

- **Isomería constitucional:** se explican las diferencias entre los isómeros constitucionales y se proporcionan ejemplos por medio de representaciones tridimensionales interactivas para ilustrar estos conceptos.
- **Estereoisomería:** se describen los diferentes tipos de estereoisómeros, sus propiedades, formas de representación y se proporcionan ejemplos por medio de imágenes y modelos 3D.
- **Grupos funcionales:** se presentan las funciones orgánicas más comunes junto con el átomo o conjunto de átomos que conforma cada grupo funcional. Con el fin de facilitar su comprensión se disponen botones que permiten señalar los grupos funcionales de forma interactiva.
- **Fórmulas químicas:** se explican las diferentes formas en que se pueden representar las moléculas orgánicas en formato bidimensional o tridimensional y se proporcionan ejemplos para cada una.
- **Juego:** se presenta un juego interactivo que permite a los usuarios poner a prueba sus conocimientos sobre los conceptos aprendidos en la aplicación.

En la sección de “Biblioteca” se pueden visualizar diferentes fármacos en realidad aumentada, teniendo la posibilidad de girarlos libremente con el desplazamiento de los dedos en la pantalla y moverse a través de ellos aprovechando los acelerómetros y giroscopio del dispositivo móvil. Para el funcionamiento de esta sección se empleó la plataforma de realidad aumentada desarrollada por Google denominada Google AR Core, la cual utiliza la cámara y sensores del teléfono para detectar el entorno y posicionar objetos virtuales en el mundo real. Teniendo en cuenta que algunos dispositivos no cuentan con los requerimientos técnicos suficientes, esta sección solo está disponible para los celulares compatibles con este tipo de tecnología.

Por último, en la sección de “Escanear” se hace uso de la cámara del dispositivo móvil para escanear marcadores impresos y proyectar en realidad aumentada modelos tridimensionales de diferentes compuestos orgánicos. En este apartado el dispositivo al detectar el marcador, el usuario puede mover la molécula en diferentes ángulos con el desplazamiento de uno de sus dedos. Adicional a esto, si el compuesto se trata de una molécula quiral se activará el botón de “Carbono(s) asimétricos”, el cual, al ser presionado, seleccionará y mostrará aquellos átomos de carbono que son quirales. Para el funcionamiento de esta forma de visualizar las moléculas se empleó un conjunto de herramientas de desarrollo de realidad aumentada (RA) conocido como Vuforia, el cual ofrece un kit

de desarrollo (Vuforia Engine) que se integra con el motor de Unity. En la Figura 10 se muestra las cuatro secciones principales de la aplicación móvil.

### Figura 10

Secciones principales de la aplicación móvil IsomeRA



Fuente: Elaboración propia

Nota. De izquierda a derecha se presentan las capturas de las secciones de Interfaz, Teoría, Biblioteca y Escanear de la aplicación móvil desarrollada: IsomeRA.

La creación de los modelos tridimensionales que se incorporaron en la aplicación móvil implicó el uso de varios softwares especializados, cada uno con su propio conjunto de funciones. En primera instancia se utilizó ChemDraw 22.0.0, con el cual se pudieron diseñar y visualizar las estructuras moleculares de los compuestos químicos. Luego, con el software Chem3D 22.0.0 permitió modelar y refinar las estructuras moleculares y asegurar que sus geometrías y orientaciones fueran correctas. Finalmente, empleando Blender 3.3.12 se aplicaron texturas realistas a los modelos moleculares y se renderizaron en alta calidad para su inclusión en la aplicación.

### Fase III Diseño de la Secuencia Didáctica

Con el objetivo de promover el aprendizaje significativo de la isomería de compuestos orgánicos y desarrollar la competencia visoespacial en los estudiantes de cuarto semestre de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, se propone como estrategia de

enseñanza y aprendizaje la secuencia didáctica denominada: Isomería orgánica en 3D: una experiencia de aprendizaje basada en realidad aumentada (ver Apéndice D (p.134)) , la cual está estructurada de acuerdo con el ciclo de aprendizaje de las 7Es y la incorporación de la aplicación móvil desarrollada denominada: IsomeRA. Esta combinación de métodos pedagógicos y tecnológicos tiene como finalidad enriquecer la experiencia de aprendizaje y promover una comprensión más profunda y significativa de los conceptos relacionados con la isomería orgánica.

Los contenidos de aprendizaje de la secuencia didáctica se dividen en tres grandes apartados o componentes: introducción a la isomería de compuestos orgánicos, isomería constitucional e isomería espacial o estereoisomería. Cada uno de los anteriores apartados incluye los siguientes componentes específicos:

- 1. Introducción a la isomería de compuestos orgánicos**
  - 1.1. Definición del concepto de isomería
  - 1.2. Tipos de isomería
  - 1.3. Historia de la isomería orgánica
- 2. Isomería constitucional**
  - 2.1. Representaciones bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos)
  - 2.2. Isomería de cadena
  - 2.3. Isomería de posición
  - 2.4. Isomería de función
- 3. Isomería espacial o estereoisomería**
  - 3.1. Isomería configuracional
    - 3.1.1. Diastereoisómeros
      - 3.1.1.1. Isómeros geométricos
        - 3.1.1.1.1. Nomenclatura Cis/trans
        - 3.1.1.1.2. Notación Z/E
      - 3.1.1.2. Epímeros
        - 3.1.1.2.1. Representación de epímeros (Proyecciones de Fischer)
    - 3.1.2. Enantiómeros
      - 3.1.2.1. Quiralidad
      - 3.1.2.2. Representación de enantiómeros (Fórmulas de líneas y cuñas / Proyecciones de Fischer)
      - 3.1.2.3. Configuración absoluta y relativa
        - 3.1.2.3.1. Nomenclatura R/S
        - 3.1.2.3.2. Nomenclatura D-L en carbohidratos y aminoácidos
      - 3.1.2.4. Actividad óptica y rotación específica
  - 3.2. Isomería conformacional

- 3.2.1.1. Confórmeros
- 3.2.1.2. Proyección de Newman y Proyección de caballete

Para abordar dichos contenidos, la Secuencia Didáctica se diseñó en 5 etapas, las cuales fueron:

1. Introducción a la isomería orgánica.
2. La química de la gasolina: el estudio de los isómeros constitucionales.
3. Hábitos alimenticios saludables: el estudio de los diastereoisómeros.
4. Héroes, antihéroes y villanos: El estudio de los enantiómeros.
5. La danza de las moléculas: el estudio de la isomería conformacional.

De acuerdo con esta organización se puede evidenciar que cada apartado dentro de los contenidos está relacionado con una de las etapas, excepto por el componente de isomería espacial o estereoisomería, el cual debido a su extensión se divide en tres etapas, como se puede constatar en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Contenidos de aprendizaje incluidos en secuencia didáctica*

<b>Componentes Generales</b>	<b>Componentes Específicos</b>	<b>Etapas</b>
Introducción a la isomería de compuestos orgánicos	Definición del concepto de isomería Tipos de isomería Historia de la isomería orgánica	Introducción a la isomería orgánica.
Isomería Constitucional	Representaciones bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos) Isomería de cadena Isomería de posición Isomería de función	La química de la gasolina: el estudio de los isómeros constitucionales.
Isomería Espacial o Estereoisomería	Isomería configuracional Diastereoisómeros Isómeros geométricos Nomenclatura Cis/trans Notación Z/E Epímeros Representación de epímeros (Proyecciones de Fischer)	Hábitos alimenticios saludables: el estudio de los diastereoisómeros.

---

---

Enantiómeros  
Quiralidad  
Representación de enantiómeros  
(Fórmulas de líneas y cuñas /  
Proyecciones de Fischer)  
Configuración absoluta y relativa  
Nomenclatura R/S  
Nomenclatura D-L en carbohidratos y  
aminoácidos  
Actividad óptica y rotación específica

---

Héroes, antihéroes y  
villanos: El estudio de  
los enantiómeros.

Isomería conformacional  
Confórmeros  
Proyección de Newman y Proyección  
de caballete

---

La danza de las  
moléculas: el estudio de  
la isomería  
conformacional.

*Fuente:* Elaboración propia

#### **Fase IV Validación e implementación de la secuencia**

Con el fin de corroborar la coherencia, consistencia y pertinencia de la secuencia didáctica, se realizó su correspondiente validación por la Magister en Docencia de la Química: Mercy Liliana Viasus Poveda. Dicha validación puede ser consultada en línea a través del siguiente enlace: [Validación de la secuencia didáctica.docx](#). Una vez cumplidos los requisitos necesarios, se implementó en cinco sesiones de trabajo con los estudiantes de Sistemas Orgánicos I de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, realizando una sesión por cada una de las etapas contempladas en la secuencia didáctica.

#### **Fase V Prueba Final de Competencia Visoespacial e Isomería Orgánica**

Con el fin de medir el aprendizaje significativo obtenido en isomería orgánica y el progreso de la competencia visoespacial por parte de los estudiantes, se aplicó un cuestionario dividido en dos partes: una impresa y otra virtual. Dicho instrumento de recolección de datos se trató de una prueba paralela o equivalente a la prueba de entrada implementada en la primera fase metodológica, ya que fue diferente, pero presentaba los mismos ítems, número de preguntas, criterios de evaluación y



duración (Hernández et al., 2018). La estructura general de la prueba se puede evidenciar en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Estructura de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial e isomería de compuestos orgánicos*

Categoría	Indicadores	Ítems	
		Prueba	Pregunta
Interpretación de representaciones químicas	El estudiante identifica los isómeros de un compuesto orgánico determinado a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	Física Primera parte	1 y 2
	El estudiante reconoce los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales de barras y esferas.	Virtual Segunda parte	1
	El estudiante identifica las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	Virtual Segunda parte	2
	El estudiante predice y explica, empleando fundamentos científicos, las propiedades físicas y químicas de los isómeros con base en la disposición de sus átomos en el espacio.	Virtual Segunda parte	7

		Física Primera parte	3 (Fórmulas bidimensionales y 4 (Fórmulas tridimensionales))
Traducción de representaciones químicas	El estudiante representa diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones; fórmulas desarrolladas, fórmulas estructurales, proyecciones de Fischer, Proyecciones de Newman y fórmulas de líneas y ángulos.	Virtual Segunda parte	6 (A y B) Fórmulas bidimensionales
			6 (C y D) Fórmulas tridimensionales
	El estudiante representa fórmulas bidimensionales a partir de modelos tridimensionales (caja de modelos moleculares).	Física Primera parte	5
Manipulación mental de representaciones químicas	El estudiante realiza diferentes giros de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales, a partir de representaciones 2D y 3D.	Virtual Segunda parte	3, 4 y 5

*Fuente:* Elaboración propia

## CAPITULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos en las diferentes fases metodológicas: prueba de entrada de competencia visoespacial e isomería orgánica, implementación de la secuencia didáctica y evaluación del desempeño de los estudiantes en las sesiones de aprendizaje y evaluación del aprendizaje significativo adquirido y progreso de la competencia visoespacial.

Para garantizar la confidencialidad de los participantes, se asignó un código único a cada estudiante. Por ejemplo, el primer estudiante se identificó como “E.01”, el segundo como “E.02”, y así sucesivamente. Estos códigos se utilizaron para referirse a las respuestas individuales de los estudiantes durante el análisis de datos.

A continuación, se desglosan los resultados recopilados y su correspondiente análisis con base en los objetivos planteados y los referentes teóricos establecidos en el Capítulo III:

### **Prueba Inicial de Competencia Visoespacial e Isomería**

Los resultados de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería de compuestos orgánicos se analizaron en dos niveles. En primer lugar, se analizan los resultados por cada categoría de análisis (interpretación, traducción y manipulación mental de las representaciones químicas) de acuerdo con los indicadores evaluados y posteriormente se realiza un análisis general de cada una de ellas.

#### ***Categoría de Interpretación de las Representaciones Químicas***

Los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes en cada uno de los cuatro indicadores evaluados en la categoría de interpretación de las representaciones químicas (Tabla 4C, Tabla 5C, Tabla 6C y Tabla 7C) en los cuatro niveles de desempeño se muestran en la Tabla 4 y en la Figura 11 se presentan de forma gráfica.

**Tabla 4**

*Niveles de desempeño por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial*

<b>Indicador</b>	<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Indicador 1. Identificar y representar isómeros a partir de representaciones químicas	Superior	0	0.0	0.00
	Alto	1	7.7	0.31
	Básico	1	7.7	0.23
	Bajo	11	84.6	1.69
	Total	13	100	2.23
Indicador 2. Identificar los tipos de isomería a partir de fórmulas estructurales	Superior	0	0.0	0.00
	Alto	0	0.0	0.00
	Básico	2	15.3	0.46
	Bajo	11	84.6	1.69
	Total	13	100	2.15
Indicador 3. Identificar funciones orgánicas por medio de representaciones químicas	Superior	2	15.3	0.77
	Alto	4	30.7	1.23
	Básico	4	30.7	0.92
	Bajo	3	23.0	0.46
	Total	13	100	3.38
Indicador 4. Relacionar la estructura molecular de los isómeros con sus propiedades físicas y químicas	Superior	2	15.4	0.77
	Alto	2	15.4	0.62
	Básico	5	38.5	1.15
	Bajo	4	30.8	0.62
	Total	13	100	3.15

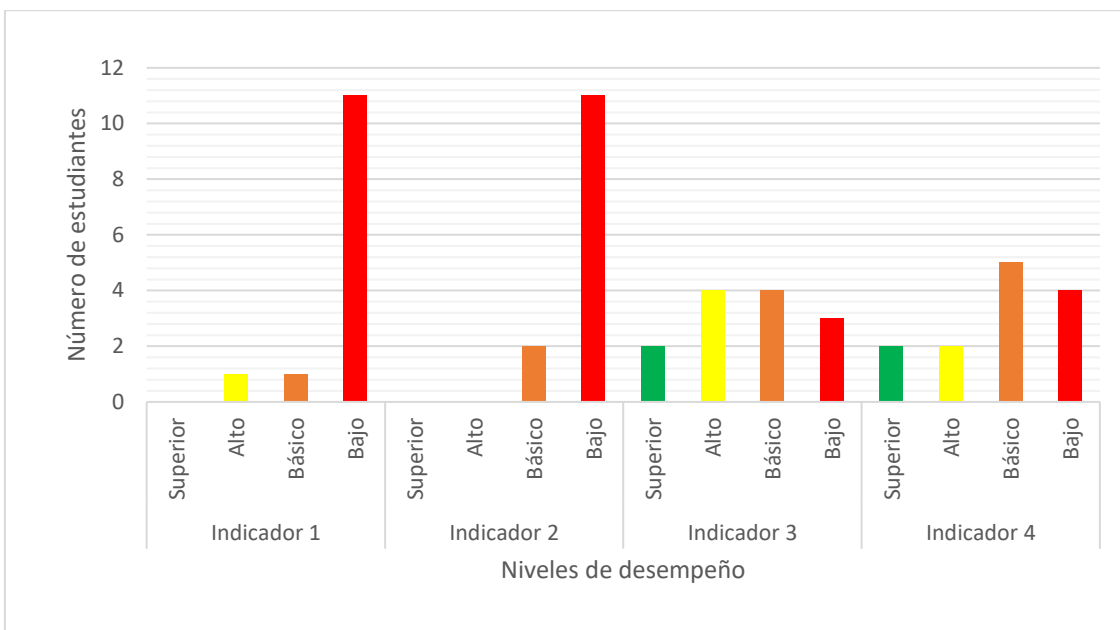
*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* El promedio ponderado es el producto del valor de cada desempeño (Superior: 5, Alto: 4, Básico:3 y Bajo: 2) por su frecuencia relativa.

El total del promedio ponderado corresponde a la media del desempeño del grupo

**Figura 11**

*Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial*



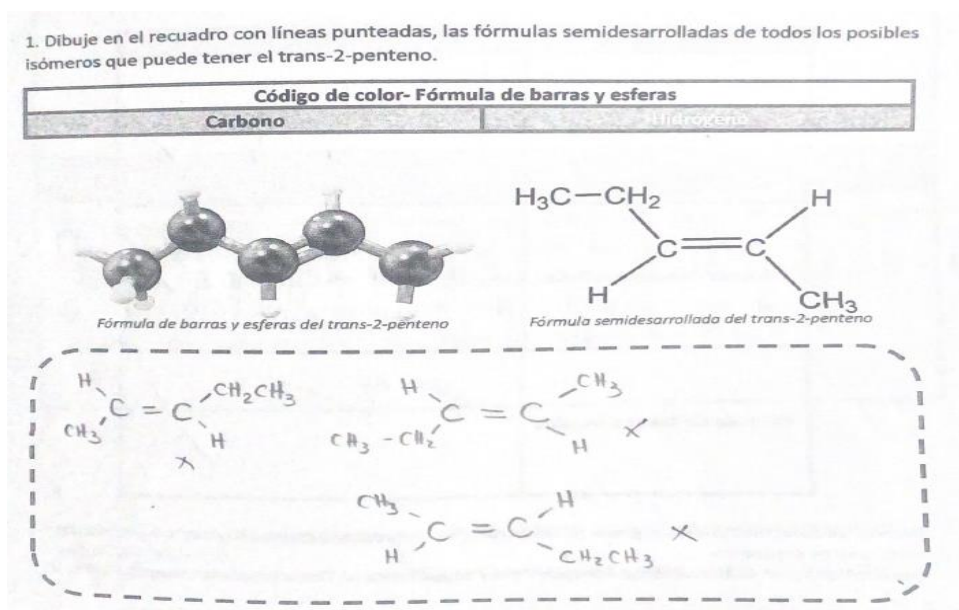
*Fuente:* Elaboración propia

En el primer indicador de la interpretación de las representaciones químicas, utilizado para evaluar la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar conceptos de isomería en compuestos orgánicos, utilizando fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales para identificar y establecer las fórmulas semidesarrolladas de los isómeros asignados, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (84.62%) se ubicaron en un nivel de desempeño bajo, lo cual indica que los estudiantes presentaron dificultad para identificar y establecer las fórmulas bidimensionales de los isómeros de los compuestos orgánicos asignados. Un estudiante se encuentra en el nivel básico, lo cual indica una comprensión parcial de la isomería orgánica, pero con dificultades para establecer de forma correcta los posibles isómeros de un compuesto particular de forma gráfica. Otro de los estudiantes se encontró en un nivel de desempeño alto, demostrando un buen dominio al identificar y establecer las fórmulas semidesarrolladas de ocho de diez isómeros posibles de los compuestos establecidos. En este apartado es importante destacar que ninguno de los estudiantes alcanzó el nivel de desempeño superior.

Se evidencia en términos generales que los estudiantes tienden a asociar el concepto de isomería a la relación de compuestos químicos que exhiben el mismo grupo funcional, sin embargo, hay otros tipos de isomería en la que no se cumple esta condición, como lo es el caso de la isomería de función o isomería espacial. Los resultados también muestran que solo dos de los estudiantes tuvieron aciertos al establecer las fórmulas bidimensionales de los isómeros del compuesto asignado, el resto de los estudiantes en la mayoría de los casos realizó la fórmula semidesarrollada del mismo compuesto pero dibujada de otra forma. Por ejemplo, en la Figura 12 se puede evidenciar que el E.10 establece tres fórmulas semidesarrolladas que resultan ser equivalentes y por lo tanto, no corresponden a isómeros del compuesto que se mencionaba en el enunciado.

### Figura 12

*Fórmulas semidesarrolladas del E.10 para los isómeros del trans-2-penteno – Prueba inicial*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* El estudiante propone tres fórmulas desarrolladas que pertenecen al mismo compuesto pero dibujado de diferentes formas.

Con base en el segundo indicador, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (11 de 13 equivalente al 84.6%) se encuentran en el nivel de desempeño Bajo. Esto indica que estos estudiantes no tienen conocimiento sobre los diferentes tipos de isomería en compuestos orgánicos y no pueden

identificarlos a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas). Dos de los estudiantes se encuentran en el nivel de desempeño Básico, lo que indica que tienen conocimientos sobre los diferentes tipos de isomería en compuestos orgánicos, pero pueden tener dificultades para poderlos distinguir de forma correcta. Ningún estudiante alcanzó los niveles de desempeño Alto o Superior, lo cual refleja un bajo conocimiento acerca de la isomería en compuestos orgánicos. En cuanto a la identificación de los diversos tipos de isomería, el grupo experimentó mayores desafíos en la isomería óptica, isomería de cadena, isomería conformacional e isomería geométrica.

Respecto al tercer indicador, los estudiantes se ubicaron en mayor proporción entre el nivel de desempeño básico y alto con cuatro estudiantes en cada caso. Dos estudiantes tuvieron un desempeño superior, mientras que tres estudiantes estuvieron en el nivel de desempeño bajo como se puede evidenciar en la Tabla 4 y Figura 11. Teniendo en cuenta la media obtenida en el indicador, el grupo en general está más cerca del desempeño básico que el desempeño alto, con lo cual se puede decir que si bien distinguen con precisión algunas de las funciones orgánicas, presentan confusión en ciertas funciones particulares ( función aldehído y éter), como se puede evidenciar en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Porcentaje de acierto en la identificación de los grupos funcionales – prueba de entrada*

<b>Función orgánica</b>	<b>Número de aciertos</b>	<b>Porcentaje</b>
Función Alcohol	13	100
Función Amina	10	77
Función Alqueno	13	100
Función Ácido Carboxílico	8	62
Función Cetona	9	69
Función Aldehído	1	8
Función Amida	10	77

*Fuente:* Elaboración propia

En el cuarto y último indicador, se tiene que la mayoría de los estudiantes se ubicaron en el nivel básico y bajo con un porcentaje de 38.5% y 30.8% respectivamente, y una media del nivel de desempeño más cercana al nivel de desempeño básico (3.15), lo cual indica que los estudiantes identifican ciertas relaciones entre la estructura química de los isómeros, sus razonamientos son simplificados y presentan múltiples errores conceptuales. Por ejemplo, el E.04 da como respuestas a las preguntas del punto 7 de la prueba virtual lo siguiente:

**A.** ¿Por qué el isómero A tiene un punto de ebullición más alto que el isómero B?

El punto de ebullición de isómero A aumenta debido a que, en el isómero A, el grupo funcional OH, se encuentra en un carbono primario lo cual dificulta, la fuerza de atracción térmica, imagino que porque la fuerza de enlace de un carbono primario es mayor que la de un carbono secundario.

**B.** ¿Por qué el isómero B tiene una solubilidad en agua más alta que el isómero A?

Ya que el alcohol en el isómero B se encuentra en una posición secundaria hace la molécula asimétrica el grupo queda con una orientación más viable para facilitar sus fuerzas de solubilidad respecto al agua.

**C.** ¿Cómo se podría explicar la mayor reactividad del isómero B con ácido sulfúrico concentrado en comparación con el isómero A?

Esto asumo que es a la orientación de la nube electrónica la cual se encuentra en un carbono secundario, igual que con la solubilidad.

Aunque el estudiante reconoce que la posición del grupo funcional (OH)<sup>-</sup> y la asimetría de la molécula pueden influir en las propiedades de los isómeros, hay cierta confusión en sus explicaciones, como la afirmación “[...] la fuerza de enlace de un carbono primario es mayor que la de un carbono secundario”, esto es incorrecto ya que la fuerza del enlace no depende de si el carbono es primario o secundario, sino del tipo de átomo con el que está enlazado. También hace alusión a conceptos



inexistentes en el contexto científico como “fuerza de atracción térmica” y “fuerzas de solubilidad”. Lo cual permite afirmar que el estudiante tiene un nivel de desempeño básico de acuerdo con la rúbrica de evaluación empleada en el indicador que se encuentra en la Tabla 7C.

También es importante mencionar que hubo 4 estudiantes con nivel alto y superior, dos en cada caso, lo cual indica que un porcentaje reducido del grupo formuló de forma correcta explicaciones razonables y coherentes desde el punto de vista científico, de las propiedades de los isómeros con base en su estructura molecular, tal y como se puede evidenciar en las respuestas del E.09:

**A.** ¿Por qué el isómero A tiene un punto de ebullición más alto que el isómero B?

La estructura de A toma la forma de una cadena lineal, en cambio B presenta ramificaciones entre sus carbonos, al presentar esta característica en su cadena principal se ve reducido su punto de ebullición.

**B.** ¿Por qué el isómero B tiene una solubilidad en agua más alta que el isómero A?

La estructura de B ubica las nubes electrónicas de manera tal que forma un momento dipolar el cual provoca que la molécula sea polar, este aspecto le permite formar fuerzas dipolo-dipolo, que aumentan su solubilidad.

**C.** ¿Cómo se podría explicar la mayor reactividad del isómero B con ácido sulfúrico concentrado en comparación con el isómero A?

Gracias a su forma, le permite sus nubes electrónicas interactuaran de mejor manera con las nubes electrónicas del ácido sulfúrico, provocando una mayor reactividad con el ácido sulfúrico.

El estudiante comprende que la estructura molecular de los isómeros influye en sus propiedades físicas y químicas, proporcionando explicaciones precisas y completas que están respaldadas por argumentos científicos, reconociendo la importancia de la forma de la cadena, la polaridad y las interacciones de las nubes electrónicas en la determinación de las propiedades de los isómeros.

Considerando los resultados obtenidos de los cuatro indicadores, estos se suman de acuerdo con el valor asignado a cada nivel de desempeño. De esta manera, se determina el nivel de desempeño general de cada estudiante para la categoría de interpretación de las representaciones químicas. Los resultados se presentan en la Tabla 6 y de forma gráfica en la Figura 13.

**Tabla 6**

*Niveles de desempeño de la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial*

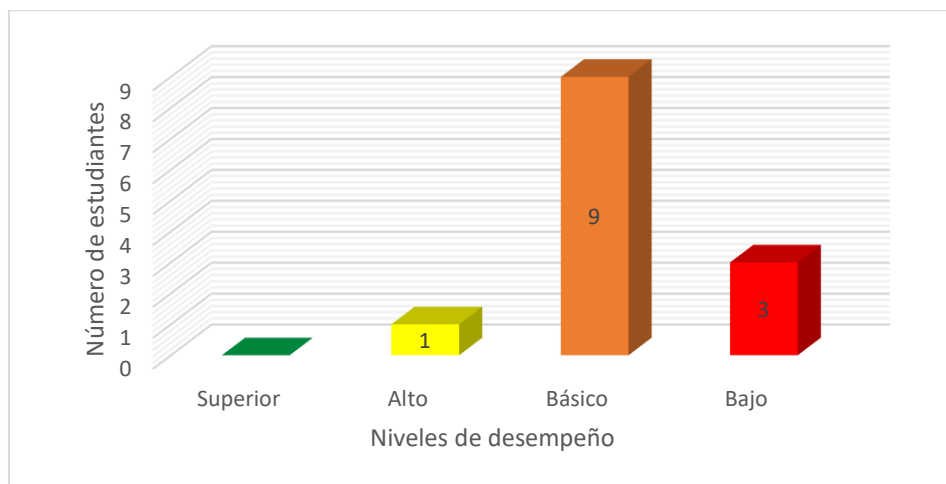
<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Superior	0	0.00	0
Alto	1	7.69	0.31
Básico	9	69.23	2.08
Bajo	3	23.08	0.46
Total	13	100	2.84

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* La determinación de los niveles de desempeño se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en los diferentes indicadores de la categoría.

### Figura 13

*Niveles de desempeño de la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba inicial*



*Fuente:* Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera categoría de análisis: interpretación de las representaciones químicas, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (69.23%) se ubicaron en el nivel de desempeño básico, lo cual coincide con la aproximación de la media del grupo ( $2.84 \approx 3$ ), lo que permite inferir que los estudiantes presentan dificultad para captar los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas, siendo capaces de establecer algunos vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales, pero con la falta de conocimiento necesario en isomería y en la incapacidad de los estudiantes para interpretar las fórmulas bidimensionales y tridimensionales, hace que estas relaciones no sean del todo precisas y exactas desde el punto de vista de la química.

### ***Categoría de traducción de las representaciones químicas***

Los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes en cada uno de los dos indicadores evaluados en la categoría de traducción de las representaciones químicas (Tabla 8C y Tabla 9C), en los cuatro niveles de desempeño se muestran en la Tabla 7 y en la Figura 14 se presentan de forma gráfica.

**Tabla 7**

*Niveles de desempeño por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba inicial*

<b>Indicador</b>	<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Indicador 1. Transformar fórmulas químicas a otras equivalentes	Superior	0	0.0	0.00
	Alto	1	7.7	0.31
	Básico	1	7.7	0.23
	Bajo	11	84.6	1.69
Total		13	100	2.23
Indicador 2. Representar modelos tridimensionales a partir de fórmulas 2D	Superior	4	30.8%	1.54
	Alto	7	53.8%	2.15
	Básico	2	15.4%	0.46
	Bajo	0	0.0%	0.00
Total		13	100	4.15

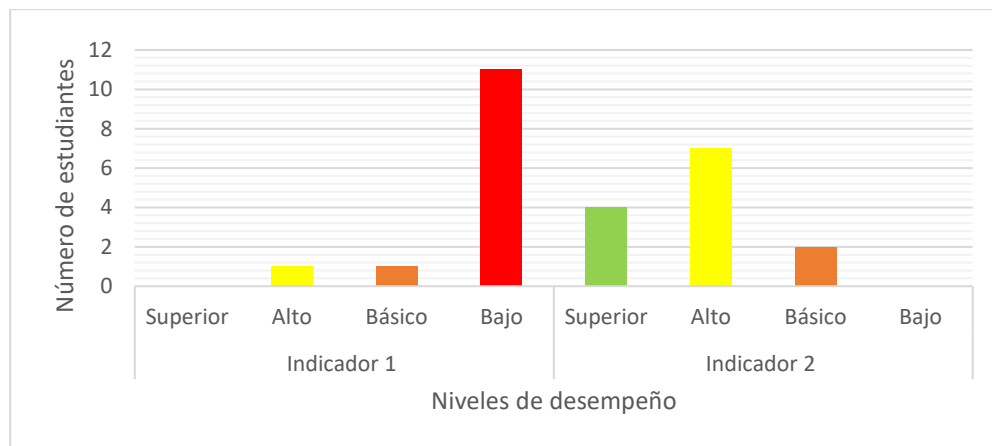
*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* El promedio ponderado es el producto del valor de cada desempeño (Superior: 5, Alto: 4, Básico:3 y Bajo: 2) por su frecuencia relativa.

El total del promedio ponderado corresponde a la media del desempeño del grupo

## Figura 14

*Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba inicial*



*Fuente:* Elaboración propia

En el primer indicador de la traducción de las representaciones químicas, en donde se evaluaba la habilidad de los estudiantes para pasar de una forma representacional a otra equivalente, se evidencia que la mayoría de los estudiantes (84.62%) se ubicaron en un nivel de desempeño bajo, lo que refleja una falta de habilidad en el manejo de fórmulas bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de ángulos y líneas) y tridimensionales (proyección de cuñas y líneas, proyección de Fischer, Proyecciones de Newman, proyección de caballete y fórmula de barras y esferas). Los errores que presentaron en el establecimiento de dichas representaciones incluyeron: la omisión de átomos y grupos funcionales, errores en la conectividad, orientación incorrecta de los grupos, confusión en la geometría de los enlaces y desaciertos en la estereoquímica en el caso de moléculas quirales.

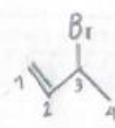
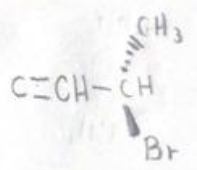
En el nivel de desempeño básico, se identificó a un solo estudiante. Esto sugiere que el estudiante puede establecer e identificar algunas representaciones equivalentes a las proporcionadas, aunque presenta dificultades con varias de ellas ya sea plana o estructural. Por otro lado, solo un estudiante logró alcanzar un nivel de desempeño alto. Este estudiante demostró habilidad para transitar entre una fórmula bidimensional y una tridimensional y viceversa. Sin embargo, se observaron errores en el establecimiento de algunas de las fórmulas tridimensionales.

Se observa que, en muchos casos, los estudiantes cuando se les solicitaba una fórmula específica a menudo usaban otra diferente, lo que sugiere una falta de comprensión de los diferentes tipos de fórmulas. Este error de categorización indica la necesidad de trabajar con los estudiantes ejemplos prácticos que permitan al estudiante distinguir entre estos diferentes tipos de fórmulas. Por ejemplo, en la Figura 15 se muestran las fórmulas establecidas por la E.12 cuando se le solicitó la fórmula desarrollada, semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos del 3-bromo-1-buteno. Se puede evidenciar que en donde tenía que colocar la fórmula desarrollada, realizó una fórmula de líneas y ángulos y en donde tenía que hacer una de líneas y ángulos, realizó una combinación entre una fórmula semidesarrollada y una fórmula de líneas y cuñas.

### Figura 15

*Fórmulas bidimensionales de la E.12 para el 3-bromo-1-buteno– Prueba inicial*

3. Dibuje la fórmula desarrollada, semidesarrollada, fórmula de líneas y ángulos del 3-Bromo-1-buteno en los recuadros correspondientes.

Fórmula Química	Dibujo
Fórmula desarrollada	 3 - Bromo - 1 buteno
Fórmula semidesarrollada	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ $\text{C}_4\text{H}_7\text{Br}$
Fórmula de líneas y ángulos	

*Fuente:* Elaboración propia

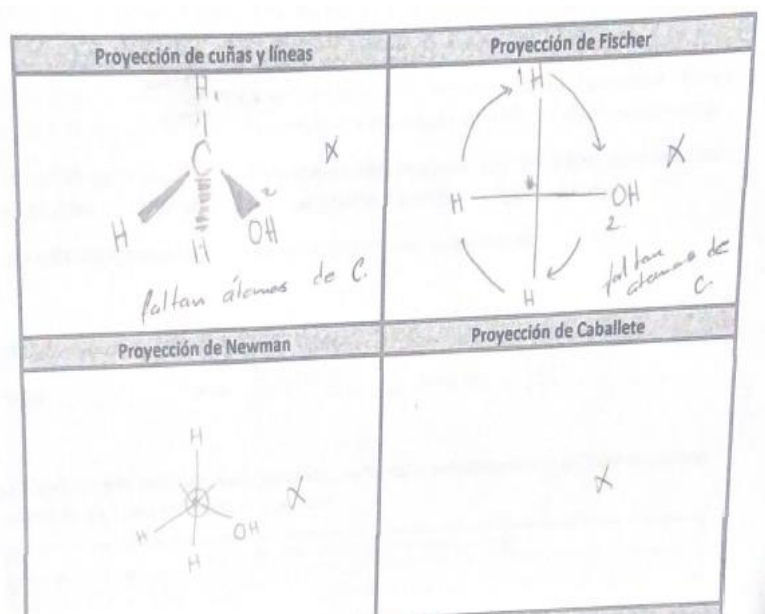
*Nota.* Las fórmulas corresponden a las dadas por la E.12 en el punto 3 de la primera parte de la prueba de caracterización inicial de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería orgánica.

