



RELACIONES EXISTENTES ENTRE LOS NIVELES DE ARGUMENTACIÓN Y LOS
CAMBIOS EN LOS MODELOS EXPLICATIVOS QUE PRESENTAN LOS
ESTUDIANTES AL INFERIR EL COMPORTAMIENTO REACTIVO DE LOS
ALQUENOS

ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2018

RELACIONES EXISTENTES ENTRE LOS NIVELES DE ARGUMENTACIÓN Y LOS
CAMBIOS EN LOS MODELOS EXPLICATIVOS QUE PRESENTAN LOS
ESTUDIANTES AL INFERIR EL COMPORTAMIENTO REACTIVO DE LOS
ALQUENOS

ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias

Tutor

WILMAN RICARDO HENAO GIRALDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2018

DEDICATORIA

Tú, el amor más grande que Dios me regaló, mi motor de vida, quien cuida mis días, me acoge entre sus brazos cuando me siento sin fuerzas y quien comparte mis alegrías con el amor más sincero. Por ti y para ti madre, te amo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por llevarme siempre de su mano y bajo las sombras de sus alas, por permitirme recibir de sus bendiciones y levantarme cuando he tropezado o caído frente a las circunstancias de la vida.

A mi madre, hermana y sobrinos quienes incondicionalmente, sin cuestionarme y con su amor han apoyado todo proyecto que he emprendido en mi vida.

A mi director de tesis, el Doctor Wilman Ricardo Henao Giraldo por su mano amiga, su dedicación, paciencia y gesto amable recibido en cada asesoría, que permitieron finalizar satisfactoriamente este proyecto.

A mi gran amiga y consejera, Esp. Amanda Anturi Núñez por tantos años de verdadera amistad, quien con su apoyo, acompañamiento, asesorías y su buen ejemplo como maestra me ha permitido crecer en el quehacer docente.

A la Universidad Autónoma de Manizales, al programa de Maestría en enseñanza de las ciencias y su cuerpo docente, por brindar una formación de calidad para mi desarrollo, trabajo pedagógico y crecimiento personal como docente del área de ciencias naturales – química.

RESUMEN

En este trabajo se presenta la relación existente entre la movilización de los modelos explicativos y el desarrollo de los niveles de argumentación en educandos que estudiaron inferencialmente el comportamiento reactivo de los alquenos mediado por la implementación de una unidad didáctica. Los resultados demuestran el diseño e implementación simultánea de varios tipos de modelos explicativos a la hora de resolver la situación problemática. Sin embargo, la consolidación de modelos explicativos icónicos modales posibilitó la movilización desde una visión macroscópica a una perspectiva submicroscópica del cambio químico de los alquenos, favoreciendo los razonamientos inferenciales que justificaran de manera óptima las fases reactivas para un mecanismo de adición electrofílica. Así mismo, la experiencia mostró que las estructuras argumentativas avanzaron de un nivel medio (3) a un superior (5) dando cuenta del desarrollo en la comprensión y evolución conceptual, así como en las habilidades de interpretación, abstracción, generalización y predicción. Finalmente, el dato T de la prueba de Wilcoxon señala diferencias significativas para las dos categorías de investigación, entre los momentos de intervención didáctica, por tanto, se concluye que los cambios progresivos en los modelos explicativos tuvieron efectos positivos en el desarrollo de los niveles de argumentación en los estudiantes.

Palabras clave: argumentación, modelos explicativos, alquenos, prueba de Wilcoxon.

ABSTRACT

This paper presents the relationship between the mobilization of explanatory models and the development of argumentation levels in students who inferentially studied the reactive behavior of the alkenes mediated by the implementation of a didactic unit. The results show the design and simultaneous implementation of several types of explanatory models when solving the problem situation. However, the consolidation of modal iconic explanatory models allowed the mobilization from a macroscopic view to a submicroscopic perspective of the chemical change of the alkenes, favoring the inferential reasoning that would optimally justify the reactive phases for an electrophilic addition mechanism. Likewise, the experience showed that the argumentative structures advanced from a medium level (3) to a superior (5), accounting for the development in conceptual understanding and evolution, as well as in the skills of interpretation, abstraction, generalization and prediction. Finally, the T data of the Wilconxon test indicates significant differences for the two research categories, between the moments of didactic intervention, therefore, it is concluded that the progressive changes in the explanatory models had positive effects in the development of the levels of argumentation in the students.

Keywords: argumentation, explanatory models, alkenes, Wilconxon test.

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN.....	13
2. ANTECEDENTES.....	15
2.1. NIVELES DE ARGUMENTACIÓN	15
2.1.1. La competencia argumentativa en el aprendizaje de la química.	15
2.1.2. El aprendizaje argumentativo de la química desde el uso del lenguaje simbólico.....	19
2.2. MODELOS EXPLICATIVOS	21
2.2.1. Niveles de representación en química.	21
2.2.2. Los modelos explicativos en la enseñanza y aprendizaje de la química.	23
2.3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REACTIVO DE LOS ALQUENOS	25
3. ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	27
4. JUSTIFICACIÓN.....	30
5. REFERENTE TEÓRICO.....	32
5.1. NIVELES DE ARGUMENTACIÓN	32
5.2. MODELOS EXPLICATIVOS	35
5.2.1. Niveles de representación en química.	35
5.2.2. Los modelos explicativos, sus características y aportes.	36

5.2.3.	Los modelos explicativos en química.....	38
5.3.	LOS ALQUENOS: UNA FUNCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS INSATURADOS	42
5.3.1.	Naturaleza de los compuestos orgánicos.....	42
5.3.2.	Estructura y Organización del grupo funcional alqueno (>C=C<).	43
5.3.3.	La Regla de Markovnikov y la Hidrohalogenación de Alquenos.	46
5.3.4.	Adición electrofílica: mecanismo.....	47
5.3.5.	Los alquenos en la vida cotidiana.....	49
6.	OBJETIVOS.....	51
6.1.	GENERAL.....	51
6.2.	ESPECÍFICOS.....	51
7.	METODOLOGÍA	52
7.1.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	52
7.2.	DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO	52
7.3.	UNIDAD DE TRABAJO	53
7.4.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	53
7.5.	UNIDAD DE ANÁLISIS	57

7.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	59
8.	RESULTADOS.....	63
8.1.	MOMENTO DE UBICACIÓN	63
8.2.	MOMENTO DE DESUBICACIÓN.....	70
8.3.	MOMENTO DE REENFOQUE.....	75
9.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
9.1.	NIVELES DE ARGUMENTACIÓN EN LA INFERENCIA DE LA REACTIVIDAD DE UN ALQUENO.....	80
9.2.	MODELOS EXPLICATIVOS EN LA INFERENCIA DE LA REACTIVIDAD DE UN ALQUENO	87
9.3.	RELACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS MODELOS EXPLICATIVOS Y EL DESARROLLO DE LOS NIVELES DE ARGUMENTACIÓN EN EL ESTUDIO INFERENCIAL DE LA REACTIVIDAD DE UN ALQUENO.....	94
10.	CONCLUSIONES.....	102
11.	RECOMENDACIONES	104
12.	REFERENCIAS	106
13.	ANEXOS.....	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles y categorías de análisis de la argumentación	34
Tabla 2. Categorías de análisis de los modelos explicativos.....	38
Tabla 3. Niveles de progresión de los modelos explicativos.....	41
Tabla 4. Protocolo metodológico de la aplicación de la Unidad Didáctica, UD.....	55
Tabla 5. Categorías de investigación.....	58
Tabla 6. Instrumentos para la recolección de información.....	59
Tabla 7. Distribución de los niveles de argumentación, momento de ubicación	63
Tabla 8. Distribución de los niveles para los modelos explicativos, momento de ubicación	64
Tabla 9. Resultados encuesta KPSI Parte A, momento de ubicación.....	67
Tabla 10. Resultados encuesta KPSI Parte B, momento de ubicación.....	68
Tabla 11. Resultados encuesta de intereses para el estudio de reacciones en alquenos	69
Tabla 12. Distribución de los niveles de argumentación, momento de desubicación	71
Tabla 13. Distribución de los niveles para los modelos explicativos, momento de desubicación	71
Tabla 14. Distribución de los niveles de argumentación, momento de reenfoque.....	75
Tabla 15. Distribución de los niveles para los modelos explicativos, momento de reenfoque	76
Tabla 16. Distribución de frecuencias para los niveles de argumentación, momentos ubicación y reenfoque.	80
Tabla 17. Ejemplos de argumentación, Parte B (Anexo D), momento reenfoque	83
Tabla 18. Distribución de frecuencias para los modelos explicativos, momentos ubicación y reenfoque.....	88
Tabla 19. Movilización en los modelos explicativos, momentos ubicación y reenfoque	91
Tabla 20. Descripción del uso de modelos explicativos en la resolución de una respuesta argumentada.....	95
Tabla 21. Resultados prueba de Wilconxon para el cambio en los niveles de argumentación, momentos de ubicación y reenfoque.....	100
Tabla 22. Resultados prueba de Wilconxon para el cambio en los niveles de los modelos explicativos, momentos ubicación y reenfoque.	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de fragmentos de información categorizados según los modelos explicativos.....	40
Figura 2. Hibridación sp^2 en los átomos de carbono.....	44
Figura 3. Solapamiento de orbitales en la formación del doble enlace C-C	44
Figura 4. Organización estructural de los isómeros geométricos Cis – Trans en alquenos ..	45
Figura 5. Reacción general de adición en un alqueno	46
Figura 6. Ejemplos de adición acordes a la regla de Markovnikov.....	47
Figura 7. Mecanismo de reacción de adición electrofílica en alquenos	48
Figura 8. Conformación del estado de transición en la adición electrofílica a un alqueno ..	49
Figura 9. Alquenos de amplio uso industrial y en la vida cotidiana.....	50
Figura 10. Fases de diseño y aplicación de la Unidad Didáctica, UD.....	54

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Unidad Didáctica.....	113
Anexo B.....	119
Anexo C.....	123
Anexo D.....	125
Anexo E.....	128
Anexo F.....	130
Anexo G.....	132
Anexo H.....	139
Anexo I.....	141
Anexo J.....	142
Anexo K.....	143

1. PRESENTACIÓN

Este trabajo buscó identificar la relación existente entre la movilización de los modelos explicativos y el desarrollo de los niveles de argumentación en los estudiantes de grado undécimo de la I.E.M. Ciudad de Pasto que estudiaron inferencialmente el comportamiento reactivo de los alquenos.

Se realizó un estudio de corte mixto con una metodología de tipo descriptiva, mediado por la implementación de una unidad didáctica constituida por tres momentos: ubicación, desubicación y renfoque. En cada fase se analizó y clasificó las respuestas de cuatro estudiantes que participaron en el estudio cuyo objetivo fue caracterizar los niveles en las categorías de investigación: niveles de argumentación y modelos explicativos, de acuerdo a las metodologías propuestas por Tamayo (2014) y Aragón, Oliva & Navarrete (2013) respectivamente. Como instrumentos para la recolección de la información se aplicó ocho cuestionarios, cuyas situaciones problemáticas contemplaron el análisis macroscópico, microscópico y simbólico del estudio para el mecanismo de reacción de adición electrofílica en alquenos. El tratamiento de la información se hizo por medio de tablas comparativas entre los momentos 1 y 3 de intervención didáctica, y para el análisis de la información se aplicó la prueba estadística no paramétrica de pares igualados de Wilcoxon.

Los resultados encontrados demuestran el diseño e implementación simultánea de varios tipos de modelos explicativos a la hora de resolver la situación problemática. Sin embargo, cabe indicar que la consolidación de modelos explicativos icónicos modales posibilitó la movilización desde una visión macroscópica a una perspectiva submicroscópica del cambio químico de los alquenos, favoreciendo los razonamientos inferenciales que justificaran de manera óptima las fases reactivas para un mecanismo de adición electrofílica.

Así mismo, finalizada la intervención se observó que las estructuras argumentativas predominantes avanzaron de un nivel medio (3) a un nivel superior (5), donde las

conclusiones guardan consonancia con los marcos teóricos de la temática y se logran entrelazar coherentemente con las justificaciones propuestas, dando cuenta del desarrollo en la comprensión y evolución conceptual así como en las habilidades de interpretación, abstracción, generalización y predicción.

Finalmente, el dato no paramétrico T de la prueba de Wilcoxon señala diferencias significativas, para las dos categorías de investigación, entre los momentos de intervención didáctica, por cuanto el valor T mínimo es menor al valor T crítico, de manera que rechaza la hipótesis nula (no se producen cambios significativos) y se aplica en favor a la hipótesis alternativa: se concluye que los cambios progresivos en los modelos explicativos tuvieron efectos positivos en el desarrollo de los niveles de argumentación en los estudiantes que analizaron inferencialmente el comportamiento reactivo de los alquenos.

2. ANTECEDENTES

Como producto del rastreo realizado en las listas de diversas bases de datos y motores de búsqueda, es importante reconocer que a la fecha se encontró un número reducido de trabajos reportados en la literatura y fuentes bibliográficas dedicadas a tratar la competencia argumentativa y el desarrollo de modelos explicativos en la enseñanza de la reactividad propia de la química orgánica. A continuación, se presentan algunas investigaciones referidas a las categorías conceptuales de interés para el desarrollo de este trabajo.

2.1. NIVELES DE ARGUMENTACIÓN

En el presente apartado se proporciona los reportes bibliográficos que dan cuenta de los hallazgos investigativos respecto al trabajo de la argumentación y el desarrollo de los niveles de argumentación en la formación del estudiante durante la educación secundaria, en términos de la enseñanza de la química como ciencia natural.

2.1.1. La competencia argumentativa en el aprendizaje de la química.

En el marco de la política de mejoramiento de la calidad de la educación en Colombia, el Ministerio de Educación Nacional, MEN, fija su interés en los procesos educativos que tiendan hacia lo integral, reconociendo la importancia de trabajar desde las competencias para incidir en la manera cómo los estudiantes abordan, construyen y aplican el conocimiento. Dentro de ellas, el MEN define que a medida que se adquiere herramientas y experiencia, para el respectivo despliegue de las competencias, la producción argumentativa se da de manera clara y precisa.

Lo cierto es que desde los matices habituales de la educación, se evidencia que la argumentación ha sido reducida a una técnica de la didáctica de las ciencias cuando, en realidad, se trata de algo más complejo. Por tanto, es necesario estudiar y comprender las formas de argumentación de los profesores de química, pues son ellos quienes juegan un

papel determinante en el fomento de la argumentación en los estudiantes. La premisa que se defiende es que un profesor de química que aprende a argumentar enseña para que se aprenda argumentando, lo cual gesta cambios relevantes en las prácticas escolares (Archila, 2014).

En la actualidad, los profesores de ciencias naturales buscan estrategias didácticas que permitan a los estudiantes un mayor y mejor aprendizaje. Algunas de ellas tienen como objetivo promover y potenciar la argumentación científica en el aula. Si bien es cierto, que la argumentación es propia del lenguaje, los resultados de las investigaciones encontradas señalan que su desarrollo en las clases de ciencias requiere, desde la mirada de distintos autores, elementos fundamentales como: conocimiento del docente sobre el proceso histórico de la argumentación, su desarrollo e importancia en el ámbito escolar, reconocer su valor en los procesos de pensamiento y su relación con la construcción de conocimiento científico escolar y el diseño de actividades que permitan su mejora (Buitrago, Mejía y Hernández, 2013).

Conviene ahora subrayar los aportes de Geelan (2012): “los maestros utilizan diagramas y demostraciones para ilustrar sus explicaciones verbales”, así argumentar un análisis adecuado en la explicación incluye el conjunto del lenguaje “verbal+visual”. Estas explicaciones se han nutrido con el uso de analogías, animaciones y simulaciones que favorecen las situaciones dialógicas en pro de una educación científica que no se limite a un monólogo, a un discurso unívoco por parte del profesor, sino que abra la posibilidad de un diálogo, conversación o debate con los estudiantes sobre los diversos modelos e interpretaciones posibles de los fenómenos estudiados, contrastándolos entre sí, reestructurándolos y reescribiéndolos, si es posible.

De esta manera, para que las clases de ciencias sean espacios de argumentación los profesores deben convertirse en actores cruciales para implementarlas, deben orientar sus acciones para que los estudiantes construyan una visión del conocimiento científico y reconozcan que la construcción de teorías científicas fueron fundadas a partir de

argumentos (Martin y Hand, 2009, citado por Buitrago, et. al, 2013). En este sentido, hay que tener presente que la calidad de los argumentos de los estudiantes viene condicionada por la estimulación que reciben para involucrarse en una práctica de discusión reflexiva (Kuhn, 1993). De ahí que las clases de ciencias que promueven la argumentación responden a tres características: construir conocimiento; formular preguntas de manera diferente a las típicas que tienen ya una respuesta; y crear nuevos patrones de discusión (Xie y So 2012). Todo este conjunto de actividades se desarrollan para hacer más accesible y más concreto el conocimiento para el estudiante, de modo que en él se logre un desarrollo formal de un conocimiento estructurado desde la argumentación.

Para Bonan y Quintero (2011) el docente a través de lo que dice y hace en el aula debe propiciar que los estudiantes puedan realizar discusiones y expliquen sus ideas. Para ello es necesario que el maestro desarrolle sus habilidades cognitivo-lingüísticas como explicar y argumentar. Archila y Mosquera (2010) piensan que la formación inicial de profesores en ciencias debe ser tal que les permita construir herramientas sólidas de auto reflexión en su labor educativa que ayuden a plantear sus prácticas con una visión más dinámica de la enseñanza. En conclusión, el profesor debe estimular actividades como la argumentación para lograr superar las prácticas transmisoras tradicionales.

Así por ejemplo, Pérez, Gallego y Torres (2005) establecen que formular y evaluar las estrategias didácticas y pedagógicas propuestas en la asignatura de química, permite en los estudiantes transformar su competencia argumentativa en el marco de enseñar a leer, a escribir y a hablar en química, potenciando sus competencias y reduciendo significativamente el paradigma de la transmisión-repetición de los contenidos curriculares.

Es por ello que Sarda y Márquez (2009) buscan evaluar las competencias en los educandos a través del diseño de una metodología de enseñanza y aprendizaje basada en el desarrollo de las competencias comunicativas y metacognitivas, con actividades menos memorísticas. En los procesos comunicativos de hoy la relación del conocimiento con los saberes, las actitudes y aptitudes, el manejo de los lenguajes, los escenarios de la

comunicación, y las competencias argumentativas buscan, de forma novedosa, llegar a una interpretación del acto comunicativo en el aprendizaje de las ciencias (Daza et al, 2000).

Un trabajo práctico, es el desarrollado por De Longhi et al. (2012) donde se discute el rol de la comunicación en el aula de ciencias y se delimita una forma de análisis relacionada con los circuitos de interacción argumentativa, comparando la exposición abierta, el diálogo guiado y la indagación dialógica problematizadora. De éste se concluye la necesidad de incluir la problemática de la comunicación en el aula a lo largo de la práctica educativa y de los procesos de formación, ya que es ahí donde se generan situaciones y contextos deseados para la construcción compartida del conocimiento científico escolar; es una ayuda para aprender el conocimiento científico de forma argumentativa tanto en sus aspectos conceptuales como procedimentales.

En ciencias, especialmente en química, la argumentación tiene, necesariamente, un contexto experimental desde el cual se contrastan las lógicas de la interpretación y de la propuesta. Muchos autores precisan que la argumentación es esencial, en primer lugar, porque es una manera de tratar de informarse acerca de qué opiniones son mejores que otras. En este sentido, un argumento es un medio para indagar, ofrecer razones y pruebas, de tal manera que se puedan formar opiniones sólidas y veraces. Giere, citado por Sardá y Márquez (2009), refiere que en la evaluación de las teorías científicas son muy importantes el conjunto de argumentos y las interrelaciones que se elaboran para construir un razonamiento.

Es así como para comprender de un mejor modo la argumentación, Sardá y Márquez (2009) afirma que en la construcción del conocimiento es importante la discusión y el contraste de las ideas, de este modo cuando el educando argumenta tiene la necesidad de utilizar los instrumentos conceptuales y procedimentales que la cultura científica ha ido construyendo (Ogborn et al., 1998) para hablar, escribir y leer ciencia. Esto implica, al mismo tiempo, aprender a estructurar caminos de razonamiento, o sea, llegar al discurso argumentativo, reconociendo sus características. En definitiva, la argumentación obedece a

una esquematización, a la vez cognitiva y lingüística, que opera con finalidades de orientar al estudiante hacia la concepción del mundo (Carillo, 2007).

2.1.2. El aprendizaje argumentativo de la química desde el uso del lenguaje simbólico.

Acceder al conocimiento en química implica conocer la terminología y simbología de ésta ciencia como el instrumento básico del lenguaje y la comunicación científica en esta área del conocimiento. A través del estudio del vocabulario y de los criterios que se han usado a lo largo de la historia se nos permite reflexionar sobre los procesos del aprendizaje de la química.

Es por ello que una clase de ciencias es un espacio de comunicación entre los protagonistas del acto educativo, sin embargo, para el docente no suficiente que el estudiante sea capaz de repetir un enunciado o concepto pues la comprensión incluye capacidades comunicativas como explicar, efectuar afirmaciones, correlaciones, o aún más extender la profundidad de un tema en los mismos términos y en un mismo lenguaje. Así, cuando queremos transmitir un procedimiento, un hecho o un concepto tratamos de despertar en el estudiante el conocimiento que nosotros ya poseemos, por ende, es claro que lo que tratamos de transmitir es información y que lo que intentamos producir en él es un mismo lenguaje de comunicación.

En la literatura sobre el lenguaje de comunicación para el aprendizaje de la química, Quilez (2015) se indaga: “¿Es el profesor de química también profesor de lengua?”. En este escrito se analiza la importancia del lenguaje de la química en la construcción, la comunicación y el aprendizaje de esta disciplina científica. Se resaltan algunas de las dificultades más relevantes del lenguaje de la química, y entre ellas se destaca el gran número de términos nuevos que se deben introducir así como las distintas clases de palabras que conforman el vocabulario científico.

Quilez (2015), propone que a estos problemas hay que añadir la ausencia de oportunidades que tienen los alumnos de argumentar en la clase de química, impidiendo el desarrollo de capacidades de alta demanda conceptual. Es por ello, que propone una serie de recomendaciones que intentan mejorar la capacidad de los estudiantes a la hora de hablar, pensar, leer y escribir científicamente. En sus conclusiones plantea que el aprendizaje de la ciencia es un proceso social construido, en el que el pensamiento y el lenguaje se desarrollan de forma paralela en un refuerzo mutuo. En todo este proceso de aprendizaje, los estudiantes deben ser capaces de establecer relaciones de significados entre los nuevos términos que aprenden, también deben saber debatir, razonar y argumentar científicamente con sus compañeros y con el profesor bajo la línea de un mismo lenguaje, que en el caso de la química es el lenguaje simbólico.

De acuerdo con Galagovsky, Bekerman, Di Giacomo y Alí (2014), una clase de química es un espacio de comunicación entre el docente experto y los estudiantes novatos, donde el discurso argumentativo es la interface explícita y observable del intercambio comunicativo. En su trabajo muestran cómo la simbología química favorece la comprensión de los estudiantes y actúa como fuente de comunicación en el aula.

Dentro de este contexto Caamaño e Irazoque (2009), consideran como relevante el uso de la terminología química y la importancia didáctica de tener en cuenta su uso adecuado como lenguaje, ya que forma parte de la enseñanza de la misma. Reconoce que en la simbología química existe una doble función: un sistema de transmisión de información y un sistema interpretativo - argumentativo de los fenómenos que ayuda a la formación de conceptos en los estudiantes.

Es precisamente en ese sistema de transmisión de la información para el que Sanmartí (2007) en su trabajo “Hablar, leer y escribir para aprender ciencia” aclara que en todas las clases se lee, se habla y se escribe, pero aprender ciencias requiere de apropiarse del lenguaje de la ciencia, con lo cual se relacionan nuevas formas de ver, pensar y hablar sobre los hechos, distintas de las formas cotidianas de ver, pensar y hablar. Es a través del

lenguaje científico que los escolares pueden acceder a una cultura diferente: la cultura científica, donde no solo aprenden datos de la ciencia sino que además reconocen nuevas ideas e identifican evidencias, desde las que también aprenden argumentar, es decir, a hablar, escribir y discutir en términos científicos.

Ahora bien, en la discusión argumentada educando – educador, Gómez y Sanmartí (1999) consideran que al hablar e intercambiar puntos de vista, enseñante y estudiantes, se van acomodando sus formas de percibir y de explicar los fenómenos, es decir, van compartiendo conocimientos, lo que conlleva a reconocer la importancia del lenguaje, sea oral, escrito o figurativo, en el aprendizaje y, en concreto, en el aprendizaje de la química. Es decir, el lenguaje interviene en forma predominante no sólo en la transferencia de información y conocimientos sino, y muy especialmente, en la relación del pensamiento crítico con la acción argumentativa.

2.2. MODELOS EXPLICATIVOS

En los siguientes tratados se presenta una síntesis de los antecedentes que aportan a la enseñanza y el aprendizaje de la química desde el uso de los modelos explicativos como una estrategia, y a la vez recurso, para la comprensión y la apropiación del conocimiento de un fenómeno químico. En ellos se ofrece una perspectiva de análisis que valora los procesos de modelación como una forma más dinámica para representar los conceptos que se trabajan en la clase de química.

2.2.1. Niveles de representación en química.

Al analizar las descripciones conceptuales, y el contexto del aprendizaje de la química, se encuentra que López y Vivas (2009) plantean que los estudiantes hacen referencia a los cambios físicos y químicos, pero a la hora de exponer cómo suceden estos cambios no son capaces de dar una explicación, simplemente hacen referencia a que el cambio sucede sin más. Para, Garzón y Pérez (2014) la concepción de fenómeno químico (reacción) es poco

comprensible cuando se hace objeto de trabajo en el aula debido al lenguaje utilizado y el uso de las representaciones que no explican los alcances macroscópicos y microscópicos de este concepto.

Para Rocha (2011) conseguir la adecuada sustentación de cada concepto químico requiere trabajarlo a nivel macroscópico, microscópico y simbólico. Este es otro de los ingredientes que contribuye a la complejidad de la química. Los químicos trabajan estos tres niveles de representación y explicación de forma integrada, haciendo uso de las diferentes herramientas propias de cada uno de ellos. Cuando los profesores usan los diferentes niveles de representación en clase, en realidad están manejando una cantidad de información implícita, a la vez que se mueven de uno a otro nivel de representación, muchas veces sin ser conscientes de ello.

Entonces, son diversas las representaciones que se utilizan para comunicar el discurso de la química: lenguaje verbal en explicaciones y textos; lenguaje gráfico, tanto a nivel macroscópico como a nivel atómico-molecular en dibujos y esquemas; lenguajes matemáticos en ecuaciones; lenguaje de fórmulas químicas o en ecuaciones químicas, entre otros. Por ende, los docentes y los textos utilizan una multiplicidad simultánea de estos lenguajes con el fin de representar más cabalmente la complejidad de los conceptos teóricos abstractos (Galagovsky y Bekerman, 2009).

Respecto al anterior apartado Aragón, Oliva y Navarrete (2013) reportan que existen investigaciones como las de De Jong y Taber (2007), y Gilbert y Treagust (2009) en las que también se refieren a los distintos ámbitos de representación del cambio químico y a sus posibles correspondencias, ya que estos tres ámbitos se relacionan entre sí y contribuyen a la construcción de conocimiento integral del modelo de cambio químico. En efecto, dado que el ámbito submicroscópico no puede ser observado por los estudiantes, estos han de desarrollar un modelo mental sobre el comportamiento de las partículas que, en gran parte, se deriva de las representaciones macroscópicas y simbólicas.

