

**EL FENÓMENO DE LA COMBUSTIÓN COMO MECANISMO DE  
INTERACCIÓN ENTRE SUSTANCIAS: UNA FORMA DE COMPRENDER LA  
NATURALEZA DE LA MATERIA Y SUS TRANSFORMACIONES.**

**MARTHA CECILIA FIGUEROA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES.**

**BOGOTÁ**

**2016**

**EL FENÓMENO DE LA COMBUSTIÓN COMO MECANISMO DE  
INTERACCIÓN ENTRE SUSTANCIAS: UNA FORMA DE COMPRENDER LA  
NATURALEZA DE LA MATERIA Y SUS TRANSFORMACIONES.**


**MARTHA CECILIA FIGUEROA SÁNCHEZ**

**TRABAJO DE GRADO  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS  
NATURALES**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES.**

**BOGOTÁ**

**2016**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Educación de Calidad</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>		<b>Versión: 01</b>
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2002</b>		<b>Página 3 de 136</b>

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado.
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	El fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias. Una forma de comprender la naturaleza de la materia y sus transformaciones.
<b>Autor(es)</b>	Figueroa Sánchez, Martha Cecilia.
<b>Director</b>	No tiene
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 136p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional.
<b>Palabras Claves</b>	COMBUSTION-SUSTANCIA-INTERACCION-ORGANIZACIÓN-SISTEMA-TRANSFORMACION.
<b>2. Descripción</b>	
<p>El presente trabajo evidencia el diseño, implementación y análisis de una secuencia didáctica enfocada hacia la comprensión del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias, se centra en el desarrollo de actividades que permitan el reconocimiento de las partes implicadas en el fenómeno, las condiciones requeridas y el reconocimiento de las interacciones y los mecanismos que dan origen a las transformaciones, lo cual tiene como objetivo generar procesos de observación, interpretación y análisis que permitan reconocer la sustancia como sistema complejo. La secuencia didáctica se aplicó en el colegio Virginia Gutiérrez de Pineda IED, con una muestra de 20 estudiantes de grado noveno de educación básica secundaria.</p>	
<b>3. Fuentes</b>	
<p>Para la realización de este trabajo se utilizaron como fuentes en torno al fenómeno de la combustión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ariza, L. D. (2010). Conocimiento Didáctico del Contenido Curricular Para La enseñanza De la Combustión. <i>Didáctica de La Química</i>. pp. 45-51.</li> <li>• Castillejo, R., Prieto, T y Blanco, A. (2005). El lenguaje y las teorías de los</li> </ul>	

alumnos en la comprensión de la combustión. Universidad de Málaga. *Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII CONGRESO, pp. 1-7*

- Lavoisier, A. (1997). *Memorias Sobre El Oxígeno, El Calórico y la Respiración*. Buenos Aires, Argentina: Emece Editores.
- Prieto, T. (2007). *Trabajo práctico y concepciones de los alumnos: la combustión. Investigar en la enseñanza de la química Nuevos horizontes; contextualizar y modelizar*. Universidad Autónoma de Barcelona, España, pp. 115-136.

Fuentes sobre la comprensión de sustancia como sistema complejo:

- Ariza, E. y Vargas, M. (2010). *Fenomenología de la transformación de las sustancias. Una experiencia de formación docente en ciencias. Descripción Arqueológica (Tesis de Maestría)*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Soto, G. (1999). *Edgar Morín. Complejidad y sujeto humano*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid .Alicante. España.

Fuentes sobre la interpretación de los fenómenos en términos de interacción entre sistemas:

- Pozo, J. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, España: Ediciones Morata, S.L.

#### **4. Contenidos**

El documento se encuentra conformado por una introducción, planteamiento de la problemática, justificación, antecedentes, un marco teórico referente a un análisis interpretativo de Lavoisier en torno al fenómeno de la combustión, aspectos teóricos a cerca de la interpretación de sustancia como sistema complejo, un marco metodológico, el desarrollo de actividades de tipo experimental y fundamentos teóricos que enmarcan la secuencia didáctica, buscando dar respuesta a la pregunta problema de investigación ¿En qué medida la aplicación de una secuencia didáctica como estrategia de aprendizaje basada en los mecanismos de interacción entre sustancias contribuye a la comprensión del fenómeno de la combustión en los estudiantes de grado noveno del colegio Virginia Gutiérrez de Pineda I.E.D?. Se propone como objetivo general el “Orientar en los estudiantes la comprensión del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias mediante una secuencia didáctica”. Por último se presentan los análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía consultada y los anexos que orientan el seguimiento a la estrategia empleada en el aula.

#### **5. Metodología**

El diseño metodológico para el presente trabajo es de carácter cualitativo, de un solo grupo con una prueba diagnóstica, la aplicación de la secuencia didáctica y el análisis de resultados arrojados en la misma. Se realizó con 20 estudiantes de grado noveno quienes realizaron trabajo experimental y análisis teórico para fundamentar observaciones o interpretaciones que se enmarcan dentro de lo no observable, y que resultan esenciales en la comprensión de todos los eventos concernientes al fenómeno de la combustión. El trabajo de aula de aula se desarrolló bajo la orientación de la docente; el tiempo estimado y proyectado para el presente trabajo fue de un año. Se proponen tres fases para la ejecución de la propuesta.

- **Fase uno.** Diseño e implementación de la prueba diagnóstica.  
La prueba diagnóstica se construyó bajo cinco referentes que reúnen los elementos e interacciones presentes en el fenómeno de la combustión, para caracterizar el nivel de percepción y conocimientos básicos que tienen los estudiantes. La prueba se implementó en tres sesiones de 60 minutos al grupo de 20 estudiantes seleccionados como muestra.
- **Fase dos:** Diseño y aplicación de la secuencia didáctica.  
Una vez caracterizadas las ideas de los estudiantes respecto al fenómeno de la combustión se seleccionaron las preguntas y situaciones de tipo experimental para ser desarrolladas y analizadas por los estudiantes. La secuencia didáctica se desarrolló teniendo en cuenta el reconocimiento de las partes involucradas en la ocurrencia del fenómeno, las relaciones ,las condiciones y las interacciones que dan origen a las transformaciones.
- **Fase tres:** Análisis de resultados.

Los criterios de análisis de la prueba diagnóstica y de la secuencia de enseñanza están encaminados al reconocimiento que realizan los estudiantes de los elementos, las interacciones y las condiciones requeridas para la interpretación del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias.

## 6.Conclusiones

- A partir de la prueba diagnóstica se pudo evidenciar que los estudiantes no relacionan las transformaciones de las sustancias con su estructura y organización interna, razón por la cual no pueden dar de los eventos que caracterizan el fenómeno de la combustión.
- las actividades propuestas en la secuencia didáctica permitieron acercar a los estudiantes hacia la comprensión de los eventos que caracterizan el fenómeno de la combustión a partir del reconocimiento de las interacciones entre las partículas que conforman las sustancias y las implicaciones que estas tienen en la transformación de las mismas.
- Las actividades de tipo experimental desarrolladas durante la secuencia didáctica se constituyen en dinámicas de aprendizaje que generan procesos de observación, interpretación y análisis, permitiéndole a los estudiantes generar explicaciones y cuestionarse frente a cómo interpretar los fenómenos.
- La idea de sustancia como sistema complejo permite el reconocimiento de las relaciones entre los elementos implicados en el fenómeno de la combustión, tanto a nivel macro como a nivel micro.
- La interpretación de sustancia como sistema complejo permite describir los hechos o sucesos que determinan sus cambios o transformaciones.

<b>Elaborado por:</b>	Martha Cecilia Figueroa Sánchez.		
<b>Revisado por:</b>	Sandra Ximena Ibáñez, David Andrés Sánchez y Margarita Lucy Vargas Nieto		
<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	11	06	2016

# CONTENIDO

CONTENIDO.....	6
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. Planteamiento Del Problema. ....	10
1.2. Formulación Del Problema. ....	13
1.3. Justificación.....	14
1.4. Antecedentes. ....	18
1.5 Objetivos .....	23
1.5.1 Objetivo General .....	23
1.5.2 Objetivos Específicos.....	23
2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Análisis interpretativo de las memorias sobre el oxígeno, el calórico y la respiración de Antoine Lavoisier. ....	24
2.2 La combustión como mecanismo de interacción entre sustancias.....	35
2.2.1 La comprensión de sustancia como sistema complejo. ....	36
3. MARCO METODOLÓGICO.....	41
3.1 Población y muestra. ....	41
3.2 Diseño de investigación. ....	42
3.3 Técnicas de recolección de información.....	42
Descripción de la prueba diagnóstica .....	43
3.3.1 Criterios para diseñar la prueba diagnóstica .....	43
3.4 Secuencia didáctica.....	44
3.4.1 Criterios para el diseño de la secuencia didáctica.....	45
3.4.2 Descripción de la implementación de la secuencia didáctica .....	47
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
4.1 Análisis de la prueba diagnóstica.....	48
4.1.1 Criterios de análisis de la prueba diagnóstica .....	48
4.1.2 Análisis de resultados de la prueba diagnóstica .....	48

4.2	Análisis de la Secuencia Didáctica .....	61
4.2.1	Criterios de análisis de la secuencia didáctica.....	62
4.2.2	Análisis de los resultados de la secuencia didáctica. ....	62
5.	CONCLUSIONES Y PROYECCIONES .....	97
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
7.	ANEXOS.....	104
7.1	Prueba diagnóstica .....	104
7.2	Secuencia didáctica.....	110
7.3	Desarrollo de experiencias de la secuencia didáctica .....	124
7.3.1	Actividades que involucran el reconocimiento de las partes .....	124
7.3.2	Observaciones y análisis. ....	125
7.3.3	Comprobación de nuevas organizaciones .....	126
7.4	Representación de modelos .....	129
7.5	Imágenes que representan los cambios . ....	130
7.5.1	Nivel macroscópico o de percepción. ....	130
7.5.2	Nivel microscópico o de abstracción .....	131
7.5.3	Representación de la ruptura de enlaces y formación de otros, a nivel microscópico.....	132
7.6	Representación de observaciones y su interpretación .....	132
7.6.1	Representación de efectos percibidos.....	132
7.7	Representaciones que indican el reconocimiento de las nuevas organizaciones.....	133
7.7.1	Representación del carbón producido. ....	133
7.8	Representación de observaciones que muestran los efectos .....	133
7.8.1	El efecto del calor sobre los vapores de parafina y el oxígeno. ....	133
7.8.2	Representación de los efectos del medio.....	133
7.9	Las representaciones globales del fenómeno.....	134
7.9.1	Representación percepción directa .....	134
7.9.2	Representación simbólica. ....	134
7.10	Modelo global de representación del fenómeno. ....	135
7.11	Representación de las organizaciones de la materia y los estados físicos .....	135
7.11.1	Representación de la materia y los estados de la misma. ....	135
7.11.2	Representaciones de los estados de agregación de las moléculas de parafina y los efectos del calor en las organizaciones. ....	136

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo orientar la comprensión del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias a través de la implementación de una secuencia didáctica en estudiantes de noveno grado de educación básica secundaria del colegio Virginia Gutiérrez de Pineda IED.

Se recurre al análisis interpretativo de las Memorias de Lavoisier sobre el oxígeno; el calórico y la respiración, así como de la comprensión de sustancia como sistema complejo.

Los aportes del análisis interpretativo de las memorias de Lavoisier establecen la naturaleza de la combustión demostrando experimental y cuantitativamente que es un proceso en el que se produce una combinación de una sustancia con el oxígeno, bajo un esquema de materia a partir de la cual podía explicar las transformaciones y condiciones requeridas, sin embargo estos planteamientos no son suficientes para comprender las múltiples causas que se coordinan para producir el fenómeno, por lo tanto se establece que para comprender las causas que lo producen y los eventos que lo caracterizan se requiere de su interpretación en términos de sistemas en interacción.

Caracterizar el fenómeno de la combustión en términos de interacción entre sistemas, conlleva a la interpretación de sustancia como sistema complejo, por lo cual las interacciones adquieren gran importancia en la comprensión del fenómeno, ya que a través de ellas la sustancia adquiere características que la definen y le permiten interactuar con otras sustancias respondiendo a acciones externas, cambiando o manteniendo su organización, así la sustancia se mantiene, produce o transforma, definiéndose los mecanismos y las condiciones bajo las cuales lo hace.

En consecuencia se implementa una secuencia didáctica direccionada teórica y experimentalmente hacia el reconocimiento y la descripción de las partes implicadas, las relaciones que se operan entre las partes, el reconocimiento e identificación de las transformaciones que se producen, las condiciones requeridas y los tipos de interacciones bajo los cuales se relacionan los componentes de las sustancias.

La interpretación de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias no solamente conlleva al reconocimiento de las interacciones, también implica el reconocimiento de los mecanismos que describen el rompimiento de enlaces y formación de otros nuevos, así como de los cambios en las posiciones de los átomos en el

transcurso de la ocurrencia del fenómeno, aspectos que no podrían ser reconocidos al abordar la combustión a través de una reacción química con la cual se establece las sustancias presentes al comienzo y las que se producen al final, desconociéndose los acontecimientos que se generan durante el proceso.

Determinar la comprensión de un fenómeno mediante la interpretación de sustancia como sistema complejo, implica el reconocimiento de todos los elementos involucrados en la ocurrencia del mismo, dejando de lado el reduccionismo centrado en el estudio de las partes, así la complejidad que se le otorga a la sustancia determina que los procesos de enseñanza aprendizaje permitan la comprensión de los procesos y mecanismos bajo los cuales se transforman las sustancias.

# 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

## 1.1. Planteamiento Del Problema.

Al momento de generar en los estudiantes representaciones específicas para predecir o explicar el fenómeno de la combustión, se pueden reconocer algunas ideas o tendencias bajo las cuales lo interpretan reflejando algunas de las causas que no le permiten comprender el fenómeno, dentro de las cuales se pueden mencionar las relaciones de tipo causal, la visión aditiva de las reacciones químicas y la desconexión entre los estados de la materia con su organización interna y el estado dinámico que las constituye.

En cuanto a la tendencia de los estudiantes de recurrir a un esquema causal simple para explicar el fenómeno, queda evidenciado cuando afirman: si no hay oxígeno no hay combustión, lo cual se manifiesta a través del mantenimiento de la llama, por lo tanto si esta se apaga se toma como un indicador de la falta de oxígeno. Así la interpretación de causa y efecto que los estudiantes hacen del fenómeno está condicionada a la observación del mismo, desconociendo las interacciones o acciones mutuas entre las partes implicadas, los mecanismos o procesos que se generan para reconocer las transformaciones, los estados y las condiciones que se requieren para la ocurrencia del fenómeno, aspectos que al ser desconocidos, no le permite explicar lo que sucede en una situación específica o predecir lo que puede ocurrir si las condiciones del mismo se llegan a modificar.

Pozo (1998) citando a Anderson (1986) y Pozo (1987), plantea que “la tendencia de recurrir a un esquema causal para explicar los fenómenos, se deriva de las percepciones sensoriales realizadas por los estudiantes y que la relación causa / efecto no es en un solo sentido, sino que implica una relación recíproca. No es que un agente actúe sobre un objeto modificándolo, sino que dos sistemas interactúan modificándose mutuamente. La relación implica no una causa sino la interacción entre varias causas que se coordinan para producir un efecto dado. La idea de que los efectos se producen en un solo sentido implica centrarse en el cambio (acción) olvidando los efectos recíprocos (reacción)” (p.25).

Respecto a la comprensión del fenómeno en términos de suma de reactivos y generación de productos,” muchos alumnos conciben el fenómeno de la combustión como un proceso en el que unas sustancias se añaden a otras para obtener un producto que es la suma de las anteriores, por lo cual no logran interpretar el cambio como un proceso de interacción más compleja, en donde sucede un intercambio en el que unos ganan y otros pierden estableciendo una conservación”.(Pozo, 1998,p.26).

Sin embargo se acude a una representación pobre del fenómeno por reduccionista y simple, con lo cual se pone en evidencia una mentalidad objetivista, en donde el objeto de estudio, en este caso la sustancia, se concibe como algo material y lo material como descomponible en sus elementos o sustancias simples. El átomo es concretamente esa unidad elemental, así los objetos fenoménicos son de este modo compuestos por átomos y sus propiedades fundamentales son las de estos. O sea: sabiendo los elementos simples de que se compone y las reglas (simples) que rigen las combinaciones de sus átomos, el objeto físico queda explicado y por lo tanto, la interpretación del fenómeno de la combustión queda reducida a un proceso mecánico respecto a quien gana o pierde electrones, quien se oxida o se reduce.( Soto,1999).

En consecuencia los esquemas de relación entre las sustancias bajo las cuales se interpreta el fenómeno se fundamentan a través de relaciones entre entidades cerradas que se caracterizan por su constitución o estructura química (Soto,1999), por lo cual la comprensión del fenómeno queda reducida al análisis individual de las sustancias participantes, sin tener en cuenta que la sustancia se identifica y cualifica por su comportamiento, el cual es determinado a través de sus interacciones, por lo tanto la sustancia se debe interpretar en términos de relaciones entre elementos de un sistema, dentro de los cuales se debe incluir el medio.

Por último, se puede mencionar la dificultad que encuentran los estudiantes para interpretar las transformaciones de una sustancia durante la combustión, se evidencia que en general utilizan muy poco el modelo corpuscular de la materia y los que lo hacen no relacionan los cambios de estado de las sustancias y sus transformaciones, con la organización interna y el estado dinámico de las partículas que la constituyen. En este caso cuando el estudiante describe como el calor produce la evaporación del agua, establece que los diversos estados de agregación de la materia son el resultado de un proceso lineal, unidireccional, en el que el calor produce el cambio, desconociendo que

los cambios o transformaciones de las sustancias al ser interpretados a partir de las interacciones entre las partículas que la constituyen permite establecer relaciones de temperatura y movimiento, por lo cual el cambio ya no se da entre cualidades aisladas atribuidas a ciertos estados de la materia, sino que implica un proceso que relaciona esos estados.(Pozo,1998).