Otro caso que permite ejemplificar los errores presentados por parte de los estudiantes se muestra en la Figura 16, en donde cada estudiante debía dibujar las fórmulas tridimensionales o estructurales (Proyección de líneas u cuñas, Proyección de Fischer, Proyección de Newman y Proyección de caballete) del isómero R del 2-butanol o butan-2-ol (nomenclatura IUPAC actual). En este caso, la E.03 realizó dichas representación con diferentes errores. Por ejemplo, en las tres primeras fórmulas solicitadas se omite los radicales metilo y propilo que tiene el átomo de carbono asimétrico, impidiendo determinar su configuración absoluta de forma correcta y por lo tanto, se llega a un conjunto de representaciones que difieren totalmente con el compuesto que se está intentando representar.

La situación antes descrita es común en el grupo de estudiantes participantes en el estudio y se dio con mayor frecuencia en el establecimiento de fórmulas estructurales o tridimensionales. Incluso muchos de los estudiantes no realizaron ninguna fórmula en espacio proporcionado en este tipo de fórmulas, debido a la falta de manejo o comprensión de dichas representaciones. Lo anterior también se puede contrastar en la Figura 17, en donde se pueden evidenciar los porcentajes de acierto de las representaciones realizadas por los estudiantes. En ella se observa que fue más fácil para el grupo el llegar a fórmulas bidimensionales, en especial la fórmula semidesarrollada, en parte porque es la más empleada por los docentes. Por el contrario, en el establecimiento de fórmulas tridimensionales se exhiben serias falencias, en especial aquellas que requieren conocimientos específicos de estereoquímicas.

**Figura 16**

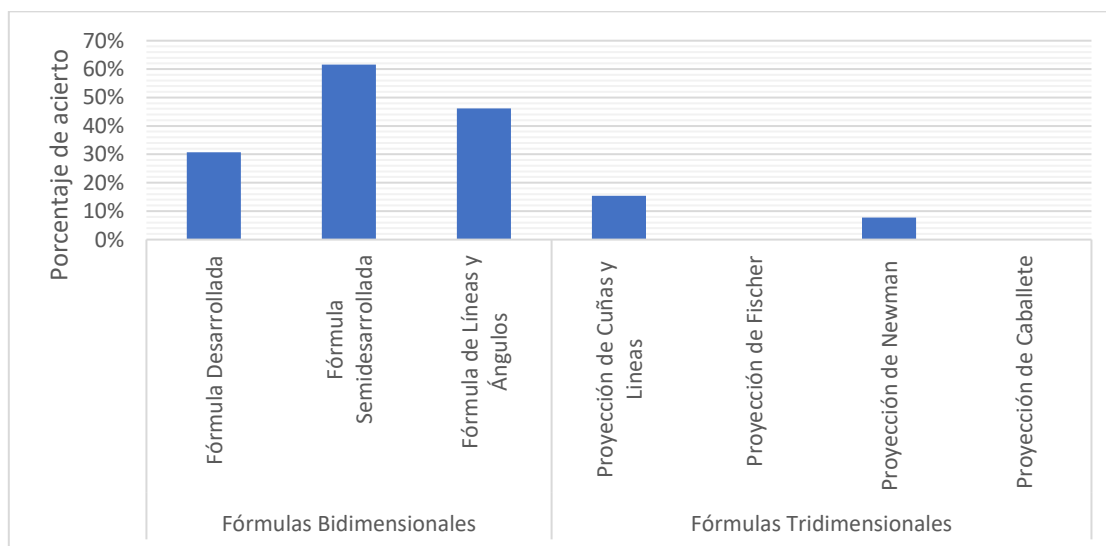
*Representaciones tridimensionales de la E.03 del isómero R del 2-butanol – Prueba inicial*



*Nota.* Las fórmulas corresponden a las dadas por la E.03 en el punto 4 de la primera parte de la prueba de caracterización inicial de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería orgánica.

**Figura 17**

*Porcentaje de acierto en el establecimiento de fórmulas químicas – Prueba de entrada*





*Nota.* En el gráfico se muestra el porcentaje de acierto de los estudiantes en el establecimiento de fórmulas químicas en la primera parte de la prueba de caracterización inicial de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería orgánica (puntos 3 y 4).

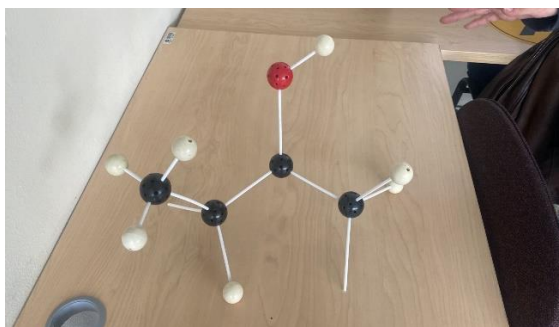
Las dificultades identificadas en este primer indicador de la categoría de traducción de las representaciones químicas se pueden deber a la falta de práctica por parte de los estudiantes en este ejercicio o a una enseñanza insuficiente en este aspecto específico de la química, que resulta fundamental para comprender de forma correcta la estructura molecular de las sustancias y entender sus propiedades. Por lo tanto, es necesario que se ponga mayor énfasis en la enseñanza de estas habilidades en la enseñanza de la química, incluyendo más ejercicios prácticos, demostraciones en 3D, o incluso el uso de tecnología para ayudar a visualizar las estructuras moleculares.

En el segundo indicador de la categoría que evaluaba la capacidad del estudiante para representar modelos tridimensionales de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales, se evidencia que el mayor porcentaje de los estudiantes se ubicó en los niveles de desempeño alto y superior con un 53.8% y 30.8% respectivamente. De acuerdo con la media del grupo ( $4.15 \approx 4$ ) los estudiantes tuvieron en general un nivel de desempeño alto, lo cual indica que los estudiantes presentaron habilidad para realizar la representación tridimensional del compuesto asignado a partir de sus fórmulas bidimensionales teniendo en cuenta la geometría molecular, volumen atómico y código de color de los átomos, pero con algunos errores en su estructura, como lo es la incorrecta asignación de su configuración absoluta.

Como se puede observar en la Figura 18, se muestra una representación tridimensional de la E.03 en el punto 4 de la primera parte de la prueba inicial. Aparentemente, esta representación es correcta, ya que ubica el grupo hidroxilo en el carbono correspondiente y la geometría molecular es coherente con la hibridación de cada átomo en la estructura. Sin embargo, no corresponde al compuesto solicitado (R-2-butanol), sino que se trataría del isómero (S)-butanol según las reglas de prioridad de Cahn-Ingold-Prelog. Como se puede apreciar en la figura, el átomo de hidrógeno, que en este caso tiene la menor prioridad, se encuentra más alejado del espectador. El átomo de oxígeno tendría la mayor prioridad, seguido por el radical etilo y por último estaría el grupo metilo en tercer puesto. Al trazar la flecha curva en el orden previamente establecido sin tener en cuenta al átomo de hidrógeno, está sería en sentido contrario a las manecillas del reloj, lo que indica una configuración S. Además, la estudiante omite colocar dos de los átomos de hidrógeno.

## Figura 18

*Representación tridimensional del isómero R del 2-butanol según la E.03*



*Nota.* Representación tridimensional en fórmula de barras y esferas de la E.03 del (R)-2-butanol en el punto 4 de la primera parte de la prueba de caracterización inicial de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería orgánica.

Las esferas de color negro representan los átomos de carbono (C), blancas los átomos de hidrógeno y las roja el átomo de oxígeno (O).

Por otro lado, hubo un porcentaje considerable (30.8%) de estudiantes en nivel superior en este indicador, los cuales demostraron habilidad para representar el compuesto teniendo en cuenta la geometría molecular, volumen atómico, código de color de los átomos y su configuración absoluta. Por último, dos de los estudiantes tuvieron un desempeño básico, lo cual indica que presentaron diferentes errores relacionados con su conectividad, geometría molecular, código de color de los átomos y configuración absoluta de la molécula.

Tomando en cuenta los resultados de ambos indicadores, se suman según el valor asignado a cada nivel de rendimiento. Así, se establece el nivel de rendimiento general del grupo en la categoría de traducción de representaciones químicas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 8 e Figura 19.

**Tabla 8**

*Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas*

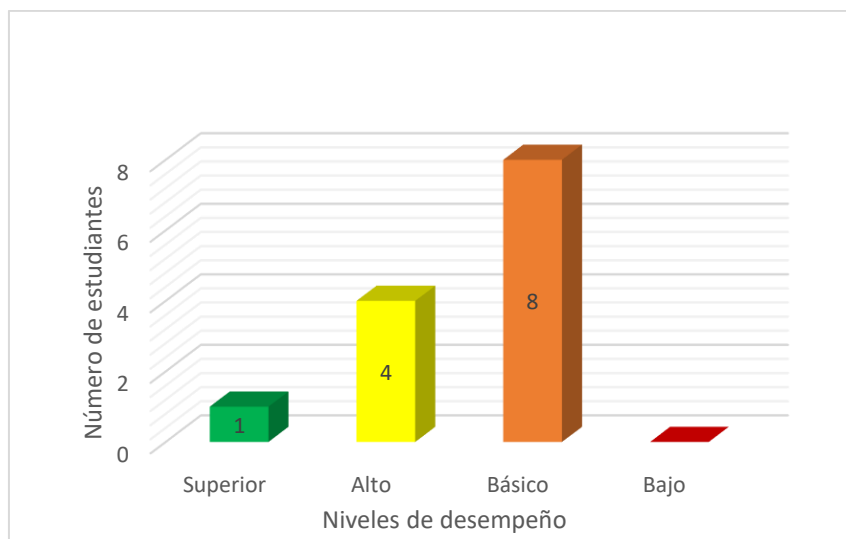
Nivel de desempeño	Número de estudiantes	Porcentaje	Promedio ponderado
Superior	1	7.69	0.38
Alto	4	30.8	1.23
Básico	8	61.5	1.85
Bajo	0	0.00	0.00
Total	13	100	3.46

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* La determinación de los niveles de desempeño se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en los dos indicadores de la categoría.

**Figura 19**

*Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas*



*Fuente:* Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda categoría de análisis: traducción de las representaciones químicas, se evidencia que la mayoría de los estudiantes se ubicó en un nivel de desempeño básico (61.5%), seguido del desempeño alto con un 30.85%. Sin embargo, al tener un

estudiante en el nivel superior hace que la media del grupo sea aproximadamente 3.5, lo cual indica que en promedio el desempeño de los estudiantes en esta categoría estuvo entre básico y alto. Esto quiere decir, que los estudiantes son capaces de pasar de una forma representación a otra con cierta facilidad, pero presentan algunos errores o inconsistencias en su formulación, representando mayor dificultad el paso de una fórmula bidimensional a una tridimensional. Esto se debe en parte a un bajo desarrollo de la competencia visoespacial, fundamental para realizar este tipo de transformaciones de forma precisa.

### ***Categoría de Manipulación Mental de las Representaciones Químicas***

Los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes en el indicador evaluado en la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas (Tabla 10C) en los cuatro niveles de desempeño se muestran en la Tabla 9 y en la Figura 20 se presentan de forma gráfica.

**Tabla 9**

*Niveles de desempeño de la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas*

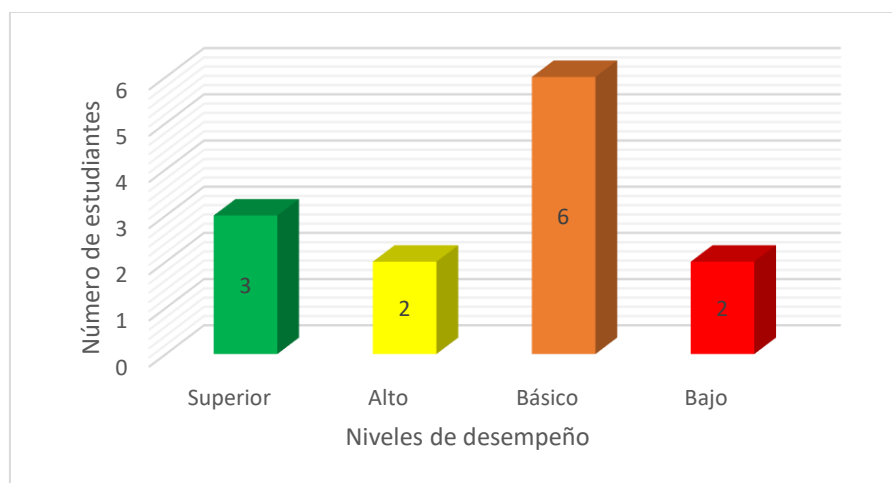
<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Superior	3	23.1	1.15
Alto	2	15.5	0.62
Básico	6	46.2	1.38
Bajo	2	15.5	0.31
Total	13	100	3.46

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* La determinación de los niveles de desempeño se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en el único indicador de la categoría.

**Figura 20**

*Niveles de desempeño de la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas*



*Fuente:* Elaboración propia

En esta última categoría de análisis se evidencia que la mayor parte de los estudiantes presentó un nivel de desempeño básico con un porcentaje de 45.2%, seguido del nivel de desempeño superior (23.1%) y con el mismo porcentaje ( 15.5%) se encontraron los niveles de desempeño alto y bajo. En este caso no hay un patrón o tendencia del grupo en general, sin embargo, con base en la media del desempeño en el indicador se puede establecer que los estudiantes en promedio tuvieron un nivel desempeño entre básico y alto, lo cual indica que los estudiantes mostraron habilidad para realizar giros, rotaciones y translaciones de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales a partir de representaciones 2D y 3D propuestas, aunque con algunas dificultades, siento particularmente más complejo para los estudiantes realizar rotaciones específicas en comparación con los movimientos de translación de las moléculas.

### **Resultados y análisis de la implementación de la secuencia didáctica**

La secuencia didáctica implementada, basada en el ciclo de aprendizaje de las 7Es y que incorporó la aplicación móvil: IsomeRA, demostró ser una herramienta pedagógica efectiva para los estudiantes del cuarto semestre de la Licenciatura en Química, ya que no solo mejoró la comprensión

de la isomería orgánica, sino que también favoreció el desarrollo de la competencia visoespacial en los estudiantes.

La aplicación móvil al permitir a los usuarios rotar, manipular y visualizar desde distintos ángulos las moléculas orgánicas, proporcionó la posibilidad de entender de forma más sencilla las diferencias estructurales entre los compuestos que exhiben isomería, promoviendo habilidades y saberes que para algunos estudiantes, no podían haberse desarrollado con otro tipo de tecnología o a partir de las metodologías de enseñanza convencionales. Además, al brindar una experiencia de aprendizaje más inmersiva y atractiva, la aplicación aumentó el interés y motivación de los estudiantes por el aprendizaje de la isomería orgánica.

Con relación a las actividades propuestas en la secuencia didáctica al estar estructuradas de acuerdo con el ciclo de aprendizaje de las 7Es, se logró relacionar las ideas previas de los estudiantes con la nueva información presentada y con esto alcanzar la adquisición de aprendizajes significativos por parte de los estudiantes en relación con la isomería de compuestos orgánicos. Asimismo, al desarrollar los contenidos a través de temas contextualizados (combustibles, alimentación, fármacos), los estudiantes tuvieron una mejor comprensión de los conceptos abstractos ya que pudieron relacionarlos con situaciones reales y entender su aplicabilidad.

A continuación se describen los resultados de las diferentes etapas establecidas en la secuencia didáctica, junto con la evaluación del desempeño de los estudiantes de acuerdo con los métodos e instrumentos que se emplearon durante las diferentes fases del ciclo de aprendizaje de las 7Es:

### ***Etapas 1. Introducción a la Isomería Orgánica***

Las actividades realizadas por los estudiantes utilizando la aplicación IsomeRA promovieron un aprendizaje interactivo y colaborativo sobre la isomería orgánica. A través de la exploración de moléculas en formato tridimensional, el uso del mapa conceptual y la explicación de la historia de la isomería a partir de la línea de tiempo originó interés y motivación por parte de los estudiantes, lo cual favoreció la comprensión del concepto de isomería y su aplicabilidad.

En esta etapa el trabajo en equipo fue un componente clave en las actividades de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes compartir y discutir sus hallazgos. Además, la realidad aumentada proporcionó una experiencia de aprendizaje inmersiva, promoviendo la competencia visoespacial y

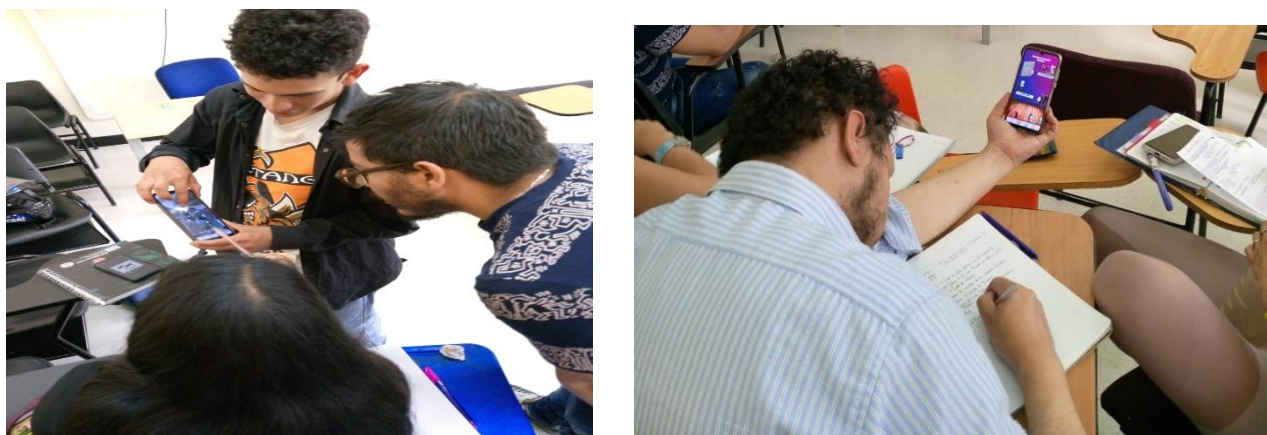
comprensión de conceptos abstractos, los cuales son de difícil entendimiento a partir de las metodologías de enseñanza convencionales.

Por otro lado, las discusiones en el aula después de cada actividad permitieron a los estudiantes reflexionar sobre sus ideas previas y cómo estas se alineaban o diferían de la información presentada, lo cual fue clave en la adquisición de aprendizajes significativos por parte de los estudiantes.

En la Figura 21 se pueden observar algunas de las fotografías tomadas durante las fases de *enganchar* y *elicitar* involucradas en la primera etapa de la secuencia didáctica.

### Figura 21

*Actividades de enganchar y elicitar de la etapa de introducción a la isomería orgánica*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* En las imágenes se puede evidenciar las actividades de enganchar y elicitar del ciclo de aprendizaje de las 7Es en la primera etapa de la secuencia titulada: “Introducción a la Isomería Orgánica”

De acuerdo con las respuestas dadas por los estudiantes en la fase de *elicitar* se establece que los estudiantes tienen algunas nociones sobre la isomería e incluso algunos estudiantes eran conocedores de su definición ya que la habían abordado en anteriores asignaturas o se trataba de estudiantes que estaban recursando la asignatura de Sistemas Orgánicos II. Por otro lado, se evidencia un conocimiento sólido en conceptos elementales en química tales como compuesto, átomo, molécula, composición químicas, entre otros más. Lo cual, fue relevante para no profundizar en ellos en los encuentros que se tuvieron de forma posterior.

## ***Etapa 2. La Química de la Gasolina: El Estudio de los Isómeros Constitucionales***

En términos generales, los estudiantes demostraron un alto nivel de compromiso y participación en todas las actividades. La combinación de discusiones en grupo, trabajo en parejas e individual, y el uso de tecnología como la realidad aumentada, proporcionó a los estudiantes una variedad de oportunidades para aprender y aplicar nuevos conceptos en isomería orgánica.

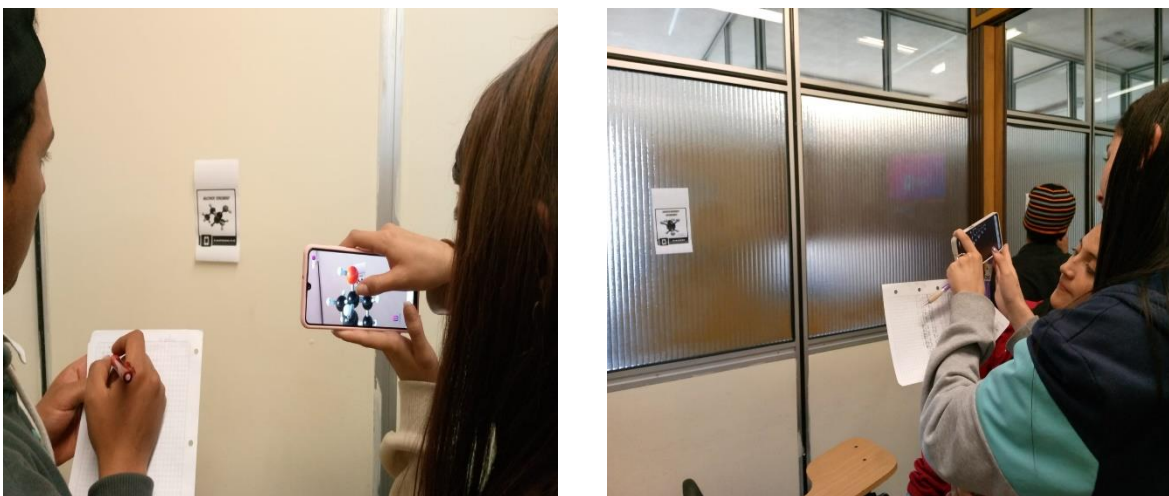
En principio los estudiantes mostraron curiosidad y entusiasmo al compartir sus ideas y concepciones previas frente a la composición química de la gasolina, en donde de evidencio que la mayoría de ellos tenía total desconocimiento de los compuestos que hacían parte de esta mezcla. En este sentido la aplicación móvil IsomeRA fue una herramienta efectiva para visualizar los componentes de la gasolina en realidad aumentada, permitiendo a los estudiantes comprender mejor su composición química, además de contribuir al desarrollo de las habilidades espaciales al tener la posibilidad de girar y observar desde diferentes ángulos las moléculas orgánicas de los diferentes marcadores.

En la fase de elaborar, los estudiantes demostraron tener una buena comprensión de los tipos de isomería constitucional de acuerdo con las parejas de compuestos proporcionados a través de los marcadores y visualizados a través de IsomeRA, como se puede evidenciar en la Figura 22 . Por medio de este ejercicio se identifica que algunos de los estudiantes presentan confusión entre las fórmulas químicas que se emplean convencionalmente para representar los compuestos orgánicos, lo cual genera dificultad para identificar la presencia y tipo de isomería de un conjunto de compuestos.



## Figura 22

*Implementación de IsomeRA para apreciar los componentes de la gasolina en 3D*



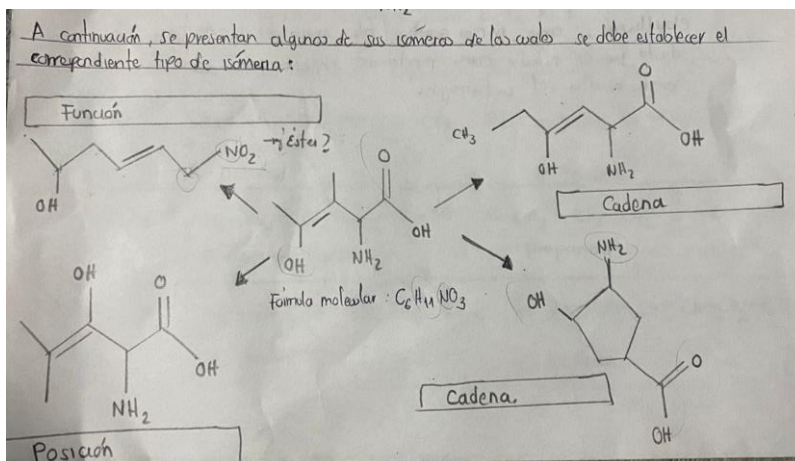
*Fuente:* Elaboración propia

Respecto a los ejercicios planteados en la fase de elaborar se observa que la mayoría de los estudiantes adquirió un correcto entendimiento de la isomería constitucional y sus diferentes tipos, lo que se puede evidenciar en su capacidad para establecer fórmulas bidimensionales de isómeros constitucionales a partir de fórmulas moleculares. De igual modo, identificaron de forma correcta la presencia y tipo de isomería, salvo algunas imprecisiones que se presentaron. Esto indica que tuvieron habilidad para reconocer las sutiles diferencias que distinguen a los isómeros entre sí, y la manera en que se pueden reconocer a partir de fórmulas planas, lo cual requiere del desarrollo de la competencia visoespacial.

Muestra de lo anterior, en la Figura 23 se evidencian las respuestas de la E. 01 en el punto 5 de los ejercicios propuestos de isomería constitucional en los que se solicitaba a los estudiantes deducir el tipo de isomería teniendo en cuenta el compuesto del medio. Se puede observar que la estudiante fue capaz de distinguir los tipos de isomería a partir de la fórmula de líneas y ángulos del compuesto proporcionado, incluso a partir de compuestos que exhiben más de un grupo funcional, como lo fue en este caso.

## Figura 23

Ejercicio de isomería constitucional de la E.01 en la fase de elaborar de la segunda etapa de la secuencia didáctica



Fuente: Elaboración propia

En la actividad de extender se logró constatar que los estudiantes tuvieron la capacidad de establecer relaciones entre las propiedades de los isómeros y su estructura molecular, argumentando con fundamentos teóricos las razones por las cuales un hidrocarburo es considerado un mejor combustible. Por ejemplo, algunos grupos argumentaron que los isómeros con mayor volatilidad podrían ser mejores combustibles debido a su capacidad para vaporizarse más fácilmente y mezclarse mejor con el aire para una combustión más eficiente. Otros grupos argumentaron que los isómeros con mayor estabilidad podrían ser mejores combustibles debido a que puede tener una mayor vida útil y ser menos propensos a la degradación. Esto demuestra por parte de los estudiantes la habilidad de generar vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales.

### Etapa 3. Hábitos Alimenticios Saludables: El Estudio de los Diastereoisómeros

En esta tercera etapa, se observó un aumento en el interés y participación de los estudiantes en las diferentes fases contempladas ciclo de aprendizaje de las 7Es en comparación con las dos etapas anteriores. Esto se debe en parte a que el tema de estudio que se empleó para la enseñanza de los diastereoisómeros estuvo más estrechamente vinculado con la vida cotidiana de los estudiantes, lo cual permitió apreciar aún más su relevancia y aplicabilidad. El vincular el material de estudio

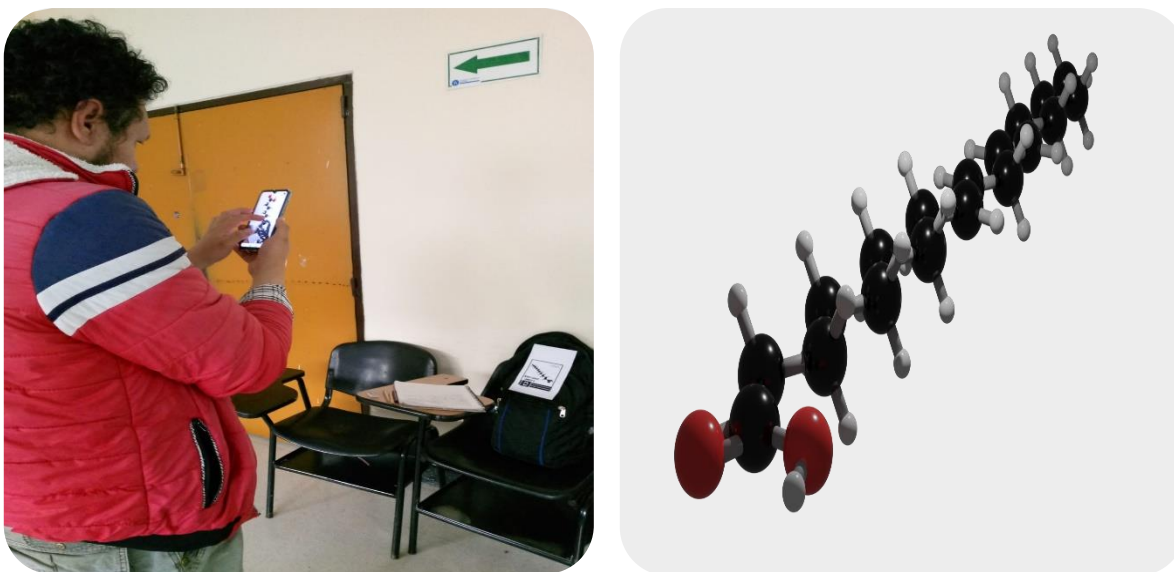
con situaciones tangibles, logró aumentar su motivación por el estudio de este tipo de isómeros, lo que a su vez condujo a la adquisición de aprendizajes más significativos.

Las actividades centradas en las enfermedades cardiovasculares y la importancia de los hábitos alimenticios saludables proporcionaron el contexto propicio para la explicación de las características y diferencias entre los isómeros geométricos a través del estudio de las formas isoméricas que pueden adquirir los ácidos grasos. Mientras que las enfermedades derivadas del consumo excesivo de azúcares permitió la introducción al tema de los epímeros por medio del estudio de la estructura molecular de los monosacáridos.

Por otro lado, el uso de la aplicación de realidad aumentada permitió hacer visibles las características de los isómeros geométricos, reforzando así el conocimiento derivado de las explicaciones dadas por el docente. En la Figura 24 se puede apreciar el uso de IsomeRA para apreciar la estructura tridimensional de un determinado ácido graso. De esta forma, los estudiantes pudieron reconocer las posibles configuraciones que se pueden tener alrededor de las insaturaciones, la curvatura de las cadenas carbonadas, la nomenclatura de cada configuración y se pudieron realizar predicciones de algunas de sus propiedades físicas y químicas, tales como lo son sus puntos de ebullición, puntos de fusión, reactividad y estabilidad. En el caso del estudio de los epímeros, IsomeRA al tener la funcionalidad de identificar los carbonos asimétricos facilitó la identificación de los epímeros a partir de fórmulas estructurales y mejoró el entendimiento de fórmulas tridimensionales como la Proyección de Fischer, empleadas para su representación gráfica.

## Figura 24

Uso de IsomeRA para preciar el modelo 3D de diastereoisómeros



Fuente: Elaboración propia

Nota. En la parte de la izquierda se muestra al estudiante visualizando el respectivo ácido graso en IsomeRA y en la derecha el modelo 3D que se estaba observando.

En cuanto a la evaluación de los ejercicios desarrollados por los estudiantes sobre diastereoisómeros, se observa que la mayoría aplicó de forma correcta las reglas de prioridad de Cahn, Ingold y Prelog para el establecimiento de la nomenclatura de los isómeros geométricos a partir de las notaciones *Z/E* y *Cis/Trans*. Sin embargo, un grupo reducido de estudiantes mostró dificultades en la comprensión y aplicación de estas reglas, lo que resultó en errores en la identificación y notación de los isómeros

También se evidencia habilidad por parte de los estudiantes para representar isómeros *Z/E* mediante fórmulas bidimensionales e identificar correctamente epímeros a partir de parejas de monosacáridos representados mediante Proyecciones de Fischer. De igual manera, en el caso de las representaciones de los isómeros geométricos en compuestos cíclicos, se representó de forma correcta la configuración en el plano de los grupos de átomos unidos a la cadena cíclica haciendo uso de la simbología de cuñas. Además, establecieron relaciones precisas entre la estructura molecular de los isómeros geométricos y sus respectivas propiedades físicas y químicas, incluyendo en sus razonamientos las posibles interacciones entre moléculas del mismo tipo.

#### ***Etapa 4. Héroes, Antihéroes y Villanos: El Estudio de los Enantiómeros***

En el curso de las actividades establecidas en la etapa cuatro de la unidad didáctica, los estudiantes participaron en un conjunto de actividades enfocadas en el aprendizaje de los enantiómeros y desarrollo del pensamiento espacial por medio de IsomeRA. Con este propósito, los estudiantes exploraron enantiómeros específicos y sus implicaciones en la vida real, como el caso de la L-DOPA (L-3,4 dihidroxifenilalanina) en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, la actividad farmacológica de los isómeros del Ibuprofeno y la catástrofe ocasionada por la S-Talidomida.

La instrucción teórica se enfocó en los aspectos fundamentales de la isomería espacial, incluyendo la identificación de la quiralidad de las moléculas, su representación mediante fórmulas tridimensionales, los sistemas de nomenclatura y propiedades ópticas. Para esto, el docente utilizó ejemplos prácticos y aplicaciones en la vida cotidiana para ilustrar la relevancia de estos conceptos en diferentes campos, como la biología y la farmacología.

La experiencia práctica involucró la manipulación visual de enantiómeros utilizando la tecnología de realidad aumentada con la ayuda de IsomeRA. Al escanear marcadores y manipular las estructuras moleculares en un entorno tridimensional, los estudiantes pudieron comprender de una forma más sencilla las diferencias entre las imágenes especulares y entender la no superponibilidad de los enantiómeros. Esta actividad mejoró significativamente su comprensión visual de los conceptos teóricos.