Entre tanto, podemos aclarar que a pesar de que las competencias están interrelacionadas (Gallego, 2011), en la actualidad muchos de los problemas de aprendizaje que se han detectado en química tienen relación con las dificultades de comprensión conceptual, que podrían ser el resultado de un trabajo poco integrado de las competencias de pensamiento. Algunas de dichas dificultades pueden asociarse a que en clase de química se hace demasiado énfasis en el nivel simbólico, se trabaja en clase casi exclusivamente con base a símbolos químicos, fórmulas químicas y ecuaciones químicas, dejando de lado el trabajo de integración de conceptos y modelos que permitan estudiar lo que éstos símbolos representan.

En conclusión, la dificultad para entender la química no está tanto en el manejo de los niveles de representación, sino en la correspondiente vinculación de la información inmersa en la expresión simbólica (Johnstone, 1999). Por tanto, se pretende que los estudiantes entiendan el lenguaje científico desde el escribir y hablar en el contexto relacionados entre los niveles de representación.

2.2.2. Los modelos explicativos en la enseñanza y aprendizaje de la química.

Investigaciones como las de Camargo (2014) afirman que los estudiantes no manejan los niveles representacionales al intentar explicar un fenómeno químico, tal como lo propone Galagovsky, et. al (2003). Revela que los estudiantes de nivel secundario no asocian las fórmulas químicas con una apropiada representación de nivel particulado, mostrando mayor dificultad al relacionar interpretativamente las fórmulas químicas. Esta dificultad conlleva a que el estudiante no pueda elaborar modelos explicativos para comunicar lo que observa, no justifique la información que se halla inmersa en una molécula y mucho menos argumente su comportamiento en relación directa con el grupo funcional, es decir, carece del sentido propio del lenguaje de comunicación del quehacer científico de la química como ciencia escolar.

Entonces ¿de dónde surgen los modelos explicativos? Entendiendo la propuesta de trabajo de Marzábal (2012), la ciencia escolar puede ser entendida como un proceso de modelización similar al de la ciencia, el conocimiento avanza a medida que se plantean nuevas preguntas. Si bien las ideas iniciales de los estudiantes son a menudo alternativas o simples, las preguntas formuladas por los alumnos son claves en la reconstrucción de sus ideas iniciales. Así, las preguntas constituyen instancias en que los modelos de los estudiantes se ponen a prueba, promoviendo su evolución y, en consecuencia, el aprendizaje. Cuando aplican los modelos explicativos para responder estas preguntas, los estudiantes comprueban su validez. Si los modelos dan los resultados esperados, éstos se ven reforzados y se van consolidando; por el contrario, en caso de comprobarse que los modelos dan resultados incorrectos, se pone en duda el modelo mental, lo que incentiva la evolución hacia un nuevo modelo (Vosniadou, 1994; Justi, 2009).

De esta forma, durante la construcción de los modelos explicativos basados en las interrogantes y los conocimientos previos de los estudiantes se gestan momentos de reflexión, análisis y discusión argumentativa consigo mismo y con su compañero de trabajo o con el colectivo estudiantil del aula de clase. Por ello, Aragón, Oliva y Navarrete (2013) justifican la necesidad e importancia de analizar la evolución de los modelos explicativos de los alumnos a lo largo de una propuesta didáctica, puesto que es en el análisis donde se deja en claro los aportes al desarrollo de procesos y compromisos epistemológicos relacionados con los procesos de modelización. En conclusión, los modelos explicativos ayudan a comprender y a simplificar su aprendizaje y, constituyen herramientas adecuadas para desarrollar las aptitudes y actitudes necesarias para aprender los modelos científicos y adquirir el conocimiento científico escolar.

Morrison y Morgan (1999) creen que cuando se construye un modelo se crea un tipo de estructura representativa, desarrollando una forma científica de pensar. Estas representaciones ayudan a interpretar de manera más llana los conceptos abstractos y los fenómenos químicos más elaborados, permiten visualizarlos y adecuarlos a las capacidades cognitivas de los alumnos, logrando de este modo el aprendizaje esperado en el currículo.

En esa medida el trabajo basado en modelos explicativos es una manera inmejorable de aprender ciencia y hacer ciencia. Para Galagovsky, et al. (2014) más allá del uso de diversos lenguajes para describir los entes abstractos y sus propiedades, las explicaciones químicas provienen de modelos que permiten interpretar hechos macroscópicos a partir de modelar funcionamientos de nivel atómico o molecular.

2.3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REACTIVO DE LOS ALQUENOS

Es importante reconocer que a la fecha son escasos los trabajos encontrados en la literatura y fuentes bibliográficas dedicados a tratar las estrategias o procesos de enseñanza de la química orgánica. Es por eso, que los avances en el desarrollo de estrategias de enseñanza en química orgánica deben considerarse claves para la formación de los estudiantes, de allí la importancia de realizar estudios, diseñar alternativas y proponer hipótesis respecto de su didáctica (Laurella y Allegretti, 2012).

En la actualidad el aprendizaje de la química orgánica se fundamenta en el estudio de las propiedades de las diferentes familias y los grupos funcionales orgánicos. Puede considerarse que este tipo de estudio hace uso principalmente de la memoria de los estudiantes (Johnstone, 1999; Galagovsky et.al, 2003), quienes, memorizando y clasificando reacciones, reactivos, productos y condiciones de reacción, logran aprobar sus exámenes, pero esto no significa que se haya desarrollado un adecuado aprendizaje de el por qué y el cómo se desarrolla la transformación de una molécula orgánica, así como su posterior aplicación a otros agentes reactivos. Conviene reconocer, entonces, que las dificultades de los estudiantes para comprender la química en primera instancia residen en la forma en que los estudiantes organizan sus ideas a partir de sus propias teorías sobre la estructura y transformación de la materia (Pozo y Gómez, 2001).

De estas circunstancias nace el interés de reconocer las relaciones existentes entre el desarrollo de los niveles de argumentación con la movilización gradual de los modelos explicativos que elaboran los estudiantes para justificar el por qué y el cómo se modifica

químicamente el grupo funcional de un alqueno, como familia representante de las funciones orgánicas insaturadas, ya que en lo descrito en el presente capítulo no se cita antecedentes que evidencien la relación entre estas dos categorías de análisis, por tanto, es muestra de los vacíos existentes en la literatura que se esperan abordar con el desarrollo de la presente propuesta de investigación.

3. ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En la educación media, el estudiante recibe una formación de dos cursos de química, química general e inorgánica y química orgánica, que se organizan guardando coherencia con los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias (EBC) establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). Bajo estas directrices, las unidades de aprendizaje de la química orgánica, correspondientes al grado once, abordan el impacto de la química de los hidrocarburos en la vida cotidiana, en el hogar y en la industria, donde se incluyen además un lenguaje y un conjunto de reglas especializadas que deben dominarse para aprobar el curso.

Sin embargo, la enseñanza de la química orgánica, en la educación media, ha sido abordada desde un ejercicio memorístico, mecánico y repetitivo, basando su quehacer en la reproducción de las reacciones, de cada función orgánica, sin discutir los aspectos cualitativos y prácticos de las propiedades fisicoquímicas del grupo funcional que le lleve a describir el porqué del cambio de una molécula en función de su composición. En general, el estudiante no cuenta con un fundamento crítico sobre la estructura molecular de los compuestos, tampoco de las propiedades que le confieren los átomos que conforman dicha organización molecular, y por ello, el estudiante de grado once no se encuentra en capacidad de describir e iniciar una inferencia que justifique la comprensión de cuál es el comportamiento reactivo de los Alquenos, como uno de los grupos funcionales de los Hidrocarburos Insaturados. Esto lleva a considerar la necesidad de identificar los obstáculos conceptuales que suelen presentar los estudiantes en el estudio y análisis de estas funciones químicas empleadas como medio para el desarrollo de la argumentación de las rutas y mecanismos de reactividad de los compuestos orgánicos.

Lo anterior ha llevado a que las clases de química orgánica se tornen en sesiones expositivas extensas, con mucho contenido complejo y de poca comprensión ya que la mayor parte del tiempo se emplea en memorizar y repetir una reacción específica, por tanto no deja de ser un proceso de transmisión y repetición de la información consignada en un

tablero cuyo resultado sigue siendo un alto porcentaje de no aprobación o de desempeño bajo en la asignatura de Química. Este proceso no consigue desarrollar un pensamiento crítico y reflexivo en el estudiante y tampoco lo aleja de su papel pasivo, con lo cual la calidad educativa para la formación en química se ve considerablemente reducida y por ende, es contraria a los objetivos planteados en los estándares de calidad del MEN. Es por ello que se hace necesario abordar el estudio analítico de las funciones orgánicas de un modo más didáctico, ameno y familiar para el educando, permitiéndole estrechar la relación de su saber y su saber hacer en cualquier situación problémica que se le presente. De ahí que se deba repensar estos procesos de construcción y comunicación, educando – educador, empleando los diferentes lenguajes de la química, para enriquecer el proceso analítico – comprensivo del quehacer argumentativo del comportamiento químico de la materia.

En esta búsqueda se demanda implementar actividades que acerquen a los estudiantes al conocimiento científico escolar de manera gradual, empleando actividades específicas que permitan obtener un alto desempeño en las pruebas y, que transformen el aprendizaje de la química en una situación práctica y vivencial donde los estudiantes desarrollen su capacidad crítica, reflexiva y analítica, necesaria para comprender argumentativamente la transformación de la materia y de paso potencialicen sus habilidades de indagación, razonamiento y el saber-hacer, involucradas en la búsqueda de respuestas acerca del cambio químico de la materia.

Sin embargo, es importante reconocer la carencia de investigaciones que aborden las problemáticas referidas a la enseñanza, el aprendizaje y lo que debería significar enseñar química orgánica en la formación secundaria, más aún en aspectos como aquellas metodologías que estimulen en los estudiantes sus capacidades cognitivas y creativas que le conduzcan a estrategias positivas de comunicación y trabajo en equipo tendientes a fortalecer su competencia argumentativa desde el trabajo de la modelización.

De ahí que la presente investigación pretenda abordar la pregunta: ¿Cuáles son las relaciones existentes entre los niveles de argumentación y los cambios en los modelos

explicativos que presentan los estudiantes de grado once al inferir el comportamiento reactivo de los alquenos como uno de los grupos funcionales de los hidrocarburos insaturados?

El reto es entonces lograr estos espacios de inquietud en el educando sin forzarlo a memorizar respuestas sin significado y sin una verdadera apropiación del conocimiento, no solo para aprobar una prueba sino para que entienda el aporte que hace la química orgánica a la comprensión del mundo del cual hace parte.

4. JUSTIFICACIÓN

Constituir argumentos en los que se identifique con claridad el proceso de pensamiento es uno de los objetivos de la enseñanza de las Ciencias Naturales – Química, de acuerdo con los lineamientos curriculares y estándares básicos de competencias emanados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). Sin embargo, los métodos rutinarios y las estrategias convencionales de enseñanza obstaculizan el fortalecimiento y el desarrollo del pensamiento argumentativo que se propone alcanzar con la planeación.

Es por ello, que el estudio de la reactividad de los Alquenos, propio del curso de química orgánica de grado once, busca estimular en los estudiantes un cambio en los niveles de argumentación al momento de construir las explicaciones de sus modelos, una vez que sus producciones se vean fortalecidas por el uso de datos, elaboración de conclusiones y construcción de justificaciones desde los contextos teórico, bibliográfico y procedimental. Con seguridad, si el estudiante afronta una situación problemática haciendo uso de estos recursos estimulará su creatividad y su capacidad reflexiva desde un pensamiento divergente y crítico que le aporte a sus habilidades científicas, cognitivas, comunicativas y actitudinales necesarias para explorar, comprender y aprender con profundidad un fenómeno de naturaleza química, como lo es el comportamiento reactivo de una función orgánica.

Así, cuando dichos modelos explicativos se argumentan con los postulados, conceptos y razonamientos propios del estudiante, éste ha logrado relacionar el conocimiento con los aspectos necesarios que lo orientan, tal es el caso de las propiedades de los elementos, la estructura molecular del compuesto, la simbología de reacciones y ecuaciones químicas, y la ruta o mecanismo reactivo de un grupo funcional específico. Es en este momento, cuando el estudiante abandona el desinterés por esta ciencia así como la idea errónea de su poca aplicación en el mundo actual, en el que podrá predecir e inferir las propiedades reactivas de la materia y la forma en cómo ésta interactúa ante la presencia de diversos agentes reactivos. Esta estrategia didáctica además de orientar al docente hacia un trabajo

con distintas herramientas para la apropiación de la temática, e incentivar a los estudiantes hacia la participación en el estudio de la química orgánica, permite implementar un estudio sistemático que muestre el desarrollo y la movilización de mejores procesos de enseñanza y aprendizaje.

Desde esta perspectiva, el aprendizaje de la química se direcciona hacia el énfasis de la argumentación como uno de los ejes estructurales que desarrolla la capacidad crítica, reflexiva y analítica del educando, ya que no se está transmitiendo conceptos abstractos y fórmulas memorísticas de ecuaciones orgánicas, sino que se le orientan procesos para que expresen sus ideas, estructuren sus razonamientos y aprendan a formular sus modelos explicativos enriquecidos con conocimientos químicos sólidos desde los diferentes referentes conceptuales y bibliográficos.

En esta línea de ideas se articulan actividades que apuntan en dos sentidos: un desarrollo de los niveles argumentativos en los educandos desde el uso y modificación de sus modelos explicativos, y el aprovechamiento académico que acrecienta el número de estudiantes con desempeño alto o superior en la asignatura de química.

En conclusión, la propuesta de investigación muestra cómo el estudiante llega a proponer e implementar soluciones a situaciones problemáticas, en torno al proceso reactivo de un alqueno, basando su lógica desde la observación, la indagación, la formulación de hipótesis y la estructuración de argumentos desde su experiencia acompañada con la articulación a los modelos y teorías científicas que le conduzcan a un cambio conceptual y a un conocimiento en profundidad de la temática. Así, con estas precisiones se propone avanzar en la consolidación de un mejoramiento en la calidad de la enseñanza y, en consecuencia, del aprendizaje de la química.

5. REFERENTE TEÓRICO

A continuación, se describen algunos de los fundamentos teóricos considerados para abordar la problemática propuesta. Se realiza un acercamiento conceptual y teórico en torno a las nociones, exploración de los pensamientos y procesos críticos que fundamentan la educación basada en la argumentación, y del uso de modelos explicativos como producción escrita para el aprendizaje de la reactividad en los alquenos.

5.1. NIVELES DE ARGUMENTACIÓN

La argumentación en las ciencias es considerada como la capacidad cognitiva y comunicativa necesarias para producir, evaluar y aplicar ciencia. Por ende, se trata de un procedimiento de naturaleza cognitivo-lingüística (Sanmartí, 2003) pues se apoya en habilidades cognitivas de alta complejidad que se transmiten por medio del lenguaje oral o escrito en textos como producciones escritas con sentido. Entonces, la argumentación es fundamental para justificar y evaluar las afirmaciones del conocimiento en la ciencia.

De hecho, la argumentación siempre ha sido un elemento clave en la construcción del conocimiento científico. Las teorías científicas se desarrollan basadas en argumentos complejos con el fin de sacar conclusiones aceptables, por ello, los científicos deben construir argumentaciones muy cuidadosamente, a partir del diseño de la investigación (Xie y So, 2012). No obstante, toda práctica tendiente a la argumentación involucra procesos cognitivos, interactivos y dialógicos, en torno a temas específicos y en el marco de contextos institucionales y culturales determinados (Tamayo, 2014).

Es por ello, que el trabajo argumentativo en el aula exige, de parte del maestro, la planeación detallada de los procesos de transposición didáctica. Esto requiere, por parte del maestro, reflexiones en torno a las transformaciones permitidas entre el objeto de saber, el de enseñanza y el de aprendizaje.

En este trabajo y durante el proceso de argumentación, en el educando se demanda el desarrollo de un ejercicio basado en los pre-saberes, vinculando habilidades cognitivo-lingüísticas tales como el análisis, la síntesis, la teorización y la conceptualización, entre otras (Tamayo, 2014). Este camino, los actos de análisis y síntesis requieren de habilidades como interpretar en cuanto se trata de un proceso de construcción y reconstrucción de significados, formas de significar y de actuar, dentro de un campo de saber. Luego, en el ejercicio de teorización y conceptualización el educando debe proponer y para ello es indispensable que recurra a formular, en estricto sentido, problemas conceptuales y metodológicos con sus correspondientes soluciones, consideradas en la disciplina como las más aceptables.

He aquí el espacio propicio para que se haga emerger la competencia argumentativa. Ella implica demostrar con adelantamientos que lo que se propone, se da o es realizable (Lakatos, 1983). Por tanto, saber argumentar en ciencias significa acudir a un diseño experimental, con resultados métricos, cuya interpretación se asume como razón para que los otros acepten y admitan lo propuesto.

Como resultados una argumentación generalmente utiliza o tiene necesidad de varios argumentos, y el argumento puede ser desarrollado según diversos procedimientos:

1. Explicación o interpretación que intentan valorizar la acción argumentativa.
2. Inserción de elementos que tienen valor de prueba.
3. Múltiples recursos dirigidos a apoyar la validez del punto de vista.

Al respecto Ehninger (1970) describe la argumentación como un proceso correctivo que tiene lugar entre los interlocutores. Y en este sentido, se ilustran cuatro rasgos centrales al concepto de argumentación:

1. Una estructura inferencial característica: proposiciones presentadas como pretensiones, y otras proposiciones (razones) presentadas como justificación y/o refutación de estas pretensiones.
2. Dos roles comunicativos: un protagonista que presenta una pretensión y un antagonista que duda de esa pretensión, la contradice, o de alguna forma define el contraargumento.
3. Los argumentos que están incrustados en actos y actividades.
4. Los argumentos que implican medios cuestionables de construir un asunto o una causa.

Es por ello que desde la perspectiva argumentativa de la ciencia escolar Tamayo (2014) propone la idea de los niveles argumentativos para evaluar la calidad de la argumentación en las diferentes actividades desarrolladas en el aula, a saber:

Tabla 1. Niveles y categorías de análisis de la argumentación

Niveles de argumentación	
Nivel 1	Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia (Van Dijk & Kintsch, 1983).
Nivel 2	Comprende argumentos en los que se identificaron claridad de los datos (data) y conclusión (Claim).
Nivel 3	Son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y una justificación (<i>warrant</i>), y sin cualificador o modalizador.
Nivel 4	Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones (<i>warrants</i>) haciendo uso de cualificadores (<i>qualifiers</i>) o respaldo teórico (<i>backing</i>), y sin contraargumento.
Nivel 5	Comprende argumentos con conclusión y un contraargumento (<i>rebuttal</i>). Igual.
Nivel 6	Comprende argumentos completos con más de un contraargumento (<i>rebuttal</i>).

Fuente: Tamayo, 2014

De acuerdo con Tamayo (2014) y en función a estos conceptos Leitaó (2000) considera que el contexto argumentativo se da en situaciones en las que se plantean diferentes opciones de respuesta y donde se ponen en juego argumentos y contrargumentos. La presencia de oposición entre los puntos de vista es lo que favorece la construcción de significados, la elaboración de diferentes formas concluir, solicitar razones para el vínculo entre los datos y formulación de la conclusión. En síntesis, a través de la argumentación las personas modifican sus puntos de vista.

5.2. MODELOS EXPLICATIVOS

Con el ánimo de aportar al desarrollo de los niveles argumentativos en el conocimiento escolar, a continuación se presentan los referentes teóricos-conceptuales a los que se acude, desde la literatura, para abordar los modelos explicativos que se emplean en la educación media al referirse al fenómeno químico como uno de los objetos de estudio de la química.

5.2.1. Niveles de representación en química.

Aragón, Oliva y Navarrete (2013) citan que en la praxis de la enseñanza de la química, en esencia y aunque se han realizados algunas modificaciones e interpretaciones de los niveles de representación en química (como los de Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2013), se distinguen tres ámbitos diferentes de representación de la materia y sus cambios propuestos por Johnstone (1999):

- **Ámbito macroscópico**, que corresponde a representaciones mentales que proceden de la realidad observable.
- **Ámbito simbólico**, que involucra la representación de conceptos químicos usando diferentes medios, modelos, dibujos, representaciones algebraicas, formas digitales.
- **Ámbito submicroscópico**, correspondiente a la interpretación de procesos mediante partículas submicroscópicas como electrones, átomos o moléculas, que no pueden ser directamente observadas.

5.2.2. Los modelos explicativos, sus características y aportes.

Raviolo (2009) precisa que un modelo es una construcción, y la vez herramienta de investigación, que se emplea para obtener información acerca del objeto de estudio, el cual no puede ser observado o medido directamente (Ej: el átomo, molécula o un agujero negro). En él se guardan ciertas relaciones o analogías con el objeto de estudio que permiten al investigador derivar hipótesis. Los modelos están asociados a imágenes o representaciones (Ej: distintas representaciones de los modelos atómicos) donde se figura de forma simplificada, pero clara, un hecho, objeto, fenómeno o proceso que concentra su atención en aspectos específicos del mismo, y tiene las funciones de describir, explicar y predecir en torno al objeto de estudio.

Para Morrison y Morgan (1999) una de las fortalezas de los modelos, como representaciones de ideas, es su poder predictivo, es decir, son agentes activos en la producción de conocimiento, al margen de datos y teorías. Los modelos son constructos que el estudiante emplea para acercarse a su verdad, que se enriquece de elementos, ideas y razones que él mismo construye y que le permite acercarse, cada vez más, al conocimiento de un fenómeno.

Así, el aprendizaje a través de modelos, entendidos como conocimientos escolares idealizados sobre la realidad, nos permiten comprenderla e interactuar con ella tanto en las clases de ciencias como en la vida personal. Se trataría con ello de aprender no solo los modelos de la ciencia escolar, sino también las capacidades para trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de estos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante, y también sus limitaciones, lo cual viene a configurar lo que denominamos competencia de modelización.

En palabras de Giere (2010) los modelos posibilitan que el sujeto (quien los elabora) los explique, sustente lo que modela y argumente su propósito. Desde esta lógica, el modelo explicativo es una aproximación de conocer cómo el sujeto ve el mundo en

términos de similitudes y no de exactitudes. Este giro conceptual consolida la idea de considerar que los modelos sirven para construir conocimiento, conocimiento que es acumulativo y que aporta al engrandecimiento de la ciencia, ya que de forma constante proporcionan conocimiento sobre los objetos discretos que constituyen al mundo y que interaccionan con nosotros.

Para llegar a dichos cambios conceptuales, autores como Barsalou (1999) y Nersessian (2002) delimitan algunos formatos o códigos de representación, aunque es posible contemplar un cierto abanico de opciones que no son excluyentes, en los cuales construir modelos explicativos incluye acciones como interpretar, manejar y expresar fenómenos y situaciones mediante esta variedad de códigos, para lo cual se requiere no solo un conocimiento sobre la estructura y el significado de los signos empleados, sino también disponer de las habilidades y estrategias para poder afrontar tales procesos. En este sentido y bajo la articulación de los tres niveles de representación en química, las construcciones de modelos explicativos, pueden ser considerados como la interfase entre el conocimiento cotidiano del alumno y el manejo y la comprensión de signos y códigos que manejan los modelos de la ciencia escolar.

Además, los aportes de Suárez et. al (2004) indican que los modelos, como representaciones, están compuestos por dos elementos fundamentales: su intencionalidad y su capacidad de permitir el razonamiento inferencial. A partir de esto, los modelos toman un alto valor funcional en la medida que es el sujeto quien lo propone, lo construye, lo manipula, lo revisa y evalúa los posibles cambios que puedan surgir en su proceso de enseñanza. De ahí que, visto desde una perspectiva multidimensional los modelos no solo hacen referencia al aprendizaje del conceptos científicos, sino también del uso de las dimensiones metacognitiva, ontológica, emotivo-afectivo, cognitiva, lingüística y epistemológica, respecto de la resolución de problemas que conduzcan al conocimiento del mundo real.

5.2.3. Los modelos explicativos en química.

Los modelos explicativos propuestos por Aragón, Oliva y Navarrete (2013) obedecen a una categorización que tiene como finalidad posibilitar el análisis de los modelos expresados sobre el cambio químico. Los modelos explicativos basan su análisis en la información tanto de carácter textual como en forma de dibujos dentro de los cuales se demarcan y concretan las dimensiones consideradas para explicar un proceso reactivo y, sobre todo, de cuenta de los niveles de progresión contemplados para cada uno.

De acuerdo con Aragón, Oliva y Navarrete (2013) el sistema de categorías plantado combina los formatos de representación provistos por Barsalou (1999) con los ámbitos de explicación provistos por Johnstone (1999) para el estudio de la materia. De esta forma se delimitan cuatro dimensiones:


Tabla 2. Categorías de análisis de los modelos explicativos

Característica de los Modelos Explicativos	
Modelos proposicionales macroscópicos	Constituidos por las representaciones proposicionales de la realidad observable. Los modelos proposicionales macroscópicos detectados en nuestro caso son fundamentalmente verbales. Desde el punto de vista de la ciencia escolar, el empleo del modelo proposicional macroscópico requiere el uso de los conceptos de mezcla, sustancia, sustancia elemental, compuesto, masa, propiedad, características, cambio físico, cambio químico y conservación, así como el establecimiento de las relaciones adecuadas entre estos.
Modelos proposicionales submicroscópicos	Corresponden a las representaciones proposicionales de la interpretación de procesos mediante partículas submicroscópicas, como átomos o moléculas, que no pueden ser directamente observadas. En el marco del modelo escolar deseable, el empleo de representaciones proposicionales submicroscópicas requiere el manejo verbal de las ideas básicas que conforman el modelo cinético molecular de la materia, el modelo atómico

Modelos icónicos modales	<p>y el modelo de las colisiones.</p> <p>Formados por representaciones del cambio químico que hacen uso de diagramas de partículas, guardando los símbolos empleados una cierta relación de similitud con los objetos que representan, átomos y moléculas fundamentalmente. Aunque cabrían aquí representaciones pictóricas de los cambios a escala macroscópica, no serán objeto de nuestro estudio, dada la poca frecuencia con que las emplean los estudiantes.</p>
Modelos icónicos amodales	<p>Constituidos por símbolos que no guardan relación de semejanza con el objeto representado. Es el caso de los símbolos de elementos y las fórmulas. Requieren, además del manejo de los símbolos de los elementos, la utilización de las fórmulas químicas y la representación de una reacción química mediante la ecuación química ajustada correspondiente.</p>

Fuente: Aragón, Oliva y Navarrete (2013)

Figura 1. Ejemplos de fragmentos de información categorizados según los modelos explicativos.