De esta manera queda en evidencia que los estudiantes de noveno grado de la institución educativa Virginia Gutiérrez de pineda, no relacionan los cambios de estado con la organización interna de la materia, así como tampoco conciben la materia, el átomo y la sustancia como una continua interacción entre sus componentes, interacción que puede ser modificada por acción del calor, cambiando su estructura y organización. Si el estudiante comprende que al ser modificada la organización de los componentes de las sustancias, por acciones externas, podrá establecer los procesos o mecanismos bajo los cuales interactúa con otras sustancias así como los efectos o consecuencias que se derivan de dichas interacciones (las transformaciones).

En común se puede establecer que las ideas o tendencias bajo las cuales los estudiantes interpretan el fenómeno de la combustión descritas anteriormente, dejan de lado las relaciones recíprocas o interacciones las cuales permiten que la sustancia se puede interpretar en términos de relaciones entre elementos de un sistema así como también que los cambios o transformaciones de estas sean interpretados en términos de interacción entre sistemas o sustancias, logrando así el reconocimiento de acciones y reacciones, causas y consecuencias, procesos y mecanismos que determinan la ocurrencia del fenómeno de la combustión y permiten el reconocimiento de los eventos que lo caracteriza.

En consecuencia se hace necesario implementar una categoría de análisis del fenómeno de la combustión en términos de mecanismo de interacción entre sustancias, lo cual posibilita que a través del reconocimiento de las interrelaciones, los estudiantes puedan concebir la sustancia como un sistema complejo que le permita establecer las condiciones y los procesos o mecanismos bajo los cuales se relacionan y se transforman en el fenómeno de la combustión, de hecho los fenómenos se deben interpretar como un conjunto de relaciones complejas que forman parte de un sistema, las cuales permiten establecer los mecanismos o procesos bajo los cuales interactúan y se reorganizan, pudiendo ser reconocidos a través de los cambios visibles ocurridos durante el mismo. Pozo (1998, p. 26)

## 1.2. Formulación Del Problema.

Basada en la problemática anterior surge el siguiente interrogante que da origen al presente trabajo:

¿En qué medida la aplicación de una secuencia didáctica como estrategia de aprendizaje basada en los mecanismos de interacción entre sustancias contribuye a la comprensión del fenómeno de la combustión en los estudiantes de grado noveno del colegio Virginia Gutiérrez de Pineda I.E.D?

### 1.3. Justificación

Pozo (1988) citando a Chi (1992) afirma que “la comprensión del mundo y por lo tanto de los fenómenos está de terminada por categorías ontológicas desde las cuales lo interpretamos, así un fenómeno se puede interpretar desde tres categorías ontológicas, las cuales serían las de estados, procesos y sistemas” (p. 31)

Respecto a la interpretación del fenómeno en términos de estados de la materia sucesivos o desconectados entre sí, resulta ser una forma de interpretación muy predictiva a partir de rasgos asociados a cada estado, por lo tanto resulta insuficiente para explicar o dar sentido a esos estados, para lo cual se necesita relacionarlos con ciertos procesos que conecten esos estados entre si y permitan explicar la transición de uno a otro (como por ejemplo como un líquido se convierte en gas). “Por lo tanto el fenómeno observado ya no es solo un estado, es un proceso, es una sucesión o encadenamiento de hechos, en el que uno, el antecedente, es causa directa del otro, el consecuente. De esta manera pasar de concebir los fenómenos como estados a concebirlos como procesos supone un cambio ontológico importante para el aprendizaje y comprensión de los fenómenos, ya que implica establecer relaciones entre conceptos, por ejemplo los cambios entre los diversos estados de agregación de la materia se interpretan en términos de relaciones de temperatura y densidad, por lo que el cambio ya no se da entre cualidades aisladas atribuidas a ciertos estados de la materia, sino que implica un proceso que relaciona esos estados”.(Pozo,1998,p.31).

Sin embargo la atribución de fenómeno a la categoría de proceso puede ir creciendo en complejidad a medida que se incorporan o suman nuevos factores causales a la explicación del hecho, lo cual suele ser un paso a la comprensión de las relaciones en términos de sistemas. Lo relevante no son solo los procesos inmediatos que han producido ese cambio en el estado de la materia, sino el conjunto de relaciones impuestas por un determinado modelo para la explicación de ese fenómeno. De esta manera la interpretación de los fenómenos no suele basarse tanto en relaciones lineales simples, o en análisis de procesos, como en interacciones complejas dentro de sistemas en

equilibrio. Así los cambios de estado de agregación de la materia no son el resultado de un proceso lineal, sino que se explican a partir de las interacciones entre las partículas que configuran el sistema (Pozo, 1998).

Es importante destacar que cada nivel de análisis ontológico no abandona los conocimientos del nivel anterior, sino que los integraría, según Pozo (1998) en términos de Karmiloff-Smith (1992) los describiría en una categoría ontológica de mayor complejidad la de sistemas en interacción, a partir de la cual los diferentes estados de agregación de la materia pasan a relacionarse por medio de procesos, y los diferentes procesos se relacionan entre sí dentro de un sistema. Por tanto esta retribución ontológica, no supone el abandono de las entidades ontológicas más simples, sino más bien su integración o reinterpretación en otras más complejas. A determinados niveles de análisis o categorías ontológicas, un fenómeno puede representarse como un proceso lineal, o incluso como un estado o un hecho dado, pero obviamente ello empobrece su significado. (p. 31)

La especificación a cerca de los niveles de análisis a partir de los cuales se pueden interpretar los fenómenos, descritos anteriormente, permite comprender la importancia que tienen para abordar su enseñanza y lograr un acercamiento al conocimiento científico, a través de la implementación de métodos, razonamientos e interpretaciones que le permitan explicar o dar cuenta del fenómeno.

Por lo tanto se hace indispensable implementar un esquema de interpretación del fenómeno de la combustión basado en las interacciones, a partir de la cual los estudiantes lo comprendan y además puedan:

- Comprender la naturaleza de la materia, del átomo y por lo tanto de la sustancia en términos de relaciones entre elementos de un sistema.
- Reconocer la transición entre los diferentes estados de la materia y su movimiento intrínseco.
- “Reconocer los cambios o las transformaciones de las sustancias ya que las interacciones entre los elementos o partículas, provocan cambios en su movimiento o en las asociaciones entre partículas, que son los responsables de los cambios macroscópicos de la materia”. Pozo (1998,p. 26)

- construir modelos que le permitan establecer las condiciones y los procesos o mecanismos bajo los cuales interactúan las sustancias y se generan nuevas organizaciones, las cuales se evidencian en las transformaciones.
- identificar y relacionar la cadena de sucesos que acontecen durante la ocurrencia del fenómeno.

Si se tiene en cuenta que una parte importante de los contenidos de química en la educación secundaria están dedicados a explicar la naturaleza y las propiedades de la materia así como los cambios que esta puede experimentar, el fenómeno de la combustión se constituye en un elemento esencial con el cual los estudiantes puedan asumir que la materia tiene una naturaleza discontinua, comprendiendo que más allá de su apariencia visible o de los diversos estados en que pueda presentarse, está siempre formada por átomos, y este por partículas que se encuentran en movimiento e interacción, que pueden combinarse para dar lugar a estructuras más complejas. Sin embargo no se trata solo de atribuir movimiento a las partículas, sino de relacionar su movimiento relativo con los cambios producidos por un agente externo en la distribución de las mismas, lo cual alteraría el estado aparente de la materia. Pozo (1998). Además sería el paso inicial para que pueda interactuar con otras sustancias, permitiendo reconocer procesos o mecanismos bajo los cuales interactúa, y se vuelven a organizar generando transformaciones o nuevas sustancias.

Estas nociones sobre la constitución de la materia resultan fundamentales para describir y explicar su estructura en los diversos estados en que se nos presenta (explicar, por ejemplo las diferencias entre los estados sólido, líquido y gaseoso), sus propiedades y en general todos los cambios que tengan lugar en su estructura, tanto cambios físicos como cambios químicos. (Pozo, 1998)

Así comprender los cambios que se suceden durante el fenómeno de la combustión implica en primer lugar recurrir a la interpretación de materia, átomo y sustancia como sistemas complejos, lo cual facilitaría establecer las interacciones o acciones mutuas entre las partes implicadas, los mecanismos o procesos que se generan para reconocer las transformaciones, los estados y las condiciones que se requieren para la ocurrencia del fenómeno; en segundo lugar retomar elementos básicos planteados por Lavoisier en sus Memorias sobre el oxígeno, el calórico y la respiración, acerca del fenómeno de la

combustión, los cuales hacen referencia a la utilización de un modelo de materia para explicar las transformaciones, al establecimiento de relaciones entre los elementos implicados en términos de afinidad así como de las condiciones requeridas para que ocurra la combustión, elementos que fueron establecidos como resultado de la rigurosidad de los procesos de experimentación y medición realizados por Lavoisier.

En consecuencia la interpretación del fenómeno se debe direccionar con el análisis teórico, que permita orientar la observación en la actividad experimental, de tal forma que los estudiantes puedan hacer una caracterización de los eventos mediante un lenguaje colectivo que lo haga comprensible.

#### **1.4. Antecedentes.**

De los trabajos que sirvieron de soporte y que se traduce como referentes en el estudio del fenómeno de combustión, se pueden mencionar los siguientes.

Ariza y Parga en 2010, en la universidad pedagógica Nacional ; en su investigación titulada Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión, presentan la perspectiva docente en cuanto a la enseñanza de la combustión así como el diseño de una unidad didáctica donde se articulan elementos histórico-epistemológicos y didácticos. Esta investigación aporta las bases para la construcción de la unidad didáctica, prevista para la enseñanza de la combustión, resaltando los referentes históricos y epistemológicos, a tener en cuenta para abordar el fenómeno, reconociendo las preguntas que, en su momento, fueron orientadoras por los científicos de aquella época respecto al por que arden algunas sustancias y que han sido fundamentales para la evolución teórica; esto es importante para el profesorado en el momento del diseño curricular, porque identificaron preguntas que los científicos de la época se hicieron y las cuales podían ser similares a las preguntas de sus estudiantes.

La metodología usada fue de tipo cualitativo, en donde participaron ocho profesores en formación inicial y el profesor tutor de la práctica docente. Los ocho profesores en formación inicial son del programa de licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional y su profesor titular de la práctica docente quien cuenta con 20 años de experiencia, es licenciado en Química y especialista en didáctica de las matemáticas. Dentro de las dos fases de investigación hubo una primera de diagnóstico para indagar por el conocimiento disciplinar que tienen los profesores en formación inicial y titular acerca del contenido a enseñar (combustión), y por el conocimiento histórico-epistemológico, en el cual se determina si las concepciones del profesorado enseñaban el concepto de combustión desde el modelo flogistonista o desde la teoría del oxígeno, teniendo en cuenta el nivel electrónico. Se caracterizó el conocimiento

psicopedagógico/didáctico y el conocimiento del contexto escolar. En la interacción de estos cuatro conocimientos se caracterizará el Conocimiento Didáctico del Contenido Curricular (cdcc).

En la segunda fase se hace el diseño, validación e implementación de la unidad didáctica para la enseñanza del concepto de combustión. El diseño de la unidad didáctica se estructuró a partir de la Trama Histórica-Epistemológica y la Trama Didáctica en torno a la Combustión en Química, y significó la identificación de criterios de análisis en la evolución histórica de la combustión desde la teoría del Flogisto hacia la teoría del oxígeno de Lavoisier, desde un ámbito experimental y teórico a favor de la construcción del conocimiento científico, y de esta manera reflexionar sobre el aporte de este concepto en la química. Posteriormente se realizó el análisis y reflexión de las respuestas de los cuestionarios aplicados y se diseñó el currículo, teniendo en cuenta la participación de los profesores y la interpretación de ellos según la primera fase de la investigación.

Las técnicas e instrumentos usados fueron instrumentos de preguntas abiertas, análisis de documentos (propias de sus “diseños” para la enseñanza y de los libros de texto usados por ellos, entrevistas semi-estructuradas y cuestionario tipo Likert para contrastar las concepciones de ciencia de los profesores. Los supuestos de partida planteados son: los profesores en formación inicial y el profesor tutor aún no han estructurado en forma integrada el cdcc; dan relevancia al conocimiento químico pero sin el soporte histórico/epistemológico, psicopedagógico y del contexto escolar. Es probable que enseñe el concepto de combustión como una mezcla de los dos modelos (flogistonista y desde la teoría del oxígeno) o sólo desde la teoría del oxígeno, o sin considerar estos modelos.

Del trabajo se concluye que: Los profesores enseñan el concepto de combustión desde dos modelos teóricos; ellos son conscientes del mayor predominio de la teoría del oxígeno, antes de estructurar la unidad didáctica, los profesores demostraron falta de integración de los conocimientos pedagógicos/didácticos, psicológicos y del contexto para diseñar una didáctica para la enseñanza de la combustión, luego del trabajo con las tramas histórico-epistemológica y didáctica se logró la articulación de los componentes que conforman el cdcc para diseñar la unidad didáctica.

Se antepone en esta investigación la importancia de estructurar la teoría del oxígeno, como prioridad para la enseñanza misma de la combustión y base para la construcción

de la unidad didáctica, remitiéndonos a los aportes histórico-epistemológicos implicados en la construcción conceptual de este fenómeno.

Prieto y Watson (2007) en su artículo: El Trabajo práctico y concepciones de los alumnos: la combustión. En él se investiga la comprensión que alumnos de 14 y 15 años, en España y en el Reino Unido, tienen sobre la combustión y el efecto, sobre la misma, de la experiencia de los alumnos en trabajo práctico de laboratorio. La metodología docente utilizada con los alumnos fue estudiada mediante cuestionarios y entrevistas. La comprensión de los alumnos de la combustión fue estudiada mediante un cuestionario. La calidad de las respuestas fue establecida en relación a su grado de conciencia sobre la implicación de gases en la combustión. Los resultados indican que la mayor exposición a trabajos prácticos en las escuelas inglesas influye en escasa medida en la comprensión de los alumnos.

En el estudio se diseñó un cuestionario de 9 preguntas, todas abiertas excepto una de opción múltiple, fue desarrollado mediante una serie de cuatro pruebas piloto que implicaron a unos 150 alumnos entre los dos países. Las cuestiones se centraban fundamentalmente en: la naturaleza del proceso de combustión, los reactivos y productos en la combustión, la participación del oxígeno en la combustión, aspectos de conservación, ejemplos aportados por los alumnos sobre sustancias combustibles y no combustibles. La muestra la conformaron 299 estudiantes: 150 alumnos españoles y 149 alumnos ingleses de entre 14 y 15 años. Esta edad fue elegida porque todos los estudiantes han estudiado unas ciencias básicas que incluyen la combustión. Los alumnos eran de habilidad mezclada, y centros públicos y mixtos. El cuestionario fue aplicado durante el curso 1990-91

Los datos obtenidos ponen de manifiesto: la gran influencia de los ejemplos de combustión que los alumnos experimentan en su vida diaria, y que ejerce presión en muchos sentidos y el impacto que tiene el trabajo de laboratorio en la comprensión conceptual de los estudiantes ingleses, pero no en la medida que se espera. El enfoque inglés aporta experiencia de primera mano en aspectos de la combustión que son clave para la comprensión y que no aparecen en el prototipo de las observaciones cotidianas: reconocer gases, recogerlos, probar que son diferentes, pesarlos, pesar sólidos que ganan peso al reaccionar con gases. Sin embargo, no parecen tener el impacto esperado en la comprensión de la combustión que tienen estos alumnos.

Los resultados muestran claramente la utilidad del trabajo práctico para extender la descripción de la combustión por parte de 136 los alumnos, pero gran cantidad de estos

alumnos no atraviesan la barrera del cambio de modelo explicativo. Quizás una de las causas de estos resultados es la falta de procesos mentales necesarios para juntar y relacionar de manera significativa toda la información recogida sobre la combustión.

El trabajo aporta a la presente investigación los modelos explicativos que tienen los estudiantes y que los ubican basados en tres grandes categorías: explicaciones basadas en las ideas de reacción química, de transmutación y de modificación. De igual forma la concepción del trabajo práctico que tienen los autores está orientado a la aplicación de conceptos, más no a la actividad experimental, sin embargo las orientaciones que dirigen respecto a la interacción del oxígeno con el combustible son importantes como elementos prácticos a tener en cuenta en el diseño de la secuencia didáctica.

Castillejo, R., Prieto, T y Blanco, A. (2005) en su trabajo “El lenguaje y las teorías de los alumnos en la comprensión de la combustión”, estudia el progreso de su comprensión desde la perspectiva de las teorías y el estudio del progreso en el uso del vocabulario y la terminología científica por parte de los alumnos y las posibles relaciones entre ambos.

Este trabajo se inserta en una línea de investigación sobre el progreso en la comprensión (Prieto, Blanco, y Brero, 2002) desde la perspectiva de la teorías de los alumnos. Los autores conciben la comprensión como un proceso continuo y multidimensional y parten de la hipótesis de que ésta puede ser estudiada, en un dominio concreto, caracterizando un conjunto discreto de teorías de dominio que representan distintos niveles en la comprensión del mismo. El progreso vendría representado por desplazamientos desde unas teorías a otras, teniendo en cuenta que para alumnos particulares pueden darse casos diferentes: convivencia de más de una teoría, avance a una nueva sin abandonar la anterior. (Muy similar a los planteamientos de Pozo en su libro enseñar y aprender ciencia (1998) sobre las teorías de dominio de los estudiantes)

Prieto uno de los autores toma como dimensiones fundamentales en la comprensión de los fenómenos de combustión: a) la interacción y el papel del oxígeno, b) la naturaleza y el papel del fuego/ llama y c) la naturaleza de los reactivos y los productos. Identificaron, en alumnos de 14-15 años, tres teorías de dominio y un estado intermedio:

1. Modificación (M) consistente en entender la combustión como una transformación no permanente mediante la cual la sustancia cambia algunas de sus propiedades: estado físico, color, tamaño, etc.