Además, los estudiantes aplicaron sus conocimientos a través de ejercicios prácticos que implicaban la identificación de moléculas quirales, la asignación de configuraciones absolutas, conversión de fórmulas de cuñas y líneas a Proyecciones de Fischer y la representación tridimensional de enantiómeros. Estas actividades no solo les permitieron comprender los conceptos asociados con el tipo de isomería estudiada, sino que también se fomentó su habilidad para visualizar y manipular estructuras moleculares de manera efectiva.

En la identificación de los centro quirales de las moléculas proporcionadas, se evidencia una correcta comprensión del concepto de quiralidad , ya que en la mayoría de los compuestos se

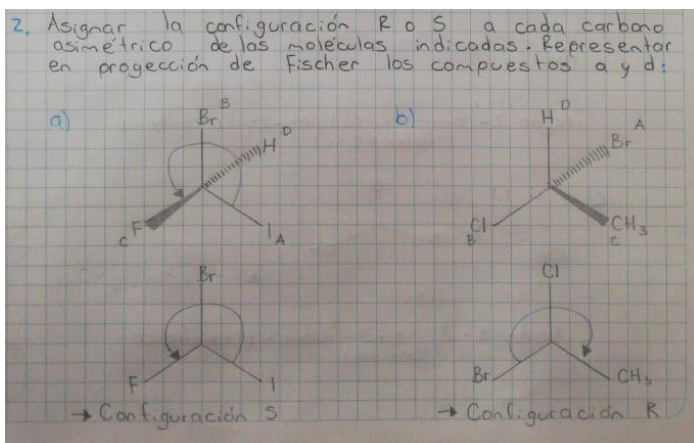
estableció con exactitud la ubicación de sus carbonos asimétricos partiendo de sus fórmulas de líneas y ángulos.

En cuanto a la asignación de las configuraciones absolutas de los enantiómeros fue donde los estudiantes presentaron el mayor número de imprecisiones debido a la incorrecta asignación de prioridades de Cahn, Ingold y Prelog, algunos establecieron el orden de prioridades de forma incorrecta o determinaron su configuración sin tener en cuenta la orientación correcta de la molécula, es decir, colocando el grupo de menor prioridad más alejado de ellos. Sin embargo, muchos estudiantes realizaron este ejercicio sin mayor dificultad debido a las estrategias empleadas. Por ejemplo, el E.08 como se puede ver en la Figura 25 realiza un esquema adicional previo a realizar el trazado de la fecha según el orden de prioridades, permitiéndole graficar la vista más alejada del grupo de átomos de menor prioridad. Otra forma fue la empleada por la E.06 que se muestra en la Figura 26, la cual consistió en volver a realizar la fórmula de líneas y ángulos de tal forma que el grupo de menor prioridad quedara en la cuña discontinua y de esta forma facilitar la determinación de su configuración absoluta y establecimiento de su Proyección de Fischer.

En los ejercicios del establecimiento de fórmulas de líneas y ángulos de enantiómeros se evidenció habilidad por parte de los estudiantes al hacer uso de las cuñas para representar la posibles configuraciones absolutas que pueden presentar los enantiómeros. Lo cual es fundamental para el establecimiento de su nomenclatura y comprensión de otros componentes relacionados.

### Figura 25

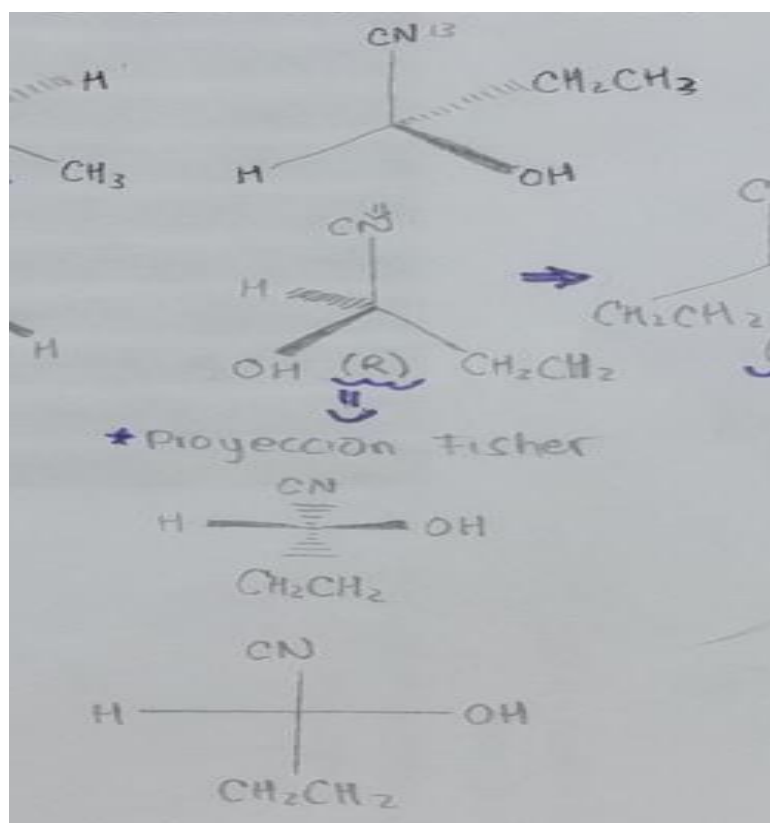
Asignación de configuraciones absolutas del E.08



Fuente: Elaboración propia

## Figura 26

Asignación de configuraciones absolutas de la E.06

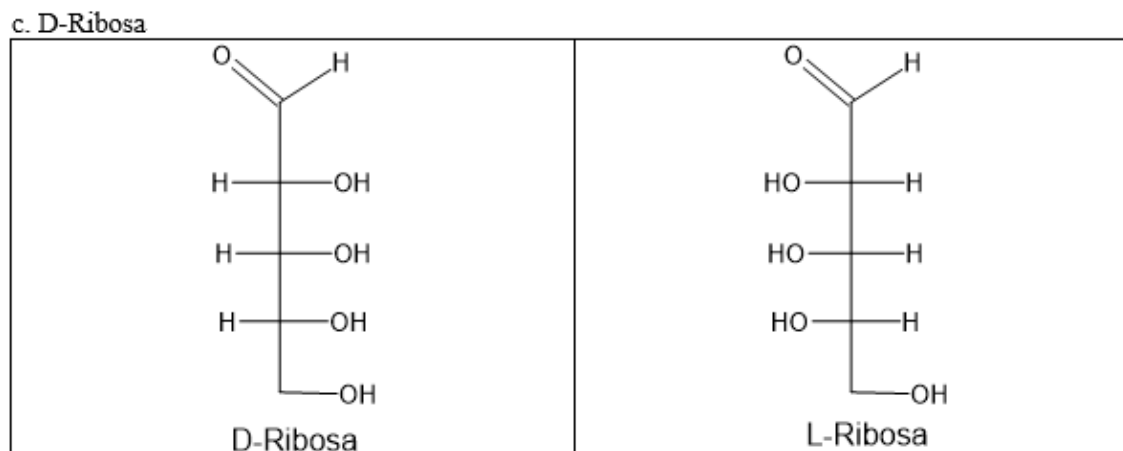


Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se observa que los estudiantes tuvieron un buen entendimiento de los epímeros, ya que todos ellos identificaron de forma correcta este tipo de diastereoisómeros con base en las Proyecciones de Fischer de diferentes pares de monosacáridos. En la Figura 27 se muestra el establecimiento de uno de los epímeros del compuesto de la derecha por parte del E.09.

## Figura 27

Determinación del epímero de la D-Ribosa por parte del E.09



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a través de un proceso de investigación, los estudiantes mostraron ejemplos de las implicaciones de diversos enantiómeros en la vida cotidiana o en la industria. Se describieron enantiómeros en el campo de los medicamentos, sabores, fragancias y productos químicos en la industria. Esta actividad demostró su capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones cotidianas y reales, evidenciando su comprensión de la relevancia práctica de estos conceptos en diversos campos.

### ***Etapa 5. La Danza de las Moléculas: El Estudio de la Isomería Conformacional***

Los resultados y el análisis de desempeño de los estudiantes en las actividades relacionadas con la isomería conformacional fueron altamente positivos. Los estudiantes demostraron una comprensión sólida de los conceptos teóricos y prácticos asociados con las diferentes conformaciones moleculares. Su participación en discusiones grupales, junto con la capacidad para aplicar estos conocimientos en las aplicaciones de realidad aumentada y ejercicios prácticos, reflejan una correcta comprensión de este tipo de isomería.

En las actividades grupales, los estudiantes tuvieron un aprendizaje colaborativo en el momento de identificar y discutir las diferencias en las estructuras tridimensionales de algunos conformeros, comprendiendo la relación de cada conformación con su estabilidad y reactividad

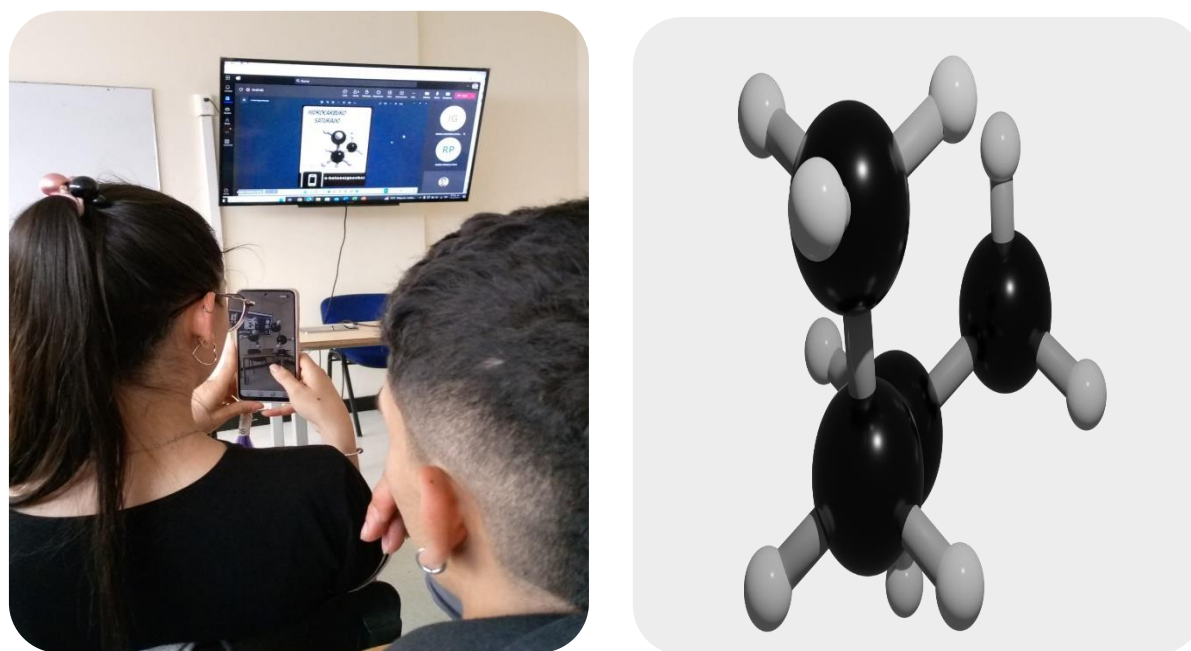


química. Las preguntas planteadas por el docente durante estas discusiones facilitaron el pensamiento visoespacial y ayudaron a los estudiantes a relacionar los conceptos teóricos con situaciones prácticas.

El uso de IsomeRA permitió observar las diferentes conformaciones de algunos hidrocarburos y compuestos halogenados de forma tridimensional, como se puede evidenciar en la Figura 28, lo cual facilitó la interpretación y establecimiento de sus correspondientes Proyecciones de Fischer y Caballete, estableciendo relaciones entre sus representaciones bidimensionales y tridimensionales.

### Figura 28

*Visualización de confórmers con IsomeRA*



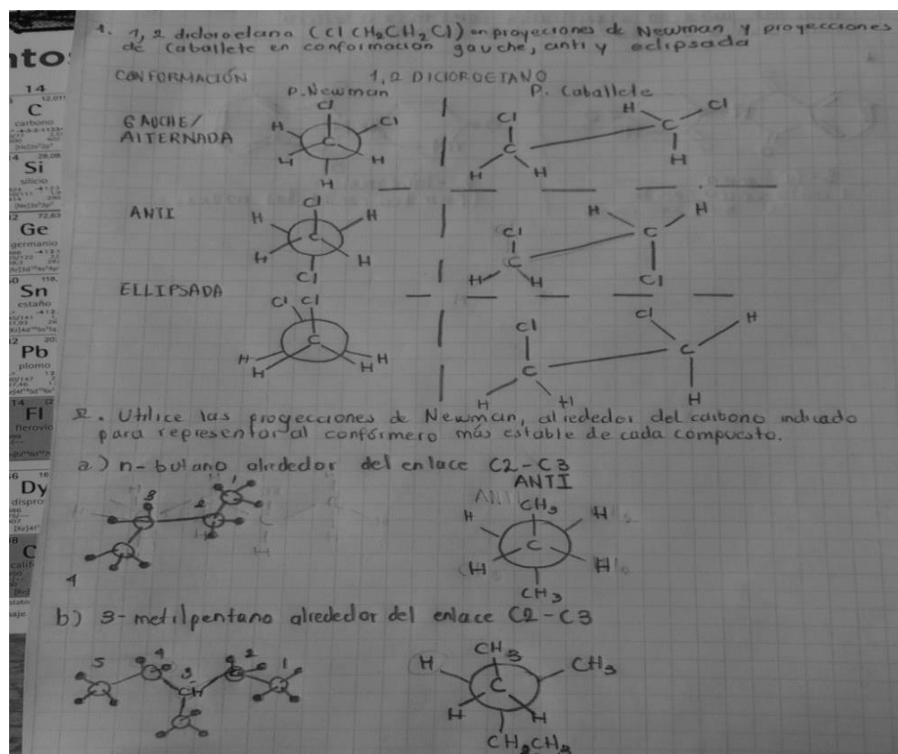
*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* En la parte de la izquierda se muestra a la estudiante visualizando la conformación alternada del n-butano en IsomeRA y en la derecha el modelo 3D que se estaba observando.

Los ejercicios propuestos en esta etapa proporcionaron una oportunidad para que los estudiantes demostraran su habilidad en la representación de confórmers y el análisis conformacional, como se puede ver en la Figura 29. La capacidad para determinar la conformación de mayor estabilidad y comprender el perfil de energía potencial demuestran su comprensión de los principios energéticos asociados con las conformaciones moleculares.

## Figura 29

### Ejercicios de isomería conformacional de la etapa cinco de la secuencia didáctica



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la investigación y presentación de ejemplos del mundo real en los que la isomería conformacional tiene un impacto significativo ampliaron el horizonte de los estudiantes más allá del aula. Este ejercicio fomentó la aplicación práctica del conocimiento adquirido, ayudando a los estudiantes a comprender la relevancia y las aplicaciones prácticas de la isomería conformacional en campos como la industria farmacéutica y la química de alimentos.

En la exploración de la isomería conformacional en la industria farmacéutica, los estudiantes adquirieron conocimientos específicos sobre cómo las diferentes formas conformacionales de una molécula pueden afectar la actividad biológica de un fármaco. Por ejemplo, se analizó cómo la isomería conformacional puede influir en la eficacia de un medicamento al interactuar con receptores celulares específicos. Además, al examinar la isomería conformacional en la química de alimentos, los estudiantes aprendieron sobre su impacto en las propiedades sensoriales y funcionales de

compuestos presentes en los alimentos. Se discutió, por ejemplo, cómo la isomería conformacional de ciertos compuestos aromáticos puede influir en el aroma y sabor de los productos alimenticios.

En conjunto, los resultados reflejan un alto nivel de logro en los objetivos de aprendizaje relacionados con la isomería conformacional. Los estudiantes no solo adquirieron conocimientos teóricos sólidos, sino que también demostraron habilidades prácticas y la capacidad de aplicar estos conocimientos en contextos del mundo real, lo que indica un aprendizaje significativo.

### **Prueba Final de Competencia Visoespacial e Isomería**

Con el fin de evaluar el aprendizaje significativo adquirido en isomería orgánica y avance de la competencia visoespacial por parte de los estudiantes, se realiza en primera instancia el análisis de los resultados obtenidos en la prueba final, como se hizo en la prueba inicial. De manera simultánea, se realizó un análisis comparativo entre el desempeño alcanzado en las dos pruebas por parte de los estudiantes, con el propósito de conocer la eficacia de secuencia didáctica e impacto de la aplicación de realidad aumentada en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

### ***Categoría de Interpretación de las Representaciones Químicas***

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes en cada uno de los cuatro indicadores evaluados en la categoría de interpretación de las representaciones químicas en los cuatro niveles de desempeño en la prueba final y la Figura 30 se presentan de forma gráfica. Además, en la Figura 31 se muestra el gráfico comparativo de los resultados obtenidos de la prueba inicial y final, el cual facilita la comprensión de los análisis efectuados.

**Tabla 10**

*Niveles de desempeño por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba final*

<b>Indicador</b>	<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Indicador 1. Identificar y representar isómeros a partir de representaciones químicas	Superior	1	7.7	0.38
	Alto	4	30.8	1.23
	Básico	3	23.1	0.69
	Bajo	5	38.5	0.77
	Total	13	100	3.07
Indicador 2. Identificar los tipos de isomería a partir de fórmulas estructurales	Superior	3	23.1	1.15
	Alto	5	38.5	1.54
	Básico	3	23.1	0.69
	Bajo	2	15.4	0.31
	Total	13	100	3.69
Indicador 3. Identificar funciones orgánicas por medio de representaciones químicas	Superior	9	69.2	3.46
	Alto	3	23.1	0.92
	Básico	1	7.7	0.23
	Bajo	0	0.0	0.00
	Total	13	100	4.6
Indicador 4. Relacionar la estructura molecular de los isómeros con sus propiedades físicas y químicas	Superior	2	15.4	0.77
	Alto	5	38.5	1.54
	Básico	4	30.8	0.92
	Bajo	2	15.4	0.31
	Total	13	100	3.5

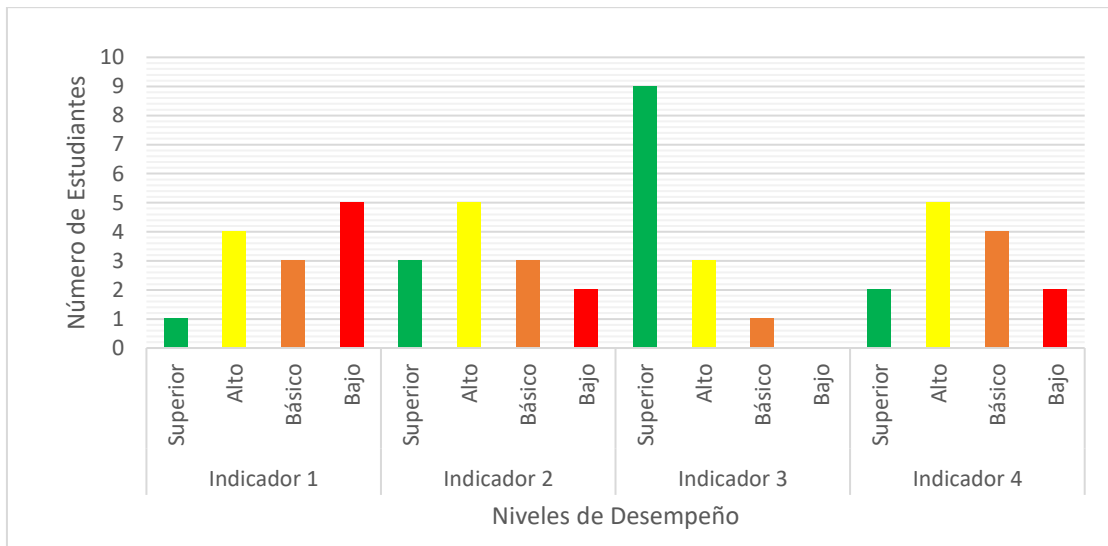
*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* El promedio ponderado es el producto del valor de cada desempeño (Superior: 5, Alto: 4, Básico:3 y Bajo: 2) por su frecuencia relativa.

El total del promedio ponderado corresponde a la media del desempeño del grupo

**Figura 30**

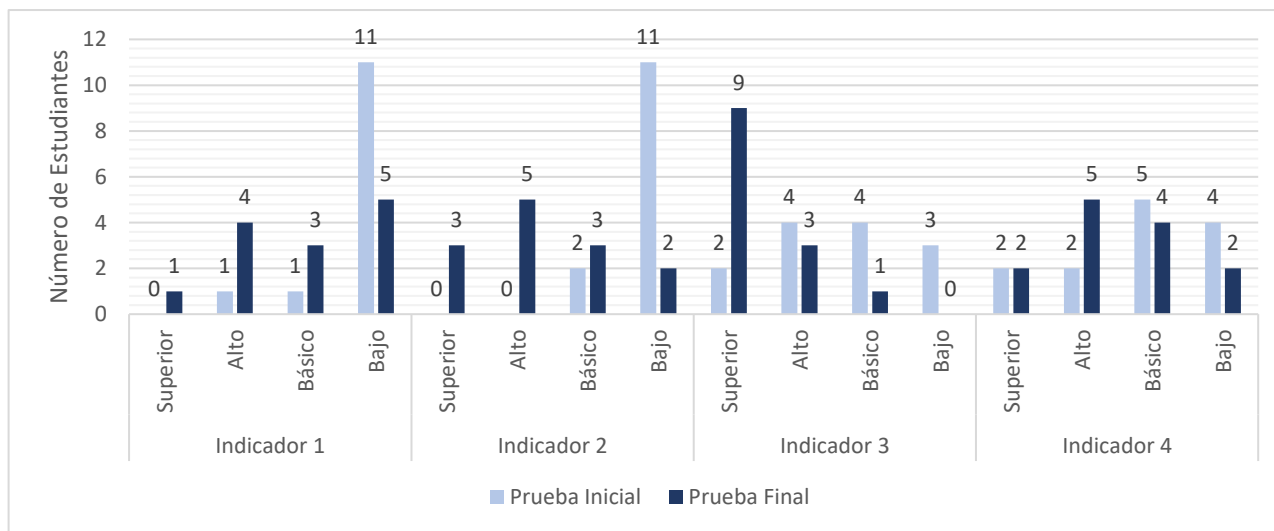
*Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba Final*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 31**

*Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de interpretación de las representaciones químicas - Prueba inicial y Final*



Fuente: Elaboración propia

En el primer indicador de la categoría en la prueba final se evidencia que el mayor porcentaje de estudiantes se ubicaron en el nivel más bajo (38.5%) que corresponde a 5 estudiantes, el nivel de desempeño alto le sigue con un porcentaje de 30.8% y por último se ubican los niveles de desempeño básico con un 23.1% y superior con un 7.7%. Por otro lado, la media de desempeño del grupo fue de 3.07 que, aproximándolo al número entero más cercano, da como resultado un nivel de desempeño básico (3). Esto indica que los estudiantes tuvieron dificultad para establecer las fórmulas semidesarrolladas de los posibles isómeros del compuesto asignado a partir de las fórmulas tridimensionales y bidimensionales proporcionadas. Sin embargo, es importante resaltar que su capacidad para identificarlos mejoró sustancialmente en comparación con la prueba inicial, ya que en esta ocasión sí lograron reconocer algunos isómeros que no presentaban grupos funcionales semejantes, lo cual refleja el conocimiento adquirido de los diferentes tipos de isomería orgánica.

Si bien, no se logró que el mayor porcentaje de los estudiantes pasaran a los niveles de desempeño esperados (alto y superior), si se evidencia un avance positivo por parte del grupo, ya que en la prueba final se redujo considerablemente el número de estudiantes en desempeño bajo, pasando de tener 11 estudiantes a 5 y en el caso del nivel alto se pasó de tener solo un estudiante a tener 4. Además, uno de los estudiantes obtuvo un nivel superior, que no había sido obtenido por ningún estudiante en la prueba de entrada.

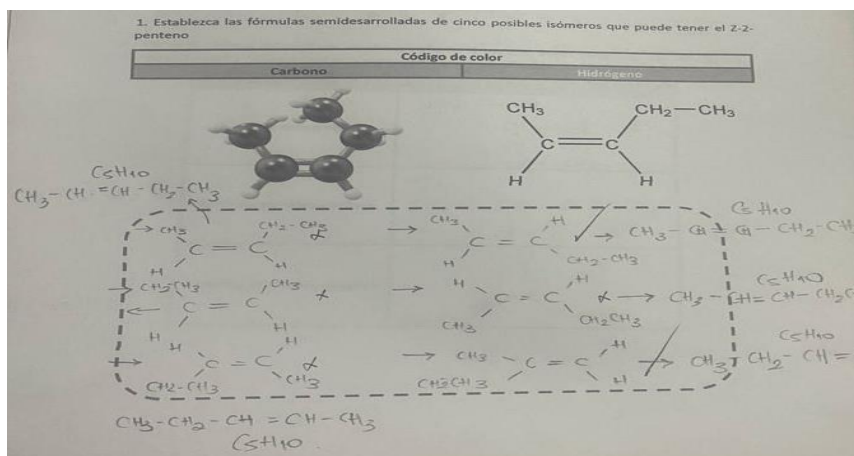
Con el fin de mejorar la capacidad de los estudiantes para representar isómeros a partir de representaciones químicas es importante hacerles comprender que el hecho de dibujar las fórmulas de forma diferente no implica que sea un compuesto diferente. Por ejemplo, si se analizan los isómeros propuestos por la estudiante E.13 en el primer punto de la prueba final que se muestra en la Figura 32. A pesar de representar 2 isómeros de forma correcta del compuesto Z-2-penteno, propone 4 estructuras que corresponden al mismo compuesto. Es interesante que la estudiante asume que solo cambiar la forma en que escribía el compuesto daba como resultado otro isómero sin analizar que el realizar giros a la molécula se volvía a obtener la misma estructura, habilidad que también hace parte de la competencia visoespacial.

Si bien, este error había sido identificado en la prueba inicial, las explicaciones dadas en las sesiones no fueron suficientes para que todos los alumnos pudieran superarla. Lo que significa que se requiere un trabajo focalizado en ejercicios de este estilo para adquirir mayor habilidad a la hora de realizar la formulación de los compuestos orgánicos que presentan isomería. Se podría seguir

trabajando con la aplicación de realidad aumentada y realizar ejercicios que solo impliquen la rotación de las moléculas a diferentes ángulos de tal manera que se evidencie las diferentes formas en las que se puede representar la misma molécula.

**Figura 32**

*Fórmulas semidesarrolladas del E.13 para los isómeros del Z-2-penteno – Prueba Final*



*Fuente:* Elaboración propia

Respecto al segundo indicador de la categoría, los resultados fueron satisfactorios, puesto que la mayoría de los estudiantes se ubicaron en los niveles de desempeño superior y alto con un 23.1% y 38.5% respectivamente, teniendo como media del grupo 3.7, lo cual indica que estuvieron más cerca del nivel de desempeño alto. Teniendo en cuenta que en la prueba inicial la media estuvo en un nivel de desempeño bajo, el resultado en la prueba final indica una mejor comprensión de la isomería y sus tipos. De igual modo, estos resultados reflejan un desarrollo de la competencia visoespacial de los estudiantes, ya que la identificación del tipo de isomería dependía fundamentalmente de la correcta interpretación realizada a las representaciones bidimensionales y tridimensionales de los compuestos orgánicos.

Los resultados alcanzados en el tercer indicador también fueron favorables ya que la mayor parte de los estudiantes tuvo un nivel de desempeño superior (69.2%) y alto (23.1%) y un solo estudiante tuvo un nivel de desempeño básico. Teniendo en cuenta la media del grupo en la pruebas inicial y final, se pasó de un desempeño básico a uno superior, es evidencia que los estudiantes mejoraron su entendimiento de los grupos funcionales característicos de cada función orgánica, lo

cual es clave para identificar ciertos tipos de isómeros. Este resultado, es el producto del énfasis que se puso en las actividades incorporadas en la secuencia didáctica y en los modelos tridimensionales evidenciados en IsomeRA, que le permitían al estudiante identificar con mayor facilidad los átomos característicos de cada familia de compuestos orgánicos. Esto también evidencia una mejora en la competencia visoespacial, ya que para identificar el grupo funcional de los compuestos es necesario entender los aspectos relacionados con la posición de sus átomos, código de color y conectividad.

Como hallazgo adicional se tiene que los tipos de isomería que representaron mayor dificultad de identificar fue la isomería constitucional de función e isomería geométrica. Esto se debe en parte a que los estudiantes tendieron a confundir la isomería de función con la isomería de posición, ya que no tenían en cuenta que al cambiar la posición de un grupo funcional hace que el compuesto pertenezca a otra función química. Por ejemplo, si en una cetona se cambia la posición del grupo carbonilo a uno de los extremos de la cadena de carbonos se obtiene un aldehído. Por otro lado, la isomería geométrica fue la más difícil de percibir, ya que en las fórmulas químicas de los alquenos, se omite por lo general los átomos de hidrógeno alrededor del doble enlace, haciendo más compleja su identificación.

En el último indicador de la categoría se evidencia que la mayor parte de los estudiantes se ubicó en un desempeño alto con un 38.5%, seguido del nivel de desempeño básico con un 30.8% y por último el desempeño superior y bajo cada uno con un 15.4 %. La media del grupo en el indicador fue de 3.5. En comparación con los resultados obtenidos en la prueba inicial, se evidencia una reducción de estudiantes en el nivel de desempeño bajo y básico y un aumento del nivel de desempeño alto, manteniéndose el mismo porcentaje en el nivel superior. Esto demuestra que los estudiantes presentaron un mayor entendimiento de cómo la estructura molecular de los isómeros afecta sus propiedades físicas y químicas, proporcionando explicaciones basadas en argumentos razonables, pero presentando algunas imprecisiones en sus descripciones.

El avance en la interpretación de las representaciones de los isómeros se puede ver claramente en las respuestas que se muestran a continuación, por parte del E.08 en el punto 7 de la segunda parte de la prueba final, en donde se le solicitaba al estudiante establecer diferentes predicciones de las propiedades del ácido maleico (isómero A) en comparación al ácido fumárico (isómero B), partiendo únicamente de su representación tridimensional:



**A.** ¿Por qué el isómero B tiene un punto de fusión y ebullición más alto que el isómero A?

El isómero A corresponde a un isómero de geometría Cis, lo que significa que es más reactivo que el Trans, puesto que quedan más cerca las nubes electrónicas del oxígeno, lo que genera una repulsión, ocasionando que su punto de fusión y ebullición sean menor con respecto al isómero B.

**B.** ¿Por qué el isómero B es insoluble en agua, mientras el isómero A es soluble ?

El isómero Trans que corresponde al B es insoluble en agua debido a su geometría, pues por su distribución genera un impedimento para hacer puentes de hidrogeno, mientras que el isómero A no.

**C.** ¿Cómo se podría explicar la mayor reactividad del isómero A en comparación con el isómero A?

El isómero A tiene una mayor reactividad con respecto al B debido a que es más inestable por su geometría, al estar en el mismo plano los átomos de oxígeno genera repulsión, por las nubes de electrones.

El estudiante identifica correctamente que el ácido maleico (isómero A) tiene una geometría cis, lo que significa que los dos grupos carboxilo (-COOH) están en el mismo lado del doble enlace. Esta configuración hace que el doble enlace sea menos estable debido a la repulsión estérica entre los dos grupos carboxilo cercanos, lo que resulta en un menor punto de ebullición y fusión en comparación con el ácido fumárico (isómero B). Por otro lado, reconoce correctamente que la configuración trans del ácido fumárico (isómero B) genera un impedimento para formar puentes de hidrógeno, lo que contribuye a su insolubilidad en agua. Sin embargo, no menciona la capacidad del ácido maleico (isómero A) para formar enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua debido a su grupo funcional ácido carboxílico (-COOH), lo que lo hace soluble en agua. En la última respuesta se evidencia que el estudiante comprende correctamente que la configuración cis del ácido maleico (isómero A) contribuye a su mayor reactividad debido a la inestabilidad del doble enlace y la repulsión estérica entre los dos grupos carboxilo cercanos.

Es destacable que el estudiante obtuvo en esta categoría en la prueba inicial un nivel de desempeño básico, en donde con dificultad explico algunas de las propiedades de una pareja similar de isómeros paso a formular con razonamientos coherentes las diferencias entre los isómeros establecidos logrando alcanzar en la prueba final un nivel de desempeño superior.

Considerando los resultados obtenidos de los cuatro indicadores, estos se suman de acuerdo con el valor asignado a cada nivel de desempeño. De esta manera, se determina el nivel de desempeño general de cada estudiante para la categoría de interpretación de las representaciones químicas, obteniendo los resultados expuestos en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Niveles de desempeño de la categoría de interpretación de las representaciones químicas – Prueba final*

<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Superior	2	15.4	0.77
Alto	6	46.2	1.85
Básico	5	38.5	1.15
Bajo	0	0.0	0.00
Total	13	100	3.77

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* La determinación de los niveles de desempeño se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en los diferentes indicadores de la categoría.

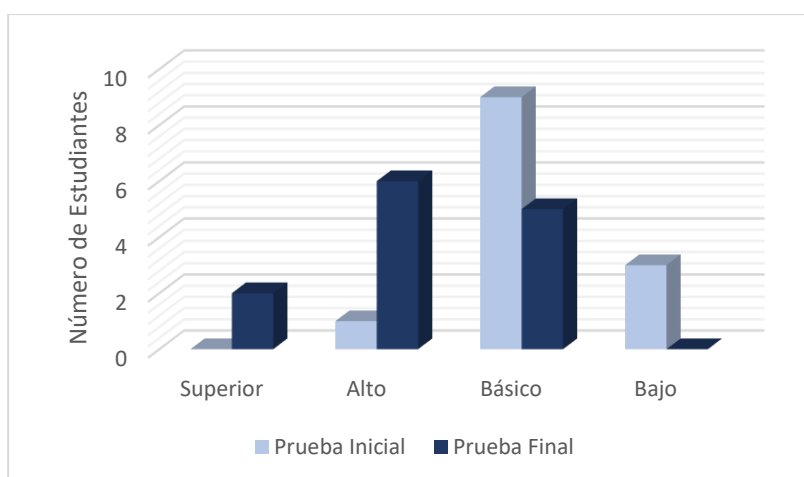
Si se comparan los resultados obtenidos en la misma categoría en la prueba inicial (Tabla 6) y final (Tabla 11), se puede evidenciar una mejora significativa en la competencia visoespacial relacionada a la capacidad de interpretación de las representaciones químicas y la comprensión de la isomería orgánica de los estudiantes, tal y como se puede observar en el gráfico comparativo de la Figura 33. En la prueba inicial, no había estudiantes en el nivel superior, pero en la prueba final, dos estudiantes alcanzaron este nivel, lo que representa un aumento del 15.4%. Además, el número de estudiantes en el nivel alto aumentó considerablemente, pasando de 1 estudiante (7.69%) en la prueba inicial a 6 estudiantes (46.2%) en la prueba final. Aunque el número de estudiantes en el nivel básico disminuyó de 9 (69.23%) a 5 (38.5%), esto es positivo ya que muchos de estos estudiantes han avanzado a niveles más altos. Es satisfactorio ver que el número de estudiantes en el nivel bajo se redujo a cero en la prueba final.