TIPOS DE MODELOS	EJEMPLOS DE FRAGMENTOS DE INFORMACIÓN
<p>Modelo proposicional macroscópico</p>	<p>"El estaño es un sólido que no se descompone ya que es una sustancia pura y no una mezcla como el H₂O, agua, mezcla de hidrógeno y oxígeno que se pueden separar con una simple corriente eléctrica" (portafolio Pilar, momento 3, actividad 1).</p> <p>"Experiencia A. En esta experiencia se mezcla el azufre con el hierro, pero forma una mezcla heterogénea y el hierro al ser un sólido que es atraído por el imán se separa del azufre, no se produce ningún cambio de sustancia. Experiencia B. En esta experiencia al calentar la mezcla, el hierro a estado líquido mezclándose con el azufre formando una sustancia nueva que no se atrae por ningún imán" (portafolio Roberto, momento 3, actividad)</p>
<p>Modelo proposicional submicroscópico</p>	<p>"Si lo contradice, porque la ley de la conservación de la masa dice en un cambio físico o químico la masa es siempre la misma debido a que ni aparecen ni desaparecen ninguno de los átomos, nada más que se rompen las moléculas por lo que los átomos se unen con otros formando otras distintas" (Portafolio Fátima. Momento 2, examen).</p> <p>"Aquí las moléculas no cambian solamente empiezan a moverse más rápido haciendo que se distancien entre ellas y choquen produciendo un cambio de estado, un cambio físico" (Portafolio Charo. Momento 2, actividad 17).</p>
<p>Modelo icónico modal</p>	<p>2 → dos moléculas 2 → dos átomos.</p>  <p>Portafolio Elvira. Momento 2, actividad 17</p>
<p>Modelo icónico amodal</p>	<p>SUSTANCIAS INICIALES SUSTANCIAS FINALES</p> <p>Mg + O₂ = MgO + CO₂</p> <p>Portafolio Manu. Momento 1, actividad 6</p> <p>amoníaco → di-nitrógeno + dihidrógeno</p> <p>NH₃ → N₂ + H₂</p> <p>metano(g) + dióxido de carbono(g) → dióxido de carbono(g) + agua(l)</p> <p>CH₄ + O₂ → CO₂ + H₂O</p> <p>Portafolio Sara. Momento 2, examen</p>

Fuente: Aragón, Oliva y Navarrete (2013)

Con el propósito de categorizar con mayor profundidad el grado de proximidad en cada uno de los modelos explicativos conviene hacer mención de los niveles que permiten reconocer qué modelo usa cada estudiante en una fase o momento determinado del proceso de intervención.

Estos niveles de progresión son:

Tabla 3. Niveles de progresión de los modelos explicativos

Característica de los Modelos Explicativos	
Nivel I	No se llega a usar el modelo.
Nivel II	Se usa el modelo pero con graves carencias, manifestando concepciones alternativas.
Nivel III	De transición: Se puede usar el modelo a nivel avanzado o básico, pero en ocasiones se siguen manteniendo carencias en su empleo, lo que muestra concepciones alternativas.
Nivel IV	Básico: Se usa el modelo al menos a un nivel básico. No se ponen de manifiesto ideas alternativas, pero pueden recurrir a algunas imprecisiones en el lenguaje o incluso a omitir algunos aspectos relevantes del modelo.
Nivel V	Avanzado: Se usa el modelo con cierto grado de profundidad.

Fuente: Aragón, Oliva y Navarrete (2013)

La información aquí citada permite revalorar la capacidad explicativa que guardan los educandos cuando se les enfrenta a una situación problemática de la química, más aún cuando se trata de la naturaleza reactiva de la materia. Así, una vez aceptada la existencia de estos niveles de progresión de los modelos explicativos, la concepción del proceso reactivo de un alqueno, como ejemplo de estudio y análisis de un fenómeno químico, se torna más comprensible cuando se hace objeto de trabajo en cualquier escenario educativo, llámese aula o laboratorio de clase.

5.3. LOS ALQUENOS: UNA FUNCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS INSATURADOS

Fundamentado en la importancia del estudio de la reactividad de los compuestos orgánicos y en las particularidades del cambio químico de los alquenos, a continuación se observará el abordaje del componente histórico y epistemológico de esta función orgánica que demuestra cómo los modelos de la ciencia pueden aportar a los modelos explicativos de los estudiantes, para así adquirir un mayor nivel argumentativo al momento de estudiar los fenómenos químicos que interesan al hombre.

5.3.1. Naturaleza de los compuestos orgánicos.

Investigaciones, de la evolución de la química orgánica, indican que en etapas tempranas el científico Jacobo Berzelius, en 1807, sugirió que se llamasen orgánicas a las sustancias que provenían de los organismos vivos. Esta afirmación abrió dudas sobre la realidad y veracidad del origen de los compuestos orgánicos y, de ello, se abrió paso a importantes avances en el ámbito experimental como el desarrollado por Friedrich Wöhler quien en 1828 sintetizó la urea (un compuesto orgánico) a partir de compuestos inorgánicos.

Desde este momento, y conjugando los procesos investigativos que poco a poco enriquecieron lo propuesto por Wöhler, como por ejemplo la química de los colorantes, fue indispensable averiguar las características de la composición que dieron origen a un sinnúmero de compuestos. Es así como investigaciones posteriores dieron lugar a la Química Estructural, en la que se distinguieron químicos como: Frankland, quien formuló la teoría de las valencias químicas en 1852; Adolphe Wurtz en 1855 desarrollo un método para sintetizar hidrocarburos mediante reacción de haluros de alquilo con sodio y, Berthelot quien en 1856 asiló por primera vez el metano (un hidrocarburo saturado sencillo) en el laboratorio y después descubrió el alqueno más pequeño, acetileno o etino (Toscano, 2017).

Un poco más de historia señala que a Kekulé se le debe el mayor aporte a la formulación de la Teoría de la Estructura de la Química (1858), donde refiere y explica la idea de la tetravalencia del átomo de carbono. En sus manuales explica que la estructura de los compuestos del carbono se debe a las interacciones fuertes y débiles entre los átomos de carbono. La conjugación de dichas interacciones (enlaces) justifica la presencia de enlaces sencillos (saturados) y dobles (insaturados) en las cadenas carbonas propias de los compuestos orgánicos.

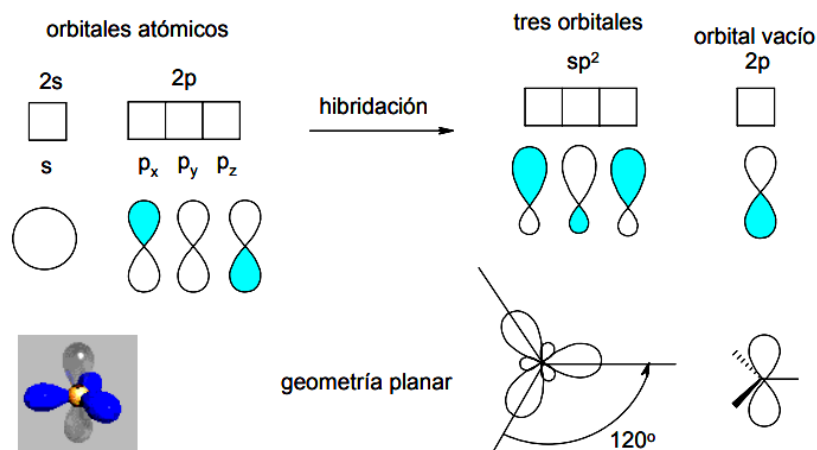
Entrando ahora a considerar el cómo estudiar el comportamiento de dichas estructuras carbonadas de naturaleza orgánica, conviene sistematizar el estudio de los compuestos del carbono, y su organización, con base en los grupos funcionales que presentan en su estructura (Gutiérrez, León y Palacios, 2003). Al hablar de grupo funcional se entiende que es el átomo o conjunto de átomos con un arreglo estructural molecular que confiere al compuesto propiedades químicas específicas. Así, todo compuesto que haga parte de esta función o familia de compuestos presentarán un mismo comportamiento o respuesta química ante la presencia de una determinada molécula o reactivo. Este hecho facilita el estudio de la química orgánica, pues conociendo las propiedades de unos pocos grupos funcionales se pueden entender y explicar las propiedades de muchas otras funciones.

5.3.2. Estructura y Organización del grupo funcional alqueno (>C=C<).

Particularmente, y como es de nuestro interés, los compuestos de la familia de los alquenos se caracterizan por tener una doble enlace carbono-carbono en su estructura (>C=C<). La fórmula general de la serie homóloga se expresa como C_nH_{2n} , siendo el eteno (etileno o vinilo) el alqueno más sencillo de esta familia, compuesto que contiene dos átomos de carbono unidos por medio de un enlace sigma (σ) fuerte ubicado sobre el eje de enlace molecular y otro enlace pi (π) débil perpendicular al eje de enlace, lo cual les confiere una estructura rígida, pues no permite la rotación libre entre los átomos que la forman. Este fenómeno físico se deriva de la Teoría de la Hibridación (tipo sp^2 para los alquenos) establecida por Linus Pauling en su obra “The Nature of the Chemical Bond”

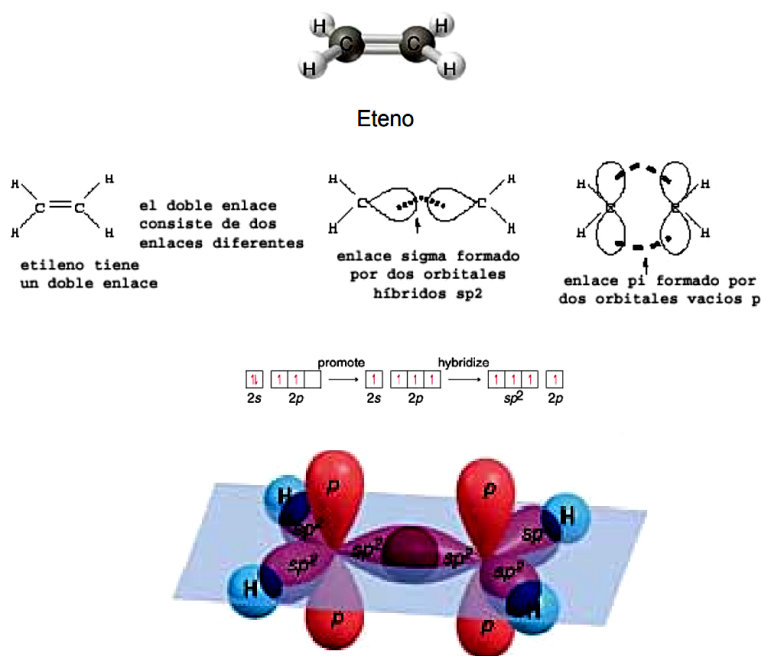
publicada en 1931. Los postulados de ésta teoría explican la modelación para la formación de los dos tipos de enlaces covalentes presentes en esta familia de compuestos.

Figura 2. Hibridación sp^2 en los átomos de carbono.



Fuente: http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfranciscodavinarey/system/files/u49/Hibridacion_exemplos_debuxos.pdf

Figura 3. Solapamiento de orbitales en la formación del doble enlace C-C

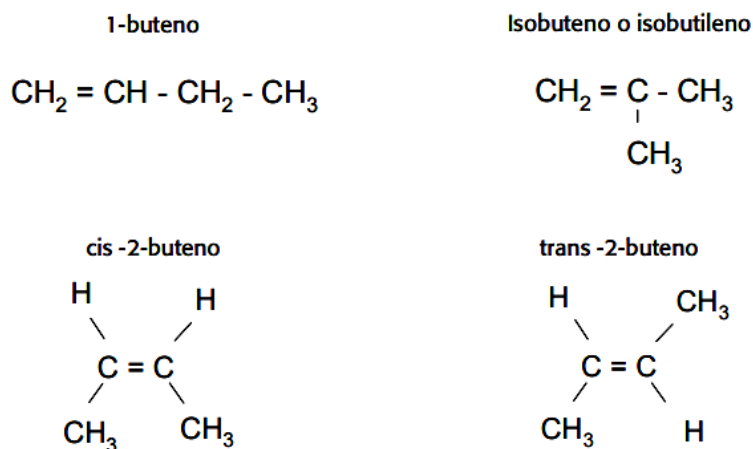


Fuente: http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfranciscodavinarey/system/files/u49/Hibridacion_exemplos_debuxos.pdf

En la estructura del eteno los cuatro átomos de hidrógeno se localizan en el mismo plano junto con los dos átomos de carbono de la misma molécula. Los ángulos de unión en el etileno están muy cercanos a los 120° (McMurry, 2001).

Luego, en la década de 1860, el químico ruso Aleksandr Butlerov demostró experimentalmente la existencia de isómeros y argumentó que, en los compuestos orgánicos insaturados, los carbonos se unen entre sí por enlaces dobles (alquenos), con lo cual hizo una propuesta sobre la química estructural de los alquenos.

Figura 4. Organización estructural de los isómeros geométricos Cis – Trans en alquenos



Fuente: elaboración propia.

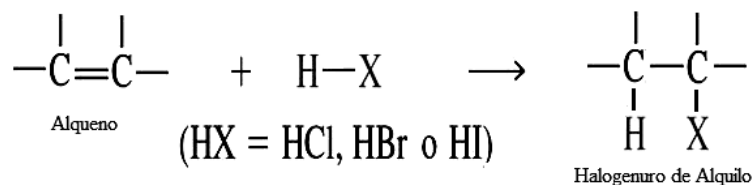
La rotación alrededor del doble enlace C–C está muy restringida pues se requieren alrededor de 270 kJ/mol para producir el movimiento de giro al rededor del doble enlace. Debido a esta condición energética los alquenos presentan isómeros geométricos (Morrison y Boyd, 1998).

5.3.3. La Regla de Markovnikov y la Hidrohalogenación de Alquenos.

Los alquenos son más reactivos que los hidrocarburos saturados de peso molecular semejante, debido a la presencia del doble enlace, por lo cual se aduce que las reacciones típicas de los alquenos involucran el rompimiento del enlace pi (Π) con la formación de dos enlaces sigma (δ).

Así, una de las reacciones más representativas es la hidrohalogenación o adición de ácidos hidrácidos, en la que el cloruro, bromuro o yoduro de hidrógeno convierten un alqueno en el halogenuro de alquilo correspondiente.

Figura 5. Reacción general de adición en un alqueno



Fuente: elaboración propia.

Es frecuente que la reacción se realice haciendo pasar directamente por el alqueno el halogenuro de hidrógeno gaseoso y seco. Generalmente no se emplean las conocidas soluciones acuosas de los halogenuros de hidrógeno, en parte, esto se debe a que así se evita la adición de agua al alqueno (Morrison y Boyd, 1990).

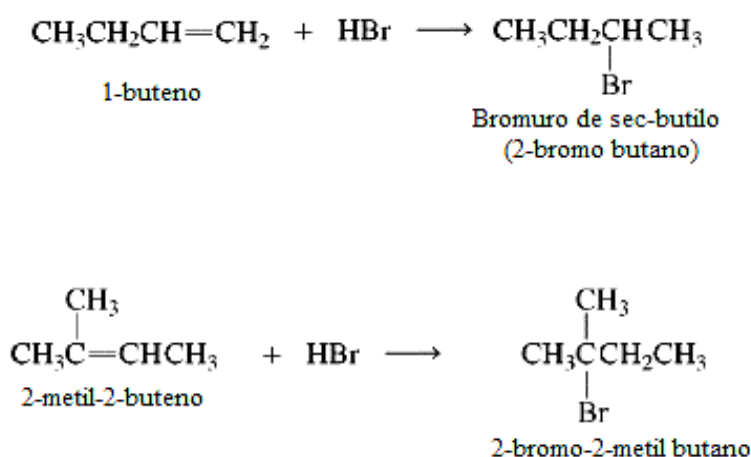
Así, en la adición de un reactivo HX a un alqueno, la orientación depende de qué carbono del doble enlace acepta a X y cuál acepta a H.

Al examinar las adiciones como éstas, el químico ruso Vladimir Markovnikov comprobó que cuando existe la posibilidad de formación de dos productos isómeros, generalmente predomina uno. En 1896, señaló que la orientación de la adición sigue un esquema que puede resumirse de la manera siguiente: *En la adición iónica de un ácido a un doble enlace*

de un alqueno, el hidrógeno de aquel se une al átomo de carbono que ya tiene el mayor número de hidrógenos. Este enunciado se conoce como Regla de Markovnikov. Puede describirse también: “Al que tiene, le será dado” o “El que tiene, recibirá”.

En la adición del propileno, por tanto, se observa que el hidrógeno se une al carbono que tiene dos hidrógenos y no al que tiene uno, en la adición al isobutileno (2-metil-2-buteno) el hidrógeno va al que tiene dos hidrógenos y no al que no tiene ninguno.

Figura 6. Ejemplos de adición acordes a la regla de Markovnikov



Fuente: elaboración propia.

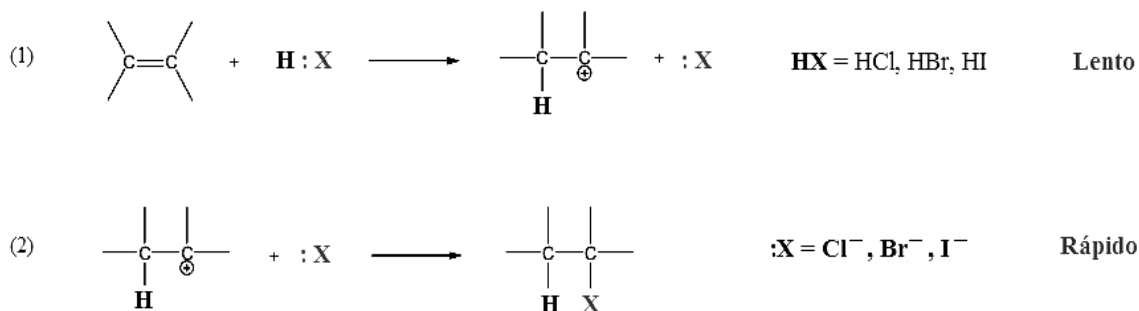
Los ejemplos implican la adición de yoduro de hidrógeno y cloruro de hidrógeno, resultados que resultan ser análogos al del ejemplo. Considerando la orientación de dicha reacción se consideran que son regioselectivas (del latín: *regio*, dirección).

5.3.4. Adición electrofílica: mecanismo.

Para considerar la reacción de hidrohalogenación, es útil examinar el mecanismo de reacción de la adición electrofílica, propia de los alquenos.

La adición del reactivo ácido, HX, procede en dos pasos:

Figura 7. Mecanismo de reacción de adición electrofílica en alquenos

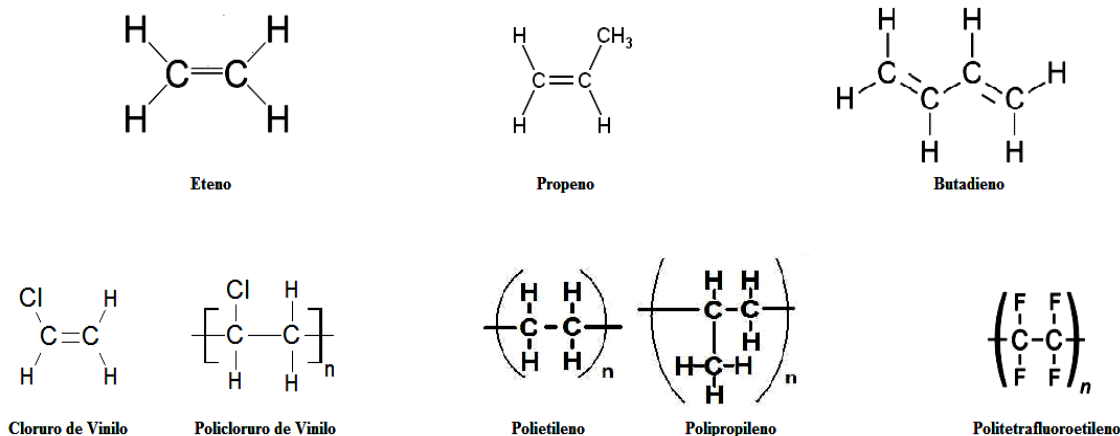


Fuente: elaboración propia.

El paso (1) implica la transferencia del ion hidrógeno de **:X** al alqueno para formar un carbocatión. Se transfiere hidrógeno en forma de protón –es decir, sin sus electrones, que se dejan en la base **:X**–. Para establecer el enlace con el hidrógeno, el carbono utiliza los electrones Π que antes compartía con el otro carbono, quedando ahora con un sexteto de electrones solamente, y se convierte en un carbono deficiente en electrones, un carbocatión. El paso (1) es la etapa difícil y su velocidad controla enteramente la velocidad total de la adición. Este paso implica un ataque por medio de un reactivo ácido buscador de electrones, es decir, un reactivo electrofílico, por lo que el proceso se denomina Adición electrofílica.

El paso (2) es la unión del carbocatión con la base **:X**. Ahora es posible reformular la regla de Markovnikov: la adición electrofílica a un doble enlace carbono-carbono implica la formación intermediaria del carbocatión más estable. Por ello, el desarrollo del paso (2) requiere conocer que una vez enlazado el hidrógeno al carbono del doble enlace con mayor número de H, ha producido la ruptura del enlace Π , de manera que el otro carbono ha quedado con carga positiva. En este estado de transición el enlace entre el hidrógeno y **:X** está parcialmente roto, y entre el hidrógeno y carbono está parcialmente establecido.

Figura 9. Alquenos de amplio uso industrial y en la vida cotidiana



Fuente: elaboración propia.

También el etileno es utilizado en la maduración de frutos verdes como piñas y tomates. En la antigüedad se utilizó como anestésico y en la fabricación del gas mostaza (utilizado como gas de combate), mientras que el butadieno (un alqueno con dos dobles enlaces en su cadena carbonada) hizo posible la sustitución del caucho natural por la goma sintética.

De hecho, varias feromonas u hormonas sexuales de insectos son alquenos. Los carotenos y la vitamina A, constituyentes de los vegetales amarillos como la zanahoria, y que son utilizados por los bastoncillos visuales de los ojos, también son alquenos. El licopeno, pigmento rojo del tomate y las xantinas colorantes amarillos del maíz y la yema de huevo también son alquenos.

6. OBJETIVOS

6.1. GENERAL

Describir las relaciones existentes entre los niveles de argumentación y los cambios en los modelos explicativos que presentan los estudiantes de grado once al inferir el comportamiento reactivo de los alquenos como grupo funcional de los hidrocarburos insaturados.

6.2. ESPECÍFICOS

Identificar los niveles de argumentación, a través de las producciones escritas de los estudiantes, en la descripción del comportamiento reactivo de los alquenos.

Caracterizar los modelos explicativos que presentan los estudiantes al justificar el comportamiento reactivo de los alquenos.

7. METODOLOGÍA

7.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación se realizó aplicando una metodología de estudio de caso con enfoque mixto. Esto debido a que se llevó a cabo una observación sistemática, en el tiempo, del equipo de trabajo, así como de los procesos de desarrollo individual, los cuales constituyeron los casos finales de análisis, bajo el propósito de describir y encontrar acciones, lenguajes y hechos funcionalmente relevantes que confirmen el comportamiento evolutivo en los niveles de las categorías de análisis, niveles de argumentación y modelos explicativos, tomando como base las descripciones narrativas obtenidas de los modelos explicativos que elaboraron los educandos en el estudio del comportamiento reactivo de los alquenos.

Este enfoque permitió a través del análisis cuantitativo realizar un estudio comparativo de las categorías de análisis en los distintos momentos, al tiempo que el análisis cualitativo, bajo la confrontación de los referentes teóricos, proporcionó profundidad en la información, contextualizando las categorías de análisis (Hernandez, et al., 2006). Bajo este enfoque las interpretaciones se construyeron a partir del análisis de los datos cuantitativos y cualitativos en fases paralelas (Tashakkori y Teddlie, 2003), de modo que fue posible conocer la particularidad de caso, que a su vez orientó al conocimiento de cómo funcionan todas las partes que los componen y las relaciones entre ellas cuando forman el todo (Muñoz y Serván, 2001 citado por Jara, R. 2012).

7.2. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

Los referentes metodológicos que sustentan el diseño de la propuesta de trabajo y que se adaptan al objeto de investigación son aquellos que permiten analizar el uso de modelos explicativos como método de enseñanza y aprendizaje del comportamiento reactivo de los

alquenos y, el desarrollo de la argumentación como eje del pensamiento crítico en el estudiante.

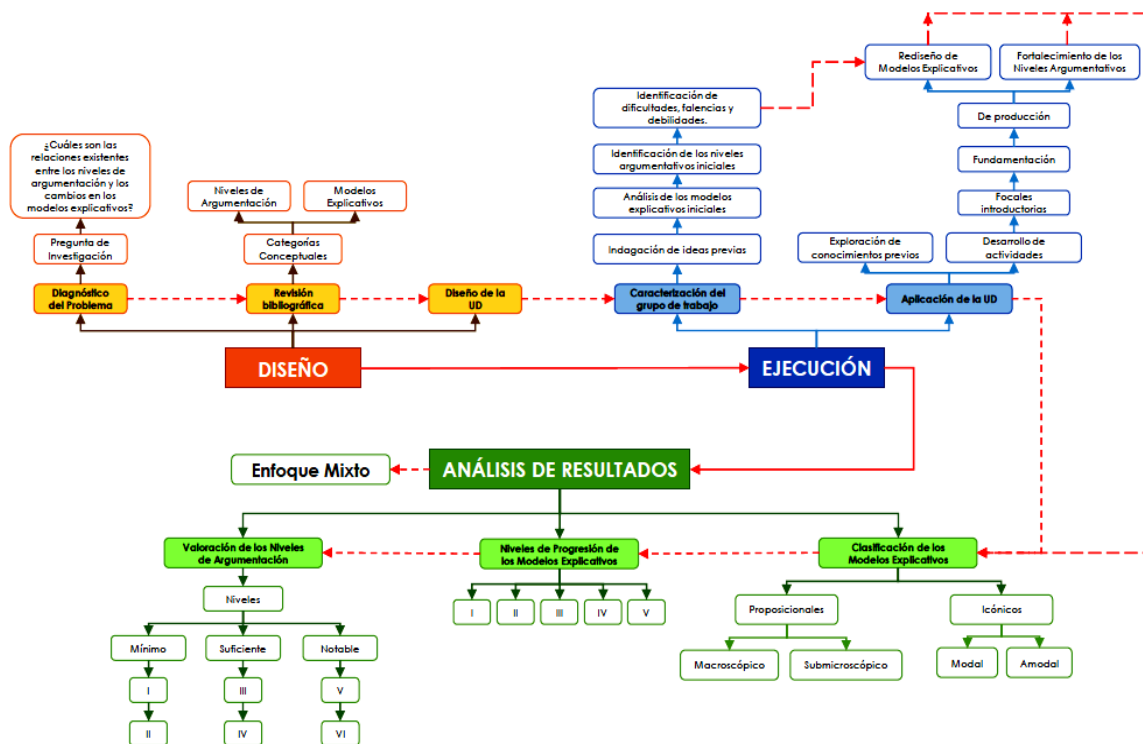
7.3. UNIDAD DE TRABAJO

Dado el propósito de la investigación, se describe los avances en las categorías de análisis, niveles de argumentación y modelos explicativos, en un grupo de 31 estudiantes con edades entre 15 y 17 años, de ambos géneros, del grado 11-3 de la I.E.M. Ciudad de Pasto, jornada tarde. Éste grupo reside en la zona urbana de la ciudad y pertenecen en su mayoría a las comunas 3 y 4, perfilados en los estratos 1, 2 y 3. Del total integrantes se analizó la información completa de 4 de ellos. La selección de este subgrupo se hizo basado en los resultados de una encuesta en la que se indagó el interés y la familiaridad con los temas abordados en el curso de química, así como la motivación y el deseo por continuar una formación profesional en química o una de sus disciplinas. El equipo de trabajo además evidencia un alto desempeño académico en la asignatura de química. Cada uno de ellos participó en los espacios de debate y construcción colectiva durante el estudio inferencial del comportamiento reactivo de los alquenos como grupo funcional de los hidrocarburos insaturados.