2. Transmutación (T) que supone la formación irreversible del combustible o la desaparición de éste sin participación del oxígeno.
3. Reacción Química (RQ), donde se han de tener en cuenta al menos tres componentes; combustible, oxígeno y productos, así como el concepto de interacción.
4. Estado de transición entre la transmutación y la reacción química, para aquellos casos en los que se tiene en cuenta la necesidad del oxígeno, pero no aparece claro el concepto de interacción.

Para caracterizar en que teorías de dominio, se encuentran los estudiantes. Se ha desarrollado un amplio cuestionario, a partir del empleado por Prieto (1992), de nueve preguntas abiertas mediante las cuales se pone al alumno en situación de responder a diferentes aspectos relacionados con los fenómenos de combustión.

Los autores concluyen que: se produce con la edad y el aumento del nivel de instrucción una mejora significativa de la comprensión, desde la perspectiva de las teorías de los alumnos. Este progreso consiste en el abandono de los perfiles centrados en la teoría de la transmutación y la modificación, y la sustitución por otros en los que predomina la de la reacción o los primeros indicios de la misma, también se aprecian diferencias significativas con respecto a los significados de arder y combustión, en el sentido de aumentar la idea de que ambos términos significan lo mismo.

Se recomienda que en la educación secundaria se dedique una mayor atención al significado de los términos arder y combustión, con objeto de reducir la presencia de muchas de las argumentaciones, alejadas de la teoría científica, utilizadas por los alumnos para referirse a ambos términos. Para ello, proponen:

1. Utilizar ejemplos de combustiones con presencia de llamas y sin ellas, y utilizar el nombre de combustión para todos, y ejemplos donde se manifieste que tanto en la combustión como en el proceso de arder se da una reacción química de un compuesto con el oxígeno.
2. Ser cuidadosos con los reactivos elegidos cuando empleemos la palabra combustión y cuando nos refiramos a arder, para que no exista la idea de que cada proceso depende de un tipo de reactivo distinto. Insistir en la naturaleza exotérmica de la reacción y en el hecho de que la velocidad o la espontaneidad de los procesos no marcan ninguna diferencia entre ellos.

Este trabajo además de aporta las ideas para la construcción de preguntas orientadoras, retoma las teorías de dominio que poseen los estudiantes al abordar el fenómeno de la combustión, para tenerlas en cuenta en la secuencia didáctica y orientar a los estudiantes a reconocer la sustancia como un sistema complejo y la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Orientar en los estudiantes la comprensión del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias mediante una secuencia didáctica.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- I. Caracterizar la construcción de explicaciones que realizan los estudiantes acerca del fenómeno de la combustión mediante la aplicación de una prueba diagnóstica.
- II. Diseñar una secuencia didáctica que implique los mecanismos de interacción entre sustancias para favorecer la comprensión del fenómeno de la combustión en los estudiantes.
- III. Analizar la incidencia de la secuencia didáctica en la comprensión de los eventos que caracterizan el fenómeno de la combustión a partir de las respuestas dadas por los estudiantes.

## **2. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Análisis interpretativo de las memorias sobre el oxígeno, el calórico y la respiración de Antoine Lavoisier.**

A partir del análisis interpretativo de las Memorias sobre el oxígeno; el calórico y la respiración “de Antoine Lavoisier, se puede establecer el proceso de construcción de explicaciones y los procedimientos con los cuales llegó a definir y a comprender el fenómeno de la combustión.

Fenómeno a través del cual Lavoisier logra establecer de manera indirecta, la naturaleza material del oxígeno, asignándole propiedades físicas tales como volumen y peso, las cuales emergen y se reconocen como resultado de la combinación del oxígeno con los metales al calcinarse, igualmente establece la idea de estados de la materia y cambios de estado, debido a la distancia existente entre las partículas que conforman la materia, situación que permite trascender a la comprensión del fenómeno tanto en términos macro como micro (Lavoisier, 1779).

De esta manera logra establecer la teoría del oxígeno, partiendo de las transformaciones físicas y químicas, de los metales al calcinarse, hace un razonamiento basado en relaciones entre el oxígeno y algunos metales, a través del montaje de experiencias y la realización de mediciones, logra cualificar al oxígeno en la combustión de algunas sustancias llegando a hacer generalizaciones.

Teniendo en cuenta los planteamientos realizados por Carlos Alberto Zuluaga (2004) en su artículo : Historia y Epistemología de la química en la selección y secuenciación de

contenidos: la construcción del concepto de átomo, en donde plantea que a través de la lectura de algunos autores como Bachelard (1979), Canguilhem (1968) y Toulmin (1977) se pueden extraer algunos principios para el análisis interpretativo a nivel histórico y epistemológico de los conceptos, ya que permiten analizar el proceso de su construcción, se plantean algunos interrogantes que orientan el análisis interpretativo acerca del fenómeno de la combustión, en torno a ¿Cuál es la problemática que da origen a la comprensión del fenómeno? ¿Qué teorías se relacionan con la problemática? ¿Qué obstáculos se presentaron en dicha problemática? ¿Qué procedimientos metodológicos, experiencias, permitieron el desarrollo de la problemática? ¿Qué teoría y modelo dan solución al problema? (P.100), interrogantes que al ser desarrolladas permiten comprender las diferentes ideas que surgieron al tratar de explicar el fenómeno, permitiendo establecer los términos en que se explica y los procedimientos que se utilizaron. A continuación se describirá lo relacionado con cada principio de análisis interpretativo.

➤ La problemática

La problemática que dio origen a la comprensión del fenómeno de la combustión, hace referencia a la inconsistencia entre el aumento de peso de las sustancias calcinadas y lo planteado en la teoría hegemónica.

➤ Las teorías que se relacionan con la problemática.

La Teoría del flogisto, propuesta en principio por Georg Stahl, partiendo de que algunos cuerpos se inflaman y se queman, dedujo que en ellos existía un principio inflamable: el fuego fijo; sin embargo el fuego al ser muy sutil con tendencia a escapar, ideó la existencia de un principio terroso que servía de intermediario en la unión del fuego con los cuerpos combustibles, el resultado de esta combinación lo llamó principio inflamable o flogisto (Lavoisier, 1779).

Desde esta perspectiva es importante destacar que Stahl establece su teoría conservando las ideas de la época acerca de la constitución de la materia, la cual estaba formada por principios fundamentales, retoma las ideas de Johann Becher, quien en 1699 afirmaba que la materia estaba formada por tres tierras diferentes, una de ellas era la tierra-grasa, que se encontraba en todas las sustancias combustibles la cual se escapaba al producirse la combustión; de esta manera lo que hace Stahl es sustituir el término tierra-grasa por Flogisto, asumiendo que en la combustión de una sustancia se desprende

fuego, por lo tanto este debería ser un elemento constitutivo de la materia, que se escapaba, lo cual es catalogado por Lavoisier como una insensatez aduciendo que es un absurdo que los cuerpos se inflamen porque contienen un principio inflamable, además refuta su teoría argumentado que *“El principio inflamable o flogisto, es un cuerpo que pesa debido al principio terroso que posee y al calcinarlo debiera perder peso, sin embargo ocurre lo contrario aumenta ”* (Lavoisier, 1779, p.124).

➤ El obstáculo frente a la comprensión del flogisto.

Ante la contradicción entre la Teoría y los Hechos planteada por Lavoisier, los seguidores de la teoría del Flogisto persisten en la utilización del término pero bajo diferentes concepciones o significados tratando de argumentar el aumento en el peso de las sustancias calcinadas o en su combustión.

Dentro de los significados o concepciones que adquiere el Flogisto, podemos mencionar al que hace referencia Antoine Baumé, quien admite el Flogisto como “combinación del principio terroso y la materia del fuego”, pero afirma que se encuentran combinados en infinidad de proporciones, lo cual permitía explicar el aumento de peso en las cales, al ser calcinadas, por lo tanto argumenta que durante la calcinación los metales producen flogisto, que es reemplazado por fuego puro o al menos por fuego menos cargado del principio terroso y a esa adición de fuego libre atribuye el aumento de peso en las cales. Aspecto que es refutado por Lavoisier, debido a que la suposición hecha a cerca del gran peso del fuego es contraria a la realidad, ya que este no se escapa de la acción de la gravedad y su peso sería muy sutil incluso no existe ninguna experiencia física que pueda revelar su peso, además el fuego no se absorbe por el contrario pasa del estado fijo al estado libre (Lavoisier, 1779, p. 124).

El señor Macquer, defendiendo la doctrina de Stahl al conservar la denominación del flogisto, hace referencia a la materia pura de la luz y supone que los metales, como el azufre, el carbón, el fosforo y todos los cuerpos combustibles de la naturaleza, contienen en abundancia, la materia de la luz en un estado de combinación y fijeza, y a esa materia así combinada le da el nombre de flogisto, con lo cual explica el aumento de peso de los

metales cuando se calcinan, afirmando que la parte más pura del aire se combina con los metales durante la calcinación aumentando su peso, en proporción al aire absorbido, y a medida que se absorbe el aire vital se desprende la materia de la luz. Así el señor Macquer admite que el flogisto es un cuerpo que tiene peso; sin embargo bajo el consenso unánime de los físicos y muchas experiencias decisivas no permiten suponer que la luz tenga un peso capaz de ser apreciado, ni aun percibido en las experiencias químicas (Lavoisier, 1779, p.134).

Con lo descrito anteriormente se puede reconocer la persistencia del Flogisto como un término que significaba materia de la luz o materia del fuego o principio terroso, contenido en los cuerpos y que podían escapar o abandonar la materia al ser calcinados, por lo cual se puede afirmar que los planteamientos y los procedimientos científicos establecidos en la teoría del flogisto se constituía en un verdadero obstáculo de la época, en donde el término persistía pero era interpretado de diferentes maneras. Esta teoría era defendida por científicos que se basaban en sus observaciones sensoriales, el desprendimiento de luz y del fuego de las sustancias al ser calcinadas por lo tanto describían y comprendían el fenómeno en esos términos, no miraban todos los aspectos que intervenían en el proceso, sus explicaciones carecían de coherencia respecto al peso que le asignaban a la materia del fuego y de la luz, ya que eran concebidos como parte de la materia, por lo tanto para Lavoisier fue muy importante demostrar las contradicciones de esta Teoría frente a los hechos de una forma experimental y cuantificable. Al respecto se pueden considerar algunos planteamientos hechos por Lavoisier:

*“En la época en que Stahl existió, se ignoraba todavía los principales fenómenos de la combustión solo se sabía de ella lo que nos dicen los sentidos: el desprendimiento de luz y calor” (Lavoisier, 1779, p. 109).* Mientras que Lavoisier plantea que en toda combustión se observan en general cuatro fenómenos: el primer fenómeno hace referencia a que en toda combustión se desprende la materia del fuego o de la luz; el segundo fenómeno a que los cuerpos no pueden quemarse, sino en una sola especie de aire, aire puro; el tercer fenómeno hace referencia al aumento de peso del metal calcinado, el cual es proporcional a la cantidad de aire absorbido, y el cuarto fenómeno determina que en toda combustión el cuerpo quemado cambia a ácido por la adición de la sustancia que ha aumentado su peso. Los cuales eran desconocidos tanto por Stahl como por sus seguidores (Lavoisier, 1779).

*“Los químicos han hecho del flogisto un principio vago e indefinido que en consecuencia se adapta a todas las explicaciones en las cuales se quiere hacer entrar, a veces es fuego libre, otras fuego combinado con el elemento terroso; a veces pasa a través de los poros de los vasos, otras no puede atravesarlos, explica la causticidad y la no causticidad, la diafanidad y la opacidad, los olores y la falta de color. Es un verdadero Proteo que cambia de forma cada instante”* (Lavoisier, 1779, p.144). Un obstáculo que fue superado por Lavoisier: *“los hechos, observaciones y experiencias son los materiales de un gran edificio; pero al juntarlos es necesario evitar que por su desorden estorben el desarrollo de la ciencia; es necesario clasificarlos, distinguiendo lo que pertenece a cada orden y a cada parte del todo. Los sistemas en física, son métodos de aproximación que nos acercan al camino de la solución del problema, son hipótesis que, modificadas sucesivamente, corregidas y cambiadas a medida que la experiencia las desmiente, deben conducirnos un día, infaliblemente, a fuerzas de exclusiones y eliminaciones, al conocimiento de las verdaderas leyes de la naturaleza* (Lavoisier, 1779, p.109).

- Los procedimientos metodológicos y experiencias que permitieron el desarrollo de la problemática.

La primera observación que realiza Lavoisier a partir de la calcinación de los metales, para establecer su teoría, es el aumento de peso, por lo cual empieza a diseñar experiencias que le permitan determinar la causa de dicho aumento.

De esta manera, diseña recipientes y montajes que le permiten establecer una relación directa en cuanto a la cantidad del metal y del aire contenido en los recipientes, antes y después de la calcinación. Es así como realiza la calcinación de los metales mediante lentes en cantidades determinadas de aire, en donde pudo observar que a medida que el metal se calcinaba, el volumen del aire disminuía, y el peso del metal aumentaba exactamente en la misma cantidad en que el aire había desaparecido, basándose en estos hechos y observaciones, atribuye el aumento de peso de los metales cuando se calcinan y su transformación en calces, a la fijación de una parte del aire que se combina con el metal, a medida que se quema, de esta manera describe la combustión y la calcinación como un proceso en el cual hay absorción y fijación de aire, y por lo tanto transformación de un metal a una cal u oxido (Lavoisier, 1779).

Teniendo en cuenta que la capacidad de arder de las sustancias ya no dependía de la presencia o ausencia de un principio inflamable, el cual hacia parte de las mismas

sustancias, Lavoisier, hace visible la presencia de un aire responsable de la combustión de los cuerpos, que desaparece y se combina con ellos aumentando su peso, por lo cual se dedica a identificarlo y hacerlo descriptible, hasta llegar a cualificarlo (Lavoisier, 1779).

De esta manera establece un mecanismo a través del cual logra aislar, identificar y nombrar ese aire que se combina con las sustancias durante la combustión, que pasa de un estado aerífero intangible a un estado concreto en las cales, por lo cual aplica un método existente en la época para la descomposición de las sustancias, denominado reducción de las cales, por medio del cual separa el metal del aire absorbido durante el proceso de la calcinación, y establecer las propiedades que lo caracterizan y diferencian de otros aires, logrando especificar acerca de esa parte del aire responsable del aumento de peso de los metales durante la combustión.

La reducción o revivificación de los metales, como procesos de descomposición, permitió en el siglo XVIII saber cómo estaban formadas las sustancias, logrando ampliar el conocimiento acerca de la composición del aire de la atmósfera y por consiguiente establecer el grado de afinidad (susceptibilidad) del oxígeno de combinarse con otras sustancias (Lavoisier, 1779).

El proceso de reducción de las cales de mercurio, se realizaba bajo dos términos, con adición, en donde se agregaba carbón a la cal y se sometía a calentamiento, o sin adición donde la cal solamente se calentaba a altas temperaturas.

El proceso de reducción sin adición de carbón le permitió a Lavoisier examinar la cal aisladamente, descomponerla, ver si desprendía algún fluido elástico y poder determinar su naturaleza, llegando a establecer que el principio que se combina con los metales durante la calcinación y que aumenta su peso, es la porción más pura del aire, y que en consecuencia cuando se hace una reducción de una cal de mercurio, con adición de carbón, se obtiene aire fijo, ya que este resulta de la combinación del carbón con la parte más pura del aire que se ha desprendido de la cal de mercurio, razón por la cual establece que en la revivificación de las cales de mercurio con adición de carbono el aire vital se puede transformar en aire fijo (Lavoisier, 1779, p. 88).

En las experiencias de la revivificación de las cales Lavoisier utilizaba recipientes llamados retortas con cuellos largos y doblados, con el fin de que el aire no se pueda introducir o escapar, dicho cuello desemboca en una campana de vidrio llena de agua e invertida en un recipiente también lleno de agua, así al empezar el calentamiento de la

cal depositada previamente en la retorta, se logra inicialmente , dilatar el aire contenido en ella y depositarse en la campana, para ser calculado y posteriormente reducir su interferencia en la obtención por una parte del peso del metal revivificado y por otra en el peso del aire con el que estaba combinado , de esta manera se ha encontrado que la suma del peso del aire desprendido y del metal revivificado era igual al de la cal antes de someterla a reducción sin adición (Lavoisier,1779).

Este proceso de descomposición de la cal, permitió separar los componentes de las cales de mercurio, por un lado se obtiene el metal y por otro un tipo de aire que se había combinado con este durante la calcinación. El metal se reconocía fácilmente por su constitución externa, pero del aire desprendido no se sabía su naturaleza.

De tal forma que Lavoisier sometió el aire así obtenido a pruebas en donde encontró que dicho aire:

- No era susceptible de combinarse con el agua por agitación
- Podía servir para calcinar los metales otra vez
- Favorecía la respiración y era agradable (salubre)
- La combustión era más rápida

Con lo cual determina que el aire, que se combina con los metales durante la calcinación y que aumenta su peso, es la parte más pura del aire que respiramos al cual denomino principio oxígeno o aire vital por cuanto mantenía la vida de un animal que se ponía en contacto con él.

Sin embargo dentro del mismo análisis, encontró que había otra clase del aire que se resistía a combinarse con los metales, por lo cual concluye que el aire no es una identidad simple, sino que por el contrario, está compuesto de sustancias muy diferentes, precisamente por la susceptibilidad que posee cada uno de combinarse o no con los metales durante la calcinación (Lavoisier, 1779).