En términos generales, estos resultados indican una mejora en las habilidades de los estudiantes y sugieren que la intervención con la secuencia didáctica y la aplicación móvil de realidad

aumentada resultó ser efectiva, ya que permitió mejorar la comprensión de los significados inherentes a las diferentes fórmulas empleadas en química a partir de la interacción con las dichas representaciones de una manera más intuitiva y dinámica.

### Figura 33

*Comparativo de resultados en la categoría de interpretación de las representaciones químicas entre la prueba inicial y final.*



*Fuente:* Elaboración propia

### *Categoría de traducción de las Representaciones Químicas*

Los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes en los dos indicadores evaluados dentro de la categoría de traducción de representaciones químicas se detallan en la Tabla 12. Para una visualización más clara, estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 34. Por otro lado, la Figura 35 ofrece un gráfico comparativo de los resultados de las pruebas iniciales y finales, proporcionando una comprensión más profunda de los análisis realizados.

**Tabla 12**

*Niveles de desempeño por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba Final*

<b>Indicador</b>	<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Indicador 1. Transformar fórmulas químicas a otras equivalentes	Superior	1	7.7	0,38
	Alto	6	46.2	1,85
	Básico	2	15.4	0,46
	Bajo	4	30.8	0,62
	Total	13	100	3.30
Indicador 2. Representar modelos tridimensionales a partir de fórmulas 2D	Superior	4	30,8	1,54
	Alto	8	61,5	2,46
	Básico	1	7,7	0,23
	Bajo	0	0,0	0,00
	Total	13	100	4.23

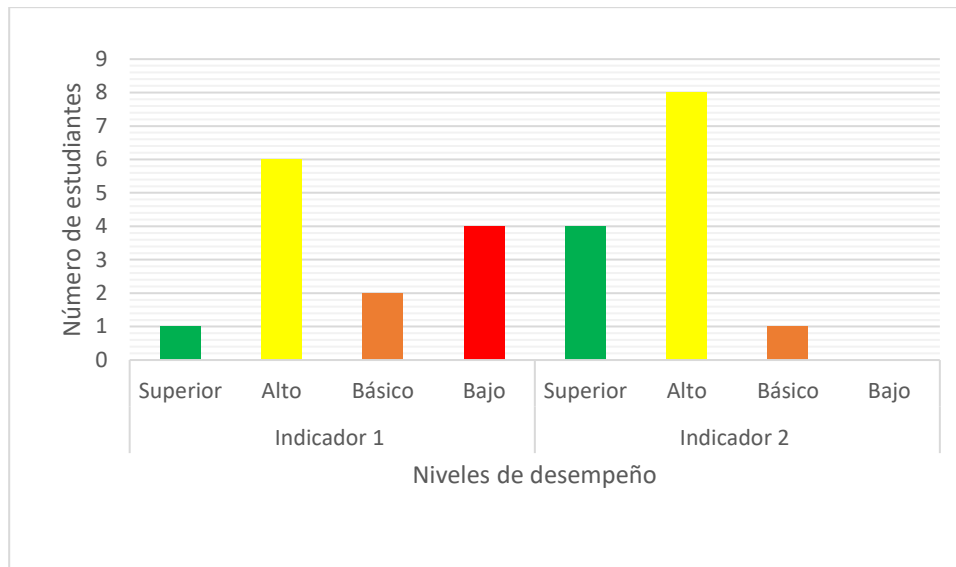
*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* El promedio ponderado es el producto del valor de cada desempeño (Superior: 5, Alto: 4, Básico:3 y Bajo: 2) por su frecuencia relativa.

El total del promedio ponderado corresponde a la media del desempeño del grupo

**Figura 34**

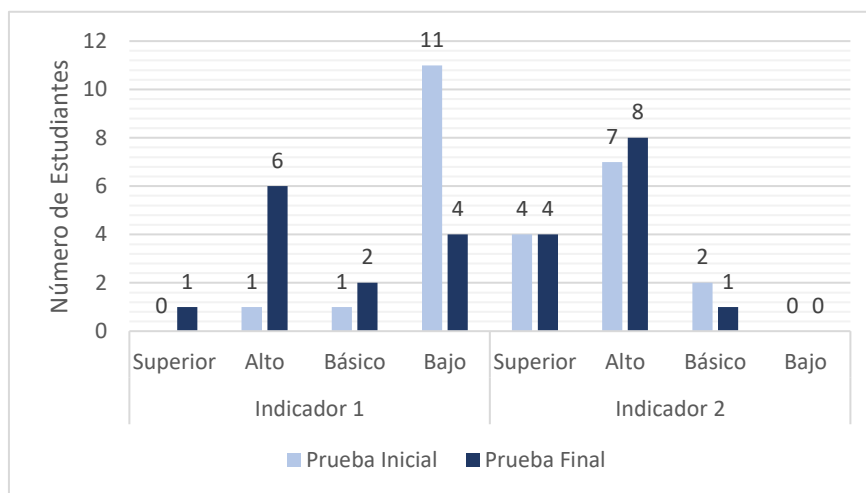
*Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba Final*



Fuente: Elaboración propia

**Figura35**

*Niveles de desempeño de los estudiantes por indicador en la categoría de traducción de las representaciones químicas - Prueba inicial y Final*



Fuente: Elaboración propia

En el primer indicador de la categoría se observa a partir de la Figura 30 que la mayor parte de los estudiantes hizo parte del nivel de desempeño alto con un 46.2% equivalente a 6 estudiantes, lo cual es un gran avance teniendo en cuenta que en la prueba inicial solo un 7.7% equivalente a un estudiante alcanzó este nivel, indicando una mejora en la habilidad para pasar de una forma representacional de un isómero a otra equivalente. Evidencia de lo anterior se muestra en la Figura 36 en donde se muestran las respuestas del E.08 en algunos de los ejercicios evaluados en la categoría traducción, en donde se puede observar el conocimiento adquirido para transformar una representación en otra equivalente.

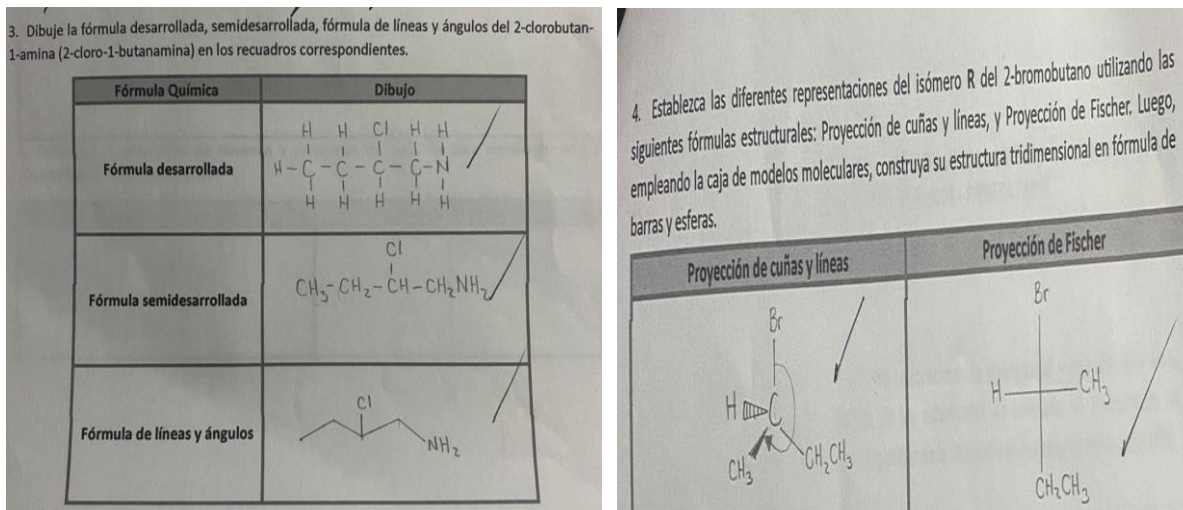
Sin embargo, un porcentaje considerable (30.8%) de estudiantes obtuvo un desempeño bajo, pero que en comparación con la prueba inicial no se puede considerar negativo, puesto que se pasó de tener 11 estudiantes en este nivel a solo 4. Este resultado es reflejo de la baja capacidad de estos estudiantes para pasar de una forma de representación a otra, lo cual puede estar relacionado a dificultades para visualizar estructuras tridimensionales a partir de fórmulas planas o también a la falta de práctica de este tipo de ejercicios.

Dos de los estudiantes presentaron un nivel de desempeño básico, es decir, un estudiante más que en la prueba inicial. Sin embargo este comportamiento se da a causa del movimiento de los estudiantes en la segunda prueba del nivel bajo al resto de los niveles. Estos estudiantes se ubicaron en dicho nivel principalmente por la omisión de los principios o reglas que debieron tener en cuenta en la formulación de las diferentes representaciones.

Es importante reconocer que un estudiante alcanzó el nivel superior, lo cual no se había evidenciado en la prueba inicial. Dicho estudiante demostró tener los conocimientos necesarios y alto grado de competencia visoespacial para plantear las fórmulas químicas solicitadas en la prueba final.

### Figura 36

Puntos evaluados del estudiante E.08 en la categoría de traducción de las representaciones químicas



Fuente: Elaboración propia

En el segundo indicador la mayoría de los estudiantes tuvo un nivel de desempeño alto con un 60.1% que corresponde a 8 estudiantes, uno más que la prueba inicial. Cuatro estudiantes resultaron tener desempeño superior, igual que en la prueba inicial y en el caso del desempeño básico, este redujo en un estudiante. Por su parte, ningún estudiante tuvo desempeño bajo. De acuerdo con estos resultados se puede afirmar que hubo una mejora muy sutil entre ambas pruebas realizadas en términos cuantitativos, pero en el análisis individual de los modelos realizados por los estudiantes se evidencia un gran avance, ya que en la prueba final se observa que prestaron mayor atención a los detalles incluyendo la conectividad de los enlaces en la molécula, código de colores y la configuración absoluta de la molécula quiral proporcionada.

Los resultados de la categoría de traducción de las representaciones químicas, de acuerdo con los resultados de cada indicador se muestran en el tabla 13 y en la Figura 33 se muestra el gráfico comparativo de la categoría en la prueba inicial y final.

**Tabla 13**

*Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas – Prueba final*

<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Número de estudiantes</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Promedio ponderado</b>
Superior	3	23.08	1.15
Alto	6	46.15	1.85
Básico	4	30.77	0.92
Bajo	0	0.00	0.00
Total	13	100	3.9

*Fuente:* Elaboración propia

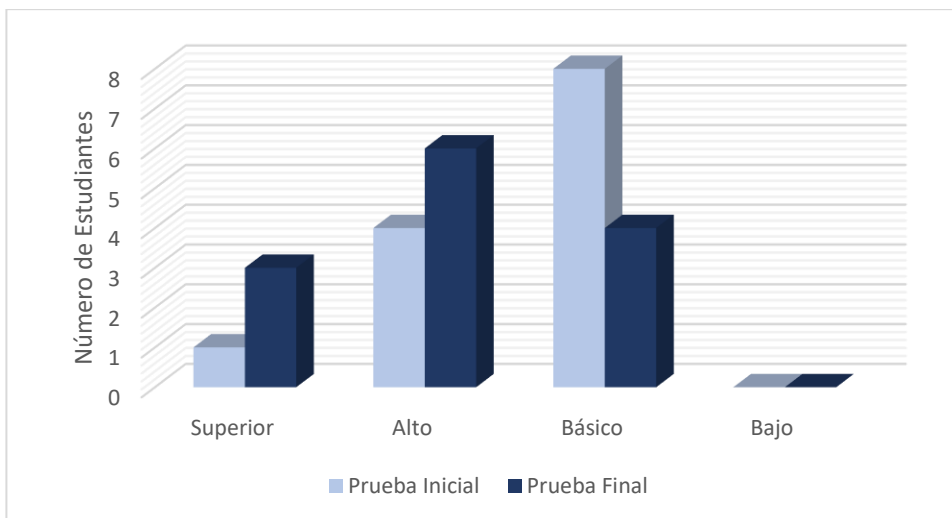
Los resultados de las pruebas inicial y final en términos de la categoría de traducción tal y como se muestran en la Figura 37 muestran una mejora notable en la capacidad de los estudiantes para representar diferentes tipos de isómeros a través de diversas representaciones y para representar modelos tridimensionales de compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales con precisión y claridad.

En la prueba inicial, había 1 estudiante (7.69%) en el nivel superior, 4 estudiantes (30.77%) en el nivel alto, y 8 estudiantes (61.54%) en el nivel básico. No había estudiantes en el nivel bajo. En la prueba final, el número de estudiantes en el nivel superior aumentó a 3 (23.08%), y en el nivel alto aumentó a 6 (46.15%). El número de estudiantes en el nivel básico disminuyó a 4 (30.77%). Al igual que en la prueba inicial, no había estudiantes en el nivel bajo. Estos resultados indican que los estudiantes han mejorado significativamente sus habilidades para representar isómeros y modelos tridimensionales de compuestos orgánicos, lo que sugiere que las estrategias de enseñanza utilizadas fueron efectivas.



**Figura 37**

*Comparativo de resultados en la categoría de traducción de las representaciones químicas entre la prueba inicial y final.*



*Fuente:* Elaboración propia

### ***Categoría de manipulación mental de las Representaciones Químicas***

Los resultados obtenidos por el grupo de estudiantes en el indicador evaluado en la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas en la prueba final en los cuatro niveles de desempeño se muestran en la Tabla 14 y en la Figura 38 se presentan de forma gráfica. La Figura 39 corresponde al gráfico comparativo de los resultados de las pruebas iniciales y finales.

**Tabla 14**

*Niveles de desempeño de la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas - Prueba Final*

Nivel de desempeño	Número de estudiantes	Porcentaje	Promedio ponderado
Superior	3	23,1%	1,15
Alto	5	38,5%	1,54
Básico	4	30,8%	0,92
Bajo	1	7,7%	0,15

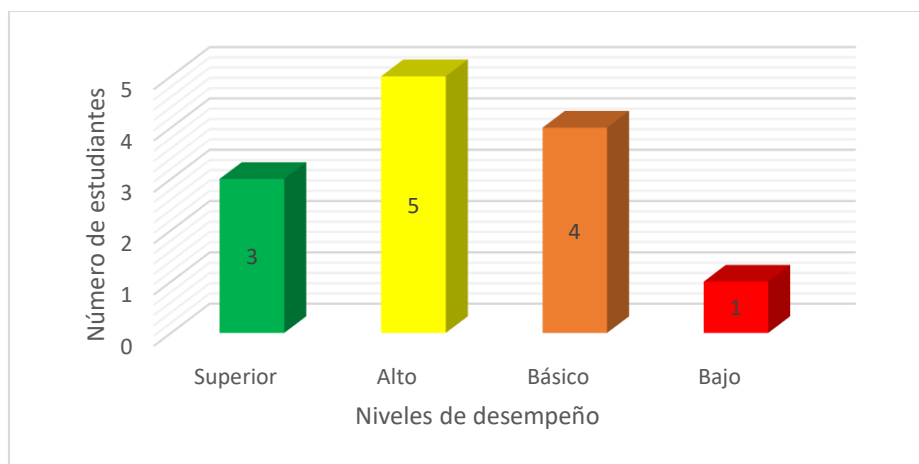
Total	13	100	3.77
-------	----	-----	------

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* La determinación de los niveles de desempeño se obtuvo a partir de los resultados obtenidos en el único indicador de la categoría.

### Figura 38

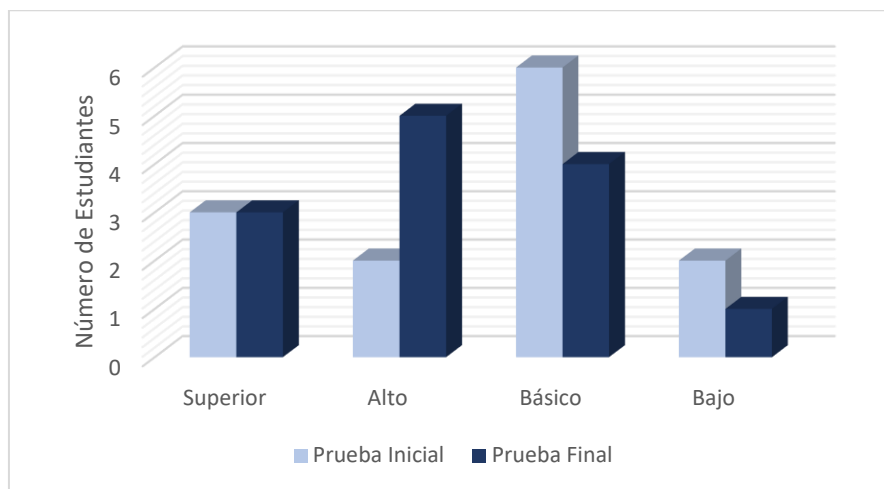
*Niveles de desempeño de la categoría de traducción de las representaciones químicas*



*Fuente:* Elaboración propia

### Figura 39

*Comparativo de resultados en la categoría de manipulación mental de las representaciones químicas entre la prueba inicial y final.*



*Fuente:* Elaboración propia

Los resultados de las pruebas inicial y final muestran una mejora en la capacidad de los estudiantes para manipular mentalmente las representaciones químicas, formar imágenes mentales precisas en 3D y realizar giros mentales a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.

En la prueba inicial, había 3 estudiantes (23.08%) en el nivel superior, 2 estudiantes (15.38%) en el nivel alto, 6 estudiantes (46.15%) en el nivel básico y 2 estudiantes (15.38%) en el nivel bajo. Mientras que en la prueba final, el número de estudiantes en el nivel superior se mantuvo constante en 3 (23.08%), pero el número en el nivel alto aumentó a 5 (38.5%). El número de estudiantes en el nivel básico disminuyó a 4 (30.8%), y solo 1 estudiante (7.7%) se encontraba en el nivel bajo. Además, la media del grupo en la categoría paso de tener un nivel de desempeño básico a tener un nivel de desempeño alto. Estos resultados indican que los estudiantes han mejorado significativamente sus habilidades para manipular mentalmente representaciones químicas y realizar diferentes giros mentales, lo que demuestra que las actividades propuestas en la secuencia didáctica permitieron el avance de la competencia visoespacial al permitir a los estudiantes visualizar y manipular las representaciones tridimensionales de los diferentes tipos de isómeros mediante IsomeRA.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

Con base en los objetivos establecidos en la investigación y el análisis de los resultados obtenidos del diseño e implementación de la secuencia didáctica para el aprendizaje de la isomería en compuestos orgánicos y desarrollo de la competencia visoespacial, se presentan las siguientes conclusiones que permiten conocer el impacto y pertinencia que tuvo la aplicación del ciclo de aprendizaje de las 7Es y software de realidad aumentada desarrollado.

- La Prueba inicial de Competencia Visoespacial e Isomería Orgánica permitió una caracterización detallada del nivel de desarrollo de la capacidad para interpretar, traducir y manipular mentalmente las representaciones químicas por parte de los estudiantes de IV semestre de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Los resultados de la prueba indicaron un bajo desarrollo tanto en la competencia visoespacial como en la comprensión de la isomería orgánica. Se observa una incapacidad significativa para interpretar las representaciones químicas tridimensionales y transformar una representación dada en otra equivalente. Además, se identificó dificultad para realizar giros específicos a las moléculas orgánicas, lo que demuestra una falta de comprensión en la estructura y disposición espacial de las moléculas.

En cuanto a la comprensión de la isomería orgánica, los resultados mostraron la incapacidad de los estudiantes para distinguir e identificar los diferentes tipos de isomería, como la isomería estructural, geométrica y espacial. Además, se observaron confusiones al identificar y establecer las fórmulas bidimensionales y tridimensionales de isómeros para compuestos orgánicos específicos. Estos hallazgos hicieron evidente la necesidad de implementar estrategias educativas específicas que aborden estas deficiencias en el conocimiento de los estudiantes y que además fomenten la visualización y manipulación de modelos moleculares tridimensionales incorporando herramientas tecnológicas y recursos multimedia que permitan una representación interactiva y dinámica de las moléculas, facilitando así la adquisición de aprendizajes significativos.

- Teniendo en cuenta los resultados de la prueba inicial se diseñó la secuencia didáctica denominada: Isomería orgánica en 3D: una experiencia de aprendizaje basada en realidad

aumentada , la cual estuvo estructurada según el ciclo de aprendizaje de las 7Es e incorporó de la aplicación móvil desarrollada denominada: IsomeRA. Su implementación se llevó a cabo en cinco sesiones de trabajo en las cuales se abordaron los diferentes contenidos de aprendizaje divididos en cinco etapas, las cuales tuvieron como hilo conductor temas contextualizados (composición química de la gasolina, hábitos alimenticios saludables, fármacos), lo que permitió la conexión de los diferentes temas y actividades de aprendizaje, proporcionando en los estudiantes una comprensión integral y contextualizada del contenido.

El enfoque pedagógico de las 7Es permitió originar interés por el aprendizaje de la isomería, la identificación de las ideas previas de los estudiantes en cada una de las siete etapas de la secuencia, profundizar en el tema de estudio, facilitar las explicaciones por parte del docente, aplicar el aprendizaje en otros campos y aplicar una evaluación formativa del desempeño de los estudiantes. Mientras que la aplicación de realidad aumentada, alineada con las fases del ciclo, brindó experiencias inmersivas que ayudaron a los estudiantes a visualizar conceptos abstractos y a extender su comprensión a través de interacciones prácticas. De este modo, la combinación de la evaluación inicial, el ciclo de las 7E y la tecnología de realidad aumentada creó un entorno de aprendizaje enriquecido y personalizado, potenciando la comprensión y el compromiso de los estudiantes con el tema de isomería orgánica.

- La evaluación del aprendizaje significativo y avance de la competencia visoespacial permitió establecer que la secuencia didáctica y el uso de la realidad aumentada fueron eficaces para mejorar el aprendizaje significativo de la isomería orgánica, ya que al emplear los modelos de los isómeros en realidad aumentada dentro de las actividades de aprendizaje facilitó la conexión con experiencias previas, promovió la comprensión de proposiciones y relaciones moleculares tridimensionales, y estimuló la construcción activa de los conceptos involucrados.

En términos generales, este proyecto de investigación logró el diseño e implementación de una secuencia didáctica innovadora que aprovecha la tecnología de realidad aumentada para mejorar la comprensión de la isomería de compuestos orgánicos y el desarrollo de la competencia visoespacial en estudiantes universitarios. Los resultados obtenidos destacan la importancia de utilizar enfoques

pedagógicos modernos y herramientas tecnológicas para fomentar el aprendizaje significativo en áreas complejas como la química orgánica. Estas conclusiones proporcionan la base para futuras investigaciones y prácticas educativas que buscan mejorar la calidad y eficacia de la enseñanza de la química en contextos universitarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad Encinas, P. (2019). Aula virtual de Física y Química para 1º de Bachillerato. Un entorno de enseñanza-aprendizaje innovador para personas adultas.

Adriana, I., y Corzo, G. (2009). *Estereoquímica Básica*. Universidad Nacional De Santiago Del Estero.

Alzate, V. (2013). Relaciones entre la metacognición y el pensamiento visoespacial en el aprendizaje de la estereoquímica [Tesis de maestría, Universidad de Caldas] REPOUAM. [https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/488/1/Relaciones\\_metacognici%3%b3n\\_pensamiento\\_visoespacial\\_aprendizaje\\_estereoqu%3%admica.pdf](https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/488/1/Relaciones_metacognici%3%b3n_pensamiento_visoespacial_aprendizaje_estereoqu%3%admica.pdf)

Almgren, J., Carlsson, R., Erkkonen, H., Fredriksson, J., Møller, S., Rydgård, H., Österberg, M., Bötschi K., Fjeld, M. (2005). *Tangible User Interface for Chemistry Education: Visualization, Portability and Database*. SIGRAD. Linköping University, 19-24.

Ausubel, D. (1963) La psicología del aprendizaje verbal significativo. Grune y Stratton.

Ausubel, D. (1976). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. Ed. Trillas.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México, Editorial Trillas. Traducción al español, de Mario Sandoval P., de la segunda edición de Educational psychology : a cognitive view.

Barriga, Á. D. (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿ Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? *Profesorado, Revista de currículum y formación del profesorado*, 17(3), 11-33.

Bryan, L. (2007). Identifying students' Misconceptions in “A-level” Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*.

Caamaño, A., y Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique*, 41, 68-81.

Carvajal, C. y Navia, K. (2018). 1B006 Isomería de los aminoácidos y sabor en cítricos: una propuesta para su enseñanza y aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extraordin). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8742>

Casullo, P. (2021). Propuesta para un enfoque de la Química Orgánica contextualizado desde la Química Verde, apoyado con TIC. *Revista Enseñanza de Química*.

Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. In *Didáctica de la física y química*.

Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S. y Dillenbourg P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers y Education*, 68, 557-569.

Dettorre, L., Gudiño, E., Sabaini, M. y Valino, A. (2019). *Errores conceptuales y obstáculos en el aprendizaje de la isomería espacial de compuestos cíclicos en un curso universitario de química orgánica*. Actas XXXII Congreso Argentino de Química, Buenos Aires, Argentina: AQA (Asociación Química Argentina).

Dettorre, L., Sabainia, M., Galiziab, y Ramírez, S. (2021). Latin American Journal of Science Education. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, 8(2).

Díaz Barriga, Á. (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. *UNAM, México*, 10(04), 1-15.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the model5E. *The Science Teacher*, 70(6), pp.57-59.

Fatemah, A., Rasool, S. y Habib, U. (2020). Interactive 3D Visualization of Chemical Structure Diagrams Embedded in Text to Aid Spatial Learning Process of Students. *Journal of Chemical Education*, 97 (4), 992-1000.

Fensham, P. (2002). Implications, large and small, from chemical education research for the teaching of chemistry. *Química Nova*, 25(2), 335-339.

Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas.

Gilbert, J. y D. Treagust (2009). *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht: Springer.

Gilbert, John K. (2005). *Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education*. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Dordrecht: Springer Netherlands.

Gilbert, John K. (2008). *Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education*. In J. K. Gilbert, M. Reiner y M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 3-24). Dordrecht: Springer Netherlands.

Gobert, J. *Leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote students' science*. In John K. Gilbert (Eds.) *Visualization in Science Education*. Holland: Springer, p. 73-90, 2007.

Gómez, A., y Ramírez, C. (2018). Las 7E en el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos relacionados con los micro y macro nutrientes. Bogotá DC: Universidad Pedagógica Nacional <http://hdl.handle.net/20.500,12209,9270>.

Hassan, A., Hill, R., y Reid, N. (2004). Ideas underpinning success in an introductory course in organic chemistry. *University Chemistry Education*, 8(2), 40-51.

Hays, T. A. (1996). Spatial abilities and the effects of computer animation on short-term and long-term comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 14(2), 139-155.

Hernández, N., y GarnicamGonzález, J. (2015). Árbol de problemas del análisis al diseño y desarrollo de productos. *Conciencia tecnológica*, (50), 38-46.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.

Kramer, W.H., Griesbeck, A. G. (2008). The Same and Not the Same: Chirality, Topicity, and Memory of Chirality, *Journal of Chemical Education*, 85(5), 701-709.



Leguizamón Bayona, M., Martínez Silva, R., Ortiz Hoyos, N., y Rueda Cifuentes, J. (2019) *Secuencias didácticas como elemento de transformación de las prácticas pedagógicas para fortalecer la competencia argumentativa* (Master's thesis, Universidad de La Sabana).

Locatelli, S. W. (2011). *Análise da manifestação de elementos de metavisualização na aprendizagem de Química* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

McMurry, J. (2008). *Química Orgánica*. Cengage Learning (7<sup>a</sup> ed.) pp. 243-254.

McMurry, J., Mondragón, C. H., y Pozo, V. G. (2008). *Química orgánica* (Vol. 5). México: Cengage learning.

Merino Rubilar, C., González, A., Lizama, P. A., y Pino, S. (2017). Contracción cardíaca y la promoción de la visualización a través de una secuencia con realidad aumentada. *Enseñanza de las ciencias*.

Merino, C., Vargas, J., Bernal, S., Nilo, N., Quiroz, W., Arellano, M., y Castillo, J. (2017). La estereoisomería en los libros de texto y el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje con realidad aumentada para promover la visualización. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4461-4466.

Moreira, M. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? Instituto de Física-UFRGS

Moreira, M. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 45-52.

Moreira, M., Caballero, M. y Rodríguez, M. (1997). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. *Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo*, 19(44), 1-16.

Morrison, R., y Boyd, R. (1998). *Química orgánica*. Pearson educación.

Muñoz O. (2015). *Lecturas de apoyo para comprender mejor la química*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1).

Pérez Benítez, A. (2008) La equivalencia entre las paridades de los intercambios de dos sustituyentes y las reflexiones especulares, en la determinación de la quiralidad de átomos tetraédricos: ¡Una demostración con espejos! *Educación Química*. 19 (2), 146- 151.

Perren, M. y Odetti, H. (2006) Dificultades especiales en un curso de Química General. *Educación en la Química*, 12 (1),3-11.

Pilar, C., Soledad, E., Ángeles, F., Marta, P., y Dionisia, S. (2013). *Principales compuestos químicos*. Editorial UNED.

Pineda Caro, D., Torres Merchán, N. Y., y Vargas Aguilar, E. E. Desarrollo de habilidades visoespaciales: un reto para la enseñanza de química orgánica. V Congreso Internacional de Investigación y Pedagogía.

Raupp, D. T., Del Pino, J. C., Prochnow, T. R., y de Andrade Neto, A. S. (2020). La capacidad de comprensión del campo conceptual de la estereoquímica: los desafíos que preceden a los problemas de visualización espacial. *ACTIO: Docência em Ciências*, 5(1), 1-21.

Rodríguez, M. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. IN. *Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, 3(1), 29-50.

Rodríguez, V. (2014). La formación situada y los principios pedagógicos de la planificación: la secuencia didáctica. *Ra Ximhai*, 10(5), 445-456.

Romero, M., y Vázquez, Á. (2013). Investigando dragones: una propuesta para construir una visión adecuada de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 85-99.

Sánchez, J., Calderón, Z., y García, M. L. (2017). Química II. <https://micienciaquimicap.files.wordpress.com/2014/03/quimica-pre-ii-sanchez-garcia-balderas.pdf>

Schmidt, H.J. (1992). Conceptual Difficulties with Isomerism. *Journal of research in Science Teaching*, 29(9), 995-1003. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290908>

Sendur, G. (2012). Prospective science teachers' misconceptions in organic chemistry: The case of alkenes. *Journal of Turkish Science Education*, 9(3), 186-190.

Taagepera M., y Noori S. (2000). Mapping Students' Thinking Patterns in Learning Organic Chemistry by the Use of Knowledge Space Theory. *J. Chem. Educ*, 77(9), 1224–1229. <https://doi.org/10.1021/ed077p1224>

Tobón, S., Prieto, J., y Fraile, J. A. G. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. México: Pearson educación.

Torres, D. R. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *Revista ICONO 14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 9(2), 212-226.

Ugliarolo, E. A., y Muscia, G. C. (2012). Utilización de tecnología multimedia para la enseñanza de estereoquímica en el ámbito universitario. *Educación química*, 23(1), 6-10.

Wade, L., Pedrero, Á., y García, C. (2004). *Química orgánica*. Madrid: Pearson educación.

Yurkanis, P. (2015). *Fundamentos de química orgánica*.

Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.

Zabala, V. (2008). *La práctica educativa. Cómo enseñar*. México: Grao

# APÉNDICE

## Apéndice A

### PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN DEL GRADO DE DESARROLLO DE LA COMPETENCIA VISOESPACIAL E ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

#### PRIMERA PARTE

Estimado/a estudiante,

El presente instrumento tiene como objetivo principal caracterizar el grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería en compuestos orgánicos.

Sus respuestas serán anónimas y confidenciales, y los resultados obtenidos permitirán obtener información valiosa para mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje de la isomería orgánica.

Lea las instrucciones cuidadosamente, ya que existen preguntas en las que sólo se puede responder a una opción; otras son de varias opciones y también se incluyen preguntas abiertas.

Agradezco de antemano su participación en este proyecto de investigación.

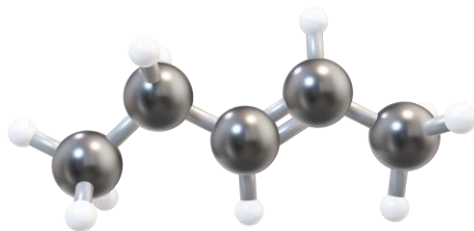
**Nombre completo:**

\_\_\_\_\_

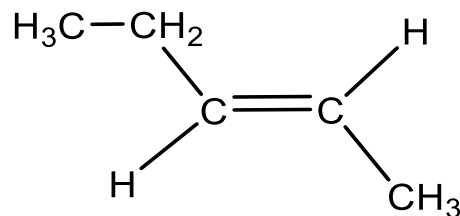
**Edad:** \_\_\_\_\_ **Género:** \_\_\_\_\_ **Semestre:** \_\_\_\_\_

1. Dibuje en el recuadro con líneas punteadas, las fórmulas semidesarrolladas de todos los posibles isómeros que puede tener el trans-2-penteno.