7.4. DISEÑO METODOLÓGICO

A nivel general, el proyecto se desarrolló en las fases de diseño, ejecución y evaluación, indicadas en la siguiente figura:

Figura 10. Fases de diseño y aplicación de la Unidad Didáctica, UD.



Fuente: elaboración propia.

Fase 1. – Diseño

En esta fase se realizó el diagnóstico del problema a trabajar, así como la revisión bibliográfica de las categorías de investigación, los referentes, las propuestas, estrategias y los antecedentes en torno al desarrollo de los niveles argumentativos y los modelos explicativos en los estudiantes que toman el curso de química orgánica.

Así mismo, se caracterizó el grupo base de estudio. Esto con el propósito de indagar las ideas previas iniciales de los estudiantes respecto al estudio y análisis de la reactividad de compuestos de naturaleza orgánica. En el marco del ejercicio analítico se identificaron los niveles argumentativos iniciales, basados en la articulación y relación de sus ideas previas, al diseñar modelos explicativos que sustentan y justifican el cómo y porqué de la naturaleza reactiva de los alquenos como una de las funciones orgánicas insaturadas.

Una vez reconocidas las falencias y debilidades frente a los conceptos y temática a estudiar, se dio paso al diseño de la Unidad Didáctica (UD) con el fin de superar los obstáculos y dificultades de los estudiantes. La UD integró actividades que promovieron la argumentación mientras diseñaban sus modelos explicativos desde donde se identificó la comprensión y apropiación de las rutas o mecanismos de reacción de moléculas orgánicas con enlaces insaturados como los alquenos.

Fase No. 2 – Ejecución

En la segunda fase se realizó el trabajo de investigación sobre la población objetivo, quienes señalaron puntualmente sus dificultades o limitaciones respecto al aprendizaje de las propiedades químicas de los grupos funcionales insaturados orgánicos.

En esta fase se aplicó la UD. La secuencia de momentos comprendió seis fases (Tabla 4.), cuyos pilares estructurales contemplaron la exploración de conocimientos previos, actividades focales introductorias a los nuevos conceptos, actividades de fundamentación de los nuevos conocimientos, y finalmente actividades de producción a la luz de los niveles argumentativos. En cada una de estas etapas se desarrollaron actividades de registro y valoración, que dieron cuenta del proceso evolutivo tanto de los modelos explicativos como de los niveles de argumentación alcanzados por los estudiantes.

Tabla 4. Protocolo metodológico de la aplicación de la Unidad Didáctica, UD.

Fase	Momento	Descripción
1	Diseño y aplicación de cuestionario	Aplicado para conocer las representaciones y prácticas de la formación argumentativa con las que cuenta el estudiante, y su relación con las producciones escritas en el marco del estudio de los Alquenos.
2 y 4	Encuesta	Se implementó con el fin de acceder a los propósitos e impresiones de los educandos respecto al aprendizaje de la

		reactividad de los alquenos. Mediante sus intereses se reconoció el grado de acercamiento a un mayor nivel de argumentación.
3	Registro de vídeo	Implementado para identificar las formas y/o niveles de argumentación producto de la interacción de cada educando con el material de trabajo propuesto.
5	Diseño de Modelos Explicativos	Instrumento didáctico diseñado para orientar a los estudiantes hacia el ejercicio de cómo reconocer las herramientas que favorezcan el desarrollo de su argumentación.
6	Análisis de Resultados	Planteó una reflexión abierta y sistemática en razón al proceso formativo logrado después de intervenir los procesos de pensamiento, análisis y discusión como ejes vertebrales de la argumentación, basados en los modelos explicativos.

Fuente: elaboración propia.

Fase 3 – Análisis de resultados:

Finalizada la fase de ejecución se realizó una reflexión fundamentada en la evaluación de la Unidad Didáctica, como instrumento que favorece el desarrollo de los niveles argumentativos de los estudiantes en el aprendizaje del comportamiento reactivo de los alquenos, desde el uso de los modelos explicativos.

Cabe aclarar, que para cada momento de desarrollo del proyecto se aplicaron instrumentos buscando la suficiencia, en número, para el análisis de los resultados, pues en esencia la propuesta de trabajo es de tipo mixto. El análisis y la discusión de resultados tomaron como base la organización de la información en cuadros y matrices que condensaron las producciones, en cada una de las categorías de investigación, para cada uno de los momentos propuestos dentro de la UD. Estas herramientas especifican los términos de cada una de las categorías y subcategorías en la que se ubicaron los educandos, muestra de trabajo. Finalmente, se aplicó una prueba estadística no paramétrica de rangos, prueba de Wilcoxon, con el fin de visualizar si existe - o no - diferencias estadísticamente

significativas entre los tres momentos de la UD para las dos categorías de investigación que se analizan.

7.5. UNIDAD DE ANÁLISIS

Debido al enfoque, de tipo mixto, seleccionado para el tratamiento de la información colectada en los distintos momentos de la intervención, el análisis y triangulación de la información hizo uso de cuadros y matrices que organizaron la información, cualitativa y cuantitativa, para cada una de las actividades y categorías de investigación. Esto con el fin de dar validez respecto a los significados teóricos y conceptuales establecidos por los referentes bibliográficos.

La correspondencia entre la información de los cuadros estadísticos y las matrices dieron cuenta de los puntos de convergencia que permitieron interpretar, analizar y corroborar el comportamiento de las categorías objeto de investigación. Producto de esta relación se obtuvo un panorama y una perspectiva más amplia respecto a la interpretación de la información que justifica la interacción sinérgica entre la evolución de los modelos explicativos y los niveles de argumentación logrados por los estudiantes. Con ello, se da cumplimiento al objetivo general del proyecto y, por ende a los objetivos específicos.

La orientación para el análisis de resultados tomó como referencia la Tabla 5, en la que enlistan y relacionan las categorías y subcategorías de estudio, con sus respectivos descriptores:

Tabla 5. Categorías de investigación

TÍTULO	Relaciones existentes entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que presentan los estudiantes al inferir el comportamiento reactivo de los alquenos		
PREGUNTA CENTRAL	¿Cuáles son las relaciones existentes entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que presentan los estudiantes de grado once al inferir el comportamiento reactivo de los alquenos?		
OBJETIVO GENERAL	Describir las relaciones existentes entre los niveles de argumentación y los modelos explicativos que presentan los estudiantes de grado once al inferir el comportamiento reactivo de los alquenos como grupo funcional de los hidrocarburos insaturados.		
Identificar los niveles de argumentación a través de las producciones escritas de los estudiantes durante la descripción del comportamiento reactivo de los alquenos.	Categoría	Subcategoría	Descriptorios
	Niveles de argumentación Según Tamayo, 2014	Nivel 1	Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia.
		Nivel 2	Comprende argumentos en los que se identificaron claridad de los datos y conclusión.
		Nivel 3	Son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y una justificación y sin cualificador o modalizador.
		Nivel 4	Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones haciendo uso de cualificadores o respaldo teórico, y sin contraargumento.
		Nivel 5	Comprende argumentos con conclusión y un contraargumento igual.
		Nivel 6	Comprende argumentos completos con más de un contraargumento.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS Caracterizar los modelos explicativos que presentan los estudiantes al justificar el comportamiento reactivo de los alquenos.	Categoría	Subcategoría	Descriptorios
	Modelos Explicativos Método ajustado por Aragón, Oliva y Navarrete, 2013	Proposicional macroscópico	Constituidos por las representaciones proposicionales de la realidad observable. Los modelos proposicionales macroscópicos son fundamentalmente verbales que desde el punto de vista de la ciencia escolar requiere el uso de los conceptos, así como el establecimiento de las relaciones adecuadas entre estos.
		Proposicional submicroscópico	Corresponden a las representaciones proposicionales de la interpretación de procesos mediante partículas submicroscópicas, como átomos o moléculas, que no pueden ser directamente observadas. En el marco del modelo escolar deseable, el empleo de representaciones proposicionales submicroscópicas requiere el manejo verbal de las ideas básicas que conforman el modelo cinético molecular de la materia, el modelo atómico y el modelo de las colisiones.
		Icónico modal	Formados por representaciones del cambio químico que hacen uso de diagramas de partículas, guardando los símbolos empleados una cierta relación de similitud con los objetos que representan, átomos y moléculas fundamentalmente. Aquí caben las representaciones pictóricas de los cambios a escala macroscópica, aunque los estudiantes las emplean con poca frecuencia.
		Icónico amodal	Constituidos por símbolos que no guardan relación de semejanza con el objeto representado. Es el caso de los símbolos de elementos y las fórmulas. Requieren, además del manejo de los símbolos de los elementos, la utilización de las fórmulas químicas y la representación de una reacción química mediante la ecuación química ajustada correspondiente.

Niveles de Progresión de los Modelos Explicativos						
Nivel	I	II	III	IV	V	
Descriptor	No se llega a usar el modelo.	Se usa el modelo pero con graves carencias, se manifiestan concepciones alternativas.	Se puede usar el modelo a nivel avanzado o básico, pero en ocasiones se siguen manteniendo carencias en su empleo, lo que muestra concepciones alternativas.	Se usa el modelo a un nivel básico. No se ponen de manifiesto ideas alternativas, pero pueden recurrir a algunas imprecisiones en el lenguaje o incluso a omitir algunos aspectos relevantes del modelo.	Se usa el modelo con cierto grado de profundidad.	

Fuente: elaboración propia.

7.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La tabla 6 ofrece una perspectiva sintética del conjunto de los instrumentos y las fases de recolección de información de la propuesta de investigación.

Tabla 6. Instrumentos para la recolección de información.

Instrumento	Momento	Propósito	Descripción
Cuestionarios	Diseño y aplicación de cuestionario	Reconocer los modelos explicativos y los niveles argumentativos iniciales en el grupo de estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretación de los elementos de una reacción. - Diferenciación entre los tipos de moléculas insaturadas. - Representación de una reacción o ecuación química. - Interpretación del desarrollo en un mecanismo de una reacción para un alqueno.

Encuesta	Encuesta	<p>Analizar los conocimientos adquiridos por los estudiantes con relación a la interpretación y argumentación de la reacción de un alqueno.</p>	<p>-Analizar y describir las experiencias de aprendizaje en torno al estudio de reacciones químicas.</p> <p>-Establecer relaciones entre su conocimiento y las dificultades para establecer analogías o modelos explicativos.</p> <p>-Identificar el dominio y apropiación del lenguaje simbólico en la modelación de sus explicaciones.</p>
Video	Registro de vídeo	<p>Analizar el dominio de los conocimientos adquiridos por los estudiantes respecto a la interpretación y argumentación de la reacción de un alqueno.</p> <p>Contrastar la información previa y posterior al desarrollo de la UD.</p> <p>Reconocer las dificultades de relación y apropiación de la terminología, simbología</p>	<p>-Observación y análisis de las explicaciones de los modelos explicativos.</p> <p>-Manejo de recursos explicativos, diseños y argumentos valorativos que los introduce en el dominio específico de la reactividad de los alquenos.</p> <p>-Implementación del modelo explicativo que involucre: representación simbólica del cambio químico, uso del lenguaje simbólico e interpretación del proceso</p>

<p>Actividades individuales y grupales</p>	<p>Diseño de Modelos</p>	<p>y lenguaje propio de la química, empleada en la explicación de los modelos explicativos propuestos por los estudiantes. Explorar los modelos explicativos finales en los estudiantes.</p>	<p>reactivo. -Realización de deducciones e inferencias. -Proposición de predicciones en el comportamiento reactivo de un alqueno a partir de un mecanismo incompleto. -Formulación total o parcial de la posible ruta del mecanismo de reacción de un alqueno.</p>
<p>Modelaciones en páginas web</p>	<p>Explicativos</p>	<p>Promover un mayor nivel de argumentación simultáneo a la evolución en la elaboración de los modelos explicativos desarrollados por los estudiantes al explicar el comportamiento reactivo de los alquenos.</p>	
<p>Sistemas de categorías y Niveles de progresión</p>	<p>Análisis de Resultados</p>	<p>Describir las relaciones entre la progresión en los niveles argumentativos y las evoluciones o reformas en los modelos explicativos producidos por los estudiantes respecto del cambio químico en los alquenos.</p>	<p>-Mostrar los ajustes y modificaciones sucesivas implementadas en el diseño de los modelos explicativos. -Reconocer la progresión en los niveles argumentativos adoptados en la sustentación de los modelos explicativos. -Valorar el uso, descripción y la relación de conceptos,</p>

terminología, simbología y características propias del desarrollo de un proceso químico en la diagramación propuesta.

Fuente: elaboración propia.

Cabe aclarar que las actividades si bien han de ser apreciadas como sugerencias didácticas, deben considerarse como un marco abierto y flexible, en revisión permanente, con el propósito de mejorar su eficacia didáctica (García – Carmona, 2006).

Una vez recolectada la información, el análisis de resultados respecto a los niveles argumentativos se realizó de acuerdo con la pauta de valoración planteada por Tamayo (2014), mientras que el análisis de los modelos explicativos se realizó de acuerdo con el método ajustado por Aragón, Oliva y Navarrete (2013).

8. RESULTADOS

El análisis de la información ha de comprenderse como el resultado de la transformación de unas producciones iniciales sobre las que se intervino, controladamente, de acuerdo a los momentos de ejecución de la UD. En cada uno de los momentos no solo se reconoció su significado sino también la movilización en los niveles de argumentación como acción sinérgica a la modificación progresiva, y positiva, de los modelos explicativos elaborados por los estudiantes cuando debieron enfrentar situaciones problemáticas respecto al estudio y valoración del comportamiento reactivo de los alquenos. Así, cada una de las producciones textuales se encontró dotada de información y de unos significados que modificaron el pensamiento en el educando, indicios que se justificaron desde el contexto teórico y bibliográfico que alimenta el sentido del análisis y la discusión de resultados.

8.1. MOMENTO DE UBICACIÓN

Como producto de la evaluación diagnóstica inicial se procedió a consignar los datos obtenidos en las tablas 7 y 8, donde se muestra de forma general la organización de los estudiantes respecto a sus niveles en argumentación y modelos explicativos iniciales, una vez trabajadas las actividades del momento de ubicación (Anexos B y D).

Tabla 7. Distribución de los niveles de argumentación, momento de ubicación

Estudiante	Preguntas Parte A				Preguntas Parte B								
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
E-I	4	4	4	4	3	3	2	3	1	1	2	3	3
E-II	4	4	4	4	1	4	1	4	4	4	4	4	4
E-III	4	4	2	4	3	4	2	3	4	3	4	3	1
E-IV	3	5	4	1	2	3	2	1	3	3	1	2	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Distribución de los niveles para los modelos explicativos, momento de ubicación

Modelo proposicional macroscópico			Modelo proposicional submicroscópico		
Nivel	Parte A	Parte B	Nivel	Parte A	Parte B
I	0	2	I	1	7
II	0	0	II	4	4
III	0	1	III	1	6
IV	0	0	IV	5	8
V	0	0	V	5	8
Modelo icónico modal			Modelo icónico amodal		
Nivel	Parte A	Parte B	Nivel	Parte A	Parte B
I	0	1	I	0	2
II	0	1	II	3	1
III	0	1	III	0	6
IV	5	3	IV	0	1
V	1	4	V	2	2

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 7 se logra establecer que el 75% de las respuestas (12 de 16) de los estudiantes, para las interrogantes de la parte A (Anexo B) los ubican en un nivel 4 de argumentación. Este nivel confirma que aunque el estudiante postula argumentos que él comprende, desde los referentes teóricos que le han sido citados, no alcanza a dilucidar un postura contraria que le sirva como contraargumento y que de peso a las razones de sus justificaciones. Ya para el segundo instrumento, parte B, (Anexo C) ante un mayor número de cuestionamientos se ratifica que el estudiante posee dificultades para comprender y expresar razones que den cuenta de la relación de los conceptos previos, adquiridos en años anteriores, con su aplicación y desarrollo en una temática de mayor nivel respecto al entorno fisicoquímico de las moléculas de naturaleza orgánica. El 39 % de las respuestas indican un nivel 3 en argumentación y tan solo un 28% adicional se tipifican como nivel 4, además ahora se hallan en sendos porcentajes (7%) soluciones en nivel 1 y 2 de

argumentación. Estas cifras porcentuales determinan que si bien el educando procura elaborar una respuesta vigorosa en elementos que validen sus razones, no dejan de hacer una interpretación basada únicamente en lo que observa bajo las propiedades periódicas que él conoce, y no realiza una interpretación o comprensión molecular y/o atómica de la situación.

En este ítem, el 77% de las respuestas señalan un nivel bajo de argumentación. Conocer estos resultados despierta en el grupo de trabajo el deseo de conocer, saber y trabajar respecto al fenómeno del comportamiento químico de los alquenos. Preguntas con el más bajo nivel de argumentación, como P1, P3, P4, P6, P8 y P9, ampliaron el deseo de conocer el fundamento de aquello que consideraron obvio pero los condujo a un error conceptual. En conclusión, estos choques cognitivos fueron considerados como el punto de partida hacia la inquietud de un fenómeno que no puede ser observado de manera directa, y para el cual no tenían mayor respuesta, pero si fue asumido inicialmente como un cuestionamiento aparentemente resuelto desde la instancia de su saber previo.

Ahora bien, si se relaciona este comportamiento en conexión al uso y construcción de los modelos explicativos es claro que el estudiante solo realiza aportes desde lo macroscópico, es decir, el estudiante inicia sus respuestas desde la búsqueda de las relaciones, más adecuadas posibles, de los conceptos, propiedades y características de su realidad observable (de lo que ve en la estructura de la molécula). Es por ello que en la parte A de este momento, el grupo de estudiantes aporta desde los constructos simbólicos (modelos icónicos modales) que no necesariamente guardan una relación estrecha con lo representado en el comportamiento fisicoquímico de la función orgánica, por tal motivo, los niveles de progresión en este recurso de aprendizaje (IV y V) muestran que aunque se usa el modelo al menos a un nivel básico, no se expresan razones alternativas que fundamenten su diseño y más aún les lleva a incurrir a algunas impresiones conceptuales que desdibujan lo que realmente se desea expresar en su modelo.

Sin embargo, en la parte B del ejercicio analítico los estudiantes transitan hacia un modelo icónico amodal, hecho que demuestra que en el afán de reafirmar sus saberes previos hacen uso de los símbolos o fórmulas químicas -semidesarrolladas- que les posibilite plantear valores que condicionen el comportamiento reactivo del alqueno. Los niveles II y III, para este modelo, justifican las imprecisiones ya citadas en la argumentación, pues en estos niveles de transición los modelos presentan graves carencias, muchas veces con concepciones alternas erradas que desorientan la articulación de su modelo con los elementos de sus argumentos.

A causa de ello y con el propósito de valorar y justificar el comportamiento de la información, se aplicó un cuestionario KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory, Young and Tamir, 1977) para cada una de las partes del momento de ubicación (Anexos C y E). Por medio de este instrumento se obtuvo información sobre el conocimiento que el estudiante posee en torno a los conceptos tratados en cada una de las situaciones propuestas.

La información arrojada de estos formularios permitió la comparación y evaluación de la información de manera rápida y eficiente, valorando sus conocimientos previos en temáticas como electronegatividad, enlace químico, fórmulas estructurales y moleculares, geometría molecular y, reacciones y ecuaciones químicas. A partir de ello, además de esclarecer el porqué de las respuestas a los diversos interrogantes propuestos en cada instrumento, fue posible realizar adaptaciones a los instrumentos de los momentos posteriores de la UD en consideración a los intereses, propósitos y contexto de aprendizaje del grupo de estudiantes.

Tabla 9. Resultados encuesta KPSI Parte A, momento de ubicación

Concepto	¿Has estudiado el concepto?		Grado de Comprensión			
	1	2	1	2	3	4
Electrón		100				100
Electrón de valencia		100				100
Electronegatividad		100			50	50
Enlace covalente		100			50	50
Enlace doble		100			50	50
Polaridad		100		25	50	25
Hidrocarburo	50	50	50	50		
Insaturado	50	50	50	50		
Alqueno	75	25	75	25		
Fórmula molecular		100			50	50
Orbitales		100		25	75	25
Hibridación	75	25	75	25		
Traslape de orbitales	100		100			
Isómero	100		100			
Tensión estérica	25	75	25	75		

Fuente: elaboración propia. * Valores en términos porcentuales (%)

Los datos obtenidos de este instrumento diagnóstico señalan que la totalidad de los estudiantes conocen y comprenden los conceptos de electrón, electrón de valencia, enlace covalente, enlace doble, polaridad, fórmula molecular, y orbitales, pero solo podrían llegar a explicar, a un compañero de clase, las dos primeras definiciones. Sin embargo, conceptos como enlace covalente, enlace doble, polaridad, fórmula molecular, y orbitales a pesar de ser comprendidos denotan una falencia, de modo que no se hallan seguros de poder explicarlo. Este comportamiento es evidencia que el estudiante posee, en cierto grado, el conocimiento pero no sabe cómo ordenar sus definiciones de manera que pueda ser llevado a una explicación argumentada.

Finalmente, en este primer filtro se observa que los términos y conceptos propios de química orgánica (que se señalan con negrilla) no los han estudiado y por ende no los comprende, de ello, la imposibilidad de generar estructuras sólidas y claras en sus explicaciones y argumentos a la hora de resolver las cuestiones de los instrumentos de indagación de conocimientos previos. Esta observación deja constancia al conocer los resultados de la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados encuesta KPSI Parte B, momento de ubicación

Concepto	¿Has estudiado el concepto?		Grado de Comprensión			
	1	2	1	2	3	4
Enlace pi (Π)	25	75		100		
Enlace sigma (δ)	50	50	25	75		
Nube electrónica		100		75	25	
Reacción de adición	25	75	25	25		50
Reactivo asimétrico	75	25	75		25	
Electrófilo	25	75	25	25	50	
Nucleófilo	25	75	25	25	50	
Carbocatión	75	25	75	25		
Regla de Markovnikov	75	25	75		25	

Fuente: elaboración propia. * Valores en términos porcentuales (%)

De forma general se observa la mayoría de los conceptos los han trabajado en algún momento de su formación en química pero el grado de comprensión es mayor en los parámetros 1 y 2 (no lo comprende o lo comprende parcialmente), especialmente en aquellos referentes conceptuales que son propios y de interés para el estudio analítico de las propiedades físicas y químicas de los alquenos. Los altos porcentajes de estos resultados generan un panorama de análisis respecto a las concepciones iniciales y propias de los educandos, de tal forma que basados en sus ideas previas e intereses se buscaron alternativas que los conduzcan a un cambio conceptual, a un mayor grado de apropiación,

comprensión y dominio de la temática que se vea reflejado en el progreso en torno a sus niveles de argumentación.

De forma paralela, y con el propósito de lograr un conocimiento en profundidad guiado por el interés y motivación en el estudiante, se realizó un cuestionario de caracterización de intereses.

Tabla 11. Resultados encuesta de intereses para el estudio de reacciones en alquenos

Criterios de estudio	Grado de interés		
	1	3	5
Composición, constitución y configuración de los reactantes	50	50	
Evaluación de las condiciones de reacción	25	75	
Etapas de una reacción	50	50	
Representación molecular de una reacción	25	75	
Mecanismo de reacción (descripción detallada)	50	50	
Simulaciones virtuales de una reacción orgánica			100
Planteamiento de hipótesis, solución de problemas y predicciones (inferencias) en la reacción de un alqueno.	25	75	

Fuente: elaboración propia. * Valores en términos porcentuales (%)

Tomando como principio el grado de conocimiento que poseen los estudiantes y correlacionado con la familiaridad de los conceptos requeridos en la reactividad de compuestos orgánicos, indicados en las tablas 9 y 10, el grupo señala, con un 75%, el deseo por conocer la evaluación de las condiciones de reacción, la representación molecular de una reacción y el planteamiento de hipótesis, solución de problemas y predicciones (inferencias) en la reacción de un alqueno. Todo esto guiado por las simulaciones virtuales de una reacción orgánica, parámetro para el que se puntualiza un 100% de interés.

Lo anterior permite concluir que el grupo de trabajo, aunque conoce y maneja algunos de los referentes conceptuales que le orientan al estudio macroscópico de la naturaleza reactiva de una molécula, no posee un dominio del análisis microscópico de la misma. De ahí su motivación por estudiar, trabajar y evaluar desde las condiciones de simulación el aspecto electrónico, atómico y molecular de un cambio químico. Así entonces, sus interpretaciones toman un giro positivo respecto de la comprensión argumentativa del porqué de la formación de un producto determinado. Este ítem de la encuesta permitió conocer cómo ante un fenómeno natural, que es poco común observar en la vida diaria, el estudiante siente el deseo por conocer la fundamentación que le permita un mayor acercamiento analítico del comportamiento reactivo de un alqueno.

8.2. MOMENTO DE DESUBICACIÓN

Los resultados de esta fase permiten conocer los acercamientos y superación que tienen los estudiantes en función de la identificación de sus obstáculos para el aprendizaje de la temática propuesta, una vez que se han cuestionado acerca de los logros alcanzados y derivados del primer momento, ubicación. Sus acciones y mediaciones llevan a repensar la acción en el aula, y en tal sentido avanzar en el proceso de aprendizaje confrontando sus producciones a la luz de los marcos teóricos estudiados.

Como deriva de lo dicho, las siguientes tablas indican la organización de los estudiantes respecto a sus niveles en argumentación y modelos explicativos, una vez aplicados los instrumentos para momento de desubicación (Anexos G, H, I, J).

Tabla 12. Distribución de los niveles de argumentación, momento de desubicación

Estudiante	Parte A*								Parte B								Parte C	Parte D				
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12		
E-I	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	5	5	5	4	5	4
E-II									4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	
E-III	3	3	4	3	3	4	4	4	4	5	3	3	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4
E-IV	4	4	4	4	3	4	4	5	4	5	4	4	3	4	4	4	5	5	5	4	5	4

Fuente: elaboración propia. * El estudiante II (E-II) no desarrollo en su totalidad el instrumento A.

Tabla 13. Distribución de los niveles para los modelos explicativos, momento de desubicación

Modelo proposicional macroscópico					Modelo proposicional submicroscópico				
Nivel	Parte A*	Parte B	Parte C	Parte D	Nivel	Parte A*	Parte B	Parte C	Parte D
I	0	0	0	0	I	0	0	0	0
II	0	0	0	0	II	1	0	0	0
III	0	0	0	0	III	1	2	0	0
IV	0	0	0	0	IV	3	8	4	2
V	0	0	0	0	V	19	2	0	2
Modelo icónico modal					Modelo icónico amodal				
Nivel	Parte A*	Parte B	Parte C	Parte D	Nivel	Parte A*	Parte B	Parte C	Parte D
I	0	0	0	0	I	0	0	0	0
II	0	0	0	0	II	1	0	0	0
III	0	0	0	0	III	1	1	0	0
IV	0	4	0	0	IV	3	3	4	2
V	2	2	0	0	V	11	0	0	2

Fuente: elaboración propia. * El estudiante II (E-II) no desarrollo en su totalidad el instrumento A.

Para este segundo momento la tabla 12 denota un mejor comportamiento en razón a los elementos de los argumentos presentados para las interrogantes de los cuatro instrumentos aplicados al grupo de trabajo. El nivel 4 de argumentación marca un amplio dominio para cada una de las partes, 67%, 58%, 50% y 75% para las actividades A, B, C y D correspondientemente. A saber, las cuatro actividades propuestas se clasifican en orden ascendente a su nivel de complejidad, de modo que sea posible llevar al estudiante a la proposición e inferencia de la ruta y mecanismo de reacción para un hidrocarburo insaturado.