Lavoisier confirma la presencia de aire fijo en la atmósfera, y logra determinar sus características totalmente opuestas a las del aire vital o principio oxígeno, al realizar la reducción de las cales con adición de carbón, utilizando los mismos elementos de laboratorio, deposita en la retorta la cal y adiciona carbón, previamente pesados, lo somete a calentamiento, obteniendo en primer lugar el metal revivificado, y el desprendimiento del aire que se había combinado con el metal durante la calcinación, sin

embargo durante este proceso el aire que se desprende se combina con el carbón que se agregó para la revivificación, formándose un tipo de aire, cuyo peso correspondía al peso del carbón más el peso de aire que se desprendió de la cal (Lavoisier,1779).

Esto confirma que el aire que formaba parte de la cal era aire vital el cual entró en combinación con el carbón en estado aerífero debido al proceso de calentamiento dentro de la retorta, formando aire fijo, que sometió a pruebas para determinar sus cualidades y encontró que presentaba características opuestas al aire vital, por ejemplo:

- Se podía combinar con el agua
- Provocaba la muerte de animales que se colocan en él.
- No permitía la combustión o calcinación de los metales.

En conclusión se puede establecer que los químicos que defendían la teoría del flogisto no tenían la costumbre de pesar las sustancias y explicaban los cambios químicos a partir de los aspectos cualitativos, mientras que los planteamientos establecidos por Lavoisier a cerca de la naturaleza de la combustión, fueron el resultado de un trabajo experimental basado en el diseño de recipientes y montajes que le permitieron establecer procesos de medición y técnicas de análisis de tipo cuantitativo, con los cuales dio respuesta al cuestionamiento de por qué las sustancias aumentan de peso al ser calcinadas, en contraposición a las observaciones establecidas por la teoría del flogisto.

Explicar el aumento de peso de las sustancias al ser calcinadas, condujeron a Lavoisier a determinar la cantidad de las sustancias antes y después de la calcinación; como lo hacía en recipientes cerrados determino el peso del metal y del aire contenido en dichos recipientes, con el objetivo de determinar su variación y relación con la sustancia calcinada; con este procedimiento determina que el aumento de peso de un metal al ser calcinado es equivalente al peso de la cantidad de aire absorbido, lo que prueba que la porción de aire que se combina con el metal durante la calcinación tiene un peso específico, con lo cual logra determinar las proporciones en que se combina el aire y el metal al calcinarse, mediante un proceso de relación de variables en donde una sustancia disminuye su peso y la otra lo aumenta, *“a fin de determinar la ley que sigue el aumento del peso del metal, respecto al volumen de aire en el cual se calcina”* (Lavoisier,1779,p.77), en consecuencia especifica que solamente se puede calcinar determinada cantidad de un metal en una cantidad específica de aire, al observar que grandes cantidades de metal o de sustancia no se calcinan totalmente en recipientes

pequeños , aspectos que lo condujeron a la cuantificación, lo cual se convierte en un factor importante en la comprensión del fenómeno de la combustión y de la química en general, ya que el análisis cuantitativo permite determinar la composición de los compuestos químicos.

Al establecer que la combustión es un proceso en el que se produce la combinación de una sustancia con parte del aire contenido en recipientes cerrados, Lavoisier procede a descomponer la sustancia calcinada, con el fin de identificar el aire que se combinó con la sustancia, lo cual le permitió demostrar que el oxígeno es el aire que se combina con el metal al calcinarlo, ya que al separarlo de la cal determino sus cualidades logrando caracterizarlo llamándolo aire vital.

➤ La teoría que da solución al problema

Las experiencias y el razonamiento que hace Lavoisier para explicar la combustión a partir del aumento de peso de los metales al ser calcinados, le permitió configurar la existencia del oxígeno, constituirlo como el responsable de la combustión de los metales, es entonces a partir de esta relación con los metales y el oxígeno, que logra establecer no solamente la naturaleza material del oxígeno, sino que le confiere propiedades de peso , volumen, y afinidad con los metales , principio que sirve de base para comprender que las sustancias se configuran y actúan con base en sus relaciones con otras sustancias.

De esta manera cuando Lavoisier plantea que el responsable de la combustión o calcinación de los metales es el oxígeno, establece los atributos o cualidades que le permitían al oxígeno combinarse con los metales durante la combustión.

Las explicaciones deben trascender de lo que se puede observar a simple vista, dar cuenta de las transformaciones físicas observables y cuantificables, por lo cual Lavoisier recurre a la misma organización y estructura de la materia, y lo hace bajo el supuesto de una materia de carácter discontinuo con espacios donde se aloja la materia del fuego y el calor.

Por lo tanto Lavoisier explica el fenómeno de la combustión, estableciendo que el aire vital, está compuesto de un principio que forma su base llamado Principio Oxigeno, combinado con un disolvente llamado la materia del fuego y del calor. Este principio le

permite explicar en términos de afinidad, la interacción entre los metales y el oxígeno, durante la calcinación, al afirmar: *“El cuerpo que se quema le quita la base (principio oxígeno) al aire vital y la materia del fuego queda libre y escapa con los caracteres conocidos, llama, calor y luz”* (Lavoisier, 1779.p.115). Y explica:

*“Cuando se calcina un metal en aire puro, la base del aire, que tiene menos afinidad con su propio disolvente que con el metal, se une a este cuando esta fundido y lo convierte en una cal metálica. A medida que la base se combina con el metal, la materia del fuego se libera y produce al desprenderse llama y luz. Cuanto más rápida sea la calcinación del metal, es decir, cuanto mayor sea la fijación de la base en un tiempo dado, tanto mayor será la cantidad de materia de fuego que se libera, y en consecuencia la combustión será más sensible y notable.”* (Lavoisier, 1779, p.115)

Al aceptar la existencia de la materia del fuego combinado con el principio oxígeno, Lavoisier puede explicar, los hechos o transformaciones que se generan en la combustión: el aumento de peso, debido a la combinación del oxígeno con el metal mediante una interacción de afinidad, en donde la afinidad entre el oxígeno y el metal es mayor, que entre el oxígeno y la materia del fuego que lo acompaña, dejándolo en libertad, lo cual al mismo tiempo le permite justificar el desprendimiento de llama, luz y calor como segundo hecho que acompaña a la combustión. Es así como determina que la combustión es el efecto que tiene lugar cuando el principio oxígeno abandona la materia del calor para entrar en una nueva combinación.

Otro aspecto importante que plantea Lavoisier hace referencia a que la inflamación de los cuerpos tiene lugar, cuando el cuerpo combustible es naturalmente aerífero o es susceptible de tomar ese estado por el calor mismo de la combustión para entrar en combinación con el oxígeno en estado aerífero, planteamiento que permite comprender que el proceso comienza con una fuente de calor que permite que el combustible que puede estar en estado sólido o líquido adquiera el estado aerífero para que interactúe con el oxígeno en estado gaseoso, lo cual da inicio al fenómeno(Lavoisier,1779).

Las experiencias y conclusiones de Lavoisier respecto al fenómeno de la combustión a partir del oxígeno del aire el cual se constituye como principal responsable de su ocurrencia, logran superar las creencias de la época implementando nuevas técnicas e instrumentos de indagación así como mecanismos de análisis cuantitativo, que le

permitieron construir su teoría generando una nueva imagen de la ciencia y de proceder en la construcción del conocimiento científico.

A continuación se destacan algunos elementos que caracterizan el proceder de Lavoisier los cuales fueron esenciales en el establecimiento de su teoría.

- Recurre a un modelo de materia compuesta, formada por moléculas, entre las cuales se establecen espacios que contienen la materia del calor, con el cual podía explicar los estados de la materia, sus cambios y combinaciones
- Define la combustión de los metales en términos de combinación con el oxígeno, asignándole un papel activo al oxígeno ya que este presenta diferentes grados de afinidad con los metales.
- Establece que el aire puro o aire vital está compuesto de un principio particular que le es propio, que forma su base, denominado principio oxígeno, combinado con la materia del fuego y del calor. *“En cuanto se admite este principio, las principales dificultades de la química se desvanecen y disipan, y todos los fenómenos se explican con gran facilidad.”*(Lavoisier, 1779, p.121). Establecer la combinación del principio oxígeno con la materia del calor, para caracteriza el aire vital, le permitió a Lavoisier explicar la combustión logrando establecer los fenómenos que la acompañan: 1. En toda combustión se desprende la materia del fuego o de la luz. 2. No puede haber combustión sino en un tipo de aire, el aire puro. 3. En toda combustión hay descomposición del aire puro en el que se realiza, así el principio oxígeno entra en combinación con la sustancia calcinada dejando en libertad la materia del calor y de la luz, razón por la cual el cuerpo quemado aumenta de peso y se desprende la materia del calor. 4. En toda combustión el cuerpo quemado cambia en ácido por adición de la sustancia que ha aumentado su peso.
- Establece que las combinaciones entre el principio oxígeno con los metales durante la combustión, está determinada por su grado de afinidad con el metal, dicha afinidad determina que la combinación en que entra el principio oxígeno con el metal cuando esta fundido sea rápida o lenta, así encontró que cuando la combinación del principio oxígeno con el azufre y el fósforo son tan instantáneos que su combustión es difícil de percibir.
- Establece condiciones que determinan la ocurrencia del fenómeno de la combustión, afirma que esta tiene lugar solo cuando el combustible está en

estado aerífero para entrar en combinación con el oxígeno y ahí es donde ocurre la verdadera combustión.

- Estableció un lenguaje diferente de la química para describir su trabajo, términos como fijación, absorción, afinidad, entre otros.

## **2.2 La combustión como mecanismo de interacción entre sustancias**

A partir de los planteamientos hechos por Lavoisier en su teoría, se pueden retomar algunos se elementos importantes bajo los cuales determina la comprensión del fenómeno de la combustión, entre ellos se puede mencionar la relación de afinidad que establece entre el oxígeno y el cuerpo combustible, las transformaciones físicas y químicas generadas a consecuencia de dicha relación, la utilización de un modelo de materia que forma los cuerpos que le permite cambiar de estado , las condiciones requeridas frente al oxígeno y el estado aerífero del combustible, para que se lleve a cabo la combustión; elementos que se constituyen en aspectos relevantes que no pueden ser abordados de manera mecanicista por el contrario se deben retomar estas ideas para ser desarrolladas dentro de una categoría de análisis planteada por otros autores que permita abarcar todos los aspectos involucrados en la ocurrencia del fenómeno, por lo cual se propone abordar la interpretación del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias, que permita comprender las relaciones, los cambios, las transformaciones y las condiciones involucradas en el fenómeno.

Cuando en la ocurrencia de un hecho o un de un fenómeno se suman o se incorporan más factores causales, pasando de una causalidad simple, de un solo factor o agente, a

una causalidad múltiple, en la que la acción de varias causas se suma, pero manteniendo la unidireccional de la acción causal, (Pozo, 1998, p. 32) es decir cuando varias causas convergen en una sola causa como es el mantenimiento o expresión del fenómeno, se hace necesario un cambio en la interpretación de esas relaciones aditivas unidireccionales, para lo cual se recurre a la categoría de sistemas en interacción para interpretar las causas en conjunto y por separado con el fin de relacionar sus respectivos efectos.

Pozo (1998) citando a Gómez Crespo (1996); Pozo y Gómez Crespo (1979), afirma que frente a la interpretación de la oxidación como una relación causal lineal, aparece una interpretación en términos de una interacción, es decir una acción mutua entre dos o más factores dentro de un sistema. La comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia o la transición de los diferentes estados de la materia en términos de ese modelo requieren entender esas relaciones como interacciones (p.32). Elementos esenciales para que los estudiantes puedan primero involucrar un modelo de materia de carácter sistémico a partir del cual logre caracterizar los estados, diferenciar procesos, determinar organizaciones y reconocer las causas involucradas en la ocurrencia del fenómeno de la combustión.

Por lo cual asumir la interpretación de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias implica contemplar la sustancia como sistema complejo, ya que los esquemas de interacción bajo los cuales se constituye y se relaciona un sistema permiten reconocer y comprender los mecanismos bajo los cuales interactúa con otros sistemas, generando organizaciones que mantienen, producen o transforman un sistema.

### **2.2.1 La comprensión de sustancia como sistema complejo.**

La comprensión del fenómeno de la combustión en términos de relaciones desde el paradigma de lo complejo, requiere dejar de lado la noción de sustancia que se define a partir de las propiedades de los átomos o partículas que la conforman, en donde solamente basta con reconocer la composición y organización de los átomos y las reglas bajo las cuales se combinan para comprender y explicar la sustancia y sus transformaciones.

En consecuencia el modelo de átomo al cual se recurre para explicar la constitución de la materia y sus transformaciones, se reduce a una representación esquemática que muestra una organización definida de sus electrones, representados por puntos en orbitas o niveles, alrededor de un núcleo en el cual se ubican los protones y los neutrones, y por lo tanto su comportamiento se explica a partir de los electrones ubicados en el último nivel, sin embargo no es que el átomo este en tanto constituido por dichas partículas, sino por acciones / relaciones que se establecen entre ellas, así “ *la partícula que habría de explicar el átomo, precisa de el para ser explicada*”(Soto,1999,p.11).Determinar que el comportamiento de un átomo está establecido por los electrones de su ultimo nivel, implica que las relaciones que pueda establecer con otros átomos sean de carácter mecánico, con lo cual se desconocen las interacciones entre las partículas que conforman el átomo, y que estas pueden ser modificadas por una perturbación o acción que desestabilice su organización para que pueda interactuar con las partículas de otros átomos , Así se puede establecer que la organización de un átomo se mantiene o se modifica por acciones externas, en consecuencia se debe recurrir a un modelo de materia, de átomo y de sustancia que reconozca las interacciones o acciones reciprocas entre las partículas que las conforma incluyendo el medio, lo cual posibilita reconocer las causas que hacen que una sustancia se transforme (las consecuencias ).

En tanto la sustancia se defina y se comprenda a partir de la organización interna de los átomos que la conforman ,”*se le otorgan propiedades como carga eléctrica o capacidad de aceptar o perder electrones, a partir de las cuales pueda interactuar con otras sustancias, lo cual resulta insuficiente para comprender la transformación de las sustancias, su relación con el entorno, dar cuenta de todos los aspectos involucrados en el fenómeno como : la no reversibilidad de algunos procesos y la modificación del fenómeno como resultado de los cambios mínimos en las condiciones. Remitirse solamente a la descripción de una sustancia, no da cuenta del fenómeno, ya que se desconocen las interacciones, las cuales desencadenan transformaciones en las partes, las cuales determinan nuevas cualidades o comportamientos, que son los que van a permitir la ocurrencia del fenómeno*” (Ariza y Vargas, 2010, p.178).

De esta manera se plantea que es a partir de las relaciones y acciones en las que esté involucrada una sustancia, lo que permite configurarla y comprenderla, por lo cual se puede establecer entonces que la sustancia como sistema se estudia no solamente a

partir de las partículas que la conforman sino también a partir de sus relaciones, las cuales permiten establecer: sus comportamientos, afinidades, mecanismos de relación y sus transformaciones.

Para realizar una mejor comprensión frente a la caracterización de sustancia como sistema, se acude a los planteamientos de Morín, quien propone que para conocer un objeto es necesario comprenderlo como si fuese un sistema. *“Al abordar el concepto de sistema desde el paradigma de la complejidad se implementa lo que él llama un concepto en tres, tres conceptos en uno” o “un concepto trinitario” sistema, interacción y organización. Son como tres rostros de una realidad, inseparables a la vez relativamente distinguibles: se trata como siempre que hablamos de complejidad, de distinguir sin separar, relacionar sin confundir* (Soto, 1999, p.p. 13-14).

- La noción de sistema expresa la unidad compleja formada por interacciones entre sus partes y la disposición que estas interrelaciones producen, la cual constituye la organización. Desde esta perspectiva los átomos, las moléculas y las sustancias se configuran como sistemas ya que los elementos que las constituyen poseen una organización y disposición debido a la interacción entre los mismos.
- Las interacciones: se definen como relaciones mutuas entre las partes de un sistema y/o entre sistemas lo cual forma un todo o unidad global.

Las interrelaciones son las uniones entre las partes o elementos o eventos, los cuales pueden ser de varias clases: - Asociaciones- cuando las partes conservan fuertemente su identidad –Combinaciones- cuando la unión implica transformación (Soto, 1999, p.15).

- Las organizaciones:” *La “organización” es la fuerza organizacional que emerge de las interrelaciones entre las partes y permite que éstas se aseguren y perduren; o sea, es la disposición actuante/organizante, producto/efecto emergido de las interrelaciones a la vez fuerza/causa que retroactúa sobre ellas y las mantiene”* (Soto, 1999, p.14).”*La organización (a base de dependencias fijas y rígidas, retroacciones reguladoras, etc.) “transforma. produce, reúne, mantiene” las interacciones entre las partes, de modo que las hace ser parte de un todo”* (Soto, 1999, p.15).

*“El concepto de sistema y el concepto de organización están mediados por el concepto de interrelación. El concepto de sistema quedaría empobrecido, perdería su complejidad, si lo definiéramos únicamente todo-parte. En la noción de sistema han de entrar, pues, las interrelaciones entre las partes y la disposición que estas interrelaciones producen, la cual constituye la organización” (Soto, 1999, p. 15).*

Al abordar la comprensión del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias desde el paradigma de la complejidad expuesto anteriormente, permite contemplar o definir la sustancia como sistema, la cual adquiere como características definitorias las relaciones entre los elementos que la componen y las relaciones con otras entidades o sustancias, relaciones con las que se construye el fenómeno de la combustión como una unidad global, por lo tanto *“su comprensión no solamente está basada en el estudio y análisis de las partes implicadas sino también de las relaciones o acciones entre ellas, lo cual permite explicar la organización de los componentes y su naturaleza, las condiciones, los estados y las transformaciones ocurridas como resultado de nuevas organizaciones que emergen de las interrelaciones entre las partes del sistema” (Ariza y Vargas, 2010, p.180 )*.