Código de color- Fórmula de barras y esferas	
Carbono	Hidrógeno



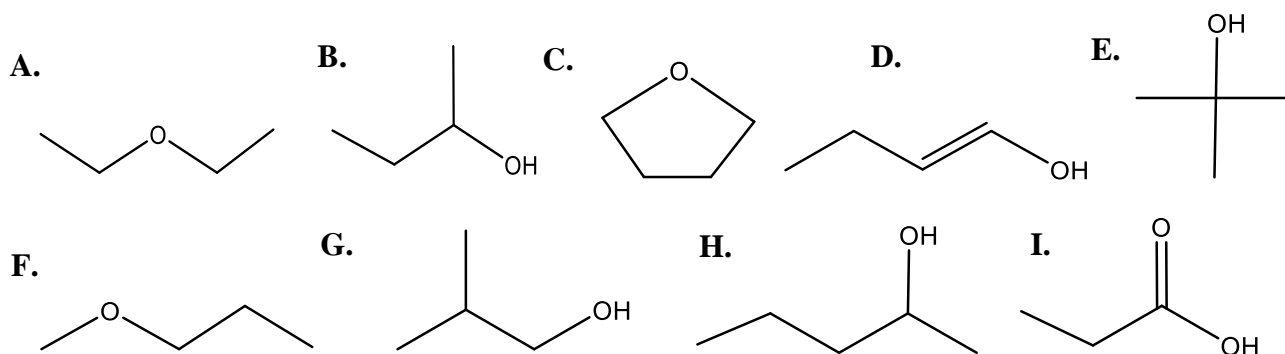
Fórmula de barras y esferas del trans-2-penteno



Fórmula semidesarrollada del trans-2-penteno



2. De los siguientes compuestos, marque con una X en el recuadro de la parte inferior aquellos que son isómeros del 1-butanol:



**Isómeros del 1-butanol:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

3. Dibuje la fórmula desarrollada, semidesarrollada, fórmula de líneas y ángulos del 3-Bromo-1-buteno en los recuadros correspondientes.

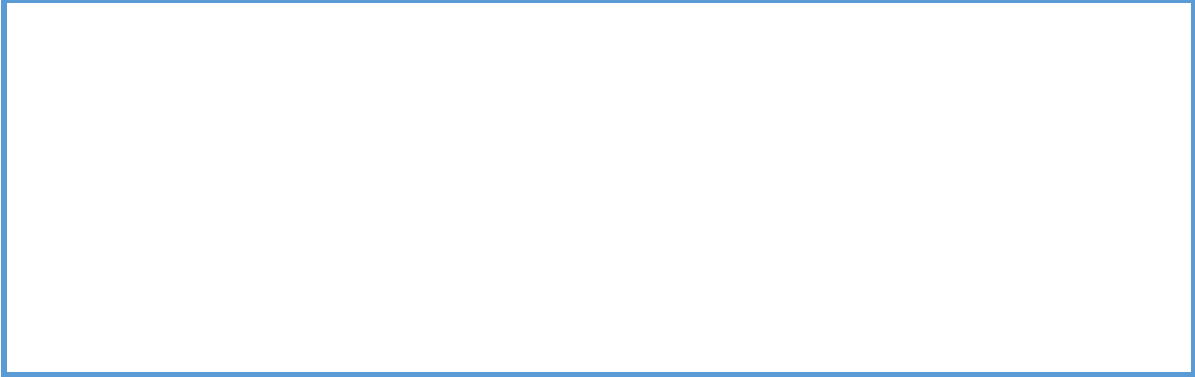
Fórmula Química	Dibujo
Fórmula desarrollada	

<b>Fórmula semidesarrollada</b>	
<b>Fórmula de líneas y ángulos</b>	

4. Establezca las diferentes representaciones del isómero R del 2-butanol utilizando las siguientes fórmulas estructurales: Proyección de cuñas y líneas, Proyección de Fischer, Proyección de Newman y Proyección de Caballete. Luego, empleando una caja de modelos moleculares, construya su estructura tridimensional en fórmula de barras y esferas.

<b>Proyección de cuñas y líneas</b>	<b>Proyección de Fischer</b>
<b>Proyección de Newman</b>	<b>Proyección de Caballete</b>

**Fórmula de barras y esferas  
(Tomar fotografía y colocarla en el recuadro)**



## Apéndice B

### PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN DEL GRADO DE DESARROLLO DE LA COMPETENCIA VISOESPACIAL E ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

#### SEGUNDA PARTE

Estimado/a estudiante,

El presente instrumento tiene como objetivo principal caracterizar el grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería en compuestos orgánicos.


Sus respuestas serán anónimas y confidenciales, y los resultados obtenidos permitirán obtener información valiosa para mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje de la isomería orgánica.

Lea las instrucciones cuidadosamente, ya que existen preguntas en las que sólo se puede responder a una opción; otras son de varias opciones y también se incluyen preguntas abiertas.

Agradezco de antemano su participación en este proyecto de investigación.

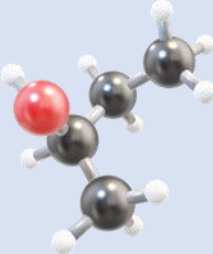
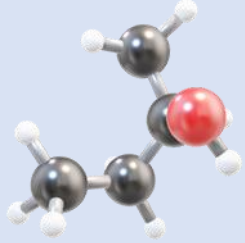
Nombre completo: \_\_\_\_\_

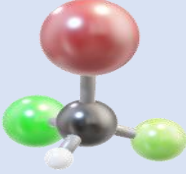
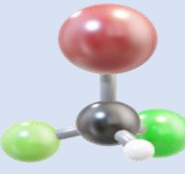
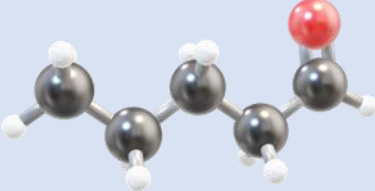
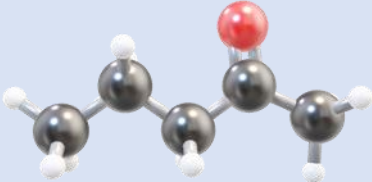
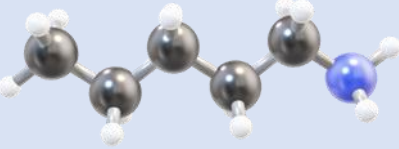
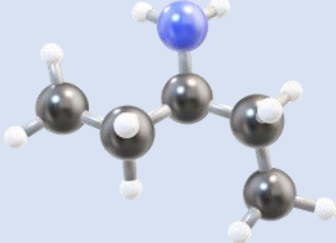
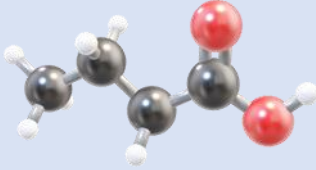
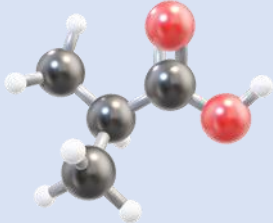
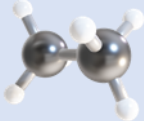
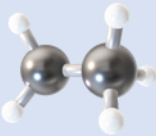
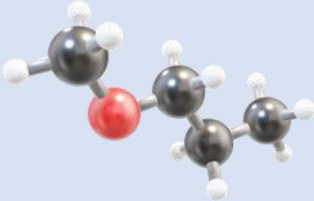
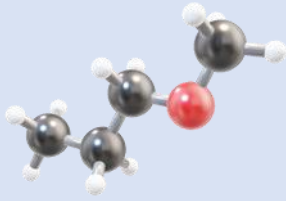
Edad: \_\_\_\_\_ Género: \_\_\_\_\_ Semestre: \_\_\_\_\_

1. Observe los siguientes compuestos orgánicos en fórmula de barras y esferas e identifique la presencia y el tipo isomería, teniendo en cuenta el código de color dispuesto.
- Puede rotar la molécula seleccionándola y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar (  )

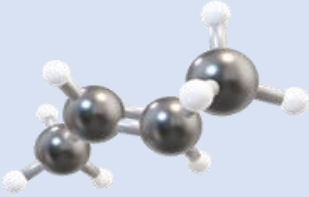
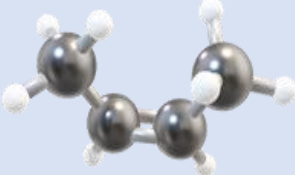
#### Código de color – Fórmula de barras y esferas

Carbono	Hidrógeno	Bromo	Cloro	Flúor	Oxígeno	Nitrógeno
---------	-----------	-------	-------	-------	---------	-----------


Compuesto A	Compuesto B	Isómeros (Sí/No)	Tipo de isomería
		Elija un elemento.	Elija un elemento.

		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.

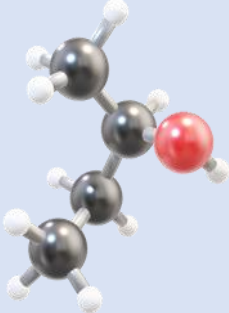
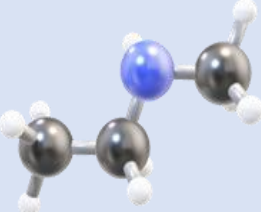
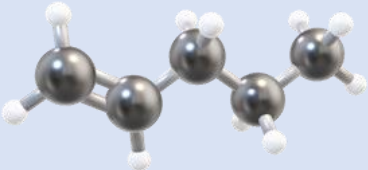


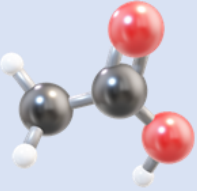
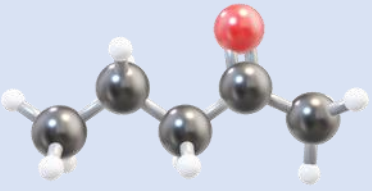
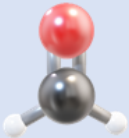
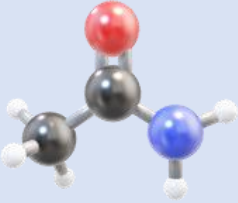
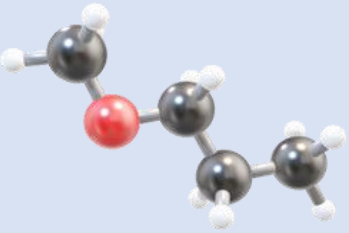
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
---	--	--------------------	--------------------

2. Teniendo en cuenta la fórmula semidesarrollada y fórmula de barras y esferas de los compuestos orgánicos que aparecen en la siguiente tabla, identifique la función química a la que pertenecen.

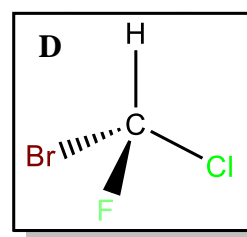
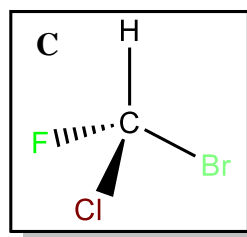
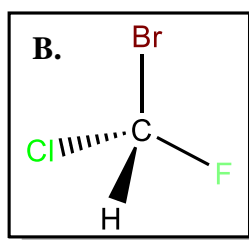
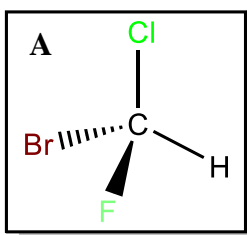
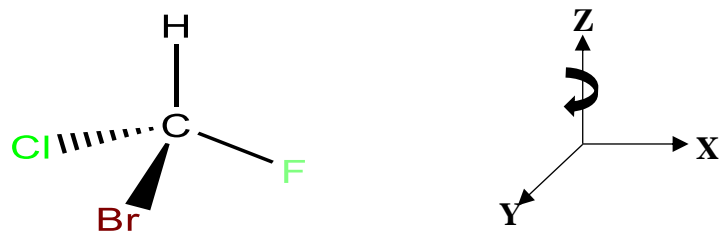
Puede rotar la molécula seleccionándola y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar (  )

Código de color						
Carbono	Hidrógeno	Bromo	Cloro	Flúor	Oxígeno	Nitrógeno

Fórmula semidesarrollada	Fórmula estructural (barras y esferas)	Función Química
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$		Elija un elemento.
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$		Elija un elemento.
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		Elija un elemento.

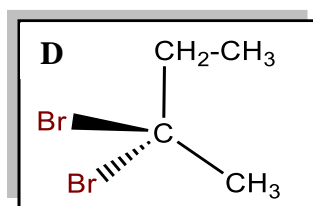
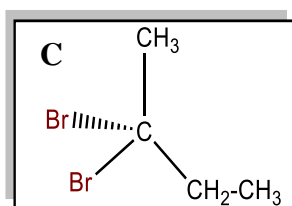
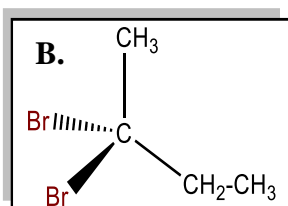
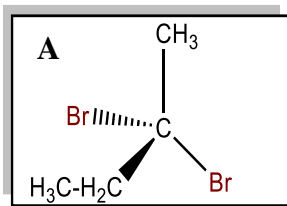
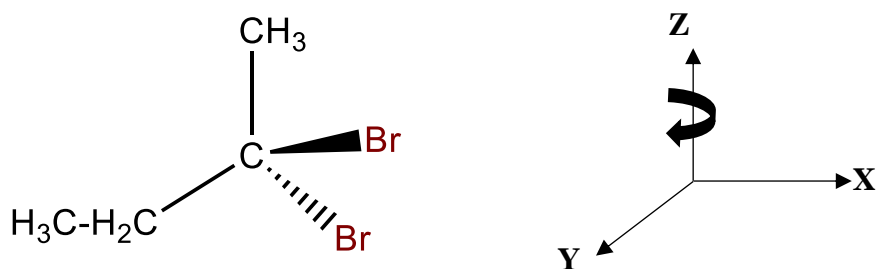
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$		Elija un elemento.
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$		Elija un elemento.
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$		Elija un elemento.
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$		Elija un elemento.
$\text{H}_3\text{C}-\text{O}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$		Elija un elemento.

3. Observe la representación espacial de la siguiente molécula y seleccione cuál de las proyecciones representa mejor la vista cuando esta se ha girado  $120^\circ$  en el eje z.



**Molécula resultante:** Elija un elemento.

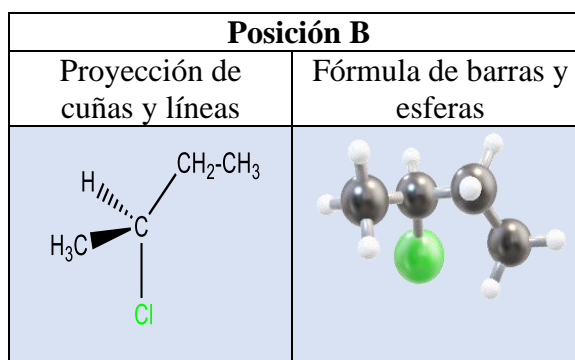
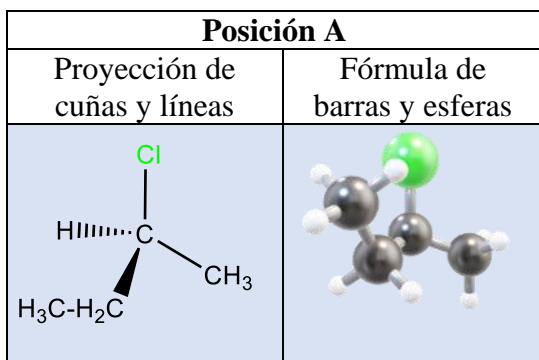
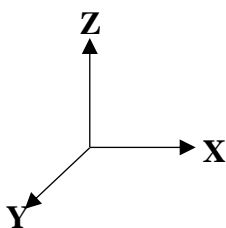
4. Si se realiza una rotación de  $180^\circ$  en el eje Z en la siguiente molécula, ¿cuál de las opciones es la estructura resultante? ¿sería idéntica a estructura inicial?



**Molécula resultante:** Elija un elemento.

**¿Es idéntica a la estructura inicial?** Elija un elemento.

5. ¿Qué rotaciones son necesarias para llevar la molécula del (S)-2-clorobutano desde la posición A hasta la posición B?

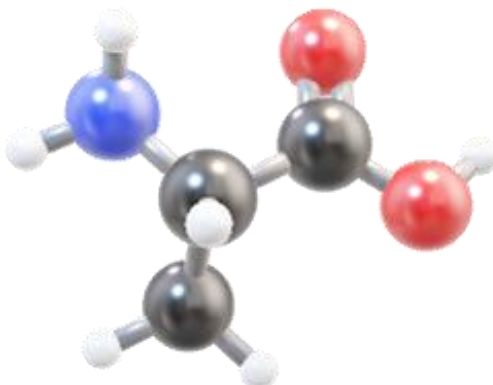


**Rotaciones:** Elija un elemento.

6. A partir de la molécula de la L-Alanina en fórmula de barras y esferas (bolas y varillas), identifique sus correspondientes representaciones (fórmula semidesarrollada, fórmula de líneas y ángulos, Proyección de cuñas y líneas, y Proyección de Fischer).

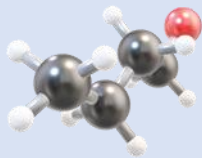
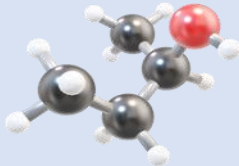
- Puede rotar la molécula seleccionándola y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar ( )

Código de color -Fórmula de barras y esferas			
<b>Carbono</b>	<b>Hidrógeno</b>	<b>Oxígeno</b>	<b>Nitrógeno</b>



Fórmula química	Opción uno	Opción dos	Opción tres	Opción correcta
<b>A. Semidesarrollada</b>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	Elija un elemento.
<b>B. Fórmula de líneas y ángulos</b>				Elija un elemento.
<b>C. Proyección de cuñas y líneas</b>				Elija un elemento.
<b>D. Proyección de Fischer</b>	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Elija un elemento.

7. A continuación se presentan dos isómeros que presentan fórmula molecular  $C_4H_{10}O$ , junto con sus fórmulas de barras y esferas, y algunas de sus propiedades físicas y químicas:

	<b>Isómero A (butan-1-ol)</b>	<b>Isómero B (butan-2-ol)</b>
<b>Propiedad</b>		
Punto de fusión (°C)	-89	-115
Punto de ebullición (°C)	118	99
Solubilidad en agua a 20°C (g/100mL agua)	7.7	12.5
Acidez	Mayor	Menor
Reactividad con ácido sulfúrico concentrado	Moderada	Alta

Con base en la información de la tabla responder:

A. ¿Por qué el isómero A tiene un punto de ebullición más alto que el isómero B?

B. ¿Por qué el isómero B tiene una solubilidad en agua más alta que el isómero A?

C. ¿Cómo se podría explicar la mayor reactividad del isómero B con ácido sulfúrico concentrado en comparación con el isómero A?

## Apéndice C

### RÚBRICAS DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN DEL GRADO DE DESARROLLO DE LA COMPETENCIA VISOESPACIAL E ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

A continuación, se presentan las rúbricas de evaluación por cada categoría e indicadores de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial en el contexto del aprendizaje de la isomería de compuestos orgánicos.

#### RÚBRICAS DE EVALUACIÓN POR CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

A continuación, se presentan las rúbricas de evaluación de las categorías de análisis (interpretación, traducción y manipulación mental de las representaciones químicas) de la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial e isomería de compuestos orgánicos.

##### **Categoría: Interpretación de las representaciones químicas**

**Descripción:** Capacidad de comprender adecuadamente los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas empleadas en la química, la cual requiere el establecimiento de vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales

##### **Indicadores:**

- El estudiante identifica los isómeros de un compuesto orgánico a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
- El estudiante reconoce diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas)
- El estudiante identifica las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
- El estudiante relaciona la estructura molecular de los isómeros con sus propiedades físicas y químicas tales como sus puntos de ebullición, solubilidad en agua y acidez.

**Tabla 1C**

*Rúbrica de evaluación de la categoría de interpretación de las representaciones químicas*

Nivel de desempeño	Descripción	Indicadores
Superior (17-20)*	El estudiante demuestra una comprensión sólida y profunda de los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas. Es capaz de establecer vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales de manera efectiva y precisa.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identifica los isómeros de un compuesto orgánico determinado a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.</li><li>• Reconoce los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos; isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas.</li><li>• Identifica las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales con precisión y sin confusiones.</li><li>• Relaciona la estructura molecular de los isómeros con sus propiedades físicas y químicas.</li></ul>
Alto (13-16)*	El estudiante demuestra una comprensión sólida de los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas. Es capaz de establecer vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales de manera efectiva, aunque no siempre es precisa.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identifica la mayoría de los isómeros de un compuesto orgánico determinado a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.</li><li>• Reconoce los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales (barras y</li></ul>



---

esferas) con algunos errores menores.

- Identifica la mayoría de las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales con precisión moderada.
- Relaciona la estructura molecular de los isómeros con sus propiedades físicas y químicas. Sin embargo sus descripciones no son del todo correctas u omiten información relevante.

---

Básico  
(9-12)\*

El estudiante demuestra una comprensión intermedia de los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas. Es capaz de establecer algunos vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales, pero con frecuencia tiene dificultades para hacerlo de manera efectiva.

- Identifica algunos de los isómeros de un compuesto orgánico a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
- Reconoce algunos de los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas), pero con errores significativos.
- Identifica algunas de las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales con precisión limitada.
- Relaciona de forma parcial la estructura molecular de los isómeros con sus propiedades, presentando dificultad para formular explicaciones razonables y coherentes.

---

Bajo  
(0-8)\*

El estudiante demuestra una comprensión limitada de los significados químicos de las representaciones gráficas y simbólicas. Tiene dificultades para establecer vínculos entre los aspectos visuales y conceptuales de manera efectiva.

- Identifica pocos o ninguno de los isómeros de un compuesto orgánico determinado a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
  - Tiene dificultades para reconocer los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas).
  - Tiene dificultades para identificar las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales y comete errores frecuentes.
  - Tiene dificultad para establecer relaciones entre la estructura molecular de los isómeros y sus propiedades.
- 

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* \* Los rangos se establecieron por criterio propio del investigador y corresponde a la suma de los valores obtenidos en cada uno de los indicadores de forma individual comprendidos en la categoría de análisis.

### **Categoría: Traducción de presentaciones químicas**

Descripción: Capacidad de transformar una representación dada de un compuesto químico en otras formas equivalentes de representación, como fórmulas moleculares, fórmulas semidesarrolladas, proyecciones de Fischer o estructuras tridimensionales.

Indicadores:

- El estudiante representa diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones (fórmulas desarrolladas, fórmulas estructurales, proyecciones de Fischer, Proyecciones de Newman y fórmulas de líneas y ángulos).
- El estudiante representa fórmulas bidimensionales a partir de modelos tridimensionales (plastilina y palillos).

**Tabla 2C**

*Rúbrica de evaluación de la categoría de traducción de las representaciones químicas*

Nivel de desempeño	Descripción	Indicadores
Superior (9-10) *	El estudiante es capaz de representar diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones (fórmulas desarrolladas, fórmulas estructurales, proyecciones de Fischer, Proyecciones de Newman y fórmulas de líneas y ángulos). Además, es capaz de representar modelos tridimensionales de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales con precisión y claridad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa correctamente diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones</li> <li>• Convierte modelos tridimensionales en fórmulas bidimensionales con precisión y claridad.</li> </ul>
Alto (7-8) *	El estudiante es capaz de representar diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones con precisión y claridad, aunque puede cometer algunos errores menores. Además, es capaz de representar modelos tridimensionales de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales con precisión, aunque pueden existir algunas inconsistencias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones con precisión y claridad, aunque puede cometer algunos errores menores.</li> <li>• Convierte modelos tridimensionales en fórmulas bidimensionales con precisión, aunque pueden existir algunas inconsistencias.</li> </ul>
Básico (5-6) *	El estudiante es capaz de representar algunos tipos de isómeros a través de diferentes representaciones, pero con algunas dificultades para establecer la correspondencia entre ellas. Además, puede tener dificultades para convertir fórmulas bidimensionales en modelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa algunos tipos de isómeros a través de diferentes representaciones, pero con dificultades para establecer la correspondencia entre ellas.</li> <li>• Tiene dificultades para convertir modelos</li> </ul>

	tridimensionales y puede cometer errores frecuentes en este proceso.	tridimensionales en fórmulas bidimensionales y puede cometer errores frecuentes en este proceso.
Bajo (0-4) *	El estudiante tiene dificultades para representar los diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones y comete errores frecuentes. Además, tiene dificultades para convertir fórmulas bidimensionales en modelos tridimensionales y comete errores frecuentes en este proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene dificultades para representar los diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones y comete errores frecuentes.</li> <li>• Tiene dificultades para convertir modelos tridimensionales en fórmulas bidimensionales y comete errores frecuentes en este proceso.</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* \* Los rangos se establecieron por criterio propio del investigador y corresponde a la suma de los valores obtenidos en cada uno de los indicadores de forma individual comprendidos en la categoría de análisis.

### **Categoría: Manipulación mental de representaciones químicas**

**Descripción:** Capacidad de formar imágenes mentales en 3D a partir de fórmulas químicas bidimensionales y rotar mentalmente imágenes en 2D o representaciones en 3D.

#### **Indicador:**

- El estudiante realiza diferentes giros de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales, a partir de representaciones 2D y 3D

### **Tabla 3C**

*Rúbrica de evaluación de la categoría de traducción de la manipulación de las representaciones químicas*

<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Descripción</b>	<b>Indicador</b>
Superior (5) *	El estudiante demuestra una habilidad excepcional para la manipulación mental de representaciones químicas, pudiendo formar imágenes mentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudiante es capaz de rotar mentalmente moléculas orgánicas complejas en diferentes ángulos y planos a partir de representaciones 2D y 3D. Además, puede realizar</li> </ul>

	precisas en 3D y realizar giros mentales complejos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	conversiones entre diferentes formas de representación sin dificultad, tales como de proyecciones de Fischer a estructuras tridimensionales.
Alto (4) *	El estudiante demuestra habilidad para la manipulación mental de representaciones químicas, pudiendo formar imágenes mentales en 3D y realizar giros mentales a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudiante es capaz de rotar mentalmente moléculas orgánicas en diferentes ángulos y planos a partir de representaciones 2D y 3D, aunque puede tener alguna dificultad con moléculas más complejas. Además, puede realizar conversiones entre diferentes formas de representación con algunos errores menores.</li> </ul>
Básico (3) *	El estudiante demuestra alguna habilidad para la manipulación mental de representaciones químicas, pudiendo formar imágenes mentales en 3D y realizar algunos giros mentales sencillos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudiante puede rotar mentalmente algunas moléculas orgánicas en algunos ángulos y planos a partir de representaciones 2D y 3D, pero tiene dificultad con moléculas más complejas. Además, puede realizar conversiones entre diferentes formas de representación con algunos errores significativos.</li> </ul>
Bajo (2) *	El estudiante demuestra una habilidad limitada para la manipulación mental de representaciones químicas, teniendo dificultad para formar imágenes mentales en 3D y realizar giros mentales a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudiante tiene dificultad para rotar mentalmente moléculas orgánicas en diferentes ángulos y planos a partir de representaciones 2D y 3D, y no puede realizar conversiones entre diferentes formas de representación con precisión.</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* \* Los rangos se establecieron por criterio propio del investigador y corresponde a la suma de los valores obtenidos en cada uno de los indicadores de forma individual comprendidos en la categoría de análisis.

## RÚBRICAS DE EVALUACIÓN POR INDICADORES DE CADA CATEGORÍA DE ANÁLISIS

A continuación, se presentan las rúbricas de evaluación de los indicadores de cada categoría de análisis la prueba de caracterización del grado de desarrollo de la competencia visoespacial e isomería de compuestos orgánicos.

### Categoría: Interpretación de las representaciones químicas

**Rúbrica del primer indicador:** El estudiante identifica los isómeros de un compuesto orgánico determinado a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.

**Tabla 4C**

*Rúbrica del primer indicador de la interpretación de las representaciones químicas*

Nivel de desempeño	Definición
Superior (5)	El estudiante demuestra un alto nivel de dominio al identificar la mayoría (11-13) de los posibles isómeros de un compuesto orgánico específico, utilizando fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales con precisión y habilidad.
Alto (4)	El estudiante tiene un buen conocimiento sobre los diferentes tipos de isomería en compuestos orgánicos y es capaz de identificar algunos isómeros (9-10) mediante el uso de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
Básico (3)	El estudiante posee una comprensión general de la isomería en compuestos orgánicos, pero encuentra dificultades al identificar isómeros (6-8) utilizando fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
Bajo (2)	El estudiante no tiene conocimientos sólidos sobre la isomería en compuestos orgánicos y tiene dificultades para identificar isómeros (5 o menos) utilizando fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

**Rúbrica del segundo indicador:** El estudiante reconoce los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales de barras y esferas.

**Tabla 5C**

*Rúbrica del segundo indicador de la interpretación de las representaciones químicas*

Nivel de desempeño	Definición
Superior (5)	El estudiante reconoce los diferentes tipos de isomería presentes en los compuestos orgánicos (isomería constitucional, isomería configuracional e isomería conformacional) a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas). (Presenta 8-7 respuestas correctas del tipo de isomería)
Alto (4)	El estudiante es capaz de distinguir entre los diferentes tipos de isomería en compuestos orgánicos, pero puede tener dificultades para identificar algunos ejemplos específicos a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas). (Presenta 6-5 respuestas correctas del tipo de isomería)
Básico (3)	El estudiante tiene conocimientos sobre los diferentes tipos de isomería en compuestos orgánicos, pero puede tener dificultades para distinguir entre ellos a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas). (Presenta 4-3 respuestas correctas del tipo de isomería)
Bajo (2)	El estudiante no tiene conocimientos sobre los diferentes tipos de isomería en compuestos orgánicos y no puede identificarlos a partir de fórmulas estructurales (barras y esferas). (Presenta 3 o menos respuestas correctas del tipo de isomería)

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

**Rúbrica del tercer indicador:** el estudiante identifica las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.

**Tabla 6C**

*Rúbrica del tercer indicador de la interpretación de las representaciones químicas*

<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Definición</b>
Superior (5)	El estudiante es capaz de identificar con precisión siete u ocho funciones químicas de los compuestos orgánicos, utilizando tanto fórmulas químicas bidimensionales como tridimensionales.
Alto (4)	El estudiante muestra habilidad en la identificación de al menos seis de las funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
Básico (3)	El estudiante posee un conocimiento básico y es capaz de identificar correctamente cinco funciones químicas de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.
Bajo (2)	El estudiante tiene dificultades para identificar las funciones químicas de los compuestos orgánicos y sólo es capaz de identificar correctamente cuatro o menos de ellas a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

**Rúbrica del cuarto indicador:** El estudiante predice y explica, empleando fundamentos científicos, las propiedades físicas y químicas de los isómeros con base en la disposición de sus átomos en el espacio.

**Tabla 7C**

*Rúbrica del cuarto indicador de la interpretación de las representaciones químicas*

<b>Desempeño</b>	<b>Definición</b>
Superior (5)	El estudiante demuestra un profundo entendimiento de cómo la estructura molecular de los isómeros influye en sus propiedades físicas y químicas. Las respuestas son precisas, completas y están respaldadas por argumentos sólidos.
Alto (4)	El estudiante demuestra un buen entendimiento de cómo la estructura molecular de los isómeros afecta sus propiedades, proporcionando explicaciones adecuadas basadas en argumentos razonables.



Básico (3)	El estudiante explica de forma parcial la relación entre la estructura molecular y las propiedades de los isómeros, empleando razonamientos simplificados o con múltiples errores conceptuales.
Bajo (2)	El estudiante muestra un conocimiento limitado o nulo de cómo la estructura molecular de los isómeros se relaciona con sus propiedades físicas y químicas, o no proporciona una respuesta coherente.

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota.* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

### **Categoría: Traducción de presentaciones químicas**

**Rúbrica del primer indicador:** El estudiante representa diferentes tipos de isómeros a través de diferentes representaciones (fórmulas desarrolladas, fórmulas estructurales, proyecciones de Fischer, Proyecciones de Newman y fórmulas de líneas y ángulos).

### **Tabla 8C**

*Rúbrica del primer indicador de la traducción de las representaciones químicas*

<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Descripción</b>
Superior (5)	El estudiante demuestra una comprensión clara y completa de las representaciones empleadas para ilustrar isómeros, incluyendo fórmulas bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de ángulos y líneas) y tridimensionales (proyección de cuñas y líneas, proyección de Fischer, Proyecciones de Newman, proyección de caballete y fórmula de barras y esferas). En este nivel, el estudiante debe ser capaz de representar o identificar correctamente 9 a 11 representaciones.
Alto (4)	El estudiante demuestra una comprensión adecuada de las representaciones empleadas para ilustrar isómeros, incluyendo fórmulas bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de ángulos y líneas) y tridimensionales (proyección de

	<p>cuñas y líneas, proyección de Fischer, Proyecciones de Newman, proyección de caballete y fórmula de barras y esferas). En este nivel, el estudiante debe ser capaz de representar o identificar correctamente 6 a 8 representaciones.</p>
Básico (3)	<p>El estudiante demuestra una comprensión limitada de las representaciones empleadas para ilustrar isómeros, incluyendo fórmulas bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de ángulos y líneas) y tridimensionales (proyección de cuñas y líneas, proyección de Fischer, Proyecciones de Newman, proyección de caballete y fórmula de barras y esferas). En este nivel, el estudiante debe ser capaz de representar o identificar correctamente 3 a 5 representaciones.</p>
Bajo (2)	<p>El estudiante tiene dificultades para representar e identificar las de las representaciones empleadas para ilustrar isómeros, incluyendo fórmulas bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de ángulos y líneas) y tridimensionales (proyección de cuñas y líneas, proyección de Fischer, Proyecciones de Newman, proyección de caballete y fórmula de barras y esferas). En este nivel, el estudiante debe ser capaz de representar o identificar correctamente menos de 5 representaciones.</p>

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

**Rúbrica del segundo indicador:** El estudiante representa fórmulas bidimensionales a partir de modelos tridimensionales (plastilina y palillos).