Los resultados exhiben un comportamiento aceptable, a esta etapa del proceso, pues en el primer instrumento (Anexo G) se conduce al estudio guiado de las fases reactivas de un alqueno con ocho preguntas orientadoras, para las cuales 16 de las 24 respuestas comprenden argumentos contruidos a partir de los datos aportantes por la ruta reactiva desde donde el educando deriva conclusiones enriquecidas con justificaciones situadas en el entorno fisicoquímico del mecanismo del cambio químico. En ellos, se presentan modelizadores o cualificadores, condicionales o circunstanciales, que revelan una mayor claridad en el manejo de conceptos lo cual, a su vez, permite el desarrollo del pensamiento crítico e investigativo no solamente de las características físicas y químicas de la molécula reactiva sino también de las condiciones y fases de reacción. Llegar a apreciar estas variables optimiza los procesos de incursión inferencial al comportamiento reactivo para cualquier molécula en correspondencia a su grupo funcional.

En la parte B (Anexo H) aplicando la estrategia de trabajo cooperativo se propuso un número mayor de interrogantes para las cuales 28 de las 48 respuestas (58%) se ubican en el nivel 4 de argumentación. El grado de profundidad y exigencia aumenta, pues no solo se trata de proponer un ejercicio de abstracción de información, a partir del planteamiento de la situación problemática, sino también de la deducción e inferencia de las razones de comportamiento reactivo tanto para la molécula sustrato (alqueno) como para el agente reactivo (molécula atacante). Factores reactivos como la simetría de la molécula, impedimento estérico por parte de los grupos sustituyentes, configuración de los átomos

enlazados a los carbonos del doble enlace, origen de los iones reactivos (electrófilo y contraion), formación del complejo reactivo –carbocatión–, y procesos de eliminación para lograr la estabilidad de la molécula producto fueron abordados con la intención de referenciar una perspectiva más amplia de análisis, y así dar cumplimiento a uno de los objetivos de la UD.

Posterior a estas actividades guiadas, se formuló dos actividades adicionales (Anexos I y J) para las cuales ya no se consideraron preguntas orientadoras puesto que se trata de reacciones incompletas. En la primera se conoce los agentes reactivos y por ende hubo que trabajar en la formulación de los productos, mientras que en la segunda el proceso fue inverso, a partir de la molécula producto debieron llegar a postular las moléculas reactivas. Desde luego, para cada una el mecanismo de reacción brindaba pautas que orientaron el diligenciamiento de las fases reactivas.

Los resultados demuestran que en la primera se presentó una equivalencia para los niveles 4 y 5 de argumentación con un índice del 50% a diferencia de la segunda actividad para la cual no se logró el nivel 5 sino por el contrario se registró la coexistencia de los niveles 3 y 4, 25% y 75% respectivamente. Causales como el nivel de complejidad en los procesos de análisis e inferencia precisan que el grupo de estudiantes siempre que conozcan las moléculas reactivas (parte C, Anexo I) se sienten en capacidad de construir argumentos y contraargumentos constituidos por los datos aportantes de las estructuras moleculares iniciales y en consecuencia concluir justificadamente por qué - si o no - del cambio propuesto, desde donde se abordan razones con fundamentos teóricos que hacen válidas sus observaciones y anotaciones respecto a las leyes de cambio químico para ese tipo de sustratos.

Panorama que se torna muy distinto para la segunda experiencia (parte D, Anexo J) donde el grado de deducción es aún mayor; retos como el evaluar cuáles podrían ser los centros carbonados de mayor actividad conducen a que el grupo de estudiantes titubeen en la elaboración de sus justificaciones, flaqueen en la claridad y adquisición de los referentes

teóricos conceptuales que validen sus argumentos, y por ende, en la formulación de posibles contraargumentos, que a su vez los conduzcan a proponer los nombres y estructuras de las moléculas reactivas que formen el producto planteado en la situación.

Ahora se comprende porqué en la tabla 13 no se registran frecuencias para el uso de modelo de tipo proposicional macroscópico. Para los educandos este tipo de experiencias no hacen parte de su realidad observable, es decir, no es visible en una situación de contexto diario este tipo de fenómenos reactivos, como si lo serían los procesos de oxidación, por ende no disponen de experiencias que verbalicen sus proposiciones, incluso aquellas que pudieran ser alternativas. Es por ello, que para las cuatro actividades los modelos diseñados integran preferentemente el proposicional submicroscópico y el icónico amodal.

Para los dos modelos citados, los niveles IV y V indican que el estudiante recurre al desarrollo de esquemas que incluyan estructuras de las partículas submicroscópicas como átomos o moléculas (modelo icónico amodal) a partir de las cuales pueda conformar sus ideas y razones que se hallan en consonancia con la teoría cinético molecular y de las colisiones para los grupos funcionales insaturados, en este caso los alquenos, pero que además atribuyan las propiedades que argumenten dicho proceso reactivo. Es de aclarar, que la parte A de este momento presenta un mayor índice para el nivel V pues al presentarse una pregunta orientadora el estudiante recurre a la búsqueda de elementos o conceptos que le permitan afirmar o refutar una proposición.

Comparece ahora los resultados de las partes B, C y D, donde se presenta una reducción apreciable (obsérvese las cifras en negrilla). Tal como se había referido anteriormente, el grado de dificultad o exigencia inferencial conlleva a que el estudiante proponga un modelo que usa de manera básica pero desde donde se marcan algunas impresiones en el lenguaje o terminología que desfiguran los aspectos realmente relevantes en la sustentación del modelo.

Finalmente, una vez evaluados los instrumentos para este momento el grupo de trabajo se ubica en un mayor nivel de argumentación con un significativo progreso en el diseño de sus modelos explicativos, ya que las respuestas de los estudiantes, en dichos recursos, presentan un mayor dominio para cada uno de los cuestionamientos. Al respecto, los resultados confirman –en parte– que el perfeccionamiento en el diseño de los modelos explicativos influye positivamente en la implementación de los elementos de los argumentos que sustentan dichos modelos.

8.3. MOMENTO DE REENFOQUE

La práctica del momento de reenfoque cristaliza el propósito de motivar al educando a repensar con un mayor grado de profundidad y apropiación los conceptos y referentes teóricos que le faciliten y optimicen su proceso de aprendizaje, con ello entonces no solo se logra la transformación de los procesos de enseñanza, por parte del educador, sino también de los procesos de aprendizaje de los educandos en cualquier ambiente o entorno de aprendizaje.

Las tablas 14 y 15 muestran la organización de los estudiantes respecto a sus niveles en argumentación y modelos explicativos, una vez aplicados los instrumentos para este momento, que en este caso corresponden a los instrumentos (Anexos B y D) del momento de ubicación, tal como se indica en el Anexo K.

Tabla 14. Distribución de los niveles de argumentación, momento de reenfoque

Estudiante	Preguntas Parte A				Preguntas Parte B								
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
E-I	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5
E-II	4	4	4	4	4	5	3	5	4	5	4	4	5
E-III	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4
E-IV	4	5	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Distribución de los niveles para los modelos explicativos, momento de renfoque

Modelo proposicional macroscópico			Modelo proposicional submicroscópico		
Nivel	Parte A	Parte B	Nivel	Parte A	Parte B
I	0	0	I	0	0
II	0	0	II	0	0
III	0	0	III	0	0
IV	0	0	IV	4	11
V	0	0	V	12	25
Modelo icónico modal			Modelo icónico amodal		
Nivel	Parte A	Parte B	Nivel	Parte A	Parte B
I	0	0	I	0	0
II	0	0	II	0	0
III	0	0	III	0	0
IV	3	5	IV	0	4
V	9	10	V	0	15

Fuente: elaboración propia.

Retomar las actividades de exploración inicial en un último momento permite corroborar ciertas premisas e hipótesis que surgen de los datos y resultados producto de los distintos instantes de intervención de la UD. Para este tercer y último momento, las tablas 14 y 15 precisan que el grupo de trabajo reforzó, positivamente, sus valores, juicios y construcciones una vez que debieron dar solución a las problemáticas e interrogantes propuestas.

De forma puntual se reconoce que el 31% de las respuestas de la parte A y el 50% de parte B logran contener los elementos propios de un argumento de nivel 5, y en su orden el 69 % y 47% en un nivel 4. En sus explicaciones los estudiantes presentan argumentos en los cuales no solo hacen uso de datos sino que producto de sus ideas y justificaciones obtienen conclusiones que se verifican a la luz de los referentes teóricos y metodológicos, a

esto se suman las proposiciones, a modo de contraargumento, que realizan con el fin de contrastar situaciones en las cuales no se presentaría dicho comportamiento reactivo y, que por tanto, es una clara evidencia de que el estudiante está convencido y desea convencer a su grupo de trabajo que sus razones son verdaderas y muestra solidez en las evidencias que emplea.

Este cambio progresivo en los niveles de argumentación precisa, adicionalmente, que el trabajo realizado en las dos fases previas contribuye en los procesos de reflexión, el perfeccionamiento en la comprensión conceptual y la efectividad procedimental para sustentar los modelos explicativos que se construyen a la hora de plantear o proponer el mecanismo de reacción de adición electrofílica en un alqueno. La coexistencia de los modelos icónicos, tanto amodal como modal, en los planteamientos a estas interrogantes demuestra la capacidad creciente del estudiante para emplear múltiples modelos que se activan en función del contexto y la demanda de la tarea planteada, es decir, en relación al tipo de pregunta el estudiante propone un modelo que puede ser justificado con diagramas que procuran explicar un determinado comportamiento químico desde la organización, estructura y conformación molecular (modal) o en su defecto si no se debe explicitar o la pregunta no reviste de mayor grado de profundidad, se recurre a un modelo en el que solo se consideren los símbolos de los elementos, las fórmulas de los compuestos o la representación general de una reacción y/o ecuación química (amodal).

De ello, la tabla 15 indica que los estudiantes emplean su modelo con un cierto grado de profundidad – nivel V- (obsérvese las cifras en negrilla) una vez que incluyen interpretaciones de los procesos reactivos desde la óptica de las partículas submicroscópicas (como electrones, cargas, átomos, iones o moléculas intermedias) que no pueden ser observadas de forma directa en un sistema material pero que son de gran valor a la hora de enriquecer sus expresiones verbales o escritas, dando sustento y fundamento a sus ideas del porqué de las fases reactivas para un determinado alqueno.

Estos últimos apuntes confirman que el progreso en la organización de los modelos explicativos permite ordenar las ideas de los estudiantes, de modo que sus escritos toman un cierto grado de rigor científico en cuanto es evidente la precisión, la estructuración y la coherencia en el manejo de los conceptos que vigorizan la calidad de sus argumentos. De hecho, en sus escritos se presentan afirmaciones que justifican lo observable, desde el planteamiento del problema, así como aquello que llega a ser de corte inferencial. En conclusión, los procesos de modelización constituyen un eje fundamental en la construcción argumentada del conocimiento químico, siempre y cuando se valore los procesos de contextualización y adaptación que el mismo estudiante construye en su quehacer de aprendizaje.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las actividades desarrolladas en los momentos de aplicación de la UD demandan procesos cognitivos y cognoscitivos que se van tornando más complejos, más analíticos y más centrados en la búsqueda de un modelo explicativo que conjugue los lenguajes propios de la enseñanza y el aprendizaje de la química y, que fortalezcan las producciones argumentativas de los estudiantes. De ello, que a través del estudio de las causales, del desarrollo y los efectos de la reactividad en los alquenos sea posible examinar la evolución en los niveles argumentativos de los estudiantes basados en la progresión de sus modelos explicativos.

De acuerdo con Gutiérrez, Gómez y Pozo (2002) uno de los objetivos de la educación es que los estudiantes aprendan a interpretar los fenómenos macroscópicos en términos microscópicos. Partiendo de este principio, se analiza la relación entre los modelos explicativos que elaboran los estudiantes con las estructuras textuales (orales o escritas) de las que se apoyan para dar a conocer y explicar argumentativamente su modelo y, por ende, conocer el grado de conocimiento o dominio de la temática. Taber (2009, citado por López, 2011) considera que es importante reconocer los patrones de pensamiento estudiantil, centrando su análisis en la exploración de los aspectos de pensamiento sobre los temas, antes, durante y después de la enseñanza formal.

Vale afirmar entonces, a modo de hipótesis, que el progreso en el diseño de los modelos explicativos interviene positivamente en los niveles de argumentación alcanzados por los estudiantes al sustentar el cambio químico en un alqueno.

Ahora interesa extraer de lo dicho el análisis de cada una de las categorías conceptuales objeto de estudio, de modo que en los siguientes apartados se discuten bajo la perspectiva de diversos autores e investigaciones relacionadas, la veracidad – o no – de la correlación directa entre los modelos explicativos y los niveles de argumentación.

9.1. NIVELES DE ARGUMENTACIÓN EN LA INFERENCIA DE LA REACTIVIDAD DE UN ALQUENO

Tamayo (2014) en su trabajo *Pensamiento crítico – dominio específico de la didáctica en las ciencias* propone que el diseño de los ambientes de enseñanza y aprendizaje deben estar orientados al desarrollo de las habilidades argumentativas en los estudiantes, por ello es necesario que tanto profesores como estudiantes comprendan que la argumentación en ciencias es una condición *sine qua non* para el logro de comprensiones profundas de lo estudiado. No obstante, en la práctica el trabajo en argumentación requiere de la intervención de diferentes dimensiones que interactúan de manera interdependiente y que se deben tener en cuenta. Algunas de ellas son: las capacidades cognitivas y comunicativas del estudiante, las intenciones y estatus de los interlocutores, el tema objeto de discusión, las herramientas usadas y el contexto sociocultural (Muller, Perret-Clermont, Tartas & Iannaccone, 2009).

Con relación a lo citado y para dar claridad en la experiencia desarrollada, vale exponer la siguiente tabla que revela los niveles de progresión en los niveles de argumentación del grupo de trabajo antes y después del proceso de enseñanza (momentos de ubicación, 1, y renfoque, 3).

Tabla 16. Distribución de frecuencias para los niveles de argumentación, momentos ubicación y renfoque.

Nivel de Argumentación	Momento de intervención											
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
1	8	0										
2			8	0								
3					13	1						
4							22	28				
5									1	23		
6											0	0

Fuente: elaboración propia. La tabla muestra una N = 52, correspondientes al total de respuestas para las 13 preguntas de los dos instrumentos aplicados en cada momento.

El análisis de la actividad de exploración de ideas y conceptos previos (momento 1, ubicación) refiere que el 25% de los estudiantes hacen referencia de términos o planteamientos que les permiten desarrollar explicaciones que se aproximan a la razón de las causales de reactividad en la familia de los hidrocarburos insaturados, pero no llegan a proponer cualificadores con respaldos teóricos sólidos que permita reconocer en ellos un conocimiento en profundidad (nivel 3). Posteriormente, las actividades de indagación colectiva posibilitaron en el grupo la articulación de conceptos, ideas y modelos que los aproximan a una estructura lógica y formal en sus argumentos, no obstante, las producciones escritas los ubica en el nivel 4 de argumentación, de acuerdo a lo planteado por Tamayo (2014).

En sus respuestas muestran una afirmación que se alimenta de datos (grupos alquílicos, átomos de H o enlaces múltiples, naturaleza electronegativa, polarización molecular, nube electrónica, simetría molecular, entre otras) y justificaciones que se enlazan con un cualificador o modalizador que respalda su explicación respecto a la información que se solicita en el planteamiento de la pregunta. Si bien es cierto, todos los estudiantes identifican datos y logran relacionar información, que pueden extraer de la fórmula semidesarrollada del compuesto o de la propuesta de mecanismo de reacción, no exhiben un grado de certeza o fuerza explicativa en sus proposiciones y, en consecuencia no llegan a establecer una conclusión clara de la situación, de ello que tan solo el 2% de las respuestas logre presentar la estructura de un nivel 5 en argumentación para este momento de intervención didáctica.

Las explicaciones precedentes se hayan en consonancia con lo discutido por Aragón (2007) cuando referencia a Sanmartí y colaboradores (1999) e Izquierdo y Adúriz-Bravo (2005) al poner de manifiesto que el conocimiento del estudiante se produce a partir de las interacciones que se forman entre el pensamiento, el entorno y el lenguaje que posee para ese determinado instante. En sus escritos los estudiantes ponen de manifiesto, bajo sus términos o ideas, las relaciones que logra establecer entre lo que observa, lo que conoce y el cómo lo puede explicar. En consecuencia, el desarrollo de las habilidades del lenguaje

(macroscópico, microscópico y simbólico) propio de la química es indispensable para la apropiación del conocimiento científico que lo habrá de ubicar en un mayor nivel de definición, lo llevará a desarrollar un mayor grado de explicación, una profundidad en sus justificaciones y, por tanto desarrollar la habilidad de argumentar.

Según Edwards (1997) la argumentación es un proceso cuyo desarrollo y evolución está íntimamente ligado al lenguaje, ello se debe a que el lenguaje es también una forma de acción pues se utiliza para justificar o refutar un punto de vista con el propósito de asegurar un acuerdo, en consecuencia, es a través del lenguaje que la argumentación se refiere al proceso discursivo en el que se involucran las personas cuando discuten el tema objeto de análisis.

Cuenta de ello se da en el momento de renfoque (momento 3) donde los datos consignados en la tabla 16 indican que las respuestas presentan argumentos conformados por varios elementos que desde la óptica de Tamayo (2014) se construyen a partir de datos de valor para el estudiante. La representación simbólica (gráfica molecular o fases de reacción) es el punto de partida que estructura el cuerpo de la justificación apoyada por conceptos, que aunque aún débiles, logran inferir el comportamiento reactivo de ese hidrocarburo. Algunas de las respuestas buscan sustento en algunos cualificadores condicionales, que se articulan a las propiedades periódicas de los átomos enlazantes para aportar a su justificación y que señalan comportamientos universales a un número no reducido de casos, haciendo de su justificación una proposición cierta (nivel 4 para 28 de las 52 respuestas).

Así también se encuentran respuestas, igualmente significativas, dentro de las que se denota claramente la presencia de un contraargumento una vez que finaliza la afirmación de su argumento (23 respuestas en nivel 5 de argumentación). El uso del conector contraargumentativo “en cambio, de lo contrario, no es posible, de no ser así, ahora si fuese el caso, de otro modo... etc.” vincula a la segunda afirmación como un supresor o atenuador de la primera, una vez que la segunda respalda su análisis con razones

fundamentadas que introducen inferencias contrarias a las esperadas por la primera. Este hecho demuestra fuerza argumentativa pues busca el contraste de razones que lo lleven a un conocimiento científico escolar aceptable.

Tabla 17. Ejemplos de argumentación, Parte B (Anexo D), momento renfoque

Imagínate que el profesor de química te solicita el favor de explicar el proceso de reacción a uno de tus compañeros que ha venido presentando graves dificultades en la clase de las propiedades químicas de los alquenos.

La reacción general es la siguiente:

Situación de Análisis	$\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_3$
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> Propeno Acido Bromhídrico 2-bromo propano </div>

Durante la explicación el compañero a quien estás asesorando te realiza la siguientes pregunta:

¿Cómo podría explicar, paso a paso, la reacción y justificar el producto 2-bromo propano?

ESTUDIANTE	RESPUESTA
E-I	<p>La reacción entre el propeno y el ácido bromhídrico es un ejemplo de la adición electrofílica donde el HBr es la molécula que ataca así: el H forma el electrófilo H^+ por ser el menos electronegativo y el Br forma el anión Br^- por ser el más electronegativo. El primero en atacar es el H^+ ya que es una adición electrofílica, de lo contrario si el que atacara fuera el Br^- sería una adición nucleofílica y no se produciría el producto Markovnikov 2-bromo propano. Entonces el H^+ se adiciona por el</p>

carbono que tenga menos hidrógenos, el carbono 2, formando el intermedio carbocatión que es poco estable. Por eso, en la segunda etapa de la reacción se adiciona el Br^- que por ser negativo neutraliza la carga positiva del carbocatión, eliminando totalmente el doble enlace, formando un nuevo enlace sigma fuerte y dando una molécula totalmente equilibrada que es el producto de la reacción de acuerdo con la regla de Markovnikov.

E-II Inicialmente ante el propeno aparece el agente electrofílico que ataca al alqueno por su zona más débil, sin duda el enlace pi. Entonces, el fragmento electropositivo (H^+) se va por lo fácil y ataca al carbono del doble enlace sobre el enlace pi (fácil de romper estar perpendicularmente dirigido, al enlace sigma no es posible atacarlo porque está protegido por los pi además que rompería todo el alqueno). Enseguida el fragmento negativo (Br^-) se va por el lado reactivo del carbocatión del enlace doble roto. Finalmente, logran integrarse en la molécula de la manera más estable, rompiendo ese enlace doble, pero haciendo del enlace σ un enlace sigma en el producto. Así se forma el 2-bromo propano que es el producto Markovnikov.

E-III Primero el HBr tiene que evaluar la forma como ionizarse para así llegar al enlace σ y comenzar a atacar. Al principio el H^+ que esta deficiente de electrones busca la zona del alqueno que los posea, en este caso la nube electrónica pi. Cuando se enlaza el enlace doble se rompe y la carga positiva queda en el otro carbono del doble enlace formando el carbocatión. Enseguida el ion Br^- ataca al carbocatión y se une estabilizando la molécula. De no ser así no se formaría el producto indicado sino el 1-bromo propano que es el producto anti-Markovnikov.

E-IV El producto es 2-bromo propano porque a los lados del doble enlace se encuentran los átomos del compuesto que se une (HBr) y se unen con enlaces simples fuertes sigma, si el reactivo atacante no tuviera esas características no sería posible la reacción de la adición electrofílica, aunque posiblemente se formaría el producto anti-Markovnikov. La forma como se produce la reacción es que el H^+ que es el fragmento positivo (E^+) busca como estabilizarse y entonces ataca al doble enlace C-C. Cuando se logra unir la carga positiva se traslada al carbono vecino formando el carbocatión, que es inestable, pero que provoca que el fragmento Br^- lo ataque para formar con él un enlace sigma y formar el 2-bromo propano.

Fuente: elaboración propia.

Como en el ejemplo citado en la tabla 17, las actividades de indagación, comprobación, de opinión y debate sugieren que el comportamiento y rol del estudiante le lleva a formular explicaciones cada vez más elaboradas con las que incluso propone estrategias de resolución a situaciones problemáticas y, que le ayudan a comprender mejor lo que aprende. Así, los diferentes elementos que se incorporen en sus argumentos, ya sean relaciones de semejanza, diferencia, relaciones lógicas, de aproximación con otro, de interacción o vínculo, le darán al estudiante un mayor uso de un lenguaje científico apropiado lo que definirá su carácter explicativo (Camacho y Quintanilla, 2008)

Las explicaciones encontradas en los estudiantes configuran argumentos que reúnen afirmaciones generales para justificar el comportamiento universal de los hidrocarburos insaturados. Explicaciones orales como: “todos los hidrocarburos insaturados deben su comportamiento a la organización de los carbonos” respaldan cualquier indicio de ruptura de un enlace múltiple o la adición de una molécula al par C-C de la insaturación. A causa de ello, estas proposiciones por ser globales permiten desarrollar inferencias, sobre estructuras pre-establecidas, de tal modo que los argumentos propuestos les permiten explicar con mayor profundidad la naturaleza reactiva de una molécula en particular, es

decir, el adecuado estudio de caso. En consecuencia, los elementos que rescaten y abstraigan de la situación problema hacia sus argumentos optimizan el lenguaje y la robustez del mismo, resaltando, en la mayoría de las ocasiones, la información que da indicio de una razón particular y de peso al cambio químico de una molécula insaturada específica. Finalmente, se busca que estas apropiaciones conceptuales, congntivo-lingüísticas, vayan apareciendo con mayor frecuencia en sus razones a fin de consolidar un conocimiento en profundidad.

Cabe anotar que todos los recursos e instrumentos aplicados en los tres momentos de intervención de la UD aportaron al desarrollo de la dimensión argumentativa de los estudiantes. Como lo propone Tamayo (2014) las herramientas del pensamiento, a nivel individual, requeridas para participar en los procesos argumentativos, lo cual incluye la dimensión afectiva y la manera como se relacionan los estudiantes con los temas de discusión, les otorgan las herramientas de mediación en la construcción de los argumentos. Como resultado, el estudiante comprende el grado de exigencia y complejidad de la situación problémica, así que su actividad argumentativa lo orienta y le contribuye para adquirir un aprendizaje en profundidad en un tema específico.

Para concluir, el trabajo intencionado y organizado, en cuanto al cambio de estrategias de instrucción que promovieron un mejor ejercicio de argumentación, facilitó las interacciones dialógicas y simbólicas entre docente y estudiante, estudiante y estudiante, hechos que facilitaron la movilidad hacia unos mayores niveles de argumentación como producto del movimiento óptimo en el desarrollo de los desafíos resolutivos de los problemas propuestos, en los cuales el nivel de exigencia era mayor a lo largo de los momentos de intervención didáctica.

9.2. MODELOS EXPLICATIVOS EN LA INFERENCIA DE LA REACTIVIDAD DE UN ALQUENO

Según Jhonson-Laird (1996, citado por Galagovvsky, Di Giacomo y Castelo, 2009) desde la psicología cognitiva, los humanos no conocemos directamente “la realidad”, sino que la reconstruimos a partir de modelos mentales que nos permiten interpretar lo que percibimos. Estos modelos incluyen representaciones proposicionales e imágenes (icónicos) que serían sus componentes expresables verbalmente o perceptibles, respectivamente. Estos modelos son las visiones que las personas tienen del mundo, se forman en la interacción con el medio y, además poseen un poder predictivo y explicativo.

En palabras de Giere (2010) el conocimiento científico es una construcción cognitiva que tiene su origen en los modelos mentales de las personas y a través de éstos, se reconstruye e interpreta la realidad, elaborando teorías o modelos teóricos. De hecho, para explicar algún fenómeno a través de una teoría se considera fundamental que las hipótesis que organizan el modelo se vinculen con algún sistema de la realidad.

Como veremos a continuación, en el caso particular de la reactividad de los alquenos el MEN lo considera como uno de los contenidos obligatorios en el plan de estudios de la educación media colombiana, cuyo componente fundamental es reconocer en ésta función sus propiedades, usos y aplicaciones. Por tal motivo, es menester que el educando además de conocer los fundamentos de dichos conceptos desarrolle un conocimiento altamente estructurado en términos de la capacidad de cambio químico que le conduzca a una aprehensión del porqué de dichos usos basados en la reactividad del grupo funcional. Llegar a esta comprensión exige la construcción de un modelo explicativo que le dé sentido a lo que el estudiante lee o escucha de su maestro, pero que además desarrolle en él su capacidad predictiva e inferencial respecto a los procesos de cambio químico de la materia orgánica.

Así por ejemplo, en la tabla 18 se encuentran consignados los procesos de movilización respecto a los modelos explicativos desarrollados por el grupo de trabajo durante los momentos de ubicación y renfoque de la UD, direccionada hacia el estudio inferencial del comportamiento reactivo de los alquenos.

Tabla 18. Distribución de frecuencias para los modelos explicativos, momentos ubicación y renfoque.

Modelo proposicional macroscópico			Modelo proposicional submicroscópico		
Niveles	Ubicación	Renfoque	Niveles	Ubicación	Renfoque
I	2	0	I	8	0
II			II	8	0
III	1	0	III	7	0
IV			IV	13	15
V			V	13	37
Modelo icónico modal			Modelo icónico amodal		
Niveles	Ubicación	Renfoque	Niveles	Ubicación	Renfoque
I	1	0	I	2	0
II	1	0	II	4	0
III	1	0	III	6	0
IV	8	8	IV	1	5
V	5	19	V	4	15

Fuente: elaboración propia. La tabla muestra una N = 52, correspondientes al total de respuestas para las 13 preguntas de los dos instrumentos aplicados en cada momento.