Por ello la comprensión de la combustión de una sustancia, no se logra solo con describir su composición o la formación de los productos, también es necesario dar cuenta de las relaciones entre las partes implicadas en el sistema, átomos electrones, enlaces en un nivel “micro”; Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, aire, calor en un nivel “macro”. Se identifican entonces relaciones de afinidad, de interacción eléctrica, mecánica, electro mecánica, inclusive gravitacional entre las partes del sistema, estas relaciones son caracterizadas y la alteración en las mismas se hace desde la mirada de la perturbación del equilibrio del sistema. (Ariza y Vargas, 2010).

Las acciones entre las partes adquieren gran relevancia, en tanto que determinan los estados, las reorganizaciones y los comportamientos requeridos para que ocurra el fenómeno, así los cambios físicos por los que transita la parafina por acción del calor mismo de la combustión, genera comportamientos y organizaciones distintas, que le permitirán igualmente interactuar con el oxígeno circundante también afectado por el calor, de esta manera la comprensión del fenómeno requiere de su análisis desde la perspectiva sistémica. Dentro de este contexto es interesante la afirmación que hace un estudiante de noveno grado *“la vela pasa por un ciclo: se enciende el cordón, el cordón se empieza a consumir, el fuego derrite la cera y la cera derretida es absorbida por la cuerda,*

gracias a esta el fuego adquiere más vida “, indudablemente establece relaciones que en parte son visibles pero que adquiere sentido por la forma en que interpreta lo que percibe.

Dentro de este contexto asumir la sustancia y el fenómeno de la combustión desde la perspectiva de sistemas dinámicos, implica que los esquemas de interacción establecidos en cada uno de ellos, desempeñan una función muy importante para su comprensión, ya que la interacción de diversos sistemas produce cambios en otros elementos del sistema, aspectos que permiten establecer el origen y las causas de las transformaciones.

En consecuencia las interacciones entre las partículas que conforman las diferentes sustancias que interviene en una reacción química, son la causa explicativa de muchos fenómenos, por cuanto permiten comprender no solamente las propiedades de los sólidos, líquidos y gases, los cambios de fase, la geometría durante las colisiones entre partículas, sino que también permite comprender los “mecanismos de reacción”, es decir el proceso por el cual se lleva a cabo una reacción química. *“En el nivel más refinado un mecanismo de reacción describe con gran detalle el orden de ruptura y formación de enlaces y los cambios en las posiciones relativas de los átomos en el curso de la reacción”* (Brown, 2004, p. 549).

En este sentido concebir la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias, permite no solamente reconocer los fenómenos que la acompañan sino también los mecanismos bajo los cuales suceden ya que recurrir a una ecuación química balanceada para explicar el fenómeno, solamente nos indicaría las sustancias presentes al comienzo de la reacción y las que se producen conforme la reacción se lleva a cabo. Sin embargo, esta no provee la información acerca de cómo ocurre la reacción, los pasos intermedios, los requerimientos, los procesos, las organizaciones, que en conjunto es lo que permite su comprensión.

### **3. MARCO METODOLÓGICO.**

#### **3.1 Población y muestra.**

La población objeto de estudio está conformada por estudiantes del colegio Virginia Gutiérrez de pineda IED con una muestra de 20 estudiantes de grado noveno, en edades que oscilan entre los 14 y 15 años, entre hombres y mujeres, los cuales presentan características socioculturales comunes .

La institución educativa está ubicada en la localidad 11 de suba barrio Gloria Lara zona de estrato 2 y 3 y cuenta con las jornadas mañana y tarde.

### **3.2 Diseño de investigación.**

El diseño metodológico para el presente trabajo es de carácter cualitativo, de un solo grupo, con una prueba diagnóstica, la aplicación de la secuencia didáctica y el análisis de resultados arrojados en la misma. Se realizó con 20 estudiantes de grado noveno quienes realizaron trabajo experimental y análisis teórico para fundamentar observaciones o interpretaciones que se enmarcan dentro de lo no observable, y que resultan esenciales en la comprensión de todos los eventos concernientes al fenómeno de la combustión. El trabajo de aula se desarrolló bajo la orientación de la docente; el tiempo estimado y proyectado para el presente trabajo fue de un año.

### **3.3 Técnicas de recolección de información.**

El presente trabajo se desarrolló en tres fases:

**Fase uno.** Diseño e implementación de la prueba diagnóstica.

La prueba diagnóstica se construyó bajo cinco referentes (numeral 3.3.1) que reúnen los elementos e interacciones presentes en el fenómeno de la combustión, para caracterizar el nivel de percepción y conocimientos básicos que tienen los estudiantes.

La prueba se implementó en tres sesiones de 60 minutos al grupo de 20 estudiantes seleccionados como muestra.

**Fase dos:** Diseño y aplicación de la secuencia didáctica.

Una vez caracterizadas las ideas de los estudiantes respecto al fenómeno de la combustión se seleccionaron las preguntas y situaciones de tipo experimental para ser desarrolladas y analizadas por los estudiantes. Las preguntas y actividades propuestas en la secuencia didáctica están encaminadas a generar la interpretación del fenómeno en términos de interacción entre sustancias, para lo cual se establecieron los criterios planteados en el numeral 3.4.1. La secuencia didáctica se desarrolló durante seis sesiones cada una de dos horas de duración ver numeral 3.4.2.

**Fase tres:** Análisis de resultados.

Los criterios de análisis de la prueba diagnóstica y de la secuencia de enseñanza están encaminados al reconocimiento que realizan los estudiantes de los elementos, las interacciones y las condiciones requeridas para la interpretación del fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias.

### **Descripción de la prueba diagnóstica.**

La prueba diagnóstica consta de 30 preguntas, 27 de las cuales corresponden a preguntas cerradas con respuesta de opción múltiple y 3 corresponden a preguntas abiertas.

Las preguntas cerradas consisten en un enunciado, que presenta una situación específica relacionada con la combustión y a la cual se antepone un cuestionamiento para los estudiantes, quienes se enfrentan a cuatro opciones de respuesta, de las cuales una o varias pueden ser correcta, en algunas se plantean situaciones hipotéticas de análisis en donde se evidencian sus conceptos, creencias y teorías para la elección de sus respuestas.

Las preguntas de respuesta abierta se dirigen directamente a determinar aspectos que van más allá de la percepción del fenómeno y que se relacionan directamente con la transformación y las relaciones entre sustancias, a partir de la cual se solicita al estudiante elaborar una respuesta que exprese su conocimiento al respecto.(ver anexo 7.2).

#### **3.3.1 Criterios para diseñar la prueba diagnóstica**

La comprensión del fenómeno de la combustión no se basa solamente en los cambios perceptibles a simple vista, porque allí no se encuentran las verdaderas explicaciones que den cuenta de la ocurrencia del fenómeno. Se constituyen en evidencias de las relaciones entre los elementos implicados, de las organizaciones iniciales que participan y las nuevas organizaciones que se originan.

Por la limitación que se tiene, al acudir solo a la percepción como fuente explicativa del fenómeno, debemos recurrir a la estructura y organización de la materia, dentro de una concepción ontológica de sistema, en donde el átomo, las moléculas y las sustancias son consideradas como tal, ya que están formadas por entidades que se relacionan o interactúan estableciendo una organización bajo la cual puede interactuar mutuamente unas con otras.

Desde esta perspectiva se plantea los siguientes criterios en el diseño de las preguntas de la prueba diagnóstica:

- Abordar situaciones hipotéticas que permitan determinar el reconocimiento que hace el estudiante frente a los elementos implicados y su relación en la ocurrencia del fenómeno de la combustión: el oxígeno, el combustible y la fuente de calor.
- Se abordan situaciones que conllevan a la identificación que hace el estudiante respecto a los cambios que surgen como evidencia de la interacción entre los elementos implicados.
- Se plantean situaciones experimentales de predicción, que permitan identificar los supuestos del estudiante frente a las condiciones del medio antes y después de la ocurrencia de la combustión.
- Se establecen gráficos que representan situaciones de la vida cotidiana que permitan detectar si el estudiante relaciona la ocurrencia del fenómeno de la combustión en su funcionamiento.
- Se pregunta acerca de las posibles explicaciones, que permitan establecer cómo los estudiantes, le dan sentido al engranaje de las partes involucradas y los cambios ocurridos en la combustión de una sustancia.

### **3.4 Secuencia didáctica**

Con base en los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica, acerca de las representaciones que poseen los estudiantes sobre el fenómeno de la combustión, se determina la construcción e implementación de la secuencia didáctica, diseñada con el propósito de encausar a los estudiantes en la búsqueda de respuestas, a los eventos,

cambios e interacciones de difícil percepción visual y que caracterizan el fenómeno de la combustión.

Dicha secuencia didáctica se orienta bajo los mismos criterios, con los cuales se construyó la prueba diagnóstica, retomando el reconocimiento de las partes involucradas en el fenómeno, el establecimiento de relaciones entre los elementos participantes en el proceso de combustión y la identificación de sustancias producto de la reorganización, generada por la interacción de un combustible como la parafina y el oxígeno así como las condiciones bajo las cuales sucede el fenómeno, constituyéndose en los elementos de análisis con los cuales se diseñan las sesiones y momentos de la secuencia de enseñanza.(ver anexo 7.2).

Estos aspectos se desarrollaron en seis sesiones, mediante el planteamiento de actividades experimentales y lecturas que proporcionan fundamentos teóricos, que guían la interpretación de sucesos que no se pueden evidenciar a simple vista en la ocurrencia del fenómeno, y que son esenciales para comprender y construir explicaciones y modelos representativos, ya que inducen al estudiante a desarrollar destreza y habilidades de tipo investigativo, comunicativo y manual, las cuales se constituyen en estrategias de aprendizaje de las ciencias naturales, al abordar un fenómeno como es el de la combustión.

#### **3.4.1 Criterios para el diseño de la secuencia didáctica.**

El diseño de la secuencia didáctica se fundamenta desde el paradigma de la complejidad, que le permita a los estudiantes la construcción de representaciones acerca del fenómeno de la combustión dentro de un contexto global y particular, por lo cual se diseñó con la intención de orientar a los estudiantes hacia una comprensión sistémica del fenómeno, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

El reconocimiento de los materiales combustibles y sus transformaciones, el estudio de las partes involucradas en el fenómeno (combustible, oxígeno, aire, calor), las relaciones, las transformaciones, las organizaciones, las estructuras, así como las condiciones requeridas para su comprensión.

De esta manera la secuencia didáctica está encaminada a orientar a los estudiantes hacia la comprensión de los siguientes aspectos involucrados en la combustión de una vela:

- A.** El reconocimiento y descripción de las partes implicadas incluyendo el medio así como de las transformaciones que se originan, a consecuencia de las interacciones dentro del sistema. Por lo cual es importante determinar de que está hecha la parafina, los elementos que la componen su organización y sus estados.
- B.** La identificación de las relaciones que se operan entre las partes del sistema, con lo cual se logra dar cuenta de las transformaciones que se desencadenan en las partes, de tal forma que se pueda establecer:
- La relación entre la fuente de calor y el calor requerido para dar inicio al fenómeno.
  - Relación entre la parafina el pabilo y la llama.
  - La relación entre el calor y el cambio de estado de la parafina, lo cual implica reconocer la modificación de la distancia entre las moléculas que componen la parafina, de la intensidad de su movimiento y del cambio entre las fuerzas de atracción que había entre ellas.

Para lo cual es importante destacar la necesidad de suministrar aspectos teóricos que le permitan al estudiante correlacionar la información con lo que le cuesta percibir o describir ya sea por desconocimiento o por omisión, en este caso hubo dificultad en establecer el cambio de estado de la parafina líquida a estado gaseoso y las modificaciones que esta conlleva en la organización y comportamiento de la molécula.

- La relación entre el oxígeno y el mantenimiento de la llama como producto de la combustión.
  - La relación entre la llama y el oxígeno del aire que se calienta modificando el movimiento y fuerzas de atracción entre sus moléculas.
  - Reconocimiento de las zonas de la llama con mayor o menor intensidad de calor, y su relación con los cambios en el oxígeno y en los componentes de la parafina, lo cual determina una zona de la llama donde se realiza la interacción entre los componentes de las sustancias.
- C.** La identificación de las nuevas organizaciones o sustancias que dan cuenta de las interacciones.

- D.** El tipo de interacción bajo la cual se relacionan los componentes de la parafina y el oxígeno, para lo cual se suministra información teórica que les permita establecer modelos que representen los componentes de la parafina en interacción con el oxígeno, y el resultado de dicha interacción es decir las nuevas organizaciones o productos, permitiendo establecer relaciones de afinidad y de interacción entre componentes.

### 3.4.2 Descripción de la implementación de la secuencia didáctica

La secuencia didáctica se realizó en seis sesiones, cada una con una duración de 90 minutos.

Sesión	Propósito
Sesión No.1	Se plantean actividades encaminadas al reconocimiento de los materiales combustibles y sus transformaciones
Sesión No.2	Se plantean actividades dirigidas al reconocimiento de la parafina como combustible, sus transformaciones físicas y su relación con el pabilo o mecha.
Sesión No.3	Se plantean actividades relacionadas con el reconocimiento del oxígeno como parte del sistema.
Sesión No.4	Se desarrollan actividades que permitan el reconocimiento de la fuente de calor como activador de la combustión. Y como generadora de cambios en los componentes De los elementos implicados.
Sesión No.5	Se proponen actividades encaminadas a la identificación de las transformaciones ocurridas como resultado de las interacciones.
Sesión No.6	Se desarrollan actividades que permitan establecer los mecanismos de interacción y la elaboración de modelos que los represente.

Tabla No 1.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

## 4.1 Análisis de la prueba diagnóstica

### 4.1.1 Criterios de análisis de la prueba diagnóstica

Teniendo en cuenta que los criterios planteados para el diseño de la prueba diagnóstica están encaminados a detectar las ideas de los estudiantes respecto al reconocimiento de los elementos implicados en el fenómeno, sus relaciones, el reconocimiento de los cambios o transformaciones, y el engranaje de los mismos que le permita la conceptualización propia del fenómeno de la combustión, se determina su importancia para tomarlos como criterios de análisis de la prueba diagnóstica.

Las afirmaciones dadas como respuesta a cada interrogante, será para el análisis la evidencia del conocimiento, los supuestos o creencias bajo los cuales los estudiantes comprenden el fenómeno.

### 4.1.2 Análisis de resultados de la prueba diagnóstica

En los siguientes cuadros se establece cada una de las preguntas de la prueba diagnóstica, con la respuesta de mayor escogencia entre los 20 estudiantes, que realizaron la prueba, especificándose el número de estudiantes que selecciono la respuesta más representativa de las opciones, logrando caracterizar la comprensión frente a cada elemento analizado.

<b>Reconocimiento de los elementos implicados en el fenómeno de la combustión.</b>				
<b>Pregunta planteada</b>	<b>Respuesta obtenida</b>	<b>Número de estudiantes que responden</b>	<b>caracterización de las percepciones</b>	<b>Reconocimiento de las partes</b>
Juan y Carlos apuestan a mantener la vela encendida por más tiempo, ¿cuál de las siguientes acciones es la más correcta?	Crea un ambiente bien oxigenado para mantener prendida la vela.	11	Los estudiantes establecen la participación del oxígeno en el proceso	los estudiantes realizan predicciones establecen conjeturas contrastables al enunciar que : "si no hay aire no hay llama".