### Tabla 9C

*Rúbrica del segundo indicador de la traducción de las representaciones químicas*

Nivel de desempeño	Descripción
Superior (5)	El estudiante representa modelos tridimensionales de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales, teniendo en cuenta la geometría molecular, volumen atómico, código de color de los átomos y su configuración absoluta.
Alto (4)	El estudiante representa modelos tridimensionales de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales, teniendo en cuenta la geometría molecular, volumen atómico y código de color de los átomos. Sin embargo, presenta algunos errores en su estructura, o su configuración absoluta es incorrecta.
Básico (3)	El estudiante representa modelos tridimensionales de los compuestos orgánicos a partir de fórmulas bidimensionales, pero tiene dificultades con la geometría molecular, volumen atómico, código de color de los átomos y su configuración absoluta.
Bajo (2)	El estudiante tiene dificultades para representar modelos tridimensionales a partir de fórmulas bidimensionales, por lo cual no tiene cuenta la geometría molecular, código de color de los átomos, volumen atómico y su configuración absoluta.

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

### **Categoría: Manipulación mental de representaciones químicas**

**Rúbrica del indicador:** El estudiante realiza diferentes giros de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales, a partir de representaciones 2D y 3D.

#### **Tabla 10C**

*Rúbrica indicador de la manipulación mental de las representaciones químicas*

<b>Nivel de desempeño</b>	<b>Descripción</b>
Superior (5)	El estudiante realiza diferentes giros, rotaciones y translaciones de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales a partir de representaciones 2D y 3D. En este nivel, el estudiante responde correctamente a las 3 preguntas cerradas formuladas.
Alto (4)	El estudiante es capaz de realizar giros, rotaciones y translaciones de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales a partir de representaciones 2D y 3D, aunque con algunas dificultades. En este nivel, el estudiante responde correctamente a dos de las tres preguntas formuladas.
Básico (3)	El estudiante es capaz de realizar giros, rotaciones y translaciones de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales a partir de representaciones 2D y 3D, pero con muchas dificultades. En este nivel, el estudiante responde correctamente a una pregunta de las tres formuladas.
Bajo (2)	El estudiante no es capaz de realizar giros, rotaciones y translaciones de moléculas orgánicas a diferentes ángulos y giros mentales a partir de representaciones 2D y 3D. En este nivel, el estudiante no responde correctamente a ninguna de las preguntas formuladas.

*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* Se establecen los valores de los niveles de desempeño en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo y 5 el nivel más alto.

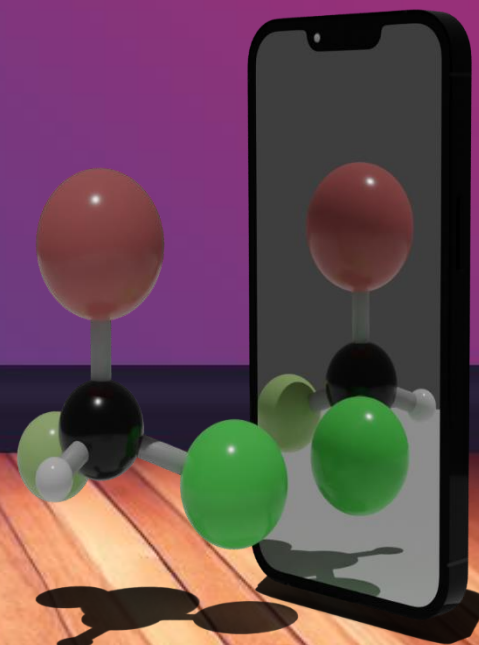
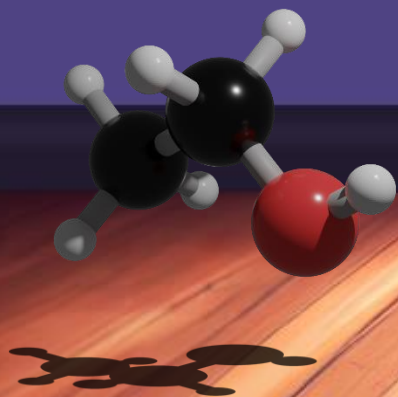


---

**SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA ISOMERÍA DE  
COMPUESTOS ORGÁNICOS Y DESARROLLO DE LA COMPETENCIA  
VISOESPACIAL A PARTIR DE UN SOFTWARE DE REALIDAD AUMENTADA**

---

Ruben Alfonso Fonseca Peña



## ISOMERÍA ORGÁNICA EN 3D: UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE BASADA EN REALIDAD AUMENTADA

### INTRODUCCIÓN / DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA

La isomería entendida como la propiedad existente entre isómeros, los cuales son compuestos que presentan la misma composición química, pero difieren en su estructura, es uno de los conceptos fundamentales en el estudio de los compuestos orgánicos, ya que a partir de su entendimiento es posible diferenciarlos y clasificarlos en función de la disposición y distribución de sus átomos. Lo cual es imprescindible en la comprensión y predicción de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las sustancias, tales como su reactividad, estabilidad, polaridad, puntos de fusión, puntos de ebullición, solubilidad, toxicidad, biodegradabilidad, actividad biológica, entre otras propiedades. En consecuencia, la isomería orgánica presenta múltiples aplicaciones en campos como la manufactura de materiales poliméricos, industria alimenticia, síntesis orgánica, bioquímica, producción de combustibles y farmacología.

Se ha observado que muchos estudiantes presentan dificultad en su aprendizaje, incluso a nivel universitario (Perren y Odetti, 2006; Pérez Benítez, 2008). Una de las principales causas es la falta de desarrollo de la competencia visoespacial o visualización, la cual corresponde a la capacidad de abstraer significados de las representaciones internas. Esta competencia es de vital importancia, ya que es imprescindible para la interpretación adecuada de los conceptos implícitos en las representaciones simbólicas de los compuestos orgánicos. De igual forma, resulta fundamental para realizar transiciones entre diferentes modos de representación y manipular mentalmente las estructuras moleculares, aspectos esenciales en la resolución de problemas de isomería.

Con base en estas consideraciones, se propone la presente secuencia didáctica con el propósito de fomentar el aprendizaje significativo de la isomería de compuestos orgánicos y promoción de la visualización mediante el ciclo de aprendizaje de las 7Es la incorporación de una aplicación de realidad aumentada. Al adquirir un aprendizaje significativo, los estudiantes podrán relacionar sus conocimientos previos con la nueva información presentada, lo que les ayudará a construir una estructura cognitiva sólida y coherente. Esto a su vez, facilitará la retención y comprensión de la información, permitiéndoles aplicar los conocimientos adquiridos sobre isomería en diferentes contextos.

Los softwares de realidad aumentada implementados en la secuencia didáctica se denominan ModelAR: Organic Chemistry e IsomeRA. La primera de ellas corresponde a una aplicación de modelado e interacción de moléculas orgánicas en 3D en el espacio real y la segunda de ellas es una aplicación móvil diseñada específicamente para la enseñanza de la isomería y visualización de moléculas orgánicas. Con estas

herramientas los estudiantes podrán manipular y observar los compuestos orgánicos en un formato tridimensional desde múltiples ángulos y perspectivas, generando una experiencia de aprendizaje inmersiva e interactiva. Esta capacidad de interacción favorecerá una comprensión más profunda y significativa de los conceptos asociados con la isomería de compuestos orgánicos. Asimismo, la realidad aumentada al ofrecer un entorno visualmente atractivo y estimulante logrará captar el interés y la atención de los estudiantes, generando así una mayor motivación en el proceso de aprendizaje.

Al finalizar esta secuencia, se espera que los estudiantes desarrollen de forma significativa la competencia visoespacial y conforme a esto, tengan una mejor comprensión de la isomería en compuestos orgánicos. Esto se reflejará en su capacidad para:

- Identificar y diferenciar los distintos tipos de isomería: constitucional, configuracional y conformacional.
- Representar isómeros por medio de representaciones bidimensionales y tridimensionales; fórmula desarrollada, fórmula de líneas y ángulos, fórmula de líneas y cuñas, proyección de Fischer, Proyección de Newman y fórmula de barras y esferas.
- Predecir algunas propiedades físicas y químicas de los isómeros, como el punto de ebullición, la solubilidad y la actividad óptica.
- Nombrar los isómeros empleando diferentes sistemas de nomenclatura dependiendo del tipo de isomería que presenten.
- Comprender conceptos químicos relacionados con la isomería, como la estereoquímica, la quiralidad o la configuración absoluta.

### **Referencias:**

Perren, M. y Odetti, H. (2006) Dificultades especiales en un curso de Química General. Educación en la Química, 12 (1),3-11.

Pérez Benítez, A. (2008) La equivalencia entre las paridades de los intercambios de dos sustituyentes y las reflexiones especulares, en la determinación de la quiralidad de átomos tetraédricos: ¡Una demostración con espejos! Educación Química. 19 (2), 146- 151.

## OBJETIVOS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

### OBJETIVO GENERAL

Promover el aprendizaje significativo de la isomería de compuestos orgánicos y desarrollar la competencia visoespacial en los estudiantes de cuarto semestre de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, por medio de la implementación del ciclo de aprendizaje 7Es y la aplicación móvil de realidad aumentada; IsomeRA.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Desarrollar actividades de aprendizaje interactivas en la aplicación móvil IsomeRA de acuerdo con el ciclo de aprendizaje 7Es, que ayuden a los estudiantes a comprender la isomería orgánica de forma significativa.
- Favorecer la capacidad de los estudiantes de comprender los significados de las representaciones químicas, traducirlas y manipularlas mentalmente, por medio de la interacción de modelos tridimensionales en la aplicación móvil IsomeRA.
- Evaluar el impacto de la secuencia didáctica en el aprendizaje de la isomería orgánica y la competencia visoespacial a través de las etapas del ciclo de aprendizaje 7Es.



## CONTENIDOS DE APRENDIZAJE

### 4. Introducción a la isomería de compuestos orgánicos

- 4.1. Definición
- 4.2. Tipos de isomería
- 4.3. Historia de la isomería orgánica

### 5. Isomería constitucional

- 5.1. Representaciones bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos)
- 5.2. Isomería de cadena
- 5.3. Isomería de posición
- 5.4. Isomería de función

### 6. Isomería espacial o estereoisomería

#### 6.1. Isomería configuracional

##### 6.1.1. Diastereoisómeros

##### 6.1.1.1. Isómeros geométricos

##### 6.1.1.1.1. Nomenclatura Cis/trans

##### 6.1.1.1.2. Notación Z/E

##### 6.1.1.2. Epímeros

##### 6.1.1.2.1. Representación de epímeros (Proyecciones de Fischer)

##### 6.1.2. Enantiómeros

##### 6.1.2.1. Quiralidad

##### 6.1.2.2. Representación de enantiómeros (Fórmulas de líneas y cuñas / Proyecciones de Fischer)

##### 6.1.2.3. Configuración absoluta y relativa

##### 6.1.2.3.1. Nomenclatura R/S

##### 6.1.2.3.2. Nomenclatura D-L en carbohidratos y aminoácidos

##### 6.1.2.4. Actividad óptica y rotación específica

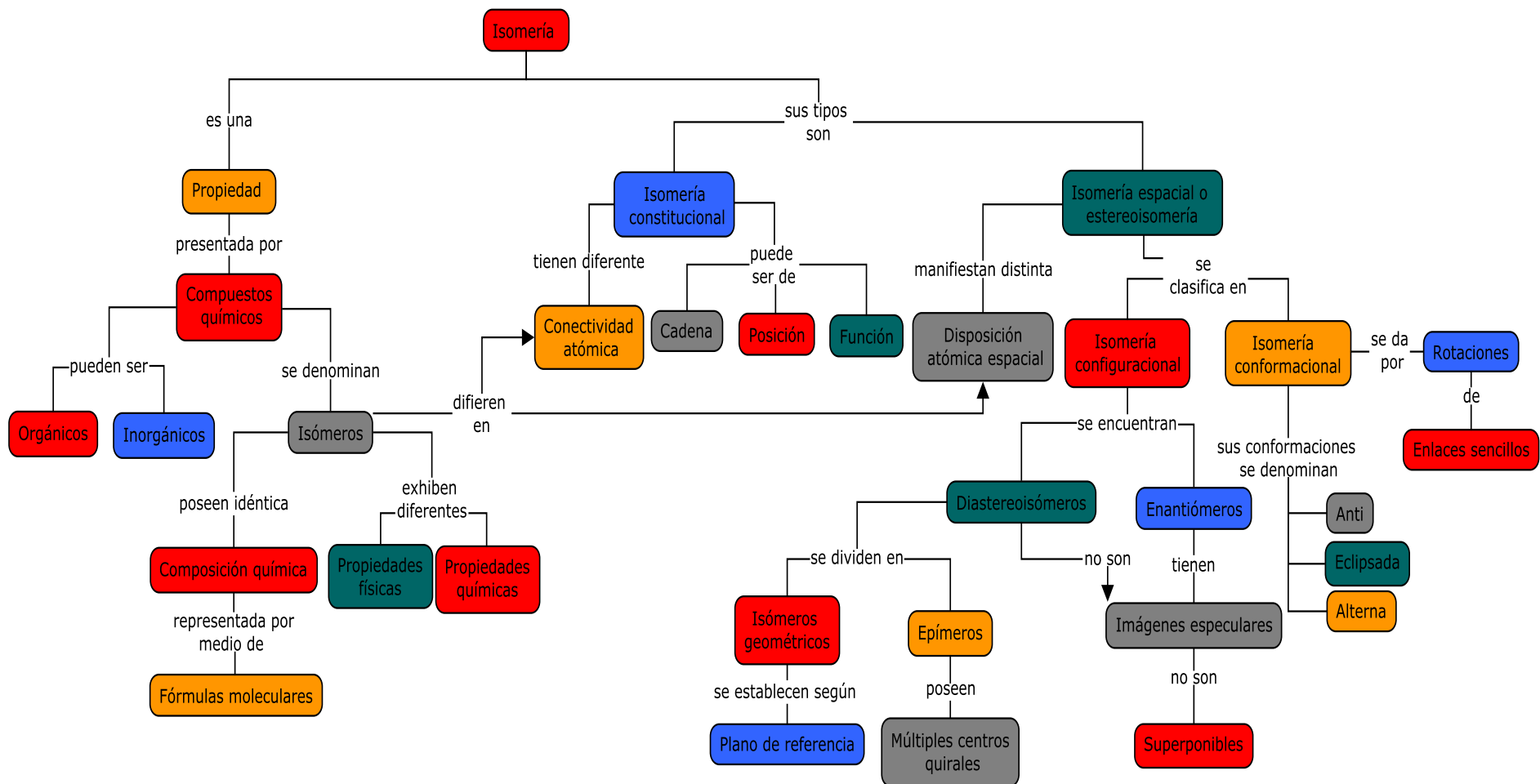
#### 6.2. Isomería conformacional

##### 6.2.1.1. Confórmeros

##### 6.2.1.2. Proyección de Newman y Proyección de caballete

## ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS DE APRENDIZAJE

### Mapa Conceptual de Isomería Orgánica



## SECUENCIA DE ACTIVIDADES

ISOMERÍA ORGÁNICA EN 3D: UNA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE BASADA EN REALIDAD AUMENTADA		
PROGRAMA	ESPACIO ACADÉMICO	SEMESTRE
Licenciatura en Química – Universidad pedagógica Nacional	Sistemas Orgánicos I	IV
TEMPORIZACIÓN		NÚMERO DE SESIONES
26/09/2023 – 10/10/2023		5
<b>DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA</b>	<p>La secuencia didáctica propuesta tiene como objetivo promover el aprendizaje significativo de la isomería de compuestos orgánicos y desarrollar la competencia visoespacial de los estudiantes mediante la implementación del ciclo de aprendizaje de las 7Es y el uso de una aplicación móvil de realidad aumentada llamada IsomeRA. Al finalizar la secuencia, se espera que los estudiantes sean capaces de identificar, representar, predecir propiedades y nombrar isómeros, así como comprender los conceptos químicos relacionados con la isomería, como la estereoquímica, la quiralidad o la configuración absoluta.</p>	

### OBJETIVOS

1. Promover en los estudiantes aprendizajes significativos de la isomería de compuestos orgánicos, mediante las siete fases contempladas en la metodología de la 7Es.
2. Desarrollar la competencia visoespacial de los estudiantes a partir de la visualización e interacción de los isómeros a partir de aplicaciones móviles de realidad aumentada.

### CONTENIDOS GENERALES

1. **Introducción a la isomería**
2. **Isomería constitucional**
3. Isomería espacial o estereoisomería
  - 3.1. **Isomería configuracional**
    - 3.1.1. Diastereoisómeros
      - 3.1.1.1. Isómeros geométricos
      - 3.1.1.2. Enantiómeros
    - 3.2. **Isomería conformacional**
      - 3.2.1. Confórmeros

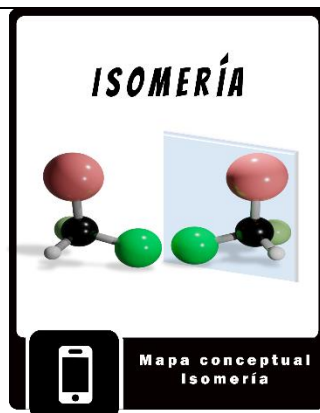
### ETAPAS

6. Introducción a la isomería orgánica
7. La química de la gasolina: el estudio de los isómeros constitucionales.
8. Hábitos alimenticios saludables: el estudio de los diastereoisómeros.
9. Héroes, antivillanos y villanos: El estudio de los enantiómeros.
10. La danza de las moléculas: el estudio de la isomería conformacional.

ETAPA 1. INTRODUCCIÓN A LA ISOMERÍA ORGÁNICA			
Nº DE LA SESIÓN	1	TEMPORIZACIÓN	NUMERO DE ACTIVIDADES
		25 al 29 de septiembre de 2023	3
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE		CONTENIDO	DESEMPEÑOS - COMPETENCIA VISOESPACIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender el concepto de isomería orgánica y reconocer sus diferentes tipos.</li> <li>Reconocer la relevancia histórica del estudio de la isomería en la química orgánica.</li> </ul>		1. Introducción a la isomería orgánica 1.1. Definición del concepto de isomería 1.2. Tipos de isomería 1.3. Historia de la isomería orgánica El estudiante reconoce los diferentes hechos históricos que permitieron el entendimiento de la isomería en compuestos orgánicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante identifica la presencia de isomería por medio de las fórmulas moleculares de los compuestos químicos.</li> <li>El estudiante reconoce las características y diferencias de los diferentes tipos de isomería orgánica.</li> </ul>

TIEMPO	FASE	ACTIVIDAD	MATERIALES
20 min	Enganchar	Equipados con dispositivos móviles y la aplicación especializada en proyección de compuestos orgánicos en realidad aumentada; IsomeRA, los estudiantes formarán grupos de tres personas para escanear un conjunto de marcadores impresos que desbloquearán diferentes moléculas en 3D. Cada equipo se enfocará en analizar y comparar un par de isómeros orgánicos. Posteriormente, los grupos compartirán sus hallazgos con el resto de sus compañeros, permitiendo una socialización y discusión de las semejanzas y diferencias encontradas entre los compuestos estudiados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>Marcadores impresos que los estudiantes puedan escanear para acceder a la visualización de las moléculas en formato tridimensional.</li> </ul>

		TIPOS DE ISOMERÍA		ISÓMEROS				
		Cadena	n-pentano		2-metilpropano			
			Posición	butan-1-ol		butan-2-ol		
		Función		Etanol			metoximetano	
			Geométricos	Z-but-2-eno		E-but-2-eno		
		Enantiómeros		R-talidomida			S-talidomida	
			Confórmeros	Etano alternada		Etano eclipsada		
		<i>Parejas de isómeros a escanear</i>						
		30 min	Elicitar y Explicar	<p>Mediante el uso de la aplicación móvil IsomeRA, los estudiantes escanearán un marcador impreso en papel que les permitirá acceder a un mapa conceptual en realidad aumentada. Este mapa contiene una completa definición del concepto de isomería y sus tipos, así como botones interactivos en el esquema para ampliar la información.</p> <p>Antes de presionar cada uno de los botones dispuestos en el esquema, el docente guiará el recorrido por el mapa conceptual y realizará una serie de preguntas con el fin de identificar las ideas previas de los estudiantes frente a cada uno de los términos.</p> <p>En el anexo N° 1 se indican las preguntas que se deberán formular a los estudiantes previo a la pulsación de los correspondientes botones.</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Marcador impreso: “Componentes de la gasolina”</li> <li>• Preguntas guía para la identificación de ideas previas que se encuentran en el anexo N°1 de la secuencia didáctica.</li> </ul>	



*Marcador del mapa conceptual de isomería orgánica*

Posterior a la actividad con la aplicación móvil, se realiza una breve discusión en el aula, donde los estudiantes puedan reflexionar sobre cómo sus ideas previas se alineaban o diferían con la información presentada en el mapa conceptual.

10 min

Elicitar

Haciendo uso de la aplicación de realidad aumentada: IsomeRA, los estudiantes ingresan a la sección de Teoría - Historia, en donde podrán visualizar la línea de tiempo de los hechos más relevantes de la historia de la isomería orgánica que va desde el descubrimiento de los isómeros por Friedrich Wöhler y Justus Von Liebig, hasta sus aplicaciones actuales. Con base en esta actividad se discute los eventos y descubrimientos clave en el desarrollo de la comprensión de la isomería orgánica y se reflexiona sobre cómo estos eventos están interconectados y cómo cada avance ha contribuido a la comprensión global del concepto.

- Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.
- Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA
- Línea de tiempo que se encuentra en el anexo N° 2 de la secuencia didáctica.

ETAPA 2. LA QUÍMICA DE LA GASOLINA: EL ESTUDIO DE LOS ISÓMEROS CONSTITUCIONALES			
Nº DE LA SESIÓN	2	TEMPORIZACIÓN	NUMERO DE ACTIVIDADES
		02 de octubre de 2023	5
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE		CONTENIDO	DESEMPEÑOS - COMPETENCIA VISOESPACIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender e identificar los diferentes tipos de isomería constitucional (isomería de cadena, isomería de posición e isomería de función).</li> <li>Relacionar la disposición tridimensional de los isómeros constitucionales con sus propiedades físicas y químicas.</li> </ul>		<p><b>2. Isomería constitucional</b></p> <p>2.1. Representaciones bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos)</p> <p>2.2. Isomería de cadena</p> <p>2.3. Isomería de posición</p> <p>2.4. Isomería de función</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante emplea diferentes fórmulas bidimensionales para representar isómeros constitucionales.</li> <li>El estudiante identifica los diferentes tipos de isomería constitucional a partir de fórmulas bidimensionales y tridimensionales.</li> <li>El estudiante comprende la incidencia de la estructura molecular en las propiedades físicas y químicas de los compuestos orgánicos.</li> </ul>

TIEMPO	FASE	ACTIVIDAD	MATERIALES
10min	Elicitar y Enganchar	<p>El docente inicia la sesión planteando la siguiente pregunta a los estudiantes: "¿Alguna vez se han preguntado de qué está compuesta la gasolina que usamos en nuestros vehículos?" Luego, invita a los estudiantes a compartir sus ideas y concepciones previas sobre los posibles componentes de la gasolina.</p> <p>Posteriormente, los estudiantes en la sección de "Escanear" de la aplicación móvil IsomeRA escanearán el marcador de "Componentes de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas</li> </ul>

		<p>la gasolina”, el cual al ser activado reproducirá un video en realidad aumentada que destaca algunos de los hidrocarburos presentes en este combustible y proporciona información sobre el porcentaje de sus componentes principales. La transcripción de la información mencionada en el video se encuentra en el anexo N° 3.</p> <div data-bbox="802 435 1073 784" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="722 789 1157 813"><i>Marcador de los componentes de la gasolina</i></p>	<p>en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</p> <ul data-bbox="1472 256 1955 505" style="list-style-type: none"> <li>• Marcador impreso: “Componentes de la gasolina”</li> <li>• Transcripción del video sobre la composición química de la gasolina que se encuentra en el anexo N°3 de la secuencia didáctica.</li> </ul>
30min	Explorar	<p>Los estudiantes tendrán la posibilidad de observar diferentes estructuras tridimensionales de algunos de los compuestos orgánicos mencionados durante el video. Para esto, por parejas y mediante sus dispositivos móviles, escanearán los marcadores dispuestos en el aula de clase de forma previa, teniendo la posibilidad de girarlos y observarlos desde diferentes ángulos. A partir de lo observado se discute en grupo cuáles son algunas de sus semejanzas y diferencias.</p>	<ul data-bbox="1472 992 1955 1362" style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Marcadores impresos que los estudiantes puedan escanear para</li> </ul>



			acceder a la visualización de las moléculas en formato tridimensional.
40min	Explicar	El docente haciendo uso de los compuestos orgánicos observados, explica los diferentes tipos de isomería constitucional; cadena, posición y función. Además, manifiesta como los puntos de ebullición pueden variar de acuerdo con el número de átomos de carbono del compuesto y a las ramificaciones que tenga un determinado hidrocarburo. Después, muestra a los estudiantes las diferentes fórmulas químicas bidimensionales empleadas para su representación (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> </ul>
20min	Elaborar	<p>Los estudiantes de forma individual seleccionan cinco de los compuestos observados en la fase de explorar y establecerán sus diferentes representaciones bidimensionales (fórmula desarrollada, fórmula semidesarrollada y fórmula de líneas y ángulos). Luego, mediante la aplicación móvil IsomeRA, escanearán una serie de parejas de marcadores suministrados por el docente, que permitirán hacer visibles las moléculas en realidad aumentada. Con base en los pares de compuestos visualizados, se deberá identificar el tipo de isomería constitucional presente en cada caso.</p> <p>De forma adicional, en el anexo 4 de la secuencia didáctica se presentan un conjunto de ejercicios, en los cuales se requiere que los estudiantes desarrollen su competencia visoespacial que les permita representar de manera bidimensional diferentes isómeros, partiendo de una fórmula</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Ejercicios de isomería constitucional que se encuentran en el anexo N°4 de la secuencia didáctica.</li> </ul>

		molecular conocida. Asimismo, deberán identificar el tipo de isomería constitucional presente entre distintos pares de compuestos orgánicos.	
5 min	Extender	Se organiza a los estudiantes por grupos y se le asigna a cada uno de ellos una pareja de hidrocarburos que presentan isomería constitucional. Con base en los compuestos orgánicos cada grupo investigará y argumentará cuál de los dos isómeros sería un mejor combustible, considerando los siguientes aspectos: volatilidad, eficiencia, estabilidad e índice de octano. Los argumentos deben establecerse con base en su estructura molecular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadoras o dispositivos con acceso a internet que los estudiantes pueden necesitar para consultar recursos en línea.</li> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
Revisión por parte del docente	Evaluar	<p>Se evalúa el cumplimiento de los desempeños de aprendizaje propuestos de acuerdo con los aspectos más relevantes que se trabajaron durante las demás etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los estudiantes, su capacidad para argumentar y respaldar sus puntos de vista.</li> <li>• Discusión en grupo de las semejanzas y diferencias sobre isómeros constitucionales (Explorar).</li> <li>• Representaciones bidimensionales de los compuestos observados en la fase de explorar (Elaborar).</li> <li>• Identificación del tipo de isomería presente en los marcadores suministrados (Elaborar).</li> <li>• Ejercicios sobre isomería constitucional (Elaborar).</li> <li>• Presentación de investigación sobre combustibles con base en sus propiedades físicas y químicas (Extender).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>

### ETAPA 3. HÁBITOS ALIMENTICIOS SALUDABLES: EL ESTUDIO DE LOS DIASTEREOISÓMEROS

N° DE LA SESIÓN	3	TEMPORIZACIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES
		03 al 06 de octubre de 2023	
OBJETIVO ESPECIFICO		CONTENIDO	DESEMPEÑOS - COMPETENCIA VISOESPACIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender e identificar los diferentes tipos de diastereoisómeros (geométricos y epímeros).</li> <li>Establecer conexiones entre la configuración tridimensional de los diastereoisómeros y sus respectivas propiedades físicas y químicas.</li> </ul>		<p><b>7. Isomería espacial o estereoisomería</b></p> <p>7.1. Isomería configuracional</p> <p>7.1.1. Diastereoisómeros</p> <p>7.1.1.1. Isómeros geométricos</p> <p>7.1.1.1.1. Nomenclatura Cis/trans</p> <p>7.1.1.1.2. Notación Z/E</p> <p>7.1.1.2. Epímeros</p> <p>7.1.1.2.1. Representación de epímeros (Proyecciones de Fischer)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante representa diferentes diastereoisómeros por medio de fórmulas bidimensionales y tridimensionales.</li> <li>El estudiante establece las diferentes nomenclaturas para nombrar los isómeros geométricos (cis/trans y Z/E) y epímeros (D/L) a partir de fórmulas químicas bidimensionales y tridimensionales.</li> <li>El estudiante predice y explica las propiedades físicas y químicas de los isómeros geométricos y epímeros con base en la disposición de sus átomos en el espacio.</li> </ul>

TIEMPO	FASE	ACTIVIDAD	MATERIALES
10min	Elicitar y enganchar	El docente comienza la sesión planteando a los estudiantes el siguiente interrogante: ¿Cuál creen que es la causa principal de fallecimiento en Colombia y a nivel global en la actualidad? Después de recoger algunas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación del Ministerio de Salud y Protección Social para identificar la probabilidad de</li> </ul>

	<p>respuestas iniciales, se comparten estadísticas sobre las principales causas de fallecimiento en Colombia y a nivel global proporcionadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Organización Mundial de la Salud (OMG) en los últimos años. Esto tiene como objetivo, permitir que estudiantes lleguen a la conclusión que el mayor número de defunciones se debe a enfermedades cardiovasculares, como los infartos de miocardio, los accidentes cerebrovasculares y la hipertensión arterial.</p> <p>Después, los estudiantes ingresarán a la aplicación móvil previamente descargada denominada: “Conoce tu riesgo”, la cual es una herramienta diseñada por el Ministerio de Salud y Protección Social como parte de las estrategias del gobierno para identificar y reducir el riesgo potencial de sufrir diabetes o enfermedades cardiovasculares. Dentro del aplicativo se deberán diligenciar los campos correspondientes y al finalizar se dará a conocer el riesgo de presentar obesidad abdominal, diabetes e infarto y trombosis en 10 años. De forma adicional brindará información sobre las medidas inmediatas, los hábitos que se deben emprender en términos del consumo de sustancias nocivas, alimentación y actividad física.</p> <p>Se pueden consultar las siguientes fuentes para ampliar la información sobre sobre la aplicación y las enfermedades cardiovasculares:</p> <p>Página web del Ministerio de Salud y Protección Social sobre enfermedades no transmitibles:  <a href="https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PENT/Paginas/Enfermedades-no-transmisibles.aspx">https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PENT/Paginas/Enfermedades-no-transmisibles.aspx</a></p> <p>Enlace para el aplicativo desde la página web:  <a href="https://www.minsalud.gov.co/sites/valoraturiesgo/Paginas/Consulta-Riesgo.aspx">https://www.minsalud.gov.co/sites/valoraturiesgo/Paginas/Consulta-Riesgo.aspx</a></p>	<p>padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes: Conoce Tu Riesgo.</p>
--	---	--

		<p>Artículo sobre la principal causa de muerte en Colombia y a nivel mundial:  <a href="https://www.bayer.com/es/co/las-enfermedades-cardiovasculares-son-la-primera-causa-de-muerte-en-colombia-y-el-mundo">https://www.bayer.com/es/co/las-enfermedades-cardiovasculares-son-la-primera-causa-de-muerte-en-colombia-y-el-mundo</a></p>	
20 min	Explicar	<p>El docente, haciendo énfasis en la importancia de adoptar hábitos alimenticios saludables, explica la importancia de incluir dentro de la dieta ácidos grasos cis monoinsaturados y poliinsaturados, especialmente los omega-3 y omega-6 para la prevención de enfermedades cardiovasculares. Además, enfatiza la importancia de evitar consumir alimentos ricos en ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans.</p> <p>Por otro lado, se menciona la relación entre el consumo excesivo de azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, que se encuentran en alimentos procesados, bebidas azucaradas y dulces, con el desarrollo de la diabetes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
20min	Explorar	<p>Haciendo uso de la aplicación móvil IsomeRA los estudiantes por parejas escanean diferentes marcadores que permitirán visualizar distintos ácidos grasos cis y ácidos grasos trans. Cuando hayan visto todos los modelos tridimensionales, completarán el cuadro comparativo del anexo N°5 en donde podrán registrar sus diferencias de acuerdo con los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Configuración del doble enlace</li> <li>• Curvatura de la cadena</li> <li>• Estado físico a temperatura ambiente</li> <li>• Puntos de fusión y puntos de ebullición</li> <li>• Fuentes comunes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Cuadro comparativo de ácidos grasos cis y trans del anexo N°5 de la secuencia didáctica.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto en la salud</li> </ul> <p>En el caso del estado físico y las propiedades físicas (puntos de ebullición y puntos de fusión) los estudiantes deberán hacer predicciones con base en su estructura molecular).</p> <p>Después se observarán diferentes monosacáridos con la misma aplicación y se invita a los estudiantes a reconocer las semejanzas y diferencias entre ellos.</p>	
30min	Explicar	El docente hace la explicación de los isómeros geométricos y epímeros incluyendo su estructura general, propiedades, formas de representarlos (fórmula de ángulos y líneas, fórmula de líneas y cuñas y proyecciones de Fischer) y los sistemas de nomenclatura; nomenclatura Cis/Trans y nomenclatura Z/E para los isómeros geométricos y nomenclatura D/L en caso de los carbohidratos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
40min	Elaborar y Extender	Los estudiantes desarrollan los ejercicios propuestos de diastereoisomería del anexo 6, en los cuales deberán representar y establecer la nomenclatura Cis/trans y Z/E de diferentes alquenos, cicloalcanos y aminoácidos. También, se hará uso de IsomeRA para establecer las proyecciones de Fischer de diferentes epímeros e identificar el carbono asimétrico en el cual difieren. Además, se encontrará un punto en los cual se relacionará la estructura molecular de ciertas sustancias con sus propiedades físicas y químicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercicios de diastereoisómeros del anexo N°6 de la secuencia didáctica.</li> </ul>
Revisión por parte del docente	Evaluar	Se evalúa el cumplimiento de los desempeños de aprendizaje propuestos de acuerdo con los aspectos más relevantes que se trabajaron durante las	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar</li> </ul>

	demás	etapas:	aplicaciones de realidad aumentada.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Participación de los estudiantes, su capacidad para argumentar y respaldar sus puntos de vista.</li> <li>Cuadro comparativo de ácidos grasos cis y trans del anexo N°5 de la secuencia didáctica (Explorar).</li> <li>Ejercicios de diastereoisómeros del anexo N°6 de la secuencia didáctica (Elaborar y Extender).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>