En primera instancia hay que mencionar que las producciones escritas de los estudiantes se basan inicialmente en actividades que en su mayoría refirieren procesos de generalización, de descripción o explicación casual, pero no se demuestra la existencia de una construcción de corte predictivo. Obsérvese como en el momento de ubicación se hace uso de los cuatro tipos de modelos explicativos posibles, sin embargo, los estudiantes por lo general tienden a recurrir a los modelos proposicionales, con graves dificultades, en vista a

que solo recurren a realizar descripciones o explicaciones basados en los recursos aportantes en el planteamiento de la interrogante.

Aunque los estudiantes se ubican en los niveles intermedios, las producciones escritas demuestran la implementación de modelos explicativos de tipo proposicional. En sus apartes dejan en claro que las actividades centradas en la observación de la estructura semidesarrollada del alqueno solo les aportan información de elementos descriptivos, mas no de recursos que les permita consolidar los fundamentos teóricos requeridos para elaborar una valoración u opinión icónica que justifique su modelo. Conjuntamente, emplean representaciones de estructuras semidesarrolladas o desarrolladas que dan idea de su intento por esquematizar la organización y disposición de los átomos o grupos alquílicos que influyen en el comportamiento químico del hidrocarburo. Cabe anotar que aunque no dominan la estereoquímica de esta función, si logran generalizar –levemente- el patrón de comportamiento reactivo.

Además de esto, resulta interesante observar que el estudiante recurre, simultáneamente, a múltiples modelos durante los momentos de intervención, así por ejemplo se encontraron las combinatorias macroscópico/amodal, submicroscópico/modal y submicroscópico/amodal. Para Aragón, Oliva y Navarrete (2013) el objeto de comprobar los resultados de aprendizaje no solo está en identificar en qué medida evolucionan ciertos modelos, sino también en analizar la concurrencia de múltiples modelos en el estudio del cambio químico. En ese mismo análisis, de las 52 respuestas que constituyen los dos instrumentos de intervención, 1 emplea modelo macroscópico/amodal, 15 usan modelos submicroscópico/modal y 17 elaboraron modelos submicroscópico/amodal; el excedente solo usan un modelo, en esta ocasión de tipo proposicional: 2 macroscópico y 17 submicroscópico. Un dato particular es que aunque autores como Aragón, Oliva y Navarrete (2013) advierten que el modelo más complejo parece ser el proposicional submicroscópico, 49 de las respuestas acudieron al modelo proposicional submicroscópico y tan solo 3 al modelo proposicional macroscópico, al menos a un nivel básico. Esto puede deberse a que uno de los objetivos de la UD es modelar el mecanismo de reacción de una

molécula alqueno a partir de la comprensión de la naturaleza estructural y conformacional del compuesto.

En este orden de ideas y sobre lo que refiere a los objetivos de la UD, la mayoría de las actividades buscaron la aplicación comprensiva de la teoría, así el trabajo metódico del grupo desarrolló técnicas que progresivamente aumentaron y articularon los nuevos conocimientos, de tal modo que los niveles explicativos avanzaron desde una visión macro de la situación en la que, incluso, el modelo no llegaba a usarse (nivel I) hasta una percepción micro que daba pie al uso comprensivo y argumentado, con cierto grado de profundidad, de su modelo (nivel V).

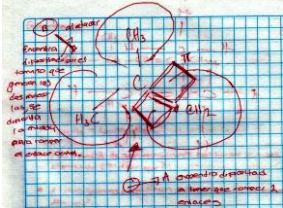
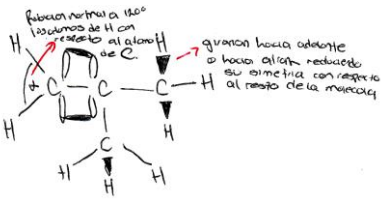
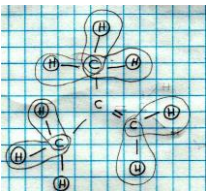
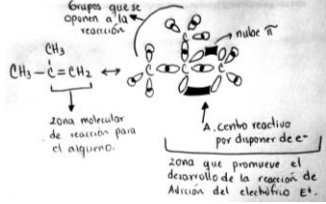
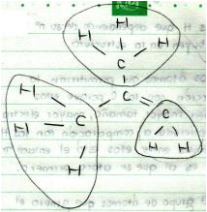
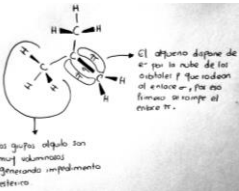
En resumidas cuentas, el análisis de la tabla 18 demuestra el mejoramiento gradual en los modelos explicativos elaborados por los estudiantes a lo largo de la propuesta de intervención con la UD (cifras en negrilla). El estudio exhaustivo de los resultados, para el cambio en dichos modelos, evidencia que para el momento de renfoque (momento 3, final) la totalidad de las propuestas fueron presentadas desde un modelo proposicional submicroscópico acompañado por modelos icónicos, modal o amodal. La movilización dentro de los niveles justifica el creciente número de casos para el modelo proposicional submicroscópico (37 eventos para el nivel V) así como para el modelo icónico amodal (15 eventos para el nivel V) y, en un menor número para el modelo icónico modal (19 eventos para el nivel V) donde además se observa un mismo número de respuesta (8, indicado por la celda sombreada) para el nivel IV.

Un análisis adicional para este mismo reporte es el considerar la secuencia en la complejidad de los modelos icónicos, preferiblemente modal (27) sobre los amodales (20) para el momento de renfoque. Lo que más resalta en este contraste es la relación de cifras para el nivel V, 19 a 15: modal a amodal correspondientemente. De esto puede interpretarse que el empleo de un modelo icónico detallado requiere del uso de un modelo submicroscópico, cada vez de mayor complejidad, cuyo dominio corresponda a la superación en los niveles y a la visión macroscópica de la materia. Además, ello nos indica

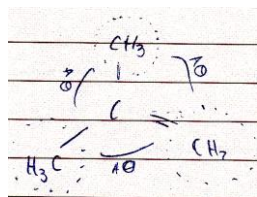
que los estudiantes que usan el modelo icónico modal articulado al proposicional submicroscópico ya han logrado la transferencia de significados entre ambos, es decir, precisan los mecanismos de razonamiento, lógica e inferencia apropiados para justificar el comportamiento reactivo, a nivel molecular, para un agente como los alquenos desde los términos y lenguajes propios del discurso científico.

Muestra de ello y de acuerdo con Roca (2005), se puede observar la siguiente tabla cuyas propuestas ya no se hayan centradas en la observación (descripción) y en la citación de elementos teóricos (generalización) que inicialmente eran de bajo dominio, sino que se da paso a los modelos que promueven la incorporación de relaciones causales y de predicción (inferencial).

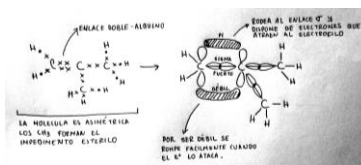
Tabla 19. Movilización en los modelos explicativos, momentos ubicación y renfoque

Estudiante	Momento Ubicación		Momento Renfoque	
	Representación	Modelo	Representación	Modelo
E-I		Icónico Amodal nivel III		Icónico Amodal nivel V
E-II		Icónico Amodal nivel I		Icónico Modal nivel V
E-III		Icónico Amodal nivel I		Icónico Amodal nivel IV

E-IV



Icónico
Amodal
nivel I



Icónico
Amodal
nivel V

Fuente: elaboración propia.

Como se había enunciado los modelos explicativos justifican las relaciones entre las propiedades observables en la molécula del alqueno y los cambios que éste podría sufrir en el desarrollo de una reacción en función de su organización, sin embargo, aunque inicialmente se encontraban aún alejados de la relación con la naturaleza interna de la materia pues solo dimensionan una representación molecular mediante sistemas agrupados de esferas o círculos concéntricos de átomos, al finalizar la intervención didáctica lograron asignar un significado adecuado a los símbolos empleados, de manera que su modelo fue sustentado desde la perspectiva submicroscópica de la materia. Para Aragón, Oliva y Navarrete, (2013) las representaciones que hacen uso de un diagrama de partículas, guardando los símbolos empleados una cierta relación de similitud con las moléculas que representan son catalogados como modelos icónicos modales. Cabe anotar que todas las representaciones pictóricas se hacen a imagen de una escala microscópica, ya que ésta es la única herramienta gráfica de la que pueden disponer como medio de comprensión y abstracción de la información necesaria para dar respuesta a cada una de las interrogantes propuesta en los instrumentos de la UD.

Es indudable que los procesos de construcción de modelos explicativos mediante partículas como moléculas, átomos o iones, que no pueden ser observadas directamente, si logran representar las fórmulas estructurales de las fórmulas químicas correspondientes. Pese a esta pequeña dificultad, aunque los modelos explicativos están constituidos fundamentalmente por símbolos químicos y fórmulas químicas, los estudiantes recurren a diagramas, íconos o representaciones simbólicas (como rayas, puntos, flechas, etc.) para demostrar la comprensión submicroscópica del tema, ya que en los escritos plasman el interés de explicar la relación directa entre el componente microscópico de la materia

(orden atómico) y su efecto en el orden de la reactividad molecular (movimiento de electrones y reordenamiento de enlaces). En efecto, aunque el ámbito submicroscópico no ha sido observado por los estudiantes, ellos desarrollan sus modelos derivados de las representaciones simbólicas que conocen. Esto lleva a categorizar de forma distinta las representaciones simbólicas en las que se explicita la interpretación del cambio químico para un estudiante (Aragón, Oliva y Navarrete, 2013).

Desde esta perspectiva, las diferentes formas de representación y la construcción de los modelos explicativos pueden equipararse al lenguaje de quien modeliza (Keig y Rubba, 1993), y así valorar su potencial para desarrollar estrategias, habilidades y valores necesarios para el manejo y comprensión de los símbolos empleados en su modelo, por ello, los elementos distintivos que cada estudiante emplea denotan la variabilidad en su análisis, interpretación y dominio de conceptos. Los resultados de la tabla 18 sugieren que la totalidad de las producciones escritas de los estudiantes implican la progresión de un nivel al siguiente, por ende, en sus representaciones ponen de manifiesto ideas basadas en referentes teóricos-metodológicos que corrigen algunas imprecisiones en el lenguaje escrito o simbólico que inicialmente presentaban, e incluso detallan algunos aspectos relevantes o particulares, que en la fase inicial omitieron, y que enriquecieron la sustentación de su modelo explicativo.

En este contexto, y producto de las tres fases de intervención didáctica estos errores o debilidades se superaron y los direccionaron gradualmente hacia la búsqueda de elementos que les facilitara defender las relaciones causales, el desarrollo y la sustentación del cómo, el por qué y en qué condiciones puede reaccionar un hidrocarburo insaturado. Desde luego, este perfeccionamiento en los modelos explicativos ponen a prueba la relación que establecen entre la teoría y los hechos (Marzábal, 2012), además, a medida que se avanza en el estudio de la temática, el estudiante transita gradualmente de la descripción a la generalización y con ello a la explicación causal que finaliza en la predicción (Roca, 2005), de modo que los modelos explicativos ponen definitivamente a prueba las actividades de

predicción, puesto que constatan las hipótesis de los estudiantes con el fenómeno al momento de validar su modelo explicativo (Justi, 2006).

Todos estos hallazgos se encuentran conforme a los planteamientos de Aragón, Oliva y Navarrete (2013) quienes determinan que la evolución de las interpretaciones de los estudiantes sobre la materia y sus transformaciones, parte de la escala macroscópica hacia otras que se sitúan en una escala microscópica. De hecho, la mayoría de los autores consideran que dicha evolución es un factor positivo y un indicador de aprendizaje, al revelar el proceso de transformación de una imagen basada en aspectos perceptibles a otra centrada en aspectos formales que van más allá de lo que el estudiante puede ver o tocar.

En efecto, y como lo plantea Quintanilla (2006) la construcción del conocimiento escolar puede darse en la confrontación sistemática con base en el error, la autocorrección y por aproximaciones sucesivas que parten de las ideas de los estudiantes en relación los tópicos científicos específicos objeto de estudio. De ahí, que los procesos de modelización, como parte de la actividad escolar, se convierte en un aspecto relevante que permite comprender el aprendizaje como una construcción que ocurre en la mente del individuo, reorganizando e integrando el contenido para formar un modelo que le permita realizar una interpretación de la realidad, elaborando su propio conocimiento y que sea factible de aplicar en diferentes contextos.

9.3. RELACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS MODELOS EXPLICATIVOS Y EL DESARROLLO DE LOS NIVELES DE ARGUMENTACIÓN EN EL ESTUDIO INFERENCIAL DE LA REACTIVIDAD DE UN ALQUENO

A lo largo de la siguiente discusión se presentarán los resultados del análisis de las producciones escritas del grupo de estudiantes según sea la relación de las categorías trabajadas en los dos apartados anteriores. Para comenzar estas reflexiones cabe resaltar las palabras de Lemke (1997): *“La comunicación comprensiva entre individuos puede lograrse cuando éstos comparten modelos sobre el tema que están argumentando”*. De este modo,

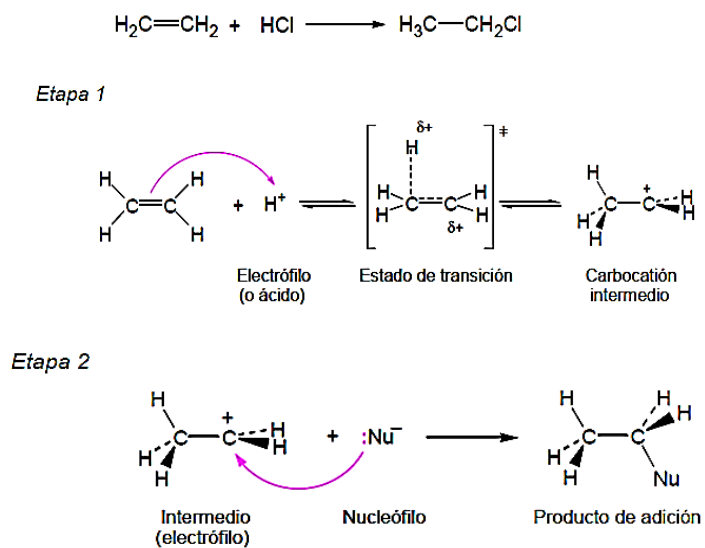
se citarán un conjunto de afirmaciones, que vistas desde una misma perspectiva, desarrollaron un trabajo sinérgico en las categorías de análisis, cuyo producto de intervención didáctica corresponde a las producciones en las que los estudiantes dan razón de los cambios que se están estudiando.

A continuación, se consignan algunos ejemplos de las producciones finales en función de las dos categorías de intervención: niveles de argumentación y modelos explicativos.

Tabla 20. Descripción del uso de modelos explicativos en la resolución de una respuesta argumentada.

Considera el mecanismo propuesto para la reacción de adición de ácido clorhídrico al eteno. Observa, analiza y discute las etapas de reacción para responder la pregunta que se propone:

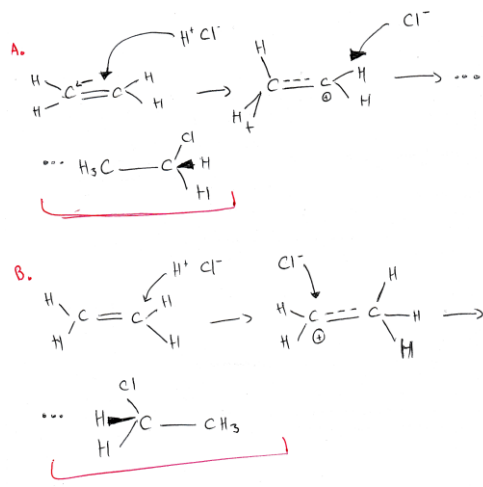
Situación
de
Análisis



¿El producto de la reacción que analizaste cumple con lo descrito en la Regla de Markovnikov? Justifica tu respuesta

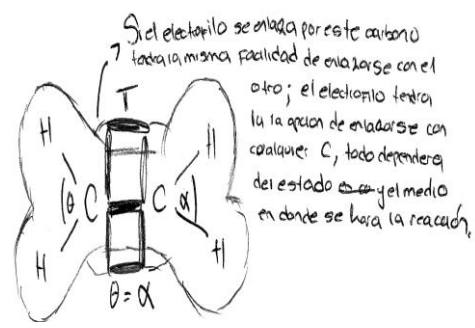
Estudiante	Modelo explicativo	Argumentación
------------	--------------------	---------------

E-I



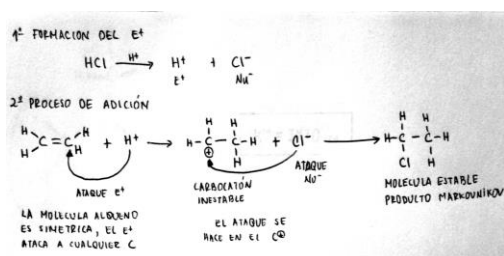
Sí, porque el electrófilo se unió con el C de mayor número de H, en este caso el número de átomos de H de ambos carbonos del doble enlace es igual, así que cualquiera de los carbonos que entraría en juego con el electrófilo, sea cual sea, cumplirá con la posterior estabilización de la molécula. De no ser igual, el ataque si debería ser selectivo, pues cambiaría el carbocatión, entonces el cumplimiento de la regla si debe ser riguroso para poder formar un carbocatión más estable (3°) que sea muy reactivo con el ion Cl^- y formar el producto de la adición Markovnikov.

E-III



La situación presentada inicialmente nos muestra que por cada carbono del doble enlace hay dos átomos de hidrógenos enlazados, por lo cual la regla de Markovnikov no se desarrollaría específicamente porque el electrófilo (H^+) puede adherirse a cualquiera de los átomos de carbonos, siendo posible obtener como resultado final de adición dos moléculas iguales, en iguales cantidades.

E-IV



El producto de la reacción que se analizó cumple con lo descrito en la regla de Markovnikov, porque en la fase inicial, cuando la fragmentación del reactivo atacante se desarrolla, ocurre la adición del H⁺ (electrófilo) al carbono con mayor número de H, aunque en este caso tal aspecto sea el mismo. Luego de ello, el nucleófilo se une al carbono adyacente, en el cual esté presente el carbocatión para estabilizarlo. Todo esto es gracias a que en la molécula hay un doble enlace, ya que de lo contrario, con un enlace simple sería imposible pues no existiría la cantidad de electrones necesaria para que el electrófilo ataque a la molécula del reactivo.

Fuente: elaboración propia.

El panorama descrito en la tabla 20 demuestra que los estudiantes antes de resolver la situación propuesta buscan datos relevantes dentro de la misma (Sanmarti, et al. 1995 lo llama visión substancializadora de las propiedades de la materia), para que a partir de ello surja el planteamiento de nuevas preguntas que les conduzcan a comprender cómo podrían organizar sus ideas de forma articulada a los conceptos de la química aprendidos en cursos anteriores o durante las fases de intervención didáctica. Esta identificación de dudas, de dificultades y la génesis de ideas les posibilita transitar a un mayor nivel de aprendizaje, con lo cual superan notablemente las complicaciones que pudieran llegar a surgir durante la construcción de su modelo explicativo.

Vencidas las barreras iniciales y una vez incorporada la nueva información a los datos que consideran relevante, la secuencia explicativa de su modelo los transporta a la etapa de aplicación, para la cual su sustentación y uso empleará un lenguaje especializado (propio de la química reactiva de los alquenos) que les permite establecer relaciones acerca de la estructura organizacional y conformacional del alqueno, identificando no solamente aspectos macro de la molécula sino también elementos o detalles micro que les lleve a justificar argumentativamente la pregunta propuesta. Esta característica demuestra que los modelos explicativos se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante, según lo descrito por Rodríguez y Moreira (1999) y Justi (2006), desde donde se adopta una nueva forma de mirar los cambios químicos y una nueva forma de hablar sobre ellos, según Nersessian (1992).

Entonces, observar detalles, intervenir en los procesos de construcción de sus modelos, modificarlos mientras se desencadena una ruta de búsqueda de información para responder a las indagaciones emergentes, les lleva a imaginar explicaciones organizando sus ideas, estructurando juicios y valores que respalden conceptualmente lo que observan e interpretan de la situación problema. Esto puede interpretarse como el perfeccionamiento en la organización de los elementos de la argumentación que enriquece el ejercicio de la construcción de un modelo explicativo que habrá de ponerse a prueba bajo los aportes de los puntos de vista científicos.

Esta confrontación pone en evidencia las ideas que emplearon los estudiantes durante y después de la construcción de su modelo explicativo, afirmaciones o argumentos que se pueden comprobar o someter a discusión al realizar nuevas observaciones en las construcciones iniciales. Al tiempo que se generaron estas modificaciones también se generó una nueva forma de expresar las ideas, es decir, aparece un nuevo y mejor lenguaje que facilitó la forma de representar gráficamente y sustentar su modelo explicativo. Conviene entonces precisar que la proposición de un modelo explicativo estará sometido a un proceso evolutivo que sea coherente con lo observado, que a su vez sea un proceso

regulado y consciente para que el estudiante reconozca la relación de sus razonamientos con los referentes conceptuales encontrados en la fase de investigación.

Podría decirse que al finalizar la propuesta de trabajo con la UD fue posible contribuir a la enseñanza y el aprendizaje de la reactividad de los alquenos, en cuanto que la implementación progresiva y mejorada en los diseños de los modelos explicativos promovieron mejores procesos argumentativos al sustentar un hecho o fenómeno de naturaleza química. Ahora, en función de los referentes como Izquierdo, Sanmartí & Espinet (1999) y Justi & Gilbert (2002) los procesos de enseñanza y aprendizaje basados en la elaboración de modelos explicativos se conciben como un proceso que tiene lugar cuando los estudiantes aprenden a “dar sentido” a los hechos que observan, construyendo relaciones y explicaciones cada vez más complejas.

Desde este punto de vista, intervenir didácticamente una temática poco agradable para el estudiante fue llevar a cabo una serie de actividades en las cuales la experimentación individual y grupal, la modelización y la discusión argumentada educando-educador y educando-educando se entrecruzaron para tejer una red de acciones que promovieron una arquitectura mejorada en los modelos explicativos, que a su vez llevaron a conocer en profundidad los argumentos del cómo, el por qué y de qué manera procede la reacción de adición electrofílica en los alquenos.

En consecuencia, el trabajo de los modelos explicativos es dar continuidad a la progresión que permita visualizar el tránsito del conocimiento explicativo al conocimiento argumentativo de la ciencia escolar. Como resultado, cada estudiante recurrirá a un modelo explicativo que le permita justificar u ordenar argumentativamente sus planteamientos de acuerdo a lo que ha aprendido o conoce de momento. Lo dicho se muestra en la tabla 20, en la que las explicaciones a los modelos revelan el estado conceptual, la organización de ideas y el grado de apropiación o dominio de los elementos conceptuales de la teoría de la reactividad en moléculas orgánicas. Así, en razón al nivel del modelo explicativo que el estudiante elabora se logra dilucidar con qué grado de proximidad lo justifica, cuál ha sido

la modificación en su estructura lingüística, en sus expresiones, sus explicaciones y en sus argumentos ya sea en términos de similitudes o diferencias respecto al marco teórico y conceptual que regula los procesos de cambio químico para este grupo funcional.

Si bien en cierto los resultados hasta aquí mostrados parecen ser bastante concluyentes y se han demostrado en relaciones numéricas para cada una de las categorías de investigación, en este instante apoyaré las evidencias con una prueba específica que confirme si las diferencias encontradas en cada caso son – o no – estadísticamente significativas. Para tal propósito, se aplicó la prueba estadística no paramétrica de los rangos de signos de Wilcoxon, propuesta en la metodología de Aragón, Oliva y Navarrete (2013), en relación de contraste para los momentos de ubicación y renfoque. Los datos calculados son:

Tabla 21. Resultados prueba de Wilcoxon para el cambio en los niveles de argumentación, momentos de ubicación y renfoque.

Estadístico	E-I	E-II	E-III	E-IV
T = Min [T(+), T(-)]	(0, 22)	(0, 9)	(0, 17)	(0, 26)
T min	0	0	0	0
T critico	17	17	17	17
Análisis	T min < T crit	T min < T crit	T min < T crit	T min < T crit

Fuente: elaboración propia.

El análisis del estadígrafo T = Min [T(+), T(-)] demuestra que dentro de los resultados el valor T mínimo para cada uno de los estudiantes es menor al valor T crítico (T min < T crit) establecido para la prueba de rangos señalados o pares igualados de Wilcoxon, por lo cual se rechaza la hipótesis nula (no se producen cambios significativos) y se aplica en favor a la hipótesis alternativa: *“Los cambios en los modelos explicativos produjeron cambios significativos en los niveles de argumentación”*

Del mismo modo se procedió a conocer el comportamiento estadístico respecto a los modelos explicativos.

Tabla 22. Resultados prueba de Wilconxon para el cambio en los niveles de los modelos explicativos, momentos ubicación y renfoque.

Estadístico	Proposicional	Proposicional	Icónico	Icónico
	Macroscópico	Submicroscópico	Modal	Amodal
T = Mín [T(+),T(-)]	(3, 0)	(9, 6)	(6, 4)	(7,5, 7,5)
T min	0	6	4	7,5
T crit	17	17	17	17
Análisis	Tmin<Tcrit	Tmin<Tcrit	Tmin<Tcrit	Tmin<Tcrit

Fuente: elaboración propia.

El dato no paramétrico T muestra diferencias significativas entre los dos momentos de intervención didáctica, por cuanto el valor T mínimo es menor al valor T crítico ($T_{\min} < T_{\text{crit}}$) para cada uno de los modelos explicativos empleados por los estudiantes al responder las preguntas de los instrumentos propuestos. Estas variaciones estadísticamente significativas permiten concluir que los cambios progresivos en los modelos explicativos tuvieron efectos positivos en el desarrollo de los niveles de argumentación en los estudiantes que analizaron inferencialmente el comportamiento reactivo de los alquenos.

Comprobamos de esta manera que nuestra hipótesis inicial es verdadera, y por tanto, si existe una relación directa entre el progreso en el diseño de los modelos explicativos y el logro de un mayor nivel de argumentación, cuando el estudiante desea sustentar el cambio químico en un alqueno.

10. CONCLUSIONES

El desarrollo de una unidad didáctica que intervenga los procesos de enseñanza y aprendizaje en temáticas de complejidad para los estudiantes, como el estudio analítico de las propiedades químicas de los alquenos, permitió una evolución positiva respecto a las categorías de investigación: niveles de argumentación y modelos explicativos.

La implementación de una ruta organizada y concertada de indagación, investigación, comprobación y debate tiene implicaciones significativamente positivas que contribuyen al refuerzo de los procesos argumentativos elaborados por los estudiantes cuando deben dar respuesta a una situación problémica.

Se evidenció la organización de las respuestas en diferentes niveles de argumentación para los distintos momentos de intervención con la UD. Todos los estudiantes iniciaron con un nivel promedio, dentro de los que se observó la construcción de argumentos con debilidad conceptual que les impedía articular sus justificaciones de manera coherente y análoga a los referentes teóricos. Posteriormente, finalizada la intervención avanzaron a un nivel superior donde es indiscutible que sus conclusiones además de guardar consonancia con los marcos teóricos conceptuales de la temática, se logran entrelazar coherentemente con las justificaciones propuestas en dichos constructos.