Si pegamos una vela encendida en un plato y lo cubrimos con una campana de vidrio o un frasco, ¿qué sucede y por qué?	Se apaga la vela porque le quitamos el oxígeno.	14	Los estudiantes perciben la participación del oxígeno en el proceso.	Deduce a partir de las experiencias presentadas que: "entre más oxígeno se suministre, se conserva mejor la llama".
¿Qué sucede a la vela encendida si la cubrimos con una campana que tiene un orificio a la altura de la vela?	La llama se mueve hacia los lados y se consume la vela.	6	Se percibe la relación en un solo sentido respecto al oxígeno que ingresa desconociendo que la combustión también cambia el medio.	Identifican el oxígeno, como un elemento vital para que suceda la combustión.  Reconocen que el medio donde se
¿Cómo podemos comprobar que una parte del aire interviene en el proceso de la combustión?	Midiendo el oxígeno del aire dentro de la campana.	6	Los estudiantes conciben el aire como un conjunto y el oxígeno hace parte de él.	realiza la combustión cambia debido al consumo de oxígeno para mantener la llama, sin embargo
Si tenemos dos tanques uno con oxígeno y otro con gas carbónico, a los cuales se les ha borrado la etiqueta y	El dos al apagar la llama sería gas carbónico	9	Los estudiantes Establecen una relación de dependencia entre la llama y el oxígeno. Especifican la relación.	desconoce que también se modifica por la acción misma de la ocurrencia del fenómeno. En su observación reconoce el aire como elemento que

decidimos marcar con el número uno y el dos respectivamente, ¿Como los reconoceríamos?				aporta oxígeno.
--	--	--	--	-----------------

<b>Reconocimiento de los elementos implicados el fenómeno de la combustión</b>				
Pregunta planteada	Respuesta obtenida	Número de estudiantes que responden	Caracterización de las percepciones	Reconocimiento de las partes
¿Para que una combustión se lleve a cabo, se requiere?	Aire, fuego y combustible.	10	Los estudiantes consideran como requerimiento la participación de los tres elementos en la ocurrencia del fenómeno.	Reconoce y diferencia los tres elementos que participan en la ocurrencia de la combustión y los relaciona entre sí.
	Fuente de calor, aire y combustible.	7	Consideran solamente el fuego como fuente de calor. Lo cual evidencia que no hay claridad en este concepto ni las implicaciones que tiene sobre todos los cuerpos	
Si te piden quemar por completo una sustancia o	La parafina de las velas.	8	Los estudiantes evidencian que	Realizan la identificación de algunas sustancias
	Alcohol	7	No realizan un reconocimiento total	

cuerpo ¿Cuál eliges?			de las sustancias combustibles.	combustibles. Realizan observación de propiedades
Un combustible tiene la propiedad de quemarse y producir luz y calor. Cuando prendes una vela ¿cuál es el combustible?	La mecha y la parafina	11	Los estudiantes No perciben la mecha como transportador del combustible. Indicando que desconoce el estado en que debe estar el combustible para interactuar con el oxígeno.	Se le dificulta establecer relaciones de dependencia entre las partes.  Ni tampoco realiza deducción de predicciones. Respecto a los cambios de estado de la parafina.
¿Cuál es el papel del oxígeno en la combustión?	Interactuar con la parafina de la vela para que esta se queme.	7	Los estudiantes reconocen que el oxígeno es un elemento necesario en el mantenimiento de la llama pero no saben por qué.	Los estudiantes no establecen relaciones entre el oxígeno y el combustible.
Si el oxígeno participa en el proceso de combustión de la	Que el humo y la ceniza pesen menos que la parafina y	7  6	Los estudiantes desconocen la interacción del oxígeno con el	

parafina, ¿qué sucedería al final de la combustión?	el aire participante. El peso de los productos (ceniza y humo) sea igual que el de los reactivo		combustible, razón por la cual no establecen el aumento de peso ni su causa, perciben el requerimiento de oxígeno como mantenimiento de la llama.	Al estudiante se le dificulta comprender la estructura material del aire.  Los estudiantes establecen la relación llama-oxígeno  .  Determinan la incidencia del calor como generado de la combustión.  Los estudiantes
¿Porque se apaga una vela?	La falta de oxígeno	13	Se mantiene el oxígeno como necesario y vital para que se dé el fenómeno.	
¿Para iniciar la combustión del gas, en una estufa necesitas?	Cualquier fuente de calor	12	Reconocen que cualquier fuente de calor es generadora del fenómeno.	
¿Porque motivo en verano es factible que se genere un incendio forestal?	Porque los rayos solares se concentran en material seco.	10		
¿Qué función cumple el oxígeno en la combustión?	Hace parte del aire que se requiere para quemar el papel.	8	Desconocen la interacción oxígeno comburente en el proceso de combustión.	

				no establecen relación entre el oxígeno y el combustible.
Al impregnar de alcohol un papel y luego encenderlo con un fosforo, ¿Quiénes participan en la combustión?	Papel y alcohol como combustibles y oxígeno del aire como comburente	12	Los estudiantes identifican el combustible y el oxígeno como elementos implicados en la combustión.	El estudiante identifica las partes pero no las relaciona, por lo cual se deduce que lo expresa de manera mecánica.
Un papel encerrado en una campana de vidrio ¿cómo puede encenderse o quemarse?	Concentrand o los rayos solares hacia el papel	10	Reconoce otras fuentes de calor como generadora del fenómeno.	Reconocen el calor como elemento generados del fenómeno.
<b>los cambios y transformaciones como evidencia de las interacciones en el fenómeno de la combustión</b>				
Pregunta planteada	Respuesta obtenida	Número de estudiantes que responden	Caracterización de las percepciones	Reconocimiento de las interacciones ...

¿Qué condición debe tener el combustible para que reaccione con el oxígeno y se produzca la combustión?	Existir más oxígeno que combustible. Tener la misma cantidad de los dos.	9  8	Los estudiantes no perciben las condiciones para que interactúen las sustancias	Los estudiantes establecen que es necesario pero desconocen las condiciones en que ocurre la interacción.
¿Qué característica nos permitiría asegurar que en la combustión se produce agua?	Por el vapor que se fija en el vaso, después de cubrir una vela encendida.	15	Los estudiantes asumen la presencia de agua desconociendo su procedencia, relacionando la presencia de vapor y humedad con ella.	Los estudiantes puede hacer una predicción a partir de una situación Planteada.
Después de cubrir una vela encendida con un vaso, este se vuelve opaca y húmedo en su interior, ¿a qué se debe este hecho?	La condensación del agua que hacia parte del humo	6		Los estudiantes Desconocen las interacciones entre los componentes. Por cual desconoce la procedencia del agua en el vaso.
¿Cómo reconocer que se	Soplando la vela encendida	7	Reconocen la presencia de gas carbónico, asociada a	Realizan la elección de la respuesta

produce gas carbónico en la combustión?	hasta que se apague totalmente. Encerrando una vela prendida en una campana	6	la exhalación, pero asegura que el producido en la combustión causa que se apague la vela.	aleatoriamente ya que desconocen las interacciones entre los componentes.
Al quemar un papel sale humo, sabe usted ¿de dónde proviene? y ¿cuál es su composición?	Proviene de la sustancia que se quema y está compuesta de carbono o gas carbónico.	10	Relacionan el humo que sale de la vela como resultado de la combustión, desconociendo sus componentes y origen del mismo.	Los estudiantes perciben el humo como un todo Desconocen su constitución Química.
El día sin carro es una estrategia para disminuir la concentración de gas carbónico en la atmosfera ¿que se pretende con esta norma?	Que la gasolina reacciona con el oxígeno y produjo gas carbónico	7	Se reconoce el aprendizaje mecánico De la reacción.	Los estudiantes establecen una relación mecánica recurren a su saber cotidiano Ya que desconocen las interacciones al no saber qué sucede entre el oxígeno y el combustible.
¿De qué está compuesto el humo que sale de una	Sólidos y gases mezclados	8		

vela?				
¿Por qué en la combustión de una vela, esta disminuye de tamaño?, ¿qué se hace o por qué desaparece?	Porque el calor del fuego derrite la parafina.	9	Ningún estudiante asume que se dio una transformación de sustancias, mediante un proceso de interacción.	Los estudiantes se basan en la percepción de lo que ven por lo cual se les dificulta realizar predicciones al momento de elegir la respuesta.
	La parafina se va desapareciendo.	5		
	Porque al quemarse se derrite.	3		
	El viento hace que suba la llama y esa derrite la parafina.	1		
	Porque se acaba la mecha y la parafina, acabando la intensidad del fuego al desaparecer el oxígeno	2		
¿Existe algún tipo de relación entre la parafina de la vela que desaparece y el oxígeno que mantiene	La parafina necesita oxígeno para la combustión.	8	Reconocen al oxígeno como promotor de la combustión (quema o presencia de fuego), pero no dan explicación alguna de las relaciones	Los estudiantes solamente perciben la relación entre el mantenimiento de la llama y el oxígeno, respecto a la
	La parafina se desprende	5		
		3		
		1		

la vela prendida durante algún tiempo bajo una campana de cristal?	de la vela con ayuda del oxígeno. Al juntarse podemos obtener olor y calor. Al combinarse ambas mantienen el tiempo vital de la mecha de la vela.		inmersas en el proceso. Solo se limitan a la descripción de lo que ellos ven, sin cuestionarse sobre lo que está sucediendo. Sin embargo expresan una visión sumativa de la reacción.	parafina afirman que se vaporiza, sin establecer relaciones de dependencia.
Para evidenciar que el vapor de la parafina está en proceso de combustión, ¿que observamos?	Consumo o gasto de parafina.	15	Si la parafina está en proceso de combustión se debe establecer el consumo de oxígeno, la producción de llama, de gas carbónico y agua, pero solo se refieren al gasto de la parafina como evidencia de la combustión.	Los estudiantes no realizan ningún vínculo entre los productos de la combustión y los requerimientos.
<b>Reconocimiento del fenómeno de la combustión en eventos de la cotidianidad</b>				
Pregunta planteada	Respuesta obtenida	Número de estudiantes que responden	Caracterización de las percepciones	Reconocimiento del fenómeno.

En el aire hay oxígeno y las plantas lo producen, ese oxígeno se gasta en actividades que se realizan en la vida cotidiana podrías indicar ¿en cuáles actividades se requiere del oxígeno?	La estufa	8	Se mantienen como referentes de combustión todo fenómeno donde hay fuego, desconociendo el automóvil precisamente porque en su funcionamiento no lo perciben.	Los estudiantes al desconocer el fenómeno de la combustión difícilmente pueden usarlo como referente en otros procesos.
¿En cuál de los siguientes sucesos se lleva a cabo la combustión?	Una vela encendida varias horas. Cigarrillo prendido	10 3	Los estudiantes perciben la combustión como un proceso donde se produce llama.	Los estudiantes realizan una comprensión del fenómeno basada en las percepciones visuales.

Como definen los estudiantes el fenómeno de la combustión				
Pregunta planteada	Respuesta obtenida	Número de estudiantes que responden	caracterización de las percepciones	Procedimientos realizados por los estudiantes.

<p>¿Cómo explicarías el proceso de la combustión? o ¿Cuál sería la explicación más acorde con tus ideas?</p>	<p>Algunos cuerpos al ser quemados en presencia de aire, desprenden humo, fuego y calor.</p>	<p>7</p>	<p>Los estudiantes acuden a elementos perceptibles para construir conceptos o explicaciones</p>	<p>Los estudiantes comprenden el fenómeno basándose en la descripción de lo que observan. Establecen una relación causal entre el oxígeno y el mantenimiento de la llama, ya que experimentalmente se puede comprobar la llama se apaga si se agota el oxígeno.</p>
<p>Lavoisier define la combustión como un proceso en donde el oxígeno se combina con el metal o sustancia que se quema o calcina. Cuando hablamos de combinación de sustancias ¿a qué nos referimos?</p>	<p>Que están reaccionado para crear una nueva sustancia</p>	<p>10</p>	<p>Los estudiantes admiten que en la combustión se establece una reacción química, pero desconocen el proceso.</p>	<p>Los estudiantes deducen predicciones a partir de un texto corto.</p>

A partir del análisis en las respuestas establecidas por lo estudiantes, se pretende establecer el acercamiento de los estudiantes frente a la comprensión de los eventos que caracterizan la combustión, ante lo cual se puede establecer lo siguiente:

1. Identifica el aire como elemento esencial para que suceda la combustión.
2. Identifica los elementos que participan en la ocurrencia de la combustión
3. Reconoce un combustible por su propiedad de quemarse.

4. Establece una relación directa entre el derretirse de la vela con la presencia de calor y el mantenimiento de la llama con la presencia de oxígeno del aire. Bajo la condición de causa efecto.
5. El comportamiento de la llama está condicionado por la cantidad del oxígeno del medio.
6. Reconoce la relación entre combustible, comburente y fuente de calor, solo como: "cada uno de ellos es necesario para que se dé la combustión".
7. No se establecen relaciones entre la evaporación del combustible (parafina) como indispensable para que interactúe con el oxígeno del medio.
8. Desconoce la participación del combustible y sus componentes, en la ocurrencia del fenómeno y su relación con el oxígeno.
9. Reconoce que el medio donde se realiza la combustión cambia debido al consumo de oxígeno para mantener la llama, sin embargo desconoce que también se modifica por la acción misma de la ocurrencia del fenómeno.
10. Reconoce el humo como un elemento propio de la quema de los cuerpos, mas no lo relaciona como producto de una interacción o transformación de la parafina, desconociendo su origen y composición.
11. solamente observa como variable la presencia o ausencia de oxígeno pero no reconoce que pasa si se acaba el combustible, desconociendo la interacción entre las dos.

Respecto al reconocimiento de los elementos implicados en el fenómeno de la combustión como los cambios y relaciones perceptibles, se puede determinar que:

1. Reconoce el aire como elemento que aporta oxígeno.
2. Reconoce como cambio el consumo de la vela en términos de derretirse.
3. Percibe la presencia del humo en el proceso de quemar la parafina.
4. Reconoce el fenómeno de la combustión por sus características como: la parafina derretida, el humo desprendido, la producción de luz y calor, en presencia de aire.
5. Puede emitir un juicio a partir de la descripción de hechos.
6. La llama derrite la vela.
7. Al quemar la vela se produce humo.

En cuanto a si los estudiantes realizan un engranaje de los elementos o variables que participan en el fenómeno se reconoce que:

1. No relacionan la desaparición de la parafina con el consumo de oxígeno, en la producción de la llama y el humo. Desconociendo que están interactuando.
2. Los estudiantes limitan la comprensión del fenómeno solamente a lo que se percibe visualmente sin trascender a la estructura y comportamiento de la materia.
3. El no reconocimiento de las partes involucradas en el fenómeno, su composición y estructura no le permite trascender al planteamiento de relaciones en el proceso

Respecto a la realización de inferencias inmediatas a partir de las respuestas de los estudiantes se puede establecer que:

1. Los estudiantes definen la combustión en términos de que “todo cuerpo al ser quemado en presencia de aire desprende humo, fuego y calor”. Tomando como referente solo su percepción visual.
2. Logran establecer condiciones patrón de ocurrencia del fenómeno, como la presencia de aire, la producción de calor y luz así como la producción de humo, pero no logra generalizar. Y concluir acerca de: ¿cuál es la participación directa del oxígeno en el fenómeno?, ¿cuál es la organización y reorganización de las sustancias participantes? Y ¿Cómo se logra dicha reorganización?
3. Logran definir o explicar el fenómeno de la combustión a partir de las opciones de respuesta planteadas, mas no por su capacidad comunicativa y expresión propia que muestre las relaciones entre los elementos involucrados, y los cambios ocurridos o transformaciones.

#### **4.2 Análisis de la Secuencia Didáctica**

Teniendo en cuenta que los criterios con los cuales se diseñó la secuencia didáctica, estaban orientados al reconocimiento de las partes implicadas en el fenómeno, la identificación de relaciones que se establecen entre las partes, la identificación de las

nuevas organizaciones, el tipo de interacciones y los mecanismos bajo los cuales surgen las nuevas organizaciones.

#### **4.2.1 Criterios de análisis de la secuencia didáctica.**

Los criterios de análisis de la secuencia didáctica están orientados al reconocimiento de los logros alcanzados frente a cada uno de criterios con los cuales se diseñó la secuencia:

- Identificación de los cuerpos combustibles y sus transformación
- Reconocimiento de los cambios de estado del combustible y su relación con los estados de agregación de la materia.
- El efecto del calor en los cambios de estado de la parafina
- Cambios de estado y la organización de las moléculas
- El oxígeno como componente de la interacción en la ocurrencia del fenómeno.
- Relación oxígeno y el mantenimiento de la llama
- La fuente de calor como activador de la combustión.
- Identificación y reconocimiento de las nuevas sustancias, sus organizaciones, enlaces, componentes.
- Reconocimiento de interacciones y mecanismos generan las nuevas organizaciones.

Nota: Las afirmaciones realizadas por los estudiantes se registran sin nombre por lo tanto se utiliza la letra E que refiere al estudiante, teniendo en cuenta que algunos estudiantes expresan lo mismo frente a las explicaciones dadas se toman los más significativos, razón por la cual se mencionan solo algunas de las apreciaciones frente a cada actividad o pregunta.

#### **4.2.2 Análisis de los resultados de la secuencia didáctica.**

**Sesión No.1**

## Materiales combustibles y sus transformaciones.

Propósito:

- Identificar los cuerpos combustibles y su transformación.
- Establecer la relación entre el estado del combustible y la duración de su combustión.
- Caracterizar el fenómeno de la combustión a partir de los cambios visibles que permitan analizar las interacciones entre los componentes del fenómeno.

### Momento uno.

Actividad: se propone quemar varias sustancias y registrar observaciones.

#### COMBUSTIBLES SOLIDOS.

Madera	Algodón	Vela	Papel
E1. La madera se carboniza. E2. Cuando se apaga deja de consumirse. E3. A falta de gas de la madera deja de consumirse E4. Desprende humo de color blanco E5. El fuego que emite dura poco como una chispa, al rojo vivo. E6. Prende muy difícil y se apaga rápido por lo dura.	E1. Se quema más rápido que el papel y la madera. E2. Se vuelve negro E3. Se quema de una, suelta humo oscuro, su llama es transparente, mancha de color amarillo donde se quema. E4. La llama se expande por todo el material, es más transparente y arde rápido.	E1. Dura más tiempo prendido y solo prende en el pabilo. E2. Mientras esta prendida no bota humo. E3. Se derrite en el centro mientras esta la llama E4. La mecha se vuelve negra. E5. Bota llama duradera (permanente) E6. Tiene una llama constante en el pabilo.	E1. Se quema por partes. E2. Expulsa gran cantidad de humo. E3. Después de apagado se vuelve ceniza. E4. Quema fácil y se apaga fácilmente. E5. Produce ceniza y humo gris, su llama es amarilla.

Los estudiantes establecen diferencias entre los cuerpos que se queman, determinando cual se quema más rápido o más lento, caracteriza los cambios visibles en cada una como el color de la llama, si emite humo o produce cenizas.