ETAPA 4. HÉROES, ANTIHÉROES Y VILLANOS: EL ESTUDIO DE LOS ENANTIÓMEROS			
N° DE LA SESIÓN	4	TEMPORIZACIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES
		03 al 06 de octubre de 2023	5
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE		CONTENIDO	OBJETIVOS COMPETENCIA VISOESPACIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprender el concepto de quiralidad, características de los enantiómeros y su relevancia en la industria farmacéutica y la vida cotidiana.</li> <li>Representar enantiómeros por medio de fórmulas tridimensionales y determinar su configuración absoluta empleando la nomenclatura R/S.</li> </ul>		<b>1.1.1. Enantiómeros</b> 1.1.1.1. Quiralidad 1.1.1.2. Representación de enantiómeros (Fórmulas de líneas y cuñas / Proyecciones de Fischer)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar y describir las diferencias entre enantiómeros, incluyendo su estructura, actividad óptica y reactividad con otras moléculas.</li> <li>Representar diferentes enantiómeros, utilizando proyecciones de Fischer y</li> </ul>

	1.1.1.3. Configuración absoluta y relativa 1.1.1.3.1. Nomenclatura R/S 1.1.1.3.2. Nomenclatura D-L en carbohidratos y aminoácidos 1.1.1.4. Actividad óptica y rotación específica	fórmulas en perspectiva (Fórmula de líneas y cuñas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer la nomenclatura R/S para asignar la configuración absoluta de los enantiómeros representados.</li> </ul>
--	--	---

TIEMPO	FASE	ACTIVIDAD	MATERIALES
20min	Enganchar y Elicitar	<p>Los estudiantes por medio de la aplicación móvil IsomeRA, escanean el marcador de “El enantiómero héroe, el antivillano y el villano” el cual cuenta con cuatro videos que narran la historia de tres enantiómeros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>L-levodopa(héroe): enantiómero activo que sirve como tratamiento de la enfermedad de Parkinson, ya que promueve la generación de dopamina.</li> <li>R-ibuprofeno(antivillano): enantiómero que no presenta actividad inflamatoria y por medio de las enzimas del organismo es capaz de convertirse en su isómero S, el cual si posee actividad farmacológica.</li> <li>S-talidomida(villano): enantiómero responsable de la generación de focomelia en recién nacidos al suministrarse en un medicamento empleado para reducir las náuseas durante los primeros meses del embarazo.</li> </ul> <p>A partir de la historia de los enantiómeros, el docente resalta la importancia del estudio de los fármacos quirales, ya que a partir de su entendimiento se puede dar la reducción de la dosis suministradas,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>Historia de El enantiómero héroe, antivillano y villano del anexo N°7 de la secuencia didáctica.</li> </ul>



		<p>disminuir los efectos secundarios o adversos e identificar y aislar aquellos enantiómeros que representen un riesgo para la salud.</p> <p>La transcripción de los videos se encuentra en el anexo N°7. “El enantiómero héroe, antivillano y villano”.</p>	
20min	Explorar	<p>Se divide el grupo de estudiantes por parejas y haciendo uso de la aplicación móvil IsomeRA, escanean seis marcadores que contienen tres parejas de enantiómeros. Cuando se encuentren las tres parejas deberán ubicar los marcadores uno al lado del otro y volver a realizar el escaneo, de tal forma que se puedan proyectar y manipular ambas moléculas de forma simultánea. A continuación, deberán rotar las moléculas con el fin de comprobar que se trata efectivamente de imágenes especulares y no son superponibles. En caso de que el dispositivo sea compatible con ARcore se pueden visualizar las diferentes moléculas desde el apartado de biblioteca.</p> <p>Al finalizar esta fase el docente invita a los estudiantes a determinar las diferencias o semejanzas con los otros tipos de isomería configuracional y de igual manera con los isómeros constitucionales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Marcadores impresos que los estudiantes puedan escanear para acceder a la visualización de las moléculas en formato tridimensional.</li> </ul>
40min	Explicar	<p>El docente, haciendo uso de la aplicación móvil IsomeRA, explica los conceptos fundamentales de la quiralidad y los enantiómeros. En esta fase de enseñanza, se inicia definiendo el concepto de quiralidad para luego abordar la noción de enantiómeros, resaltando su capacidad de presentar similares propiedades físicas y químicas, pero diferir en su actividad óptica e interacciones con otras moléculas quirales.</p> <p>A través de ejemplos prácticos y aplicaciones en la vida real, el docente ilustra la relevancia de estos conceptos, especialmente en campos como la biología y la farmacología. Además, se introducen conceptos como la representación de enantiómeros (Fórmulas de líneas y cuñas /</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Marcadores impresos que los estudiantes puedan escanear para</li> </ul>

		Proyecciones de Fischer), nomenclatura (sistema R/S y nomenclatura D-L en carbohidratos y aminoácidos), configuración absoluta y relativa, métodos de separación y su implicación en la síntesis orgánica, todo ello con el propósito de consolidar un aprendizaje significativo en los estudiantes, relacionando esta explicación con las observaciones previas realizadas mediante la aplicación de realidad aumentada.	acceder a la visualización de las moléculas en formato tridimensional.
20min	Elaborar	Los estudiantes desarrollan los ejercicios propuestos en el anexo N°8. “Ejercicios de enantiómeros”, los cuales incluyen la identificación de moléculas quirales o aquirales, localización de centros quirales, asignación de la configuración absoluta de enantiómeros, representaciones tridimensionales de moléculas quirales y establecimiento de proyecciones de Fischer y nomenclatura D-L en carbohidratos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejercicios sobre enantiómeros del anexo N°8 de la secuencia didáctica.</li> </ul>
5min	Extender	Se solicita a los estudiantes investigar ejemplos en la vida cotidiana o en la industria donde la quiralidad y los enantiómeros son importantes. Pueden presentar ejemplos relacionados con medicamentos, sabores y fragancias, o productos químicos en la industria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
Revisión por parte del docente	Evaluar	Se evalúa el cumplimiento de los desempeños de aprendizaje propuestos de acuerdo con los aspectos más relevantes que se trabajaron durante las demás etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Participación de los estudiantes, su capacidad para argumentar y respaldar sus puntos de vista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de las diferencias o semejanzas de los enantiómeros con los otros tipos de isomería configuracional e isómeros constitucionales (Explorar).</li> <li>• Ejercicios sobre enantiómeros del anexo N°8 de la secuencia didáctica (Elaborar).</li> <li>• Consulta sobre ejemplos de los enantiómeros en la vida cotidiana (Extender).</li> </ul>	<p>en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
--	--	--	---

ETAPA 5. LA DANZA DE LAS MOLÉCULAS: EL ESTUDIO DE LA ISOMERÍA CONFORMACIONAL			
N° DE LA SESIÓN	5	TEMPORIZACIÓN	NÚMERO DE ACTIVIDADES
		10 al 13 de octubre de 2023	
OBJETIVO ESPECIFICO		CONTENIDO	DESEMPEÑOS - COMPETENCIA VISOESPACIAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender la isomería conformacional, incluyendo la identificación y representación de confórmeros.</li> <li>• Representar por medio de proyecciones de Newman y proyecciones de caballete las diferentes conformaciones de moléculas orgánicas.</li> <li>• Predecir las conformaciones más estables de las moléculas orgánicas e interpretar sus propiedades físicas y químicas en función de su estructura conformacional.</li> </ul>		<p>1.1. Isomería conformacional</p> <p>1.1.1.1. Confórmeros</p> <p>1.1.1.2. Proyección de Newman y Proyección de caballete</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El estudiante establece las diferentes conformaciones de una molécula orgánica al realizar giros alrededor de un enlace simple.</li> <li>• El estudiante representa las diferentes conformaciones de un compuesto orgánico por medio de proyecciones de Newman y proyecciones de caballete.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante hace predicciones sobre la estabilidad y propiedades físicas y químicas de los Conformeros de un compuesto.</li> </ul>
--	--	---

TIEMPO	FASE	ACTIVIDAD	MATERIALES
15min	Enganchar y Elicitar	<p>Se conforman grupos de cuatro personas y se hace la entrega de cuatro marcadores que deberán escanear a través de la aplicación móvil IsomeRA, los cuales corresponden a cuatro posibles conformaciones del n-butano (dos conformaciones gauche o alternada, una conformación anti y una conformación eclipsada). Luego, cada grupo debe identificar las diferencias en la estructura tridimensional de las moléculas visualizadas de cada conformación.</p> <p>Posteriormente, se socializan la diferencias encontradas en cada uno de los grupos y se procede a realizar las siguientes preguntas por parte del docente hacia los estudiantes:</p> <p>¿Cuáles son las conformaciones más estables?          ¿La forma en la que estaban las diferentes conformaciones puede afectar la reactividad de la molécula?          ¿Una conformación determinada se puede convertir en otra?</p> <p>Con base en las respuestas de los estudiantes se recuerdan varios aspectos de las isomería conformacional y la diferencia con los otros tipos de isomería abordadas en las anteriores sesiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA. Marcadores impresos que los estudiantes puedan escanear para acceder a la visualización de las moléculas en formato tridimensional.</li> </ul>

15min	Explorar	Haciendo uso de la aplicación móvil ModelAR: Organic Chemistry los estudiantes por parejas se les asignará un determinado compuesto, con el cual lo construirán en la aplicación y empleando la función de rotación de los enlaces sencillos encontrarán diferentes conformaciones al rotar a diferentes ángulos. Después, registrarán su hallazgos y se socializarán al resto de los grupos conformados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar y crear moléculas en 3D (ModelAR: Organic Chemistry)</li> </ul>
40min	Explicar	<p>El docente comienza explicando las características de la isomería conformacional aplicada en moléculas orgánicas acíclicas y cíclicas, y su diferencia con el resto de los tipos isomería orgánica. Después, se muestra una gráfica de energía potencial de las diferentes conformaciones del n-butano con el fin de entender la estructura que posee la mayor estabilidad – menor energía de acuerdo con los factores estéricos, efectos electrostáticos e hiperconjugación. Luego, se presentan las diferentes formas de representar las conformaciones de modo bidimensional (proyecciones de Newman, proyecciones de caballete, representación de silla y representación de bote).</p> <p>Para finalizar, se muestran ejemplos de la importancia de la isomería conformacional en la química orgánica, como la reactividad de las moléculas, la bioquímica (por ejemplo, en la conformación de proteínas) y la síntesis orgánica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
10min	Elaborar	Se proporcionan a los estudiantes los ejercicios propuestos en el anexo N°9 “Ejercicios de isomería conformacional”, en los cuales se representarán diferentes conformeros por medio de proyecciones de Newman y caballete, se analizará la conformación de mayor estabilidad conforme una rotación de C-C específica y se realizará el análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercicios sobre isomería conformacional del anexo N°9 de la secuencia didáctica.</li> </ul>

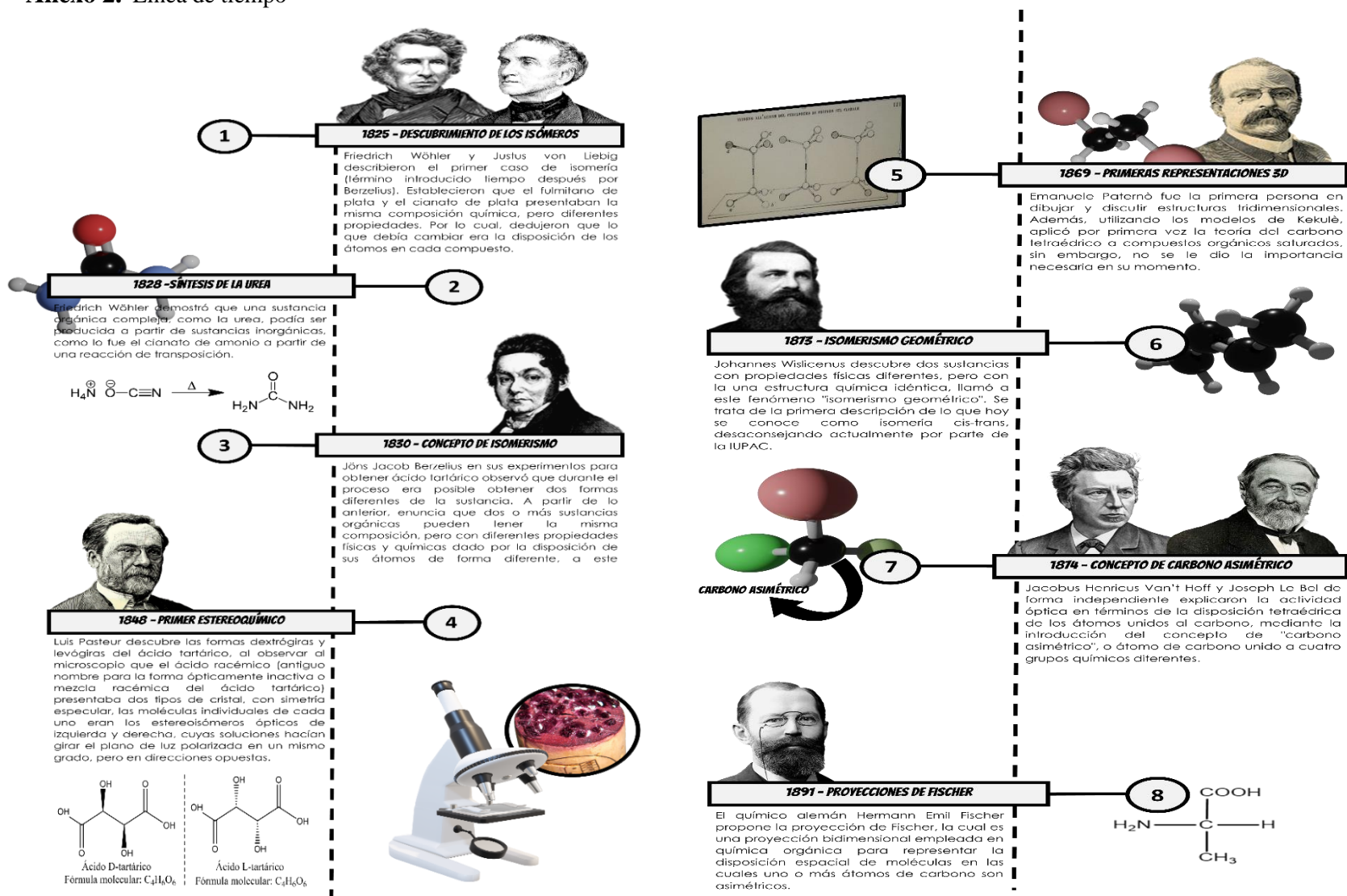
		conformacional incluyendo el perfil de energía potencial de un determinado alcano ramificado.	
5min	Extender	Los estudiantes investigarán y presentarán ejemplos del mundo real en los que la isomería conformacional tiene un impacto significativo, como en la industria farmacéutica o en la química de alimentos. Esto les ayudará a llevar el aprendizaje más allá del aula y comprender la importancia de los Conformeros de acuerdo con sus diferencias en reactividad y síntesis orgánica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadoras o dispositivos con acceso a internet que los estudiantes pueden necesitar para consultar recursos en línea.</li> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>
Revisión por parte del docente	Evaluar	<p>Se evalúa el cumplimiento de los desempeños de aprendizaje propuestos de acuerdo con los aspectos más relevantes que se trabajaron durante las demás etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los estudiantes, su capacidad para argumentar y respaldar sus puntos de vista.</li> <li>• Construcción de las conformaciones del compuesto suministrado en la aplicación móvil ModelAR: Organic Chemistry y socialización de sus hallazgos (Explorar).</li> <li>• Ejercicios sobre isomería conformacional del anexo N°9 de la secuencia didáctica (Elaborar).</li> <li>• Consulta sobre ejemplos de conformeros en la industria farmacéutica y alimentos (Extender).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) con capacidad para usar aplicaciones de realidad aumentada.</li> <li>• Aplicación de realidad aumentada que permita visualizar moléculas en 3D y cambiar entre diferentes formas isoméricas: IsomeRA.</li> <li>• Libros sobre isomería orgánica (Química General de Petrucci. 10.<sup>a</sup> ed., Química orgánica de Wade. Volumen 1 y 2, Química Orgánica de Morrison y Boyd, Química orgánica de McMurry 8.<sup>a</sup> ed.)</li> </ul>

## ANEXOS

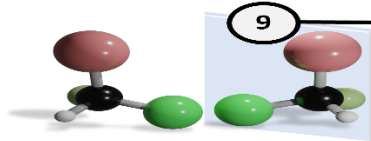
### Anexo 1. Preguntas guía para la identificación de ideas previas

BOTÓN	PREGUNTAS
Isomería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De dónde proviene el término isomería?</li> <li>• ¿Qué se entiende por isomería?</li> <li>• ¿Cuáles son los posibles campos de aplicación de la isomería orgánica?</li> </ul>
Compuestos químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué es un compuesto químico y cómo se diferencia de los otros tipos de sustancias (elementos y moléculas)?</li> </ul>
Compuestos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué elementos químicos son fundamentales en la composición de los compuestos orgánicos?</li> <li>• ¿Cuáles son las funciones o familias de compuestos orgánicos?</li> </ul>
Compuestos inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En los compuestos inorgánicos se puede dar la isomería?</li> </ul>
Isómeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿La existencia de los isómeros tiene alguna repercusión en nuestra vida diaria?</li> <li>• ¿Puede mencionar algunos ejemplos de isómeros que conozca o haya escuchado antes?</li> </ul>
Composición química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Por qué es importante saber la composición química de un compuesto?</li> </ul>
Fórmulas moleculares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿A partir de una fórmula molecular se puede saber con exactitud qué compuesto es?</li> </ul>
Propiedades físicas y propiedades químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Por qué al cambiar la disposición de los átomos en los compuestos, estos tienen diferentes propiedades físicas y químicas?</li> </ul>
Isomería constitucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál cree que es la principal característica que diferencia a dos compuestos que son isómeros constitucionales?</li> </ul>
Isomería espacial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué importancia tiene la isomería espacial en la química?</li> </ul>
Isomería configuracional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál podría ser una diferencia entre isomería constitucional e isomería configuracional?</li> </ul>
Diastereoisómeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo podría reconocerse un diastereoisómero a partir de su fórmula química?</li> </ul>
Enantiómeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué casos es fundamental conocer los enantiómeros de un compuesto orgánico?</li> </ul>
Isomería conformacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Un isómero se puede convertir en otra forma isoméricas de él mismo automáticamente?</li> </ul>

## Anexo 2. Línea de tiempo



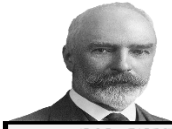
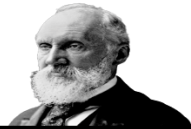




9

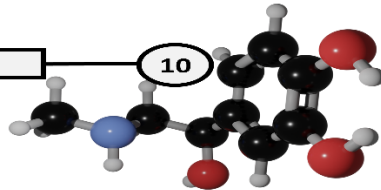
**1904 - CONCEPTO DE QUIRALIDAD**

William Thomson, (Lord Kelvin) introduce el término de "quiral" para designar objetos que no son superponibles con su imagen especular. Aplicado a la química orgánica, podemos decir que una molécula es quiral cuando ella y su imagen en un espejo no son superponibles.

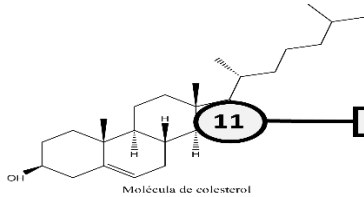


**1908 - BIOACTIVIDAD EN ENANTIÓMEROS**

El farmacólogo escocés Arthur Robertson Cushny ofreció por primera vez un ejemplo definitivo de una diferencia de bioactividad entre los enantiómeros de una molécula quiral. Por ejemplo, la (-) adrenalina es dos veces más potente que la forma (+) como vasoconstrictor. Más adelante sentó las bases de la farmacología quiral/estereofarmacología. (relaciones biológicas de sustancias ópticamente isoméricas).



10



11

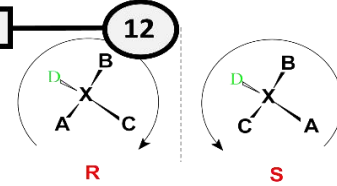
**1965 - COMPRESIÓN ISOMERÍA-REACTIVIDAD**

Robert Burns Woodward ganó el Premio Nobel por su síntesis de moléculas orgánicas complejas. Una característica de su trabajo fue la consideración meticulosa a la estereoquímica o configuración particular de las moléculas en el espacio. La mayoría de los fármacos presentan una configuración espacial específica, lo cual genera una demanda de síntesis estereoselectiva.

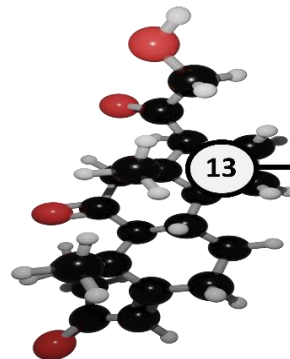


**1966 - NOMENCLATURA R/S**

Robert S. Cahn, Christopher Ingold y Vladimir Prelog idean la nomenclatura Cahn-Ingold-Prelog o regla de secuencia para asignar una configuración absoluta al centro estereogénico/quiral (notación R y S) y se amplió para aplicarse a través de enlaces olefinicos [E- y Z-].



12



13



**1969 - INICIO DEL ANÁLISIS CONFORMACIONAL**

Derek Barton y Odd Hassel recibieron conjuntamente el Premio Nobel de Química por su trabajo en el concepto de conformación y su aplicación en la química. Barton demostró que era posible asignar una conformación preferente a las moléculas orgánicas, como los esteroides, basándose en investigaciones previas. Esto marcó el inicio del análisis conformacional y permitió interpretar las propiedades físicas y químicas de estas moléculas. Barton también aplicó este método a otros productos naturales y fue útil para analizar mecanismos de reacción y procesos enzimáticos.

**ACTUALIDAD**

La investigación y comprensión de la isomería continúa avanzando, tanto en la química orgánica como en otros campos de la química. Se han descubierto y estudiado numerosos tipos de isomería, fundamentales para comprender las propiedades y reactividad de los compuestos orgánicos.

### **Anexo 3.** Transcripción del video sobre la composición química de la gasolina

#### **Composición molecular de la gasolina**

A pesar de que es probable que veas vehículos que funcionan con gasolina todos los días, ¿rara vez miras la gasolina en sí misma! A simple vista, la gasolina es un líquido de color marrón amarillento y que parece poco interesante. Sin embargo, a nivel molecular, la gasolina está compuesta por un rango sorprendente de diferentes moléculas, la mayoría de ellas hidrocarburos.

Algunos de los hidrocarburos en la gasolina son pequeños y contienen solo cuatro átomos de carbono, mientras que otros son mucho más grandes y tienen hasta doce carbonos. Algunos hidrocarburos forman líneas rectas, mientras que otros tienen una estructura ramificada; algunos solo tienen enlaces simples, mientras que otros tienen enlaces dobles; y otros contienen anillos. Mientras que los diferentes hidrocarburos en la gasolina a menudo tienen propiedades muy diferentes, como el punto de fusión y el punto de ebullición, todos producen energía cuando se queman en un motor.

Como muestra el ejemplo de la gasolina, los hidrocarburos vienen en muchas formas diferentes. Pueden diferir en longitud, estar ramificados o no, acomodarse en formas lineales o de anillos (o ambas), e incluir varias combinaciones de enlaces carbono-carbono simples, dobles y triples. Incluso si dos hidrocarburos tienen la misma fórmula molecular, sus átomos pueden estar conectados u orientados de diferentes maneras, lo que los convierte en isómeros uno del otro.

Cada una de estas características estructurales puede influir en la forma tridimensional, o geometría molecular, de una molécula de hidrocarburo. En el contexto de las grandes moléculas biológicas (como el ADN, las proteínas y los carbohidratos) las diferencias estructurales en el esqueleto del carbono a menudo afectan la forma en que funciona la molécula.

Los componentes mayoritarios de la gasolina se pueden agrupar en

- n-Alcanos, cadenas de carbono lineales saturadas. En el caso de la gasolina, pueden tener de 4 a 13 carbonos y corresponden a un 18% de su composición
- Alcanos de cadena ramificada que pueden tener entre 4 a 13 carbonos y representan un 32%
- Cicloalcanos de 6 a 8 carbonos con un aproximado de un 5%
- Olefinas con cadenas de 6 átomos de carbono. Representan un 2% del total
- Aromáticos: benceno, tolueno, xilenos, etilbenceno. Corresponden a un 30% de su composición.

- Y otros posibles componentes pueden ser: MTBE, alcohol terc-butílico, etanol, metanol, fenoles, aminas, alcohol isopropílico, alcoholes de cadena larga, ácidos carboxílicos de cadena larga, entre otros.

Enlaces para ampliar la información:

[Estructuras e isómeros de hidrocarburos \(artículo\) | Khan Academy](#)

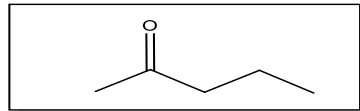
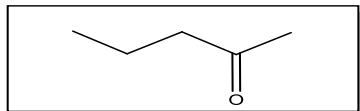
[¿Qué es la gasolina?](#)

#### Anexo 4. Ejercicios de isomería constitucional

1. Establezca la fórmula semidesarrollada de cinco isómeros de cadena con fórmula molecular  $C_6H_{14}$ .
2. Proponga las fórmulas desarrolladas de los compuestos que concuerden con las siguientes descripciones:
  - a. Dos isómeros de posición con la fórmula molecular  $C_6H_{14}O$
  - b. Dos isómeros de función con fórmula molecular  $C_5H_{10}O_2$
  - c. Dos isómeros de posición con fórmula molecular  $C_6H_{12}$
  - d. Dos isómeros de cadena de ácidos carboxílicos con fórmula molecular  $C_4H_8O_2$
3. Determinar los posibles isómeros que hay con las siguientes descripciones:
  - a. Alcoholes con la fórmula molecular  $C_4H_{10}O$
  - b. Bromoalcanos con la fórmula molecular  $C_5H_{11}Br$
  - c. Aminas con fórmula molecular  $C_6H_{15}N$

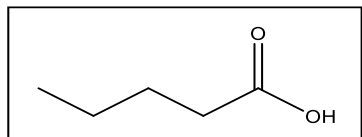
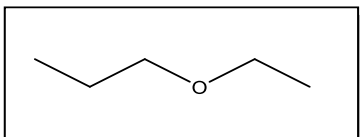
4. De las siguientes parejas de compuestos determine si son isómeros y en caso de serlo, determine el tipo de isomería presente:

a.



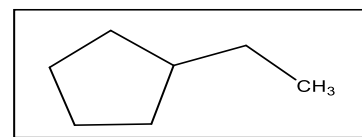
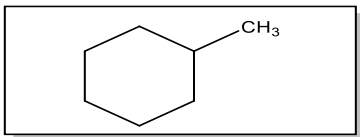
Presentan isomería: SI\_\_ No\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

b.



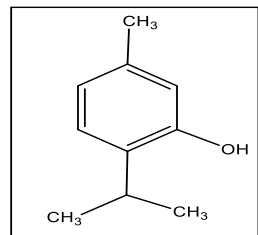
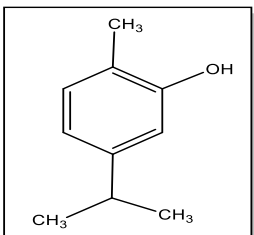
Presentan isomería: SI\_\_ No\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

c.



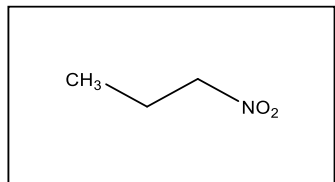
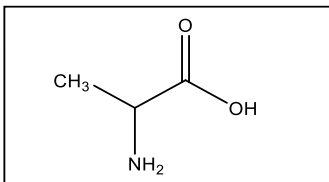
Presentan isomería: SI\_\_ No\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

d.



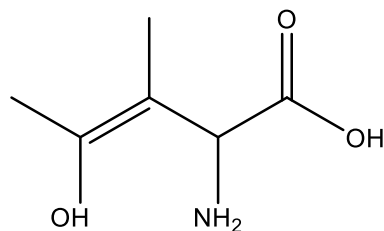
Presentan isomería: SI\_\_ No\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

e.

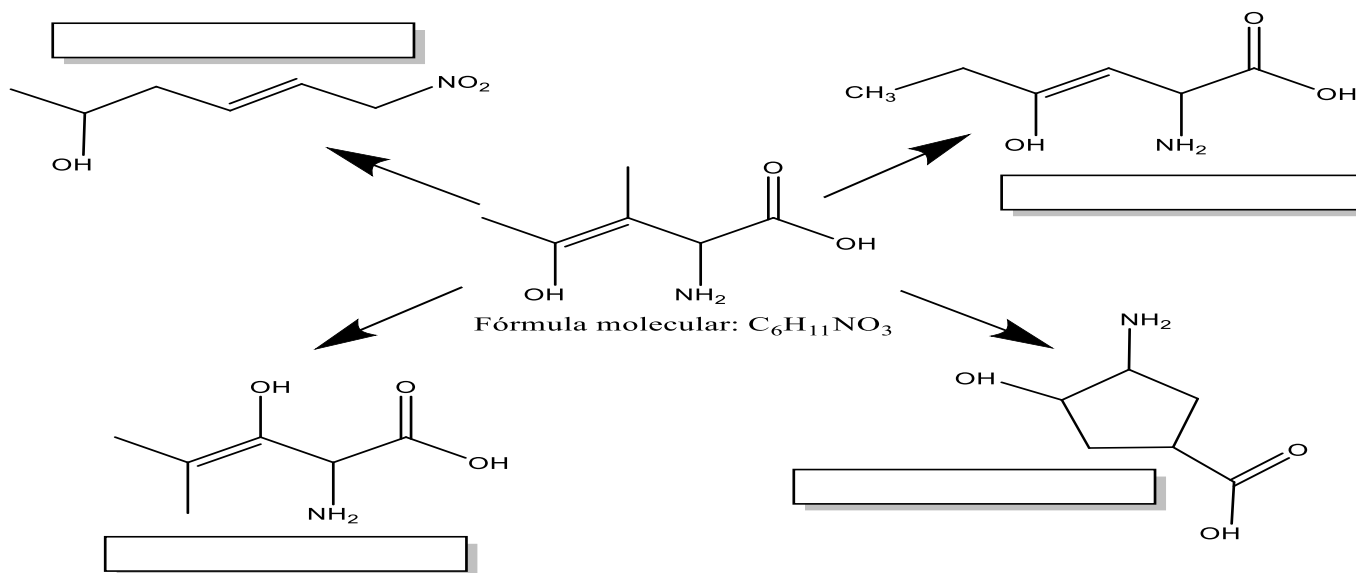


Presentan isomería: SI\_\_ No\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_

5. El siguiente compuesto es el ácido 2-amino-4-hidroxi-3-metil-3-enoico:



A continuación, se presentan algunos de sus isómeros de los cuales se debe establecer el correspondiente tipo de isomería:



**Anexo 5.** Cuadro comparativo de isómeros Cis y Trans

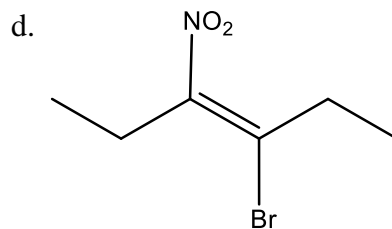
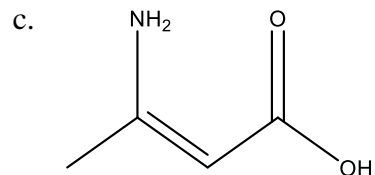
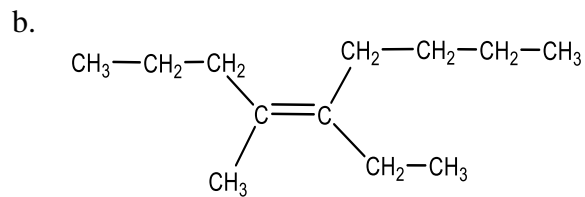
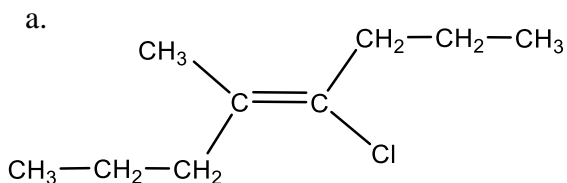
Característica	Ácidos Grasos Cis	Ácidos Grasos Trans
Configuración del doble enlace		
Curvatura de la cadena		
Estado físico a temperatura ambiente		
Puntos de fusión y puntos de ebullición		
Fuentes comunes		
Impacto en la salud		
Ejemplos		

**Anexo 6.** Ejercicios de diastereoisómeros (isómeros geométricos y epímeros)

1. Establezca la pareja de isómeros Cis y Trans en fórmula de líneas y ángulos de los siguientes compuestos:

- a. 2-bromo-3-cloropent-2-eno
- b. 2,3-dinitropent-2-eno
- c. 1,3-dimetilciclopentano

2. Establecer la nomenclatura de los siguientes compuestos en nomenclatura Z/E:



3. Determinar si cada uno de los siguientes pares de compuestos son Epímeros. En caso de serlo, señalar el carbono asimétrico en el cual difieren en sus proyecciones de Fischer (evidenciar las estructuras de cada uno a través de la aplicación móvil IsomeRA)

- a. D-glucosa y D-alosa

- b. D-glucosa y D-galactosa
- c. L-lisoxa y L-Ribosa
- d. D-alosa y D-galactosa
- e. D-ribosa y D-arabinosa
- f. D-ribulosa y L-Ribulosa

4. Los ácidos maleico y fumárico son dos isómeros geométricos que difieren en la disposición espacial de los grupos funcionales alrededor del enlace doble en la cadena de carbonos y por lo tanto, también en sus propiedades físicas y químicas, como se puede evidenciar en el siguiente cuadro comparativo:

PROPIEDAD	ÁCIDO MALEICO	ÁCIDO FUMÁRICO
Configuración (Cis/Trans)	Cis	Trans
Punto de fusión	131°C	287°C
Punto de ebullición	135°C	290°C
Solubilidad en agua	Soluble	Insoluble
Densidad	1,59 g/cm <sup>3</sup>	1,63 g/cm <sup>3</sup>
Reactividad química	Más reactivo	Menos reactivo
Estabilidad	Menos estable	Más estable

Con base en las propiedades evidenciadas en el cuadro, explicar la relación entre la estructura y las propiedades de cada ácido.