El desarrollo de actividades que promuevan el ejercicio constante de observación, descripción, generalización, causalización y predicción, regula en el estudiante actos conscientes que contribuyen a la optimización del diseño y ejecución de su modelo explicativo.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto el grado de superación y perfeccionamiento que los estudiantes alcanzaron durante el diseño e implementación de un modelo explicativo que fuera coherente con sus hallazgos y premisas fundantes. Así la consolidación de modelos explicativos icónicos modales posibilitó la movilización desde

una visión macroscópica del cambio químico de los alquenos a una perspectiva submicroscópica de la constitución y conformación de esta función orgánica, favoreciendo los razonamientos inferenciales que justificaran de manera óptima las fases reactivas para un mecanismo de adición electrofílica.

La movilización progresiva y la articulación de varios tipos de modelos explicativos empleados durante el diseño del mecanismo de reacción para un alqueno es una acción eficiente que permite la progresión intencionada de los niveles de argumentación a los que recurre el estudiante cuando debe sustentar las respuestas que dan solución a la situación problemática propuesta.

El material didáctico elaborado generó interés dentro del grupo de trabajo, lo que acrecentó su motivación y deseo por intervenir activamente en los procesos de estudio en torno a la química como ciencia escolar, además de adquirir aprendizajes en profundidad cuando se aclararon conceptos complejos con situaciones problemáticas tendientes a la acción inferencial del comportamiento reactivo de los alquenos.

11. RECOMENDACIONES

En consideración a lo evidenciado en el presente informe, para futuras investigaciones en torno al mismo tema de intervención se recomienda:

Tomar muestras representativas de estudiantes con distintos niveles de desempeño en la asignatura de química, puesto que el grupo focal de trabajo se limitó a los estudiantes que presentan desempeño alto y superior. Por ende, el aporte al aprendizaje sería de mayor incidencia cuanto más heterogénea sea la muestra de trabajo.

Ampliar el período de tiempo de intervención e investigación. Para este caso, el proceso de seguimiento del grupo focal de trabajo se realizó durante dos años escolares, acción que, permitió conocer, con mayor familiaridad, las aptitudes y habilidades de los estudiantes en el ámbito del análisis fisicoquímico y los procesos de modelación.

Que el docente determine con anterioridad la información que resulte ser llamativa y valiosa para el aprendizaje del tema trabajado, desde luego considerando el nivel de conocimiento y los saberes previos de los educandos dado que el uso de un lenguaje muy técnico, como el que se emplea en la reactividad de las funciones orgánicas, puede llevar al educando a la confusión, la ansiedad por sentirse desubicado y finalmente abandonar el interés por aprender del análisis de los fenómenos de naturaleza química, perdiéndose entonces el objetivo propuesto en la Unidad Didáctica.

Que las actividades de simulación de una reacción química, usando programas o plataformas informáticas, deben ser muy bien planeadas y estructuradas por parte del docente de manera que el educando reconozca y logre evidenciar, por sí mismo, información, detalles y datos claves que le permitan organizar una explicación basada en la modelación desde la cual, a su vez, pueda justificar y argumentar las razones de sus respuestas, así como participar y entablar una discusión con el grupo de trabajo.

Examinar minuciosamente los referentes bibliográficos, que en conjunto son escasos o nulos, respecto a la enseñanza de la reactividad de moléculas o funciones orgánicas. Ahora bien, aunque ésta situación conlleva a que la presente investigación pueda ser pionera, no se cuenta con investigaciones previas con las cuales puedan formularse comparaciones que validen los procesos de intervención desarrollados, hecho que se convierte en una limitante de trabajo.

Determinar la conveniencia en el número de instrumentos aplicados en los distintos momentos de intervención, toda vez que el ampliar el espectro de actividades se traduce en un número mayor de datos a tratar. Visto así, desde la perspectiva de la investigación de corte mixta será de mayor complejidad el tratamiento de la información.

12. REFERENCIAS

- Aragón, M. (2007). Las ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 4 (1), 152 – 175
- Aragón, M., Oliva, J. y Navarrete, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(2). 9 – 30
- Archila, P. A. (2014) La argumentación de profesores de Química en formación inicial (Práctica Profesional Docente II): un estudio de caso en Colombia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (3), 705 – 706
- Archila, P. y Mosquera, C. (2010). El cambio didáctico de profesores de química en formación inicial: a partir del desarrollo de la habilidad cognitivolingüística de la argumentación. *Asociación Colombiana para la investigación en Ciencias Y Tecnología EDUCyT*, 1 – 15
- Barsalou, L. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 577 – 609.
- Bonan, L. y Quintero, O. M. (2011). Explicaciones y Argumentos de profesores de Química en Formación Inicial: la construcción de criterios para su evaluación. *Revista Eureka y Divulgación de las ciencias*, 1, 2 – 19
- Buitrago, A., Mejía, N. y Hernández, R. (2013) La Argumentación: de la retórica a la enseñanza de las Ciencias. *Innovación Educativa*, ISSN: 1665-2673, 13 (63), 17 – 40
- Caamaño, A. y Irazoque, G. (2009). La enseñanza y el aprendizaje de la terminología química: magnitudes y símbolos. DOI: 10.2436/20.2003.02.24
<http://scq.iec.cat/scq/index.html>
- Camacho, J. y Quintanilla, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia d la ciencia. Retos y desafíos para promover competencias congnitivo lingüísticas en la química escolar. *Ciencia y Educación*, 14 (2), 197 – 212
- Camargo, A. (2014). Estrategia didáctica para la enseñanza de la química orgánica utilizando cajas didácticas con modelos moleculares para estudiantes de media vocacional. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá. Colombia. 17 – 20
- Carrillo, L. (2207). Argumentación y Argumento. UNED. *Revista Signa* 16. 289-320

- Daza, G. et al. (2009). Competencias comunicativas: Escenarios de la comunicación. CEDAL - Comunicación Educativa, Bogotá. 15 – 24
- De Jong, O. y Taber, K. (2007). Enseñando y aprendiendo las muchas caras de la química. En S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.). Manual de investigación en educación científica. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers, 631-652.
- De Longhi, A., Ferreyra, A., Peme, C., Bermudez, G., Quse, L., Martínez S., Iturralde, C., & Campaner, G. (2012). La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 9 (2), 178 – 195.
- Edwards, D (1997) Discurso y cognición. Londres: SAGE Publicaciones.
- Ehninger, D. (1970). Argumento como método: su naturaleza, sus límites y sus usos. Speech Monographs 37.
- Galagovsky, L., y Bekerman, D. (2009). La química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vigo, 8 (3), 952 – 975.
- Galagovsky, L., Bekerman, D., Di Giacomo, M., & Alí, S. (2014). Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química”. Ciênc. Educ., Bauru, 20 (4), 785 – 799.
- Galagovsky L., Di Giacomo, M. y Catelo, V. (2009). Modelos vs. Dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, 8 (1).
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Morales, L., & Stamati, N. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 21 (1), 107 – 122.
- Gallego, D. (2011). Enseñanza por competencias para un aprendizaje significativo en matemáticas. Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín, 17 – 19.
- García-Carmona (2006). La estructura electrónica de los átomos en la escuela secundaria: un estudio de los niveles de comprensión. Didáctica de la química. Educación Química, 17 (4), 414 – 423.
- Garzón, M. y Pérez, R. (2014). Lenguaje y modelos en la enseñanza de la química. El caso de fenómeno químico. En: Memorias del segundo y tercer foro de experiencias

didácticas sobre CSC y primer encuentro del grupo ALTERNACIENCIAS. Año: 2014. ISSN: 2323 – 010X

- Geelan, D. (2012). Explicaciones del maestro. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), Segundo manual internacional de educación científica. Dordrecht, Hol.: Springer.
- Giere, R. N. (2010). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172 (2), 269 – 281.
- Gilbert J. K. y Treagust, D. (2009). Representaciones Múltiples en Educación Química. Gilbert J. K., Treagust, D. Editores. Saltador
- Gómez, M., & Sanmartí, N. (1999). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química: Lenguaje y comunicación*, 11 (2), 266 – 273.
- Gutiérrez, A., León, F. y Palacios, J. (2004). Materiaj didáctica para la enseñanza de los conceptos de estructura e isomería de monómeros vinílicos. *Aportaciones a la didáctica de la química*, 15, 353 – 358
- Gutiérrez, M., Gómez, M. y Pozo J. (2002). Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. Primer encuentro iberoamericano sobre investigación en enseñanza de las ciencias. Universidad de Burgos.
- Hernández, R., Fernández-Collado, C. y Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. McGraw Hill, 4 Ed, ISBN: 970-10-5753-8
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. VII Congreso internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. Granada, España.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. (2000). Enseñar a leer y a escribir textos de ciencias de la naturaleza. In: JORBA, Jaume; GÓMEZ, Isabel; PRAT, Ángels. *Hablar y escribir para aprender*. Madrid: Síntesis, 181 – 193
- Izquierdo, M., Sanmartí N. y Espinet M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (1), 45 – 59
- Jara, R. (2012). Modelos didácticos de profesores de química en formación inicial. Un modelo de intervención docente para la enseñanza del enlace químico y la promoción de competencias de pensamiento científico a través de narrativas. Tesis doctoral. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Educación, Doctorado en Ciencias de la Educación. Santiago de Chile.

- Johnstone, A. (1999). La naturaleza de la química. *Education in Chemistry*, 36 (2), 4547.
- Justi, R. (2006) La enseñanza de ciencias basadas en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 27 – 43.
- Justi, R. (2009). Aprendiendo a modelar en el aula de ciencias. Papel clave de los maestros en el apoyo al desarrollo de habilidades de modelado de estudiantes. *Educación química*, 20 (1), 32-40
- Justi, R. y Gilbert J. (2002). Modelado, puntos de vista de los docentes sobre la naturaleza de la modelización e implicaciones para la educación de modelistas, *Revista internacional de educación en ciencias*, 24, 369 – 387
- Keig, P. y Rubba, P. (1993) Traslación de las representaciones de la estructura de la materia y su relación con el razonamiento, género, razonamiento espacial y conocimiento previo específico. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 883 – 903
- Kuhn, D. (1993). La ciencia como argumento: Implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje científico pensando. *Science Education*, 73, 319-337.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid, Alianza Editorial.
- Laurella, S., & Allegretti, P. (2012). Evaluación de estrategias didácticas en química orgánica básica universitaria: primera aproximación. En: *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Leitao, S. (2000) El potencial del argumento en la construcción del conocimiento. *Humano Desarrollo*, 43, 332 – 360.
- Lemke, J. L. (1997) *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- López, A. (2011) *Los modelos mentales como artefactos de conocimiento*. Manizales, Universidad Autónoma de Manizales.
- López, W. y Vivas, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Investigación arbitrada*.
- Marzábal, A. (2012). Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos. *Estudios Pedagógicos XXXVIII*, 1, 181 – 196

- McMurry, J. (2001). *Química Orgánica*. Internacional Thomson Editores, Mexico.
- Morrison, R. y Boyd, R. (1998). *Química Orgánica*, Addison Wesley Iberoamericana, México.
- Morrison, M. y Morgan, M. (1999). *Modelos como instrumentos de mediación*. Prensa de la Universidad de Cambridge. Cambridge.
- Muller, N., Perret-Clermont, A., Tartas, V. y Iannaccone, A. (2009). *Proceso psicosocial en la argumentación*. Argumentación y Educación, New York: Springer.
- Nersessian, N. J. (2002). Maxwell y "el método de la analogía física": razonamiento basado en modelos, abstracción genérica y cambio conceptual. En D. Malament (ed.). *Ensayos en historia y filosofía de Ciencia y Matemáticas*. Lasalle, IL: Open Court, 129-166.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. y McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid: Aula XXI-Santillana.
- Palacino, F. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las ciencias naturales: Un enfoque Lúdico. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 275 – 298.
- Pérez, R., Gallego, R. & Torres, L. (2005). Las competencias interpretar, argumentar y proponer en química. Un problema pedagógico y didáctico. *Enseñanza de las ciencias*, 2005. Número extra. VII Congreso.
- Pozo, J. y Gómez, M. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.
- Quilez, L. (2015). ¿Es el profesor de Química también profesor de Lengua? *Educación Química*, 27, 105 – 114.
- Quintanilla, M. (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia: En Quintanilla y Adúriz-Bravo, (Ed), *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y desafíos*, 18 – 42.
- Raviolo, A. (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 55 – 60.
- Roca, M. (2005) Las preguntas de los libros de texto y la construcción de modelos científicos. *Enseñanza de las ciencias*. Esp, VII Congreso.

- Rocha, A. (2011). Enseñanza de la química. En: Divulgación científica. Ciencia. Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
<http://www.unicen.edu.ar/content/ense%C3%B1anza-de-la-qu%C3%ADmica>
- Rodríguez, M. y Moreira, M (1999) Modelos mentales de la estructura y funcionamiento de la célula. Dos estudios de casos. Investigaciones em Ensino de Ciências, 4 (2), 121 – 160
- Ruiz, F., Tamayo, O. y Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. Educ. Pesqui., São Paulo, 41 (3), 629 – 646
- Sardá, A., Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 18, 405 – 422
- Sardá, A., & Márquez, C. (2009). Evaluación de la competencia científica del alumnado de 4º de eso según los ítems del pisa. Enseñanza de las ciencias, número extra VIII. Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Barcelona, pp. 1162 – 1166. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1162-1166.pdf>
- Sanmartí, N. (2003). Aprender ciencias, aprendiendo a escribir ciencia. Barcelona, Es.: Edición 62.
- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En: Fernández, P. (coord.). La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo. Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. y Watson, R. (1995). La sustancialización de propiedades en el pensamiento de los alumnos y en la historia de las ciencias. Ciencia y educación, 4, 349 369.
- Suárez, J., Gonzalez, R., Abalde, E. y Valle, A. (2001). Un modelo explicativo de las influencias de las orientaciones de meta sobre la autorregulación del aprendizaje, Revista de investigación educativa, 19 (1), 249- 262.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. Enseñanza de las Ciencias, 21(1), 21 – 25
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. TED, 36, ISSN 0121- 3814. Impreso ISSN 2323-0126, 25 – 46.
- Toscano, C. (2017). Alcanos, alquenos y alquinos: nomenclatura y propiedades. Trabajo de grado, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Tashakkori, A. y Teddlie, C. (2003). Metodología mixta: combinando enfoques cualitativos y cuantitativos. Thousand Oaks, CA: Sabio.
- Vosniadou, S. (1999). Capturar y modelar el proceso de cambio conceptual. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45 – 69.
- Xie, Q., y So, W. (2012). Comprensión y práctica de la argumentación: un estudio piloto con maestros de pre-servicio de China Continental en aulas de ciencias secundarias. *Asia- Foro del Pacífico sobre el Aprendizaje*

13. ANEXOS

Anexo A. Unidad Didáctica



Modelación y argumentación del comportamiento reactivo de los Alquenos como grupo funcional de hidrocarburos insaturados.

1. Objetivos

Promover procesos argumentativos a través del debate, la discusión y el análisis crítico del comportamiento reactivo de los alqueno, basados en el reconocimiento de las propiedades de los átomos o grupos funcionales presentes en la estructura de los reactivos.

Modelar el mecanismo de reacción de una molécula alqueno a partir de la comprensión de la naturaleza estructural y conformacional del compuesto.

A partir de las relaciones emergentes entre la construcción de modelos explicativos y el desarrollo de los elementos de los niveles argumentativos, identificar la capacidad inferencial de los estudiantes respecto al comportamiento reactivo de los alquenos.

2. Secuencia de actividades

Para alcanzar los objetivos mencionados se propone la siguiente secuencia de actividades, tendientes a lograr un aprendizaje argumentativo, en torno al estudio del comportamiento reactivo de los alquenos desde el uso y diseño de modelos explicativos. Cada etapa está proyectada en jornadas de trabajo, correspondiente a 4 horas académicas por semana, establecidas a nivel institucional para el curso de química en el nivel de educación media.

Momento de Ubicación

2.1 Exploración de Conocimientos: se indagó los saberes previos en torno a las propiedades de las moléculas orgánicas, su comportamiento reactivo fundamentado en los enlaces intramoleculares, su organización y estructura molecular – isómeros, la lectura y comprensión de una reacción química, condiciones de reacción y los tipos de reacción. Cabe anotar que se busca que el grupo de estudiantes establezcan relaciones entre los términos y/o conceptos citados. Esta actividad consta de las siguientes etapas:

- A. Aplicación del cuestionario de caracterización inicial -Parte A- (Anexo B): se busca desarrollar un análisis del estado inicial de los niveles argumentativos con los que cuentan los estudiantes de la muestra a trabajar. A través de este instrumento se reconoce la importancia de potenciar dichos niveles, que orientan y promueven mayores y mejores procesos de aprendizaje. Se aplicó un cuestionario con preguntas de tipo interpretativo, argumentativo y propositivo. El test no contiene igual número de preguntas en cada competencia, puesto que la experiencia docente indica que los estudiantes tienen mayor claridad en la definición y acciones asociadas a la competencia interpretativa, en relación con las otras dos competencias.
- B. A continuación se aplicó un cuestionario de caracterización de dificultades - Parte A.- cuestionario tipo KPSI (Anexo C). A través de este cuestionario los estudiantes expresaron su grado de conocimiento y relación con los términos, lenguajes y simbología que se propone en el material de trabajo, entregado por el docente. Con ello, el grupo conoció los prerrequisitos para la comprensión y el aprendizaje del comportamiento reactivo de los alquenos.
- C. Como segundo momento se aplicó el cuestionario de caracterización inicial. - Parte B - Reacciones de los Alquenos (Anexo D). Basados en la lectura sobre la orientación de la reactividad de los alquenos, y considerando la información que se encuentra en el recuadro, donde se propone la reacción general de adición del ácido bromhídrico al propeno, se solicita al estudiante imagine que el profesor de química le solicita el favor de explicar el proceso de reacción a uno de sus compañeros que ha venido presentando

graves dificultades en la clase de las propiedades químicas de los alquenos. Durante la explicación el compañero a quien estás asesorando le realiza una serie de preguntas, a las cuales habrá de dar solución. Esta situación problémica busca la construcción de argumentos a través de la relación de conceptos que lograron identificar en el texto y, que ahora debe emplear para orientar a su compañero como fase de preparación a una prueba. Cada interrogante busca que el estudiante justifique argumentativamente la construcción de su respuesta.

A través del análisis de una grabación se identificará el nivel de argumentación logrado por el estudiante.

- D. Posterior a la actividad se aplicó un segundo cuestionario de caracterización de dificultades - Parte B - cuestionario tipo KPSI (Anexo E). Con este recurso se identificó el grado de conocimiento y relación que posee el estudiante ante los diversos interrogantes o situaciones problema que le planteó el ejercicio referente a cómo explicar una reacción orgánica, particularmente un alqueno como el propeno. Con ello se conoció la forma como el estudiante puede adaptar sus conocimientos previos a las necesidades y oportunidades del contexto.
- E. Socialización: Una vez el grupo haya elaborado sus propuestas de solución a la situación planteada, el docente confrontará, a manera de debate, cada uno de los conceptos que comprometían la mejor opción de respuesta, su justificación y la construcción de un argumento que esclarezca la duda planteada en la propuesta de trabajo.

Como fase previa al momento de desubicación se aplicó el cuestionario de caracterización de intereses (anexo F). Una vez observados y analizados los resultados del momento de ubicación y, conociendo las dificultades y obstáculos en los estudiantes, se pretende conocer la curiosidad e interés ante las temáticas propuestas para el dominio de los conceptos encontrados. Basado en dichos intereses se propone los instrumentos de trabajo para el siguiente momento.

Momento de Desubicación

2.2 Actividad Focal Introductoria: pretende corroborar en los estudiantes los objetivos propuestos en la unidad didáctica.

- A. El primer momento de acercamiento conceptual se propone a través de la lectura “Análisis de una reacción orgánica: Adición Electrofílica al doble enlace”, en la cual se hace un preámbulo al reconocimiento del proceso reactivo orientado por la regla de Markovnikov. En la propuesta de trabajo –Parte A- (Anexo G) se pide al estudiante que observe, analice y discuta las etapas de reacción de la adición del ácido clorhídrico (HCl) al eteno ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$). Como guía de análisis se presenta un cuestionario con ocho preguntas.
- B. Como segunda instancia se presenta el mecanismo de reacción de adición de agua (hidratación) del 2-metil propeno (Parte B, Anexo H). Basado en la observación y el estudio de las fases de reacción el estudiante debe evaluar, representar y responder los interrogantes que se hayan contenidos en el cuadro de valoración del contexto de reacción: alqueno sustrato, molécula atacante, condiciones de reacción y proceso de desarrollo.

2.3 Actividades de Fundamentación: se pretende que los estudiantes adquieran elementos de peso para reconocer, comprender y justificar las propiedades físicas y químicas de los alquenos, que determinan y condicionan el proceso reactivo de una molécula insaturada con un doble enlace C=C.

- A. Como actividad inicial cada estudiante observa, en una sala de tecnología, la simulación de una reacción de adición electrofílica. Durante este ejercicio escucha y observa la relación que guarda el mecanismo reactivo de una molécula con su estructura, la organización de sus enlaces y la disposición tridimensional de los átomos que la conforman, así como la movilidad electrónica y la formación de moléculas iónicas intermedias.

- B. Enseguida, como actividad de producción textual por parejas y a la luz de la observación de la simulación se les solicita predecir el producto formado por el ataque del ácido yodhídrico (HI) al ciclo buteno. Para llegar al producto propuesto cada pareja debe inferir y justificar cada uno de los procesos que desarrolle como etapas del comportamiento reactivo (Parte C, Anexo I).
- C. Finalmente, como actividad de confrontación de saberes (Parte D, Anexo J) se busca que el estudiantes determine cuáles deben ser los reactantes (alqueno y molécula atacante) que lleve a la formación del producto señalado (3-cloro-4-propil heptano) e infiera las etapas del comportamiento reactivo. La situación problema consiste en una reacción general incompleta desde donde se busca que el estudiante proponga y discuta el por qué y el cómo se lleva a cabo la formación del halogenuro de alquilo (producto). Con ello se observa los avances alcanzados en la proposición de los modelos explicativos y los niveles argumentativos desarrollados.

Momento de Reenfoque

Las actividades de reenfoque buscan reconocer los aprendizajes y cambios logrados con el desarrollo de los diferentes momentos del estudio del comportamiento reactivo de los hidrocarburos insaturados, Alquenos. Por ello, para concluir la fase de intervención se solicita desarrollar las actividades propuestas en el momento de ubicación, así daremos cuenta de los avances respecto del dominio del tema. Ahora, el grupo de trabajo cuenta con un punto de vista diferente, una postura más crítica y reflexiva, pues conoce los fundamentos, los modelos y los componentes de estructuras argumentativas que sustentan el cómo y porqué del cambio en un Alqueno.

- A. Como ejercicio inicial se suscita la participación del grupo de estudiantes para intervenir en la explicación del contenido temático de las guías de fundamentación. Cada uno de los términos sustentados por el docente son afianzados por las definiciones y aportes de los estudiantes, producto de cada intervención. Enseguida se debate la construcción de un modelo que permita predecir la viabilidad – o no – de

reacción de un compuesto insaturado ante la presencia de un determinado reactivo (Anexo D).

- B. En un segundo momento, para la revisión del aprendizaje y desarrollo tanto de los modelos explicativos como de los niveles argumentativos se socializa el test del Anexo D, cuya estructura busca que el estudiante identifique las causales y fases de reactividad de una molécula insaturada.
- C. Al finalizar la sesión, por parejas de trabajo se elabora un poster con el mecanismo de reacción propuesto, que deber ser sustentado. Durante la exposición se valora el estado final de las categorías de análisis.
- D. Finalmente, y de manera individual cada estudiante escribirá en si alcanzó los dos objetivos propuestos por la Unidad Didáctica.

Momento de Ubicación

Anexo B



ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Cuestionario de caracterización inicial. Parte A.

Apreciado estudiante a continuación encontrarás un texto donde se citan algunas de las características que permiten conocer la naturaleza química de un hidrocarburo insaturado. Realizada la lectura cuidadosa del texto, responde, en su totalidad, las interrogantes que proponen justificando claramente tu respuesta. Puedes respaldar tu posición en pro o en contra de las afirmaciones del documento. El propósito de este cuestionario no es asignarte una valoración, sino identificar los elementos y su relación con el contexto de tu explicación.

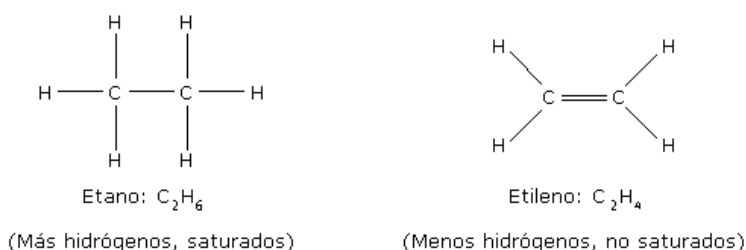
Alquenos

Los hidrocarburos son los compuestos básicos de la Química Orgánica y se encuentran formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno cuya estructura molecular consiste en un armazón de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno.

Para los hidrocarburos, el carbono (C) es el elemento fundamental, pertenece al grupo IV A y es un no metal que posee cuatro electrones en su nivel de valencia ($N=2$). Por su parte el hidrógeno, de número atómico $Z=1$, es un no metal que se encuentra ubicado en el grupo I A, por tanto tiene un electrón de valencia. La electronegatividad del carbono es 2.5, mientras que la del hidrógeno es 2.1, por lo que los cuatro enlaces son covalentes y poco polares, donde la polaridad del enlace apunta hacia el carbono.

Una de las familias insaturadas de los hidrocarburos son los Alquenos que tienen como característica estructural un doble enlace carbono-carbono. La palabra *olefina* se usa con frecuencia como sinónimo, pero el término preferido es Alqueno. Los alquenos abundan en la naturaleza, por ejemplo, el etileno es una hormona vegetal que induce la maduración de las frutas. Sería imposible la vida sin alquenos como el b-caroteno, compuesto que contiene once dobles enlaces. Es un pigmento anaranjado que produce el color de las zanahorias y una valiosa fuente dietética de vitamina A, también se cree que proporciona cierta protección contra algunos tipos de cáncer.

Debido a su doble enlace un alqueno tiene menos hidrógenos que un alcano con la misma cantidad de carbonos. La fórmula general para un alqueno es C_nH_{2n} mientras que para un alcano es C_nH_{2n+2} . Por ejemplo, el etileno tiene la fórmula C_2H_4 , mientras que la fórmula del etano es C_2H_6 .

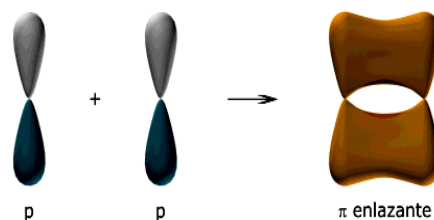


En general, el doble enlace en una molécula corresponde a una pérdida de dos hidrógenos respecto a la fórmula de su alcano, C_nH_{2n+2} . Si se conoce esta relación, es posible avanzar hacia atrás, desde una fórmula molecular, para calcular el grado de insaturación de ella, que es la cantidad de enlaces múltiples que contiene.

Los átomos de carbono de un doble enlace tienen hibridación sp^2 y poseen tres orbitales equivalentes que están en un plano, formando ángulos de 120° . El cuarto orbital del carbono es un p no híbrido, perpendicular al plano sp^2 . Cuando dos de esos átomos de carbono se acercan, forman un enlace s por traslape de frente de orbitales sp^2 y un enlace p por traslape lateral de orbitales p.