### COMBUSTIBLES LÍQUIDOS.

Alcohol	Acetona	Parafina líquida
<p>E1. Se consume lento, Emite una llama azul.</p> <p>E2. Se evapora fácilmente.</p> <p>E3. Es el último en apagarse.</p> <p>E4. La llama se extiende por toda la superficie.</p> <p>E5. Huele mucho a alcohol mientras prende.</p>	<p>E1. Se consume muy rápido.</p> <p>E2. Combuste fácilmente, su llama es pequeña,</p> <p>E3. Se evapora rápidamente.</p> <p>E4. Su llama es transparente y amarillenta con azul.</p>	<p>E1.No prende</p> <p>E2.No produce llama</p> <p>E3. Al acercar el fósforo no se produce llama.</p> <p>E4.Requiere mayor contacto con el calor para que prenda.</p> <p>E6.E10 Si no tiene pabilo no prende.</p>
<p>Los estudiantes solo relacionan la evaporación con el consumo de la sustancia que se quema. Afirman que no se observan cambios visibles solo establecen que se consumen o se gastan rápido. Afirman que al apagarse se termina el combustible. Respecto a la parafina reconocen que se le debe suministrar cierta cantidad de calor para que prenda o emita llama.</p>		

### LA COMBUSTIÓN DE ALGUNOS ELEMENTOS.

Hierro	Magnesio en polvo	Carbono	Cinta de magnesio	Hilo de Cobre
E1. Emite chispas	E3.Emite una	E1.Emite	E2. Dura más	E2. La llama

instantáneamente. E2. Se ven partículas incandescentes que saltan, al interior de la llama. E3. Cada trozo parece estar prendido E4. Emite una luz amarilla. E5. Parecen luces de bengala que saltan.	llama azul violeta. E4. Produce sonidos y chispas azules, que salen de la llama. E6. Bota chispas al contacto con el fuego	chispas al contacto con el fuego en forma de lluvia y de color amarillo. E2. La llama produce más luz y prende más. E3. Se produce humo al prenderse el carbón con la llama.	tiempo para que prenda. E4. Se mantiene prendido hasta que se convierte en una tira de polvo blanco, que se desase. E6. Emite una luz blanca como de soldadura.	dura bastante y es rojiza y amarillo. E4. Dentro de la llama se ve que el metal está al rojo. E6. El metal hace que la llama sea brillante. E9. Dura mucho prendido y se vuelve negro
---	--	--	---	--

Los estudiantes en general admiten la emisión de llama de diferentes colores, chispas de luz que se desvanecen, se puede inferir que no perciben que las sustancias requieren una cantidad de energía distinta para que se inicie la combustión, y pasan por desapercibido que el estado gaseoso es un requisito previo para que se dé la combustión y que el tiempo para que se alcance este estado varía de una sustancia a otra.

Los estudiantes afirman que no todos los cuerpos arden o se encienden si no tienen un combustible, asociando la llama directamente con la combustión y observando que los metales no tienen llama propia, pero si se ponen incandescentes o al rojo vivo; no perciben que en los metales se requiere una mayor energía de activación del fenómeno, ya que para lograr que se empiece a consumir fue necesario incorporarlos dentro de la llama y también porque al contacto con la llama había que esperar para observar *incandescencia*.

Afirman que no se necesita que todos los cuerpos estén en estado sólido para que ardan, que no todos los líquidos prenden y que los metales actúan diferente ante la

llama.			
Agua	Alcohol	Vinagre	Acetona
No se enciende No emite llama	Se consume lento Tiene llama transparente	No se enciende No emite llama	Se consume rápido Tiene llama pequeña y azulosa
Papel	Madera	Vidrio	
Se quema fácilmente Emite llama y cambia De color y textura	Se prende más lento Emite llama y cambia de color y textura.	No desprende llama No sufre cambios Solo se calienta mucho	

### **Conclusión: respecto a las sustancias combustibles y su transformación.**

Los estudiantes reconocen e identifican las sustancias combustibles por el desprendimiento de llama, cambios de color a negro o gris, aparición de ceniza, emisión de humo, estos cambios no los detecta en la vela cuando está encendida, solo percibe humo al apagarla. En conclusión los estudiantes logran caracterizar la combustión por los aspectos visibles.

Respecto a los estados de las sustancias combustibles y su combustión, identifica sustancias sólidas y líquidas como combustibles, sin embargo establece la relación en que unas se demoran más que otras en quemarse o en emitir llama, sin establecer la relación en los cambios que este debe adquirir para que se realice su combustión y la energía requerida para que esto suceda.

La mayoría de estudiantes establecen que:

- Para que una sustancia se queme debe emitir llama, si no emite llama no se puede quemar.
- No todos los materiales se pueden quemar, el agua no, el vinagre no, el vidrio no. debido a que no pueden emitir llama, por el contrario apagan el fuego como el vinagre y el agua.
- La llama es un indicador de la combustión de una sustancia, sigue la persistencia de la combustión como mantenimiento de la llama, desconociendo los cambios y las interacciones.

- No consideren la calcinación como proceso de combustión por la ausencia misma de la llama.
- Todas las sustancias duran diferente tiempo en consumirse a pesar de usar la misma cantidad, situación para reflexionar acerca del tiempo que requiere cada sustancia para adquirir el estado gaseoso.

## Sesión No.2.

### La parafina como combustible:

Sus transformaciones físicas y su relación con el pabilo o mecha.

Propósito: lograr que los estudiantes reconozcan los cambios físicos de la parafina (solido-líquido y gaseoso) por acción del calor, así como los cambios generados en la sustancia como sistema.

Actividad:

Se propone detectar los cambios de estado en la parafina a través de la observación de las características de una vela encendida, luego apagarla y acercar inmediatamente un fósforo encendido.

### Momento uno y dos.

Cambios que sufre la parafina en la vela encendida.	Qué sucede al apagar la vela y acercar un fósforo sin tocar el pabilo.
<p>E2. Al contacto con el calor la vela empieza a derretirse.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al alejarse del calor se solidifica.</li> <li>• Se mantiene líquida mientras tiene calor.</li> </ul> <p>E3. La parafina pasa de estado sólido a líquido.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La parafina permite que el fuego se mantenga.</li> <li>• La parafina pasa de estado líquido a sólido.</li> </ul>	<p>E1. Al apagar la vela empieza a botar humo y al acercar el fósforo se prende la vela instantáneamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El humo es una especie de gas o conductor del fuego.</li> </ul> <p>E2. La vela se vuelve a encender porque el humo que sale al apagarla es un conductor del calor.</p> <p>E3. Se enciende fácilmente por el humo combustible que emite la vela y por el aire caliente que bota la vela.</p>

<p>E4. La parafina se derrite por el calor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo se derrite en el centro de la vela mediante el calor de la mecha.</li> </ul> <p>E5. Cuando se solidifica la parafina su estado original es el mismo.</p> <p>E6. Al llegar al contacto con el calor la parafina empieza a derretirse y se forma un fluido sopero.</p> <p>E7. La parafina mantiene el pabilo prendido hasta que se agote.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La parafina derretida mantiene encendida la vela.</li> </ul> <p>E10. Al intentar prender la parafina solida o liquida sin pabilo, no prende y no se obtiene llama.</p>	<p>E5. El humo que sale de la vela se prende por el calor de la mecha y del fósforo.</p> <p>E6. La vela se vuelve a prender por humo combustible que sale del pabilo.</p> <p>E7. La mecha transporta el gas, para mantener la llama.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El pabilo es un transportador de la parafina liquida</li> </ul> <p>E8. El pabilo absorbe lo que se derrite, es transportador para que la llama no se apague.</p>
---	--

Los estudiantes reconocen la transformación de la parafina de estado sólido a líquido, y lo relacionan con el pabilo, el cual lo absorbe, lo transporta para mantener la llama, persiste la idea de combustión como el mantenimiento de la llama, basándose en la percepción de lo que ven, la mayoría desconoce la transformación de la parafina en gas y por consiguiente su interacción con el oxígeno. Sin embargo el estudiante E7 asume que la mecha transporta gas pero no da cuenta de qué gas se trata.

Los estudiantes no logran establecer la relación entre el humo que se desprende al apagar la vela con la parafina en estado gaseoso que se ha transformado para reaccionar.

Algunos estudiantes afirman que es el combustible pero no lo relacionan con la parafina en estado gaseoso.

Asumen que al cambiar de estado sólido a líquido o de líquido a solido la parafina, cambia de estado pero sigue conservándose como parafina.

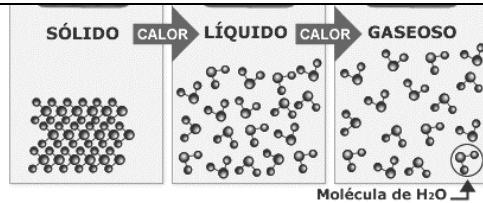
Relaciona el calor con el cambio de estado de la parafina solamente hasta líquido, ya que no puede ver el cambio a estado gaseoso.

**Referente teórico: estados sólido, líquido y gaseoso.**



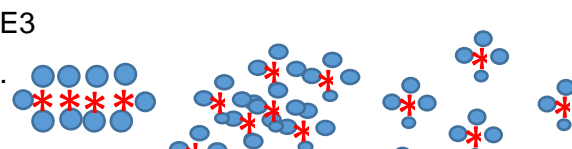
Propósito: Recurrir a la teoría que permita comprender la organización de las moléculas en cada uno de los estados de la materia y su transformación por acción del calor, de tal forma que el estudiante pueda reconocer que la parafina líquida que sube por el pabilo por acción del calor de la llama se transforma en gas para poder interactuar con el oxígeno. Lo cual le puede ayudar a interpretar porque al apagar la vela e inmediatamente acercar el fosforo, esta se vuelve a prender, debido a que alcanza a quedar parafina en estado gaseoso para su combustión.

Actividad: se suministra lectura a cerca de la visión termodinámica en los estados de la materia, la composición química de la parafina y su estructura,

**Momento tres.**



Teniendo en cuenta los esquemas de organización de las moléculas de agua en diferentes estados y haciendo la analogía con la estructura de la parafina, se pregunta por los efectos del calor en la parafina y se solicita representarlo esquemáticamente.

<p>A cerca del efecto del calor sobre la parafina y su relación con el pabilo.</p>	<p>Modelos propuestos de la parafina y sus cambios de estado. Los elementos químicos que forman la parafina.</p>
<p>Los estudiantes reconocen que por acción del calor las moléculas de parafina se separan, reconocen la transformación a estado líquido de la parafina, ya que es un cambio visible, sin embargo reconocen que la función del pabilo es absorber el líquido y transportarlo a un punto donde el calor lo transforma en estado gaseoso, para su combustión, razón por la cual el pabilo mantiene encendido.</p>	<p>E1. parafina en sus estados físicos</p>  <p>E2.</p>  <p>Sólido      líquido      gaseoso</p> <p>E3</p> 

- La parafina puede pasar de estado líquido a gaseoso por acción del calor.

E1. El calor separa más a las moléculas.  
 E2. El calor hace que se evapore.  
 E3. La acción del calor la puede evaporar y se puede convertir en gas.  
 E6. La vela se consume porque se vaporiza.

- El cambio de estado no modifica la sustancia.

E4. Al quitar el calor se agrupan de nuevo las moléculas. Lo que cambia es la separación de las moléculas.

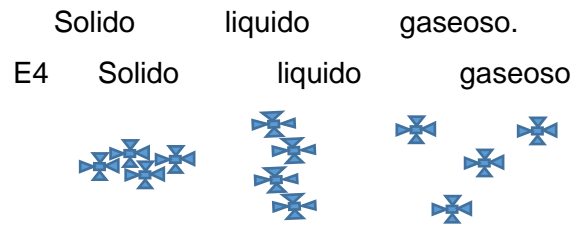
E5. Al cambiar de estado sigue siendo parafina, lo que cambia es su forma.

E6. Sigue siendo parafina lo que cambia es su estado.

- Respecto al pabilo y el cambio de estado.

E4. La función del pabilo es mantener la llama prendida para producir calor.

E2.E10.E11. La función del pabilo es calentar para absorber el líquido y conducirlo al centro donde se transforma en gas.



E6.



VER ANEXOS.

Los estudiantes logran establecer:

- Que la parafina está formada por carbono e hidrogeno.
- Que el calor es la causa directa de los cambios físicos de la parafina.
- Que cada estado de la materia se caracteriza por la organización de sus moléculas.
- Que un estado se diferencia de otro por la distancia entre las partículas que la componen, adquiriendo mayor libertad de movimiento.

E4. El pabilo mantiene el fuego ya que el combustible sube y se quema.	
<p>Los estudiantes logran reconocer que la parafina puede pasar a estado gaseoso, por acción del calor de la mecha o pabilo.</p> <p>Los estudiantes relacionan la desaparición de la vela con su transformación en gas.</p> <p>Establece que la zona del pabilo donde hay más calor es donde la parafina líquida se absorbe y se transforma en gas.</p> <p>Identifica los cambios que se generan en la organización de las partículas de la parafina en los estados sólido, líquido y gaseoso, que al cambiar de estado o al cambiar su organización sigue siendo parafina.</p>	

### Referente teórico: Cambios de estado y la organización de las moléculas

Propósito: permitir que el estudiante realice una interpretación termodinámica en los estados de la materia y sus transformaciones contrastando la lectura con sus observaciones previas, ante el fenómeno de la combustión, respondiendo algunas preguntas que direccionan su comprensión.

Actividad. Lectura dirigida y análisis de la misma a través de la discusión individual y grupal.

<p>¿Qué características adquieren las moléculas de parafina en estado gaseoso?</p> <p>¿Qué variables se especifican en los estados físicos de la materia?</p>
<p>E1. Adquieren más calor y mayor movimiento, en el líquido se ve como hierve.</p> <p>E2 E4.E10. El calor que absorben aumenta la energía de las moléculas y hacen que se muevan más rápido separándose unas de otras.</p> <p>E3.Las moléculas tienen suficiente libertad para pasar una frente a la otra</p> <p>E6. Porque el calor hace que se muevan más rápido y se alejen unas de otras, pasando al aire como humo.</p> <p>E6.E9. Las moléculas en estado gaseoso adquieren mayor velocidad en su movimiento, ya que aumentan su energía por el calor y se esparcen fácilmente.</p> <p>E5. En estado gaseoso las moléculas se atraen poco y se mueven más rápido que en estado líquido.</p>

E11.E12.E15. Las moléculas de un gas tienen fuerzas de atracción débiles y altas velocidades que pueden chocar.

E2.E4.E10. A mayor calor mayor movimiento de las moléculas

Los estudiantes a través de la lectura logran establecer las características que adquieren las moléculas que componen los gases, ya que había desconocimiento al respecto por lo cual se hizo necesario discutirlo ya que si no cuentan con elementos necesarios no lograrán establecer posteriormente la interacción con el oxígeno.

### **Momento cuatro**

Propósito: con la actividad experimental se pretende que el estudiante reconozca las transformaciones físicas de la parafina, ya que adquirir el estado de gas de la parafina, es indispensable para su combustión.

Actividad: Prender la vela, apagarla y observar la salida de humo, acerque rápidamente un fosforo encendido ha dicho humo, sin tocar el pabilo.

¿De qué sustancia se trata?	¿Qué aspecto tiene?	¿Qué sucede al acercar el fosforo?
Los estudiantes afirman en su totalidad que se trata de parafina en estado gaseoso y que proviene del líquido que subió por el pabilo.	<p>Afirman que es de color blanco, se visualiza por el capilar,</p> <p>E2.E3.E12. La parafina que sube por el capilar está solo en el centro de la llama, ahí es donde se transforma y produce el gas; en la parte de arriba del pabilo o llama no sale gas.</p> <p>E4. Es un gas espeso y sale como un chorro.</p> <p>E5, tiene olor desagradable y color muy blanco</p>	<p>Todos afirman que se prende muy rápido el pabilo, ya que es el combustible en estado gaseoso.</p> <p>E1, El humo es combustible y se prende.</p> <p>E2.El humo atrae la llama y prende el pabilo.</p> <p>E3.E4. Prende rápido ya que la parafina en estado gaseoso posee mucho movimiento.</p>
En esta parte de la secuencia didáctica se logra que los estudiantes reconozcan que la		

parafina líquida puede adquirir el estado gaseoso y lo pudieron visualizar al recoger sus vapores al apagar la vela o al extraerlo con el capilar, ya que ellos solamente daban cuenta del líquido que veían.

Fue necesario suministrar el referente teórico y la explicación, porque muchos de los estudiantes no visualizaban el cambio, se hizo con el propósito de orientar la comprensión de aquello que no podían apreciar o que pasaba por desapercibido al limitar su observación.

### **Conclusión: respecto a la relación entre el calor y los cambios de estado de la parafina.**

A través de la secuencia de enseñanza se logra que los estudiantes establezcan la relación entre el pabilo y los cambios de estado de la parafina, ya que admiten que este absorbe la parafina líquida la transporta al sitio donde hay más calor para que se convierta en gas.

Reconocen que la parafina puede adquirir estado gaseoso y que requiere calor para alcanzar dicho estado.

Establecen los cambios que se producen en la organización de las moléculas de parafina en cada estado, lo cual se convierte en una característica propia de cada estado.

Experimentalmente reconoce que el humo de color blanco que sale de la vela al apagarla es parafina en estado gaseoso o combustible.

Que la parafina que se consume se ha transformado en gas o se ha vaporizado.

En esta parte de la secuencia de enseñanza se logra que los estudiantes realicen la identificación de un elemento implicado en el proceso, la parafina como combustible, su composición, organización, transformaciones y comportamientos adquiridos.

La observación de los estudiantes estaba limitada por la falta de referentes teóricos a cerca de la estructura y organización de la materia y su modificación por acción del calor. Por lo cual la discusión de los referentes teóricos le permitió ampliar sus observaciones.

### **Sesión No. 3.**

#### **El oxígeno como componente de la interacción en la ocurrencia del fenómeno.**

### **Momento uno.**

Propósito:

- Identificar la participación del oxígeno en la combustión de la parafina.
- Determinar la acción del calor sobre las moléculas de oxígeno que rodean la llama de la vela.

Actividad: se realizan ejercicios donde se coloca una campana sobre la vela encendida y se registran observaciones.

Vela encendida bajo una campana	Vela encendida bajo una campana con una abertura lateral o sobre las monedas.
E1. La vela se apaga después de un tiempo. E2. La vela se apaga a los 10 segundos de haberla tapado. E3. La llama de la vela se va achicando hasta apagarse. E4. Cuando la vela se apaga sale humo blanco, en forma de chorro. E5. La vela se apaga porque no tiene aire que mantenga la vela encendida. E5. E6. La vela se apaga por falta de oxígeno.	E1. La llama es pequeña, y se mueve hacia los lados. E2. La llama se mantiene pero es pequeña. E3. La llama no se apaga porque le entra aire. E4. La llama dura más tiempo pero se apaga por el humo que se desprende y se queda encerrado. E5. La vela se gasta muy poco.
Los estudiantes establecen que se necesita aire con oxígeno para mantener la llama, si hay aire la vela se consume o se gasta más rápido. Asumen que la vela se apaga, no solo por la falta de oxígeno, sino también por la modificación que sufre el aire a consecuencia de la combustión, es decir a consecuencia del humo que se produce en la combustión. Al respecto desde la prueba de entrada los estudiantes manifiestan el requerimiento de oxígeno en el mantenimiento de la llama, mostrando desconocimiento del proceso de interacción con la parafina o combustible.	

### **Momento dos:**

## Relación oxígeno y mantenimiento de la llama como producto de la combustión

Propósito: Identificar la acción directa del oxígeno y el gas carbónico, en el mantenimiento de la llama.

Actividad: se realizan experiencias donde se producen los gases en mención y se suministran a la vela encendida y se realizan mediciones de temperatura a diferentes distancias de la llama.

Suministro de gas a la vela(oxígeno)	Suministro de gas a la vela(gas carbónico)
<p>E1.E2. El gas prende más la llama, entre más gas más llama se obtiene.</p> <p>E4. La llama se agranda cuando le colocamos el gas que se produce en la reacción.</p> <p>Los estudiantes en su mayoría establecen que :</p> <p>El gas que se desprende es oxígeno ya que a viva la llama de la vela.</p> <p>Si mantiene la llama encendida.</p>	<p>E2.E3. el gas se parece al que sale cuando soplamos, porque apaga la llama.</p> <p>E4. El gas no se sale fácil del recipiente donde se capturó y toca servirlo sobre la llama.</p> <p>Los estudiantes en su mayoría establecen que:</p> <p>El gas que se desprende es gas carbónico, ya que apaga la vela al entrar en contacto con la llama.</p> <p>No mantiene la llama.</p>

Que acción ejerce el calor sobre el aire que rodea la llama de la vela.
<p>E1. Calienta el aire que rodea la llama y se siente un vientico.</p> <p>E2. Aumenta el movimiento de las moléculas que forman el aire.</p> <p>E3. Aumenta el movimiento de las moléculas de oxígeno que mantienen la vela encendida, se siente como un soplo alrededor de la llama.</p> <p>E4.E6.E8. Como el aire está formado por gases el calor aumenta su movimiento o energía como en la parafina en estado de gas.</p> <p>E5. La temperatura es distinta alrededor de la llama, pero aumenta entre más cerquita.</p> <p>Los estudiantes reconocen el efecto del calor sobre el aire y sus componentes,</p>

asociándolo, con lo que le sucedió a la parafina en su estado gaseoso.

Reconocen el aumento de la energía cinética de las moléculas tanto en la parafina gaseosa como en el aire alrededor de la llama. Sin embargo hasta este momento no han logrado establecer que la llama es producto de la interacción parafina-oxígeno, hasta ahora es claro para los estudiantes los cambios que adquieren la parafina y el oxígeno por acción del calor.

### **Conclusión respecto a la participación del oxígeno en la combustión.**

Los estudiantes determinan el requerimiento del oxígeno en el proceso de la combustión, sin embargo persiste la idea de la combustión como mantenimiento de la llama.

Establecen la relación entre el calor y el comportamiento de la molécula de oxígeno, realizan una predicción acerca del comportamiento de las moléculas en estado gaseoso tomando como base lo sucedido con la parafina.

En esta parte de la secuencia los estudiantes tienen claro que tanto el oxígeno como la parafina en estado gaseoso han adquirido características que determinan su comportamiento.

Reconoce el comportamiento que adquieren las moléculas en estado gaseoso, lo cual se constituye en un requisito previo para la interacción.

### **Sesión No. 4.**

#### **La fuente de calor como activador de la combustión.**

Propósito: Establecer en la fuente de calor, su capacidad de inducir el fenómeno de la combustión.

#### **Momento uno.**

Actividad: se propone tratar de quemar o encender varios materiales, utilizando varias fuentes de calor.

Fuente de calor	Algodón	Papel	Madera
-----------------	---------	-------	--------

Lupa	<p>Todos: No se logra quemar</p> <p>E1 No produce la cantidad de calor requerida para quemarlo.</p> <p>E2. Los rayos del sol no concentran la energía necesaria para producir fuego.</p>	<p>No se logra quemar</p> <p>E1. No es un día soleado y no quema.</p> <p>E3. No se produce ningún cambio.</p> <p>E4. No se logra producir llama.</p> <p>E5. La lupa calienta el papel pero no lo suficiente para quemarlo.</p>	<p>No se logra quemar</p> <p>E3 No hay mucho sol y por ello no se quema.</p> <p>E6. La madera requiere mucha cantidad de calor para quemarla.</p> <p>E7. La lupa no logra calentar las moléculas de la madera.</p>
Alambre caliente	<p>E1. Cuando la resistencia está al rojo vivo logra quemar el algodón.</p> <p>E3. La resistencia debe tener una temperatura alta para quemar el algodón, toca esperar hasta que caliente mucho.</p>	<p>E3. Se quema hasta que este caliente la resistencia, empieza a echar humo y algo de llama.</p> <p>E4. Se va medio quemando, por partes, primero las que quedan pegadas al alambre.</p>	<p>E2. Solo se quema dejando la huella del alambre pero no sale llama.</p> <p>E4. Toma más tiempo en quemar.</p> <p>E5. Cambia de color y echa humo.</p>
<p>Los estudiantes establecen que la fuente de calor requerida debe suministrar una cantidad de calor específica para la combustión de cada sustancia, por ahora la combustión para ellos está representada en los cambios perceptibles, el humo, la llama, las cenizas.</p>			

## Sesión No.5

### Identificando las transformaciones del fenómeno de la combustión.

#### Momento uno.

Propósito: Identificar en el humo, sustancias que lo componen a partir de algunas características

Actividad: se proponen experiencias que permiten visualizar sustancias que no se manifiestan durante la combustión o que se aprecian como un todo “Humo”

Carbón	Gas carbónico	Agua
<p>E1.E2. Sobre el vaso se pegan partículas de color negro como las que se acumulan en la punta del pabilo.</p> <p>E3.E4.Se acumula hollín negro que sale de la vela, pero no lo veíamos en la llama.</p> <p>E5E6. El vaso se tizno, como que el vidrio tranca o retiene estas partículas negras.</p> <p>E8. Es un polvo fino que mancha los dedos como el carbón.</p> <p>E9 Entre Más se acerque el vaso al centro de la llama se negrea más.</p> <p>E11. Al acercar el vaso la llama no se apaga y la llama se extiende y ahúma el vaso quedando de color negro.</p> <p>E12.E13. Se parece a lo que sueltan los carros.</p>	<p>E1.E2. sale un gas blanco que ocupa todo el vaso.</p> <p>E3.E4.El gas que recolecto de la llama, se sale lentamente y se puede pasar a otro vaso.</p> <p>E5.E6.E7.Cuando acercamos un fósforo prendido al interior del gas recolectado este se apaga rápidamente.</p> <p>E8.E9.Se produce un gas que al tocar la base del vaso baja lentamente.</p> <p>E10 .Es un gas que se mueve por todo el vaso sin salirse fácilmente, como si quedara atrapado.</p>	<p>E1.E2.E3. En el vidrio queda un vapor que opaca el vaso.</p> <p>E3.E4 Se siente un vapor que humedece al tocarlo.</p> <p>E6.E7.No es un gas, sino que es vapor pegado al vidrio.</p> <p>E5.E8Parece ser agua porque a principio eran góticas pegadas en el fondo del vaso.</p> <p>E9.E10.Es algo que moja el papel filtro, parece agua en vapor.</p> <p>E11.E12.El gas se pegó en las paredes del vaso opacándola.</p> <p>E12-E13.Al voltear el vaso sigue pegada en él y no se escapa como un gas.</p>

Los estudiantes a través de la actividad experimental pudieron reconocer las sustancias como producto de la combustión de la vela, ya que en la prueba diagnóstica solo admitían la emisión de humo como un todo solamente al apagar la vela, mientras estaba prendida no observaban cambios, de esta manera logran establecer que si se producen sustancias durante la combustión como agua, gas carbónico y carbón, diferenciadas por algunas de sus características, es importante la apreciación hecha por algunos estudiantes de que el carbón está dentro de la llama y que a pesar de su color negro no lo podemos ver, pero su incandescencia si, al apagar la llama ellos toman lo negro que se acumula en la parte superior del pabilo escriben sobre un papel y dicen que tizna como el carbón.

Sin embargo es importante destacar que desconocen la procedencia de estas sustancias.

Por lo cual se decide realizar las siguientes actividades.

### **Momento dos**

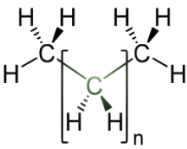
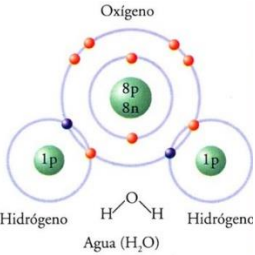
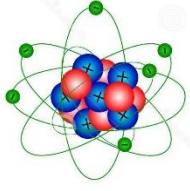
Propósito: cuáles son las sustancias reconocidas durante la combustión de la vela, su organización, sus enlaces.

Actividad: Los estudiantes realizan consulta o registran sus conocimientos previos, ante las preguntas planteadas para tal fin.

1. Complete el cuadro de acuerdo a las características observadas, en la etapa experimental realizada en la combustión de la vela.

Sustancia	Formula química	Estado
Agua	H <sub>2</sub> O	Gas y vapor
Gas carbónico	CO <sub>2</sub>	Gas
Carbón	C	Solido

2. Consulte y escriba la estructura química que represente los enlaces entre los átomos que conforman las moléculas de la parafina, el oxígeno, el agua, el gas carbónico y el carbono.

Parafina	oxígeno	Agua	Dióxido de carbono	Carbono
$C_nH_{2n+2}$  	$.. ..$ $:O::O:$  $O=O$	$..$ $H:O:H$ $..$ $H-O-H$ 	$.. .. ..$ $:O:C:O:$ $.. .. ..$ $O=C=O$	

Los estudiantes mediante el uso de estructuras establecidas en textos reconocen: los componentes de cada sustancia, las relaciones entre los átomos (enlaces), relaciones entre el núcleo y los electrones.

Es importante que establezcan los tipos de relaciones que hace posible darle estructura y organización a las sustancias, organización que puede ser perturbada por acciones del medio y que les facilita poder relacionarse con otras sustancias, lo que permite que se establezcan o se genere el fenómeno de la combustión.

Ver anexos.

### **Conclusión: respecto a la identificación de sustancias producidas en la combustión de la vela.**

A pesar de la identificación de las sustancias, por algunas de sus características, se hace necesario recurrir, al reconocimiento de sus componentes y de la forma en que están organizadas, con el fin de que posteriormente se pueda interpretar que estas sustancias, surgen como nuevas organizaciones, a partir de la interacción entre los componentes de la parafina y el oxígeno, aspecto que es de difícil abstracción durante la fase experimental y que los estudiantes no relacionan con facilidad, al considerar cada hecho como independiente en el fenómeno, perdiendo la visión del todo.

Sin embargo los estudiantes reconocen los componentes de cada sustancia, como están organizados o dispuestos según sus enlaces, identifican cada sustancia por su constitución química.

Percibida la dificultad de asociación entre los componentes de la parafina con los componentes de las nuevas organizaciones (agua y el gas carbónico), se acude a formular preguntas de acercamiento así:

¿Qué elementos químicos presentes en las sustancias reconocidas durante la combustión de la vela, se encuentran en la parafina?	¿Qué elementos químicos presentes en las sustancias reconocidas durante la combustión de la vela no se encuentra en la parafina?	¿Cómo justifica que los elementos que componen la parafina y el oxígeno del aire, estén presentes en las sustancias que se generan durante la combustión de la vela?
Todos los estudiantes afirman que la parafina y las sustancias resultantes del proceso, comparten en su composición carbono e hidrogeno.	Los estudiantes responden en su mayoría que el oxígeno no forma parte de la parafina, sin embargo establecen que este es el oxígeno que proviene del aire.	La mayoría de estudiantes afirman que al estar la parafina en estado gaseoso se combinan sus partículas con el oxígeno, sin embargo desconocen los mecanismos.
<p>En este punto de la secuencia didáctica se ha logrado que los estudiantes realicen el reconocimiento de la interacción entre los componentes de la parafina en estado gaseoso, y el oxígeno del aire, mediante el establecimiento de los componentes y organizaciones de las sustancias que se generan durante la combustión, un tipo de analogía que sirvió para establecer relaciones y efectos o cambios como consecuencia de dichas relaciones.</p> <p>Reconocen la formación de nuevas sustancias en términos de combinación pero desconocen los mecanismos.</p>		

### Sesión No.6

### Mecanismos tendientes a la interacción y nuevas organizaciones de las sustancias.

**Momento uno:**

Propósito: Analizar el referente teórico de mecanismos de interacción entre sustancias, que conduzca al establecimiento de nuevas organizaciones.

Actividad: lectura dirigida y puesta en común de posibles alternativas de solución a la pregunta ¿Qué sucede a las partículas que chocan entre sí por acción directa del calor?

¿Cuáles son los efectos del calor sobre las moléculas de parafina y de oxígeno?	¿Al chocar una molécula de parafina con una de oxígeno, que puede suceder?	¿qué entiende por energía de activación? y ¿Qué consecuencias trae?	¿Durante las colisiones se puede generar fuego?
E7.El oxígeno y la parafina aumentan el movimiento se esparcen más las moléculas. E1.E3. El calor aumenta la energía cinética de las moléculas de la parafina y el oxígeno permitiendo que choquen. E2.E4. las moléculas de parafina y de oxígeno absorben calor aumentando su energía haciendo que se muevan muy rápido	E2.E4. al chocar se rompen enlaces E3.E1. que se rompan enlaces y se unan unas moléculas con otras. E5.E6. que se forme agua y gas Carbónico E8.E10. que se formen nuevos compuestos E10.E11. que se dé una reacción química.	E2.E4.es el impulso de energía para que inicie una reacción. E3.E1.es el impulso para que empiece una reacción. E5.E6. afloja los enlaces primitivos y permite la formación de nuevos. la mayoría de estudiantes afirma : Es cuando se va a iniciar una reacción.	La mayoría de estudiantes afirma que desconocían que el fuego se produjera a consecuencia de la combustión. E2E4. El calor produce mucha energía en las moléculas y cuando chocan botan la energía que absorbieron en forma de llama. E8E10. Si botan la energía que les sobra al chocar.

<p>Y choquen. E5.E6.E10.E11. .El calor es el que provoca desequilibrio energético en las Moléculas de la parafina y el oxígeno del aire. E12.si las partículas de parafina y oxígeno se mueven más se produce mayor energía E11. El oxígeno adquiere movimiento porque hay más concentración de energía.</p>	<p>E12.-por el calor suministrado. E13.por el calor que absorben E14.por el cambio de estado</p>		
<p>Los estudiantes logran establecer los efectos del calor sobre las moléculas, en términos de cambio de estado, aumento de energía cinética o movimiento, lo cual le permite interpretar el origen de las colisiones como mecanismo que facilita la interacción entre las moléculas determinando nuevas organizaciones.</p>			


**Momento dos:**

Propósito: Contrastar el referente teórico de mecanismos de interacción entre sustancias, con las experiencias y observaciones realizadas.

Actividad: los estudiantes tomarán la temperatura de las diferentes zonas de la llama e integrarán los datos, para dar respuesta a interrogantes planteados, sobre la región donde

se lleva a cabo la interacción de sustancias y formación de nuevas organizaciones, en la combustión de la vela.

Cambios en las zonas de la llama	Efecto del calor sobre la parafina y el oxígeno del aire.	¿En qué zona de la llama cree usted que se está dando la interacción entre las moléculas de la parafina y el oxígeno del aire y por qué?	¿Cómo evidenciar que los componentes de la parafina han interactuado con el oxígeno?
<p>E2. El termómetro sube más rápido dentro de la llama que afuera.</p> <p>E3. En cualquier región es mayor de 300c°, porque no tenemos un termómetro más grande.</p> <p>E5. en la punta sube más rápido la temperatura y rompió el termómetro de 200°C</p> <p>E6.E7. No intentamos medir lo máximo, porque el valor es mayor que el termómetro de</p>	<p>E1.E3. El calor separa las moléculas de todas las sustancias como las del aire.</p> <p>E4. Con el calor se mueven las sustancias y cambian de estado, pero siguen siendo las mismas.</p> <p>E6.E7. el calor puede hacer que la parafina sea gas y que los gases se muevan.</p> <p>E9. Como el aire se calienta entonces el oxígeno también y se mueve mucho.</p>	<p>E2.E3. Terminando el pabilo la parafina ya es gaseosa y se atrapa en la mitad de la llama.</p> <p>E4. En la punta de la llama hay más calor y por ello los gases se mezclan.</p> <p>E7. Fue en la mitad de la llama donde sacamos parafina gaseosa, debe ser en este punto donde actúa con el oxígeno.</p> <p>E9. Parece que la llama tiene solo gases que se mezclan con el oxígeno que entra.</p>	<p>E1.E2.El oxígeno del agua y el gas carbónico es el que estaba en el aire y aviva la llama.</p> <p>E4.Dentro de la llama habíamos encontrado carbón y este es el mismo que está en el gas carbónico.</p> <p>E5.E.7.El carbón e hidrogeno que formaba la vela ahora hacen parte del agua y el gas carbónico.</p> <p>E9. No sé si sean los mismos pero el hidrogeno y carbón salieron del vela y</p>

<p>100°C que tenemos. E8. En el líquido no hay llama y la temperatura es como de 66°C</p> <p>Más