## **Anexo 7.** El enantiómero héroe, antivillano y villano

### **EL ENANTIÓMERO HÉROE, ANTIVILLANO Y VILLANO**

Imagina que tienes dos guantes, uno para la mano derecha y otro para la mano izquierda. A simple vista, pueden parecer muy similares en forma y tamaño, pero si intentas poner el guante derecho en tu mano izquierda o viceversa, notarás que no encajan correctamente. Cada guante está diseñado específicamente para una mano en particular.

De manera similar, en química, existen ciertas parejas de compuestos conocidos como enantiómeros o moléculas quirales, en las cuales una es la imagen especular de la otra y sin embargo, no son superponibles. Como resultado, estas moléculas pueden exhibir propiedades y comportamientos distintos, a pesar de su igualdad en términos de átomos y enlaces químicos.

Una versión de la molécula puede ser activa biológicamente, mientras que la imagen especular puede ser inactiva o tener un efecto completamente diferente en un organismo. Debido a esto, en la mayoría de las situaciones existe cierto tipo de preferencia por una forma enantiomérica específica. Por ejemplo, las proteínas de los seres vivos están constituidas de forma exclusiva por la forma enantiómera denominada L de sus aminoácidos, mientras que los hidratos de carbono están formados por secuencias de azúcar exclusivamente en la forma enantiómera denominada D, de la misma manera también se han observado formas enantiómeras en las moléculas de ADN y ARN.

En química farmacéutica, se pueden evidenciar diferentes tipos de situaciones en función de los efectos producidos por un fármaco quiral en el organismo. Existen fármacos quirales en los cuales cada una de sus formas enantiómeras puede provocar efectos opuestos en el organismo, en otros casos el efecto es similar pero un enantiómero es más activo que otro, en algunos casos un enantiómero es activo y el otro inactivo y también puede ocurrir que un enantiómero tenga un efecto beneficioso mientras que el otro sea nocivo.

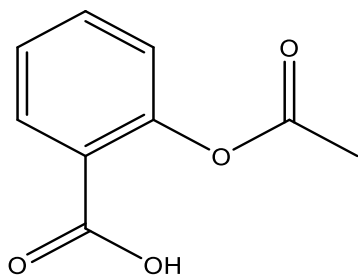
Pero miremos ahora más de cerca la historia de tres enantiómeros: el enantiómero héroe, el antivillano y el villano.

## Anexo 8. Ejercicios de enantiómeros

1. Identifique y señale las moléculas siguientes como quirales o aquirales, y localice todos los centros quirales mediante un asterisco:

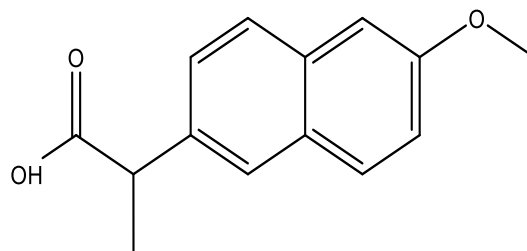
**Nota:** Recuerde que los átomos de hidrógeno unidos al carbono generalmente no se dibujan en la convención de estructura de líneas y ángulos.

a.



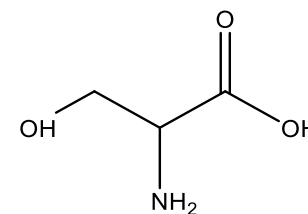
Ácido 2-acetoxibenzoico (Aspirina)

b.



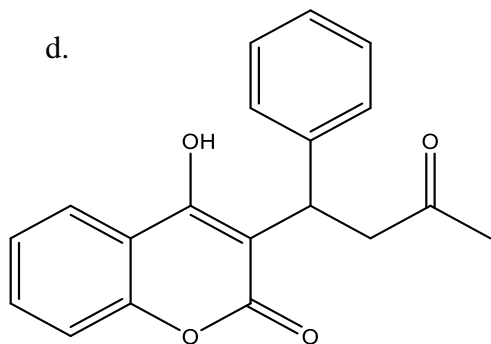
Ácido 2-(6-metoxinaftalen-2-il)propanoico (Naproxeno)

c.



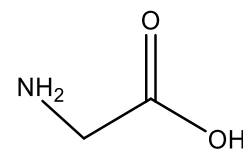
Ácido 2-Amino-3-hidroxi-propanoico (Serina)

d.



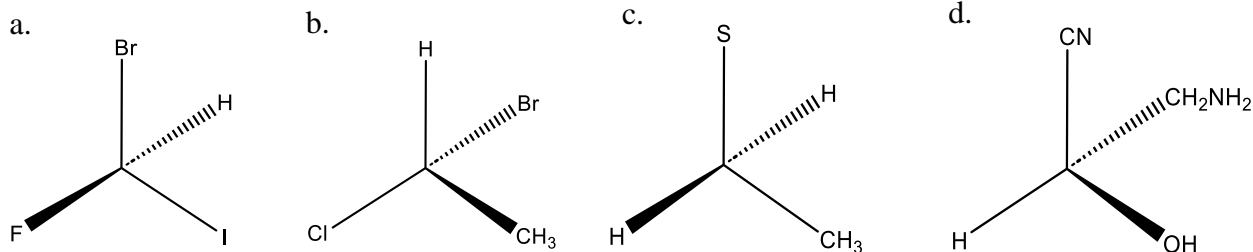
4-hidroxi-3-(3-oxo-1-fenilbutil)-2H-cromen-2-ona (Warfarina)

e.



Ácido 2-aminoetanoico (Glicina)

2. Asignar la configuración R o S a cada carbono asimétrico de las moléculas indicadas. Representar en proyección de Fischer los compuestos a y d:



3. Representar por medio de fórmula de líneas y cuñas los enantiómeros R y S del 2-bromobutan-2-ol.

4. Escanear con la aplicación móvil IsomeRA los siguientes marcadores de monosacáridos, representarlos por medio de la proyección de Fischer y establecer si cada uno es D o L:

- a. Arabinosa
- b. Sorbosa
- c. Ribosa
- d. Manosa

5. Establecer la proyección de Fischer del enantiómero del compuesto C.

### Anexo 9. Ejercicios de isomería configuracional

1. Representar por medio de proyecciones de Newman y proyecciones de caballete los siguientes compuestos en conformación gauche, anti y eclipsada.

- a. 1,2-dicloroetano ( $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ )

b. 1,2-butanodiol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ )

c. 2-cloroetilamina ( $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ )

Conformación	1,2-dicloroetano		1,2-butanodiol		2-cloroetilamina	
	P. Newman	P. Caballete	P. Newman	P. Caballete	P. Newman	P. Caballete
Gauche						
Anti						
Eclipsada						

2. Utilice las proyecciones de Newman, alrededor del carbono indicado, para representar al conformero más estable de cada compuesto.

a) 3-metilpentano alrededor del enlace C2-C3

b) 3,3-dimetilhexano alrededor del enlace C3-C4

3. Realice el análisis conformacional del 2-metilpropano, mientras gira alrededor del enlace formado entre el C1 y el C2, y realice el correspondiente diagrama de energía potencial que incluya las diferentes conformaciones.

## Apéndice E

### PRUEBA FINAL DE COMPETENCIA VISOESPACIAL E ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS – PRIMERA PARTE

#### Objetivo:

- Caracterizar el grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería en compuestos orgánicos de los estudiantes de pregrado en Licenciatura en Química en el espacio de sistemas orgánicos de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

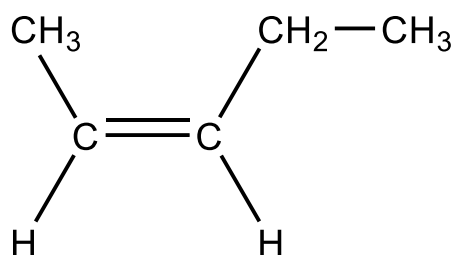
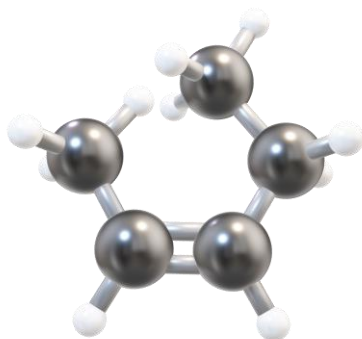
Nombre completo: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Género con el cual se identifica: \_\_\_\_\_

Semestre que cursa con la mayor cantidad de espacios académicos: \_\_\_\_\_

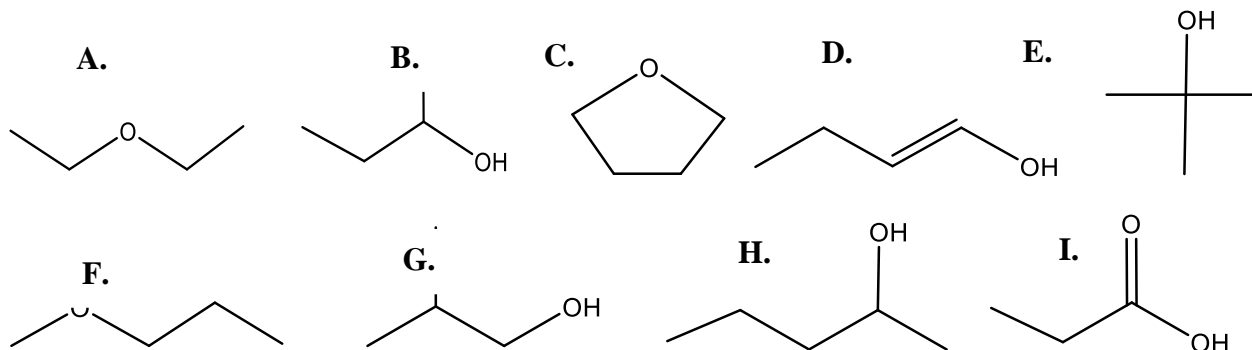
1. Establezca las fórmulas semidesarrolladas de cinco posibles isómeros que puede tener el Z-2-penteno

Código de color	
Carbono	Hidrógeno



Empty dashed box for drawing the five possible isomers of Z-2-pentene.

2. De los siguientes compuestos en fórmula de líneas y ángulos, marque con una X en el recuadro de la parte inferior aquellos que sean isómeros del 2-butanol:



Isómeros del 2-butanol:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
---	---	---	---	---	---	---	---	---

3. Dibuje la fórmula desarrollada, semidesarrollada, fórmula de líneas y ángulos del 2-clorobutan-1-amina (2-cloro-1-butanamina) en los recuadros correspondientes.

Fórmula Química	Dibujo
Fórmula desarrollada	
Fórmula semidesarrollada	
Fórmula de líneas y ángulos	

4. Establezca las diferentes representaciones del isómero **R** del 2-bromobutano utilizando las siguientes fórmulas estructurales: Proyección de cuñas y líneas, y Proyección de Fischer. Luego, empleando la caja de modelos moleculares, construya su estructura tridimensional en fórmula de barras y esferas.

Proyección de cuñas y líneas	Proyección de Fischer
<b>Fórmula de barras y esferas</b> <b>(Tomar fotografía y colocarla en el recuadro)</b>	

5. Establezca la proyección de Newman y proyección de caballete para representar el 1,2-dicloroetano (conformación anti)

Proyección de Newman	Proyección de Fischer

## Apéndice F

### PRUEBA FINAL DE COMPETENCIA VISOESPACIAL E ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS – PRIMERA PARTE

#### SEGUNDA PARTE

Estimado/a estudiante,

El presente instrumento tiene como objetivo principal caracterizar el grado de desarrollo de la competencia visoespacial y comprensión de la isomería en compuestos orgánicos.


Sus respuestas serán anónimas y confidenciales, y los resultados obtenidos permitirán obtener información valiosa para mejorar los métodos de enseñanza y aprendizaje de la isomería orgánica.

Lea las instrucciones cuidadosamente, ya que existen preguntas en las que sólo se puede responder a una opción; otras son de varias opciones y también se incluyen preguntas abiertas.

Agradezco de antemano su participación en este proyecto de investigación.

**Nombre completo:** \_\_\_\_\_

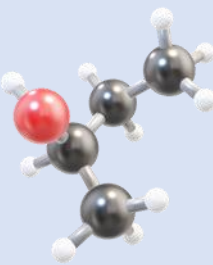
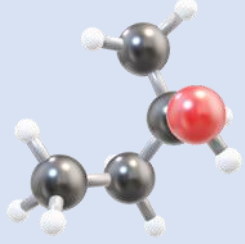


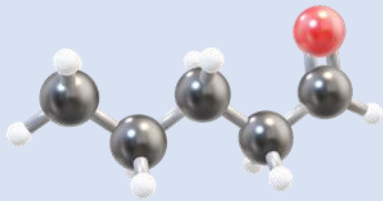
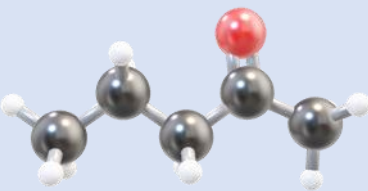
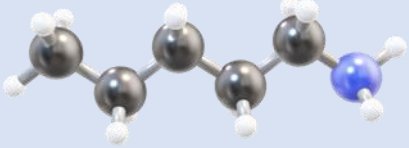
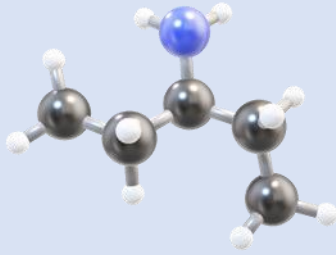
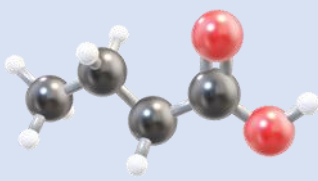
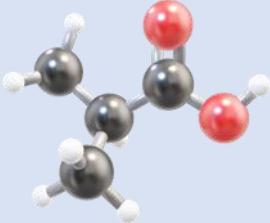
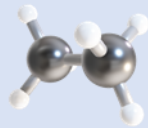
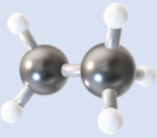
**Edad:** \_\_\_\_\_ **Género:** \_\_\_\_\_ **Semestre:** \_\_\_\_\_

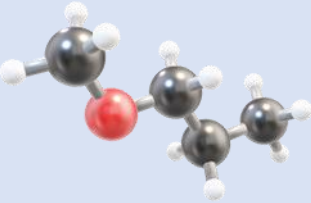
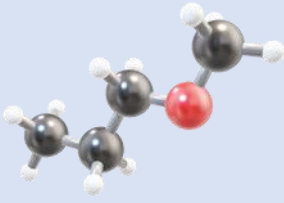
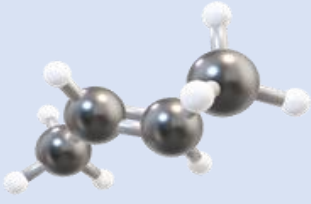
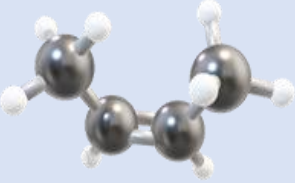
1. Observe los siguientes compuestos orgánicos en fórmula de barras y esferas e identifique la presencia y el tipo isomería, teniendo en cuenta el código de color dispuesto.
- Puede rotar la molécula seleccionándola y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar (  )

Código de color – Fórmula de barras y esferas						
Carbono	Hidrógeno	Bromo	Cloro	Flúor	Oxígeno	Nitrógeno


Compuesto A	Compuesto B	Isómeros (Sí/No)	Tipo de isomería
-------------	-------------	------------------	------------------



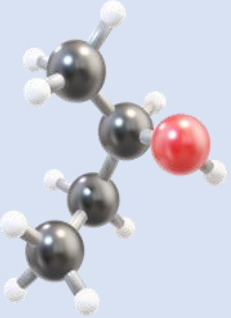
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.

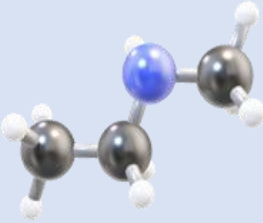
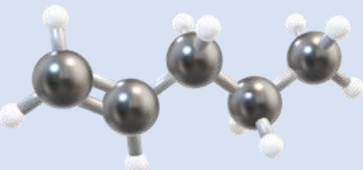
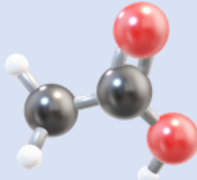
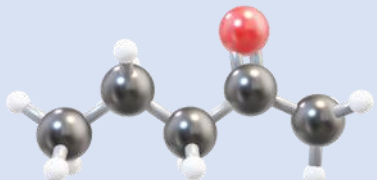
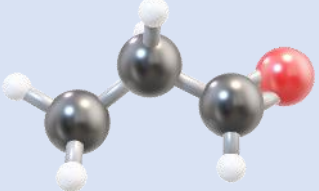
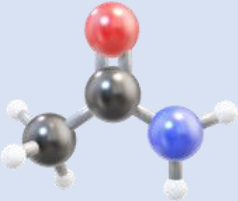
		Elija un elemento.	Elija un elemento.
		Elija un elemento.	Elija un elemento.

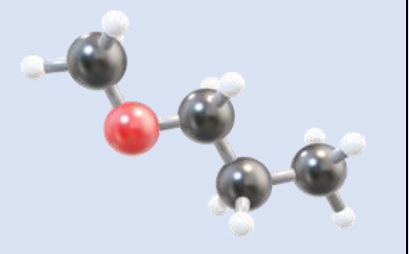
2. Teniendo en cuenta la fórmula semidesarrollada y fórmula de barras y esferas de los compuestos orgánicos que aparecen en la siguiente tabla, identifique la función química a la que pertenecen.

Puede rotar la molécula seleccionándola y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar (  )

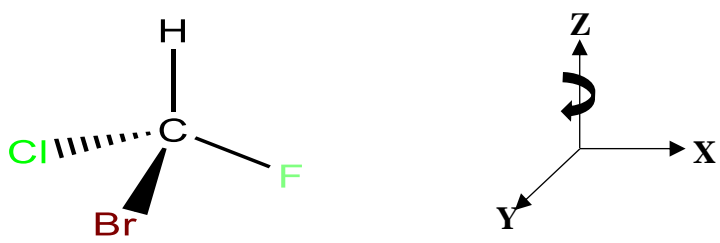
Código de color						
Carbono	Hidrógeno	Bromo	Cloro	Flúor	Oxígeno	Nitrógeno

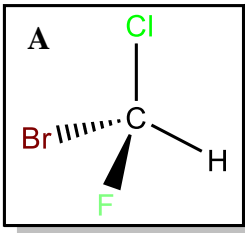
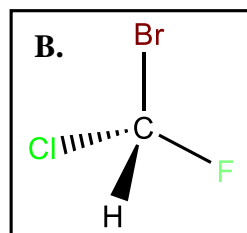
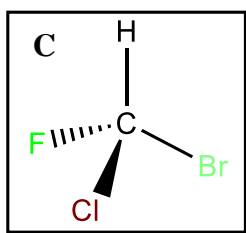
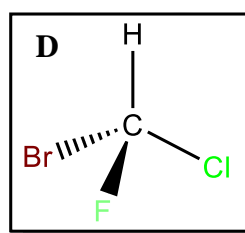
Fórmula semidesarrollada	Fórmula estructural (barras y esferas)	Función Química
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$		Elija un elemento.

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$		<p>Elija un elemento.</p>
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_2}$		<p>Elija un elemento.</p>
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$		<p>Elija un elemento.</p>
$\text{H}_3\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$		<p>Elija un elemento.</p>
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$		<p>Elija un elemento.</p>
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$		<p>Elija un elemento.</p>

$\text{H}_3\text{C}-\text{O}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$		Elija un elemento.
---	--	--------------------

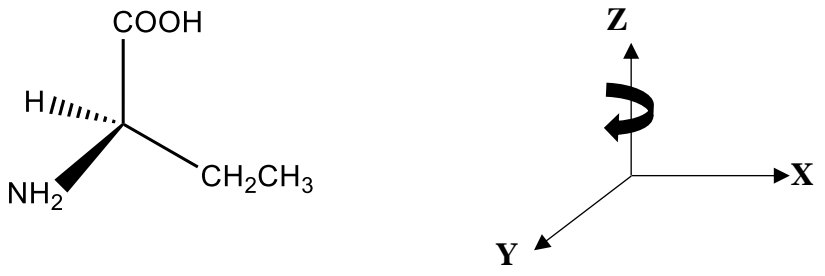
3. Observe la representación espacial de la siguiente molécula y seleccione cuál de las proyecciones representa mejor la vista cuando esta se ha girado 120° en el eje z.

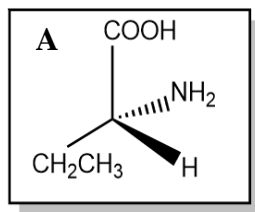
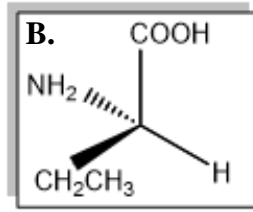
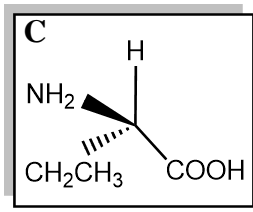
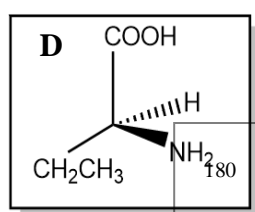


<b>A</b> 	<b>B.</b> 	<b>C</b> 	<b>D</b> 
---	--	--	---

**Molécula resultante:** Elija un elemento.

4. Si se realiza una rotación de 180° en el eje Z en la molécula proporcionada. Determine cuál es la estructura resultante y si está es diferente o idéntica a la molécula inicial.

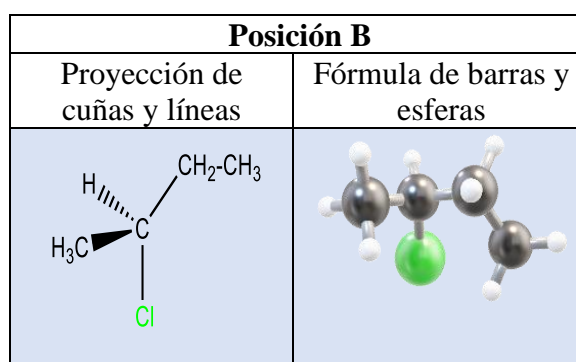
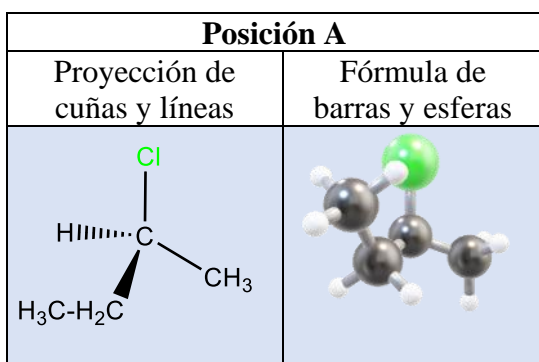
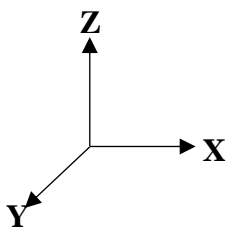


<b>A</b> 	<b>B.</b> 	<b>C</b> 	<b>D</b> 
---	--	--	---

**Molécula resultante:** Elija un elemento.

**¿Es idéntica a la estructura inicial?** Elija un elemento.

5. ¿Qué rotaciones son necesarias para llevar la molécula del (S)-2-clorobutano desde la posición A hasta la posición B?

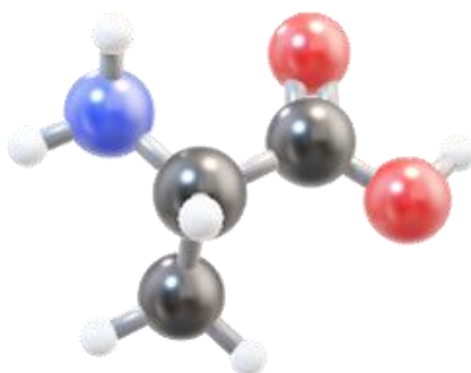


**Rotaciones:** Elija un elemento.

6. A partir de la molécula de la L-Alanina en fórmula de barras y esferas (bolas y varillas), identifique sus correspondientes representaciones (fórmula semidesarrollada, fórmula de líneas y ángulos, Proyección de cuñas y líneas, y Proyección de Fischer).


- Puede rotar la molécula seleccionándola y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar ( )

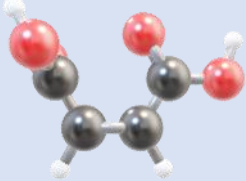
Código de color -Fórmula de barras y esferas			
Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno



Fórmula química	Opción uno	Opción dos	Opción tres	Opción correcta
<b>A. Semidesarrollada</b>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	Elija un elemento.
<b>B. Fórmula de líneas y ángulos</b>				Elija un elemento.
<b>C. Proyección de cuñas y líneas</b>				Elija un elemento.
<b>D. Proyección de Fischer</b>	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Elija un elemento.

7. A continuación se presentan dos isómeros que presentan fórmula molecular  $C_4H_4O_4$ , junto con sus fórmulas de barras y esferas, y algunas de sus propiedades físicas y químicas.

- Puede rotar las moléculas seleccionándolas y manteniendo el clic izquierdo del ratón/touchpad sobre el icono de rotar (  )

PROPIEDAD	ISOMERO A (ÁCIDO MALEICO)	ISÓMERO B (ÁCIDO FUMÁRICO)
		
Configuración (Cis/Trans)	Cis	Trans
Punto de fusión	131°C	287°C
Punto de ebullición	135°C	290°C
Solubilidad en agua	Soluble	Insoluble
Densidad	1,59 g/cm <sup>3</sup>	1,63 g/cm <sup>3</sup>
Reactividad química	Más reactivo	Menos reactivo
Estabilidad	Menos estable	Más estable

Con base en la información de la tabla responder:

A. ¿Por qué el isómero B tiene un punto de fusión y ebullición más alto que el isómero A?

B. ¿Por qué el isómero B es insoluble en agua, mientras el isómero A es soluble?

C. ¿Cómo se podría explicar la mayor reactividad del isómero A en comparación con el isómero B?

## Apéndice G

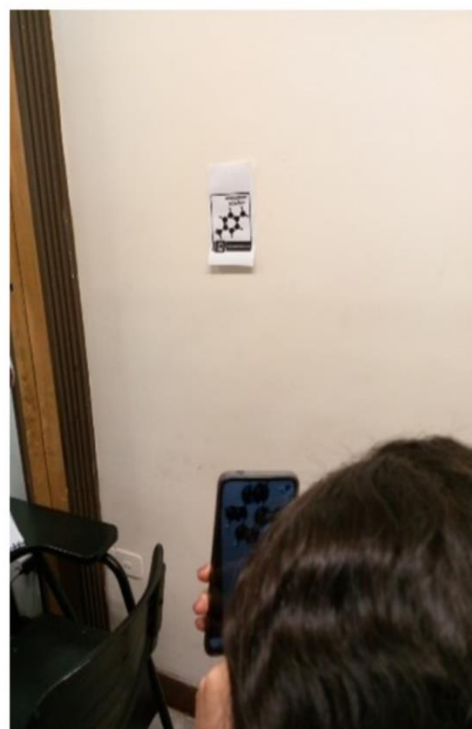
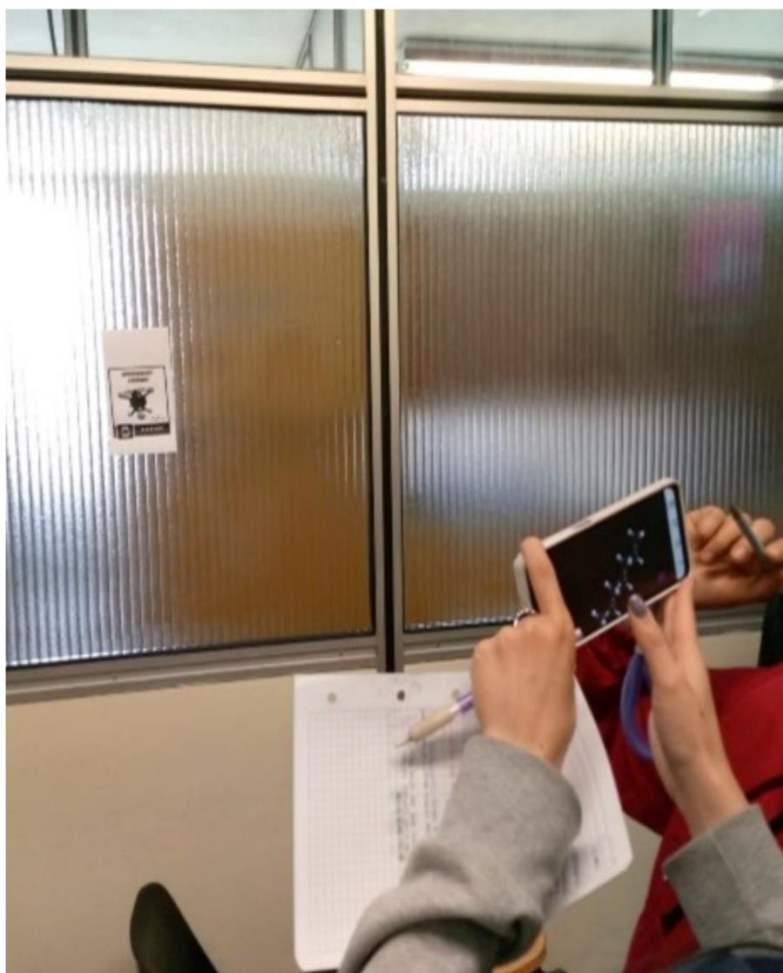
### REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

#### Etapa 1. Introducción a la Isomería Orgánica

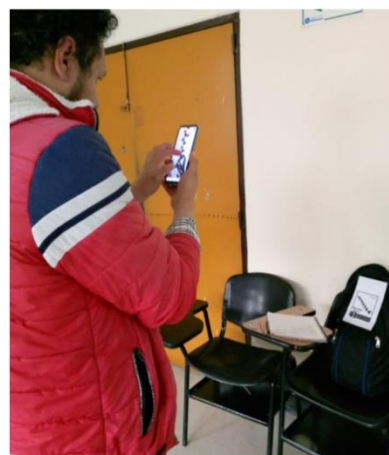




## Etapa 2. La Química se la Gasolina: El Estudio de los Isómeros Constitucionales



### Etapa 3. Hábitos Alimenticios Saludables: El Estudio de los Diastereoisómeros



#### Etapa 4. Héroes, Antivillanos y Villanos: El Estudio de los Enantiómeros

absoluta

fluorometano

(S)-bromoclorofluorometano

17 Chlorine

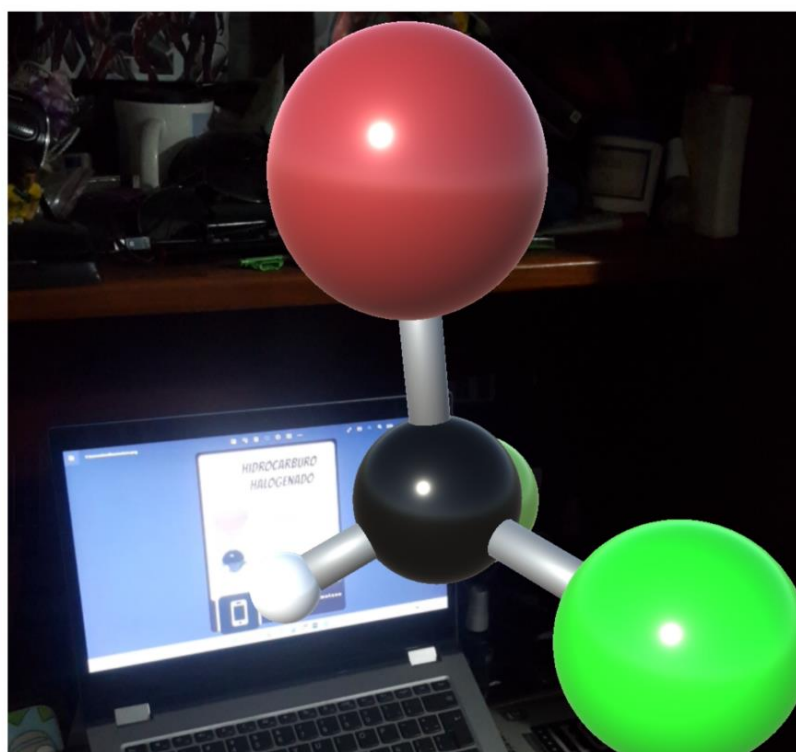


EL ENANTIÓMERO HÉROE, ANTIHÉROE Y VILLANO

HÉROE ANTIHÉROE VILLANO

S-Levodopa

Medicamento empleado en el tratamiento del Parkinson, ya que es un precursor de la dopamina



## Etapa 5. La Danza de las Moléculas: El Estudio de la Isomería Conformacional