Aunque es posible la rotación libre en torno a los enlaces σ , esto no es válido para los dobles enlaces.

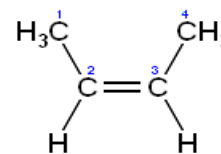
Para que haya rotación alrededor de un doble enlace, se debe romper temporalmente el enlace π . Por consiguiente, la barrera a la rotación del doble enlace



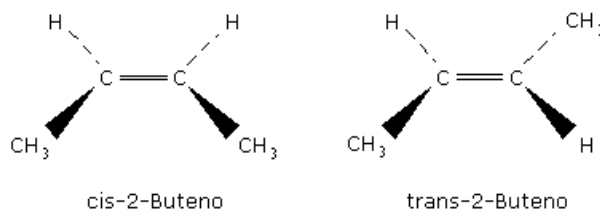
debe ser cuando menos tan grande como la fuerza del mismo enlace π .

La falta de rotación en torno al enlace carbono-carbono ofrece mayor interés que sólo el teórico; también tiene consecuencias químicas.

Imagine el caso de un alqueno disustituido como el 2-buteno.



Los dos grupos metilo del 2-buteno pueden estar del mismo lado del doble enlace o en lados opuestos.



Como el doble enlace no puede girar, los dos 2-buteno no pueden interconvertirse en forma espontánea. Los alquenos *cis* son menos estables que sus isómeros *trans*, debido a la tensión estérica (espacial) entre los dos sustituyentes voluminosos del mismo lado del doble enlace.

Tomado de: http://rabfis15.uco.es/weiqo/Tutorial_weiqo/Hoja14a1a2P1.html, 12 de abril de 2018

A continuación responderás cinco preguntas que permitirán conocer tus ideas acerca de cómo justificar y representar tus conocimientos respecto del tema objeto de análisis. Recuerda responder siempre con sinceridad y haciendo uso de los términos, conceptos y palabras que conoces.

Basados en la estructura semidesarrollada del metil propeno, responde: $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH}_3$

1. ¿La molécula es simétrica geoméricamente respecto de sus átomos de C?, ¿cómo lo demostrarías?

2. ¿Qué átomos o grupo de átomos permitirían la reacción de la molécula?, ¿por qué?

3. ¿Qué átomos o grupo de átomos generan impedimento (tensión) estérico en el metil propeno?, ¿por qué?

4. ¿La molécula reacciona de forma espontánea frente al ataque de un reactivo?, ¿qué te lleva a concluir ese comportamiento?

Anexo C

ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Cuestionario de caracterización de dificultades parte A

Cuestionario tipo (KPSI)

Estimado estudiante, a continuación encontrarás un cuadro donde se enlistan algunos de los términos de uso común en química orgánica, por ello fueron referidos en la lectura que realizaste anteriormente. Recuerda responder con total sinceridad siguiendo las indicaciones.

Indicar en el lugar correspondiente:

a. Has estudiado el concepto:

- ✓ Marca **1**: corresponde a **No**
- ✓ Marca **2**: que corresponde a **Si**

b. Grado de comprensión

- ✓ **1**: No lo comprendo
- ✓ **2**: Lo comprendo parcialmente
- ✓ **3**: Lo comprendo bien.
- ✓ **4**: Lo puedo explicar a un compañero.

Concepto	¿Has estudiado el concepto?	Grado de comprensión
Electrón		
Electrón de valencia		
Electronegatividad		
Enlace covalente		
Enlace doble		
Polaridad		
Hidrocarburo		
Insaturado		
Alqueno		
Formula molecular		
Orbitales		
Hibridación		
Traslape de orbitales		
Isómero		
Tensión estérica		

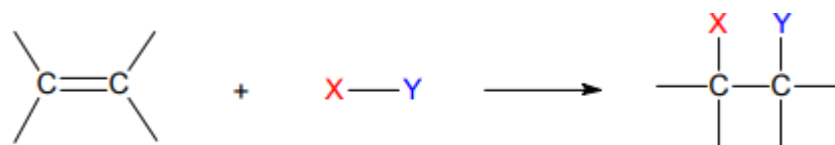
Anexo D

ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Cuestionario de caracterización inicial. Parte B.

Reacciones de los Alquenos

Como el enlace sigma (δ) C-C es más estable que el enlace pi (Π) es de esperar que los alquenos reaccionen de modo que el enlace pi se transforme en un enlace sigma. En efecto, la reacción de adición electrofílica es la más común, y es la reacción característica, de los enlaces dobles (alquenos). Cuando un alqueno participa en una adición se agregan dos grupos a los átomos de carbono del doble enlace y los carbonos se saturan.



reacción general de adición al doble enlace

Mientras que los electrones del enlace sigma (δ) están fuertemente unidos en el doble enlace C=C, la densidad electrónica que forma el enlace pi (Π) está deslocalizada por arriba y por abajo del enlace sigma (δ). Los electrones del enlace pi (Π) están colocados lejos de los núcleos de carbono y unidos con menos fuerza a éstos: la nube electrónica pi es más deformable (más polarizable) por la acción de agentes externos que la nube electrónica sigma.

Dentro de dichos agentes está el electrófilo, una especie química que puede aceptar pares de electrones para formar un nuevo enlace. Una especie electrofílica fuerte tiene afinidad hacia los electrones pi de los alquenos. La reacción del alqueno (nucleófilo) con una especie electrofílica crea un nuevo enlace y deja a uno de los átomos de carbono del doble enlace C=C con sólo tres enlaces y con una carga positiva, lo que genera un carbocatión. Este intermedio catiónico suele ser una especie de elevado contenido energético que se estabiliza por reacción con un nucleófilo, dando lugar al producto estable de adición.

Tomado de: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/QO/tema6QO.pdf>. Página 8. 13 de abril de 2018

Hidrohalogenación de alquenos

La reacción del propeno ($\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$) con el ácido bromhídrico (HBr) es un ejemplo de la hidrohalogenación de los alquenos, en ésta reacción se produce la adición de HBr y se conoce como una hidrobromación de un alqueno.

Cuando un reactivo asimétrico se adiciona a un alqueno asimétrico, el fragmento más positivo (de polaridad positiva, electrófilo) se une al átomo de carbono al que ya están unidos mayor número de átomos de H, mientras que el fragmento negativo (de polaridad negativa, nucleófilo) del reactivo atacante se adiciona al carbono con menor número de H. Este resultado se corresponde con la regla empírica propuesta por Markovnikov.

La reacción general es la siguiente:



Basados en la explicación de la reactividad de los alquenos, y en la información que se encuentra en el cuadro, considera la siguiente situación:

Imagínate que el profesor de química te solicita el favor de explicar el proceso de reacción a uno de tus compañeros que ha venido presentando graves dificultades en la clase de las propiedades químicas de los alquenos. Durante la explicación el compañero a quien estás asesorando te realiza las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es un hidrocarburo?, ¿cómo lo puedo reconocer con facilidad?
2. ¿Por qué se dice que los alquenos son insaturados?, ¿Cómo puedo identificarlo en el alqueno?
3. ¿Cuál es el enlace pi (Π) y cual el enlace sigma (δ) en el propeno?, ¿Dónde se localiza cada uno?
4. ¿En la molécula del ácido bromhídrico, HBr, cuál es el fragmento positivo?, ¿Por qué es positivo?
5. ¿Por qué el profesor de química llama electrófilo al fragmento positivo? ¿Cómo lo puedo representar?
6. ¿Quién ataca primero al propeno?, ¿Cómo lo hago?
7. ¿Quién se une (ataca) de último? ¿Por qué se hace de esa forma?
8. ¿Por qué debe unirse (atacar) toda la molécula del reactivo?
9. ¿Cómo podría explicar, paso a paso, la reacción y justificar el producto 2-bromo propano?

Anexo E

ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Cuestionario de caracterización de dificultades parte B

Cuestionario tipo (KPSI)

Estimado estudiante, a continuación encontrarás un cuadro donde se enlistan los términos que hacen parte del estudio del comportamiento reactivo de los hidrocarburos y de los grupos funciones propios de la química orgánica, por ello fueron mencionados en la actividad que realizaste anteriormente.

Recuerda responder con total sinceridad siguiendo las indicaciones.

Indicar en el lugar correspondiente:

c. Has estudiado el concepto:

- ✓ Marca **1**: corresponde a **No**
- ✓ Marca **2**: que corresponde a **Si**

d. Grado de comprensión

- ✓ **1**: No lo comprendo
- ✓ **2**: Lo comprendo parcialmente
- ✓ **3**: Lo comprendo bien.
- ✓ **4**: Lo puedo explicar a un compañero.

Concepto	¿Has estudiado el concepto?	Grado de comprensión
Enlace pi (Π)		
Enlace sigma (δ)		
Nube electrónica		
Reacción de adición		
Reactivo asimétrico		
Electrólifo		
Nucleófilo		
Carbocación		
Regla de Markonikov		

Anexo F

 <i>Institución Educativa Municipal Ciudad de Pasto</i> <small>Pasto - Narino - Aprobada Mediante Decreto Municipal No. 0355, 26 / 08 / 03</small>  <small>IC: 80922019 COD: 002-014</small>					
ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Questionario de caracterización de intereses

Estimado estudiante, con base a las experiencias iniciales y después de conocer el grado de aproximación con el que desarrolla el análisis del comportamiento reactivo de los hidrocarburos insaturados, se desea conocer su interés por un fenómeno específico en torno a las propiedades químicas de los alquenos. A continuación encontrará un listado de criterios con los cuales podrá llegar a realizar un mayor acercamiento analítico del comportamiento reactivo de un alqueno, como uno de los grupos funcionales de los hidrocarburos insaturados.

Recuerde que sus elecciones son muy importantes para el desarrollo de las próximas actividades. Por ello, por favor, valore con 1, 3 o 5 cada parámetro, siendo:

1 = No es de mi interés

3 = Puede que me interese

5 = Me interesa mucho

Me gustaría conocer más de:

Criterios de estudio	Grado de interés		
	1	3	5
Composición, constitución y configuración de los reactantes			
Evaluación de las condiciones de reacción			
Etapas de una reacción			
Representación molecular de una reacción			
Mecanismo de reacción (descripción detallada)			
Simulaciones virtuales de una reacción orgánica			
Planteamiento de hipótesis, solución de problemas y predicciones (inferencias) en la reacción de un alqueno.			

Momento de Desubicación

Anexo G



ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Análisis de una reacción orgánica

Apreciado estudiante, lee con atención el texto que se presenta a continuación, en él encontrarás un análisis detallado del comportamiento reactivo de un alqueno en presencia de un reactivo particular. Es importante que a medida que realizas la lectura reflexiones y discutas tus ideas u opiniones con tus compañeros de grupo. Recuerda que el profesor es un integrante del equipo y su lado enriquecerás tu análisis. Luego desarrolla los ejercicios y actividades que se te proponen:

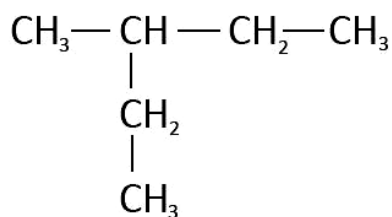
Adiciones electrofílicas al enlace doble

Las transformaciones químicas de los hidrocarburos se relacionan con el tipo de enlace que presentan. Esta enorme cantidad de compuestos se pueden dividir en dos grandes grupos: compuestos saturados y compuestos insaturados.

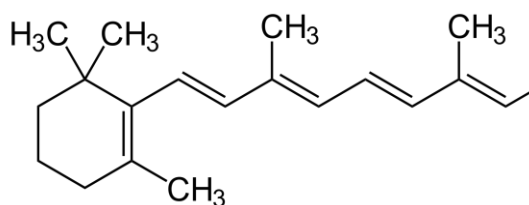
Un compuesto saturado es un compuesto químico que tiene una cadena de átomos de carbono unidos entre sí por enlaces simples y tiene átomos de hidrógeno ocupando las valencias libres de los otros átomos de carbono. Los alcanos son un

Un compuesto insaturado (no saturado) es un compuesto químico que contiene enlaces, carbono-carbono, dobles o triples, como los que se encuentran en los alquenos o alquinos, respectivamente. Precisamente, el número de enlaces dobles y triples de un compuesto nos

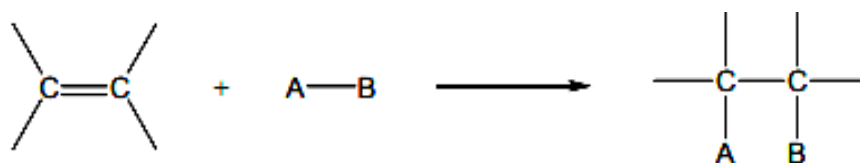
ejemplo de compuestos saturados.



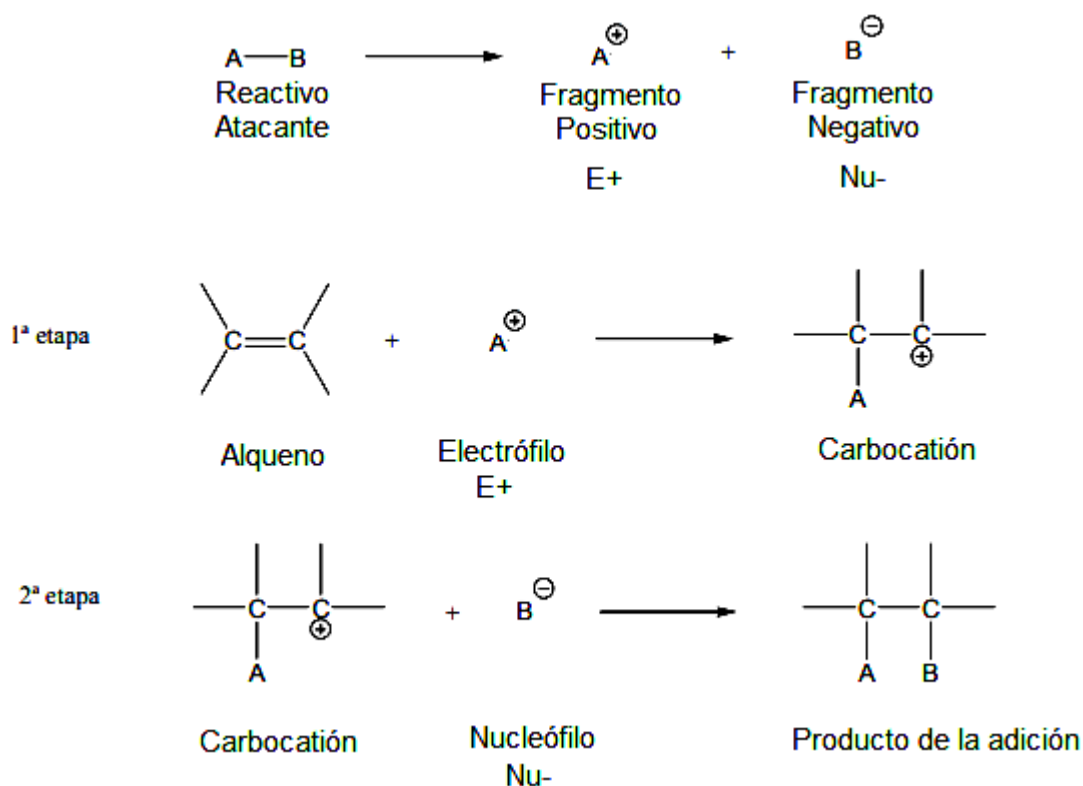
indica su grado de insaturación



Los alquenos, a diferencia de los alcanos, reaccionan con una gran cantidad de reactivos mediante reacciones de adición al enlace doble.



Su reacción característica es la Adición Electrofílica. Entre ellas destacan la hidrogenación (adición de H_2), la halogenación (adición de Cl_2 , Br_2), la hidrohalogenación (adición de HBr , HCl) y la hidratación (adición de H_2O). En estas dos últimas se sigue la regla de Markovnikov y se forman los derivados más sustituidos, debido a que el mecanismo transcurre mediante carbocationes y se forma el carbocatión más estable que es el más sustituido.



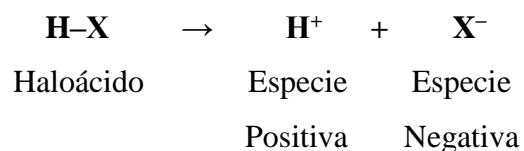
Regla de Markovnikov

En 1869 el químico ruso Vladimir Markovnikov estudió el mecanismo de adición de ácido bromhídrico (HBr) a los alquenos y explicó la orientación de la adición en la posición del doble enlace C – C.

La hipótesis presentada por el científico, consideraba que: “el mecanismo de reacción de la adición del ácido depende del número de hidrógenos con los que cuentan los átomos de carbono enlazados en el doble enlace”. De ello, entonces se debe conocer estructura molecular y la organización atómica al interior del alqueno. En esencia su hipótesis hace notar que si un compuesto de hidrógeno como un haloácido (HX) se envía a un compuesto insaturado (alqueno por ejemplo), al átomo de carbono que participa del doble enlace y que contiene mayor número de átomos de H se le une la especie positiva (electrófilo) del

haloácido. Por su parte el anión (nucleófilo) se une al carbono adyacente. Esta es la regla de Markovnikov en su esencia.

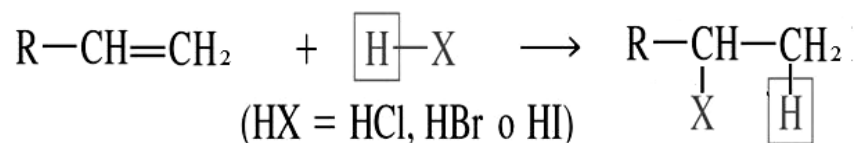
De acuerdo este supuesto un mol de **HX** se compone de:



H⁺ : fragmento positivo, de polaridad positiva, electrófilo, **E⁺**

X⁻ : fragmento negativo, de polaridad negativa, nucleófilo, **Nu⁻**

Una vez se conoció la fragmentación del reactivo atacante, la hidrohaleogación de un alqueno desarrollará el siguiente mecanismo:



Al finalizar sus análisis teóricos experimentales estableció la siguiente regla: “*La adición de un ácido protónico (ácido de Brønsted) al doble enlace de un alqueno da lugar a un producto con el protón del ácido enlazado al carbono que tenga el mayor número de átomos de hidrógeno*”.

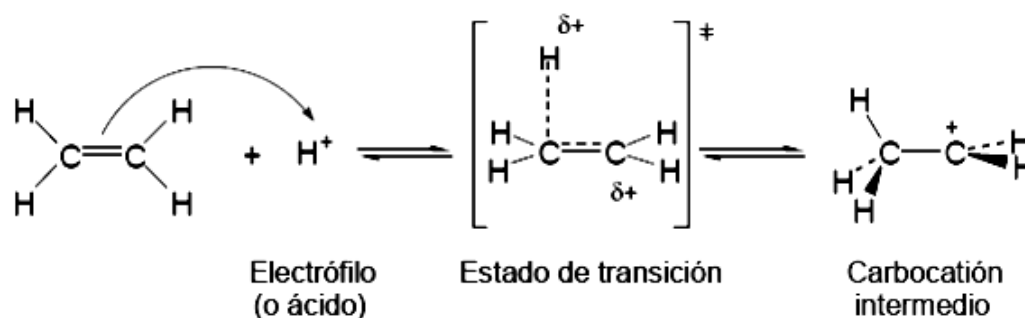
De ello se puede inferir que halógeno (X = Cl, Br) se une necesariamente al átomo de carbono que tiene el número más pequeño de átomos de hidrógeno.

Parte A.

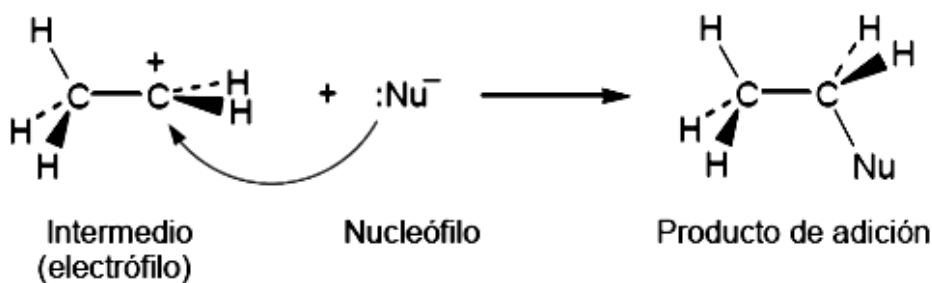
Considera el mecanismo propuesto para la reacción de adición de ácido clorhídrico al eteno. Observa, analiza y discute las etapas de reacción para responder las preguntas que se proponen:



Etapa 1



Etapa 2



Tomado de: <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/41008970/helvia/sitio/upload/reaccionesorganicas.pdf>, 14 de abril de 2018

1. ¿La configuración estructural (organización de los átomos) del eteno condiciona la forma como reaccionará con el HCl?, ¿por qué?

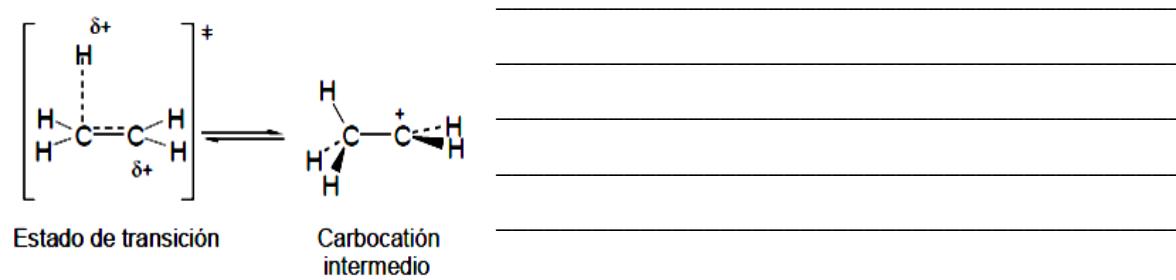
2. ¿En la etapa 1, el ataque del eteno al electrófilo es regioselectivo (lo hace en un carbono en particular)?, ¿por qué este comportamiento?

3. En la etapa 1 se observa que el eteno (alqueno) es quien busca la densidad de carga positiva del Electrófilo (H^+), ¿Qué ocasiona ese comportamiento en el alqueno? Justifica tu respuesta y busca un respaldo teórico que te permita argumentar tu suposición.

4. ¿Cómo justificarías que el HCl se fragmenta en H^+ y Cl^- ?

5. Elabora un argumento que sustente lo que sucede con el doble enlace C-C en el estado de transición.

6. Justifica el comportamiento de esta fase de la reacción



7. En la fase 2 del mecanismo, ¿Qué sucede con los electrones que posee el fragmento negativo de la molécula atacante una vez que se enlaza al carbocación?

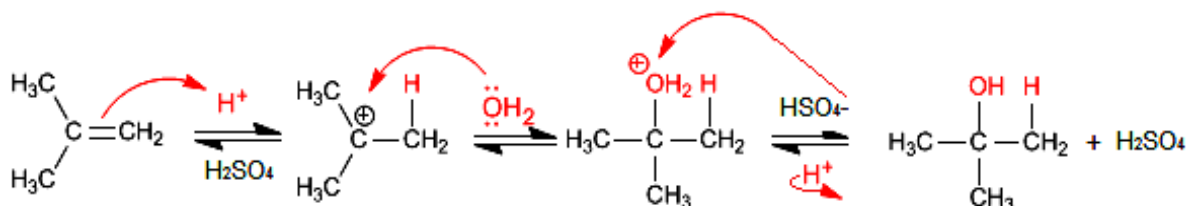
8. ¿El producto de la reacción que analizaste cumple con lo descrito en la Regla de Markovnikov? Justifica tu respuesta

Anexo H

 <p style="text-align: center;"><i>Institución Educativa Municipal Ciudad de Pasto</i> Pasto - Narino - Aprobada Mediante Decreto Municipal No. 0355, 26 / 08 / 03</p>					
ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Parte B.

A continuación se presenta la reacción de la hidratación (adición de agua) del 2-metil propeno. Basado en la observación y análisis diligencia el siguiente cuadro.



Componente de reacción	Representación	Indagación	Comentario
Alqueno		¿La molécula es simétrica?	
		¿Presenta en su estructura algún grupo que genere impedimento estérico en su transformación?	
		¿La configuración de los átomos enlazados a los carbonos del doble enlace dará a lugar la formación de un producto de acuerdo con la regla de Markovnikov?	
Molécula Atacante		¿Cuál es el electrófilo formado?, ¿qué promueve su formación?	

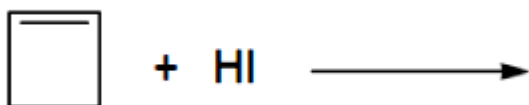
Condiciones de reacción		¿Por qué se emplea el ácido sulfúrico como medio de reacción?	
Proceso		¿Cómo denominarías las etapas que desarrolla el proceso reactivo?	
		¿De dónde proviene el H^+ que actúa en la primera fase del proceso reactivo?	
		¿Cuál es la razón por la cual se protona (adición de H^+) el doble enlace?	
		¿Quién ataca al carbocatión?, ¿Por qué?	
		¿En el intermedio formado por qué la carga la soporta el átomo de oxígeno?	
		¿Quién contribuye a estabilizar el carbocatión para formar el producto?, ¿por qué?	
		Justifica la eliminación de H^+ en la última etapa de reacción.	

Anexo I

 <i>Institución Educativa Municipal Ciudad de Pasto</i> <small>Pasto - Narino - Aprobada Mediante Decreto Municipal No. 0355, 26 / 08 / 03</small>					
ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Parte C.

Prediga el producto formado y luego infiera las etapas del comportamiento reactivo para la reacción del ciclo buteno con el ácido yodhídrico. Justifica cada uno de los procesos que desarrolles.



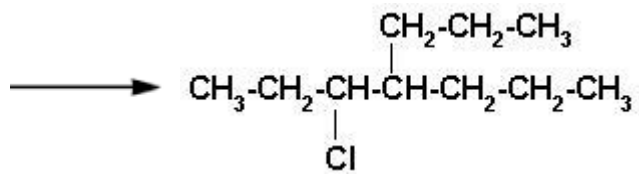
Anexo J



ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Parte D.

Determine cuáles deben ser los reactantes (alqueno y molécula atacante) que lleve a la formación del producto señalado e infiera las etapas del comportamiento reactivo para la reacción. Justifica cada uno de los procesos que desarrolles.



Momento de Renfoque

Anexo K



ÁREA	CIENCIAS NATURALES - QUIMICA	GRADO	11°	PERIODO	2°
DOCENTE	ALEX FERNANDO CUARÁN ZAMORA			GUIA	
ESTUDIANTE				FECHA	

Apreciado estudiante, en este proceso es muy importante reconocer los aprendizajes y cambios que has logrado con el desarrollo de los diferentes momentos del estudio en el comportamiento reactivo de los hidrocarburos insaturados, Alquenos. Por ello, para finalizar este proyecto te solicito desarrolles las actividades propuestas en el momento de ubicación, así daremos cuenta de tus avances respecto del dominio del tema. Recuerda responder siempre con sinceridad lo que piensas y conoces sobre las propiedades químicas de los Alquenos. Ahora ya cuentas con un punto de vista diferente, una postura más crítica y reflexiva, pues conoces los fundamentos, los modelos y los componentes de estructuras argumentativas que sustentan el cómo y porqué del cambio en un Alqueno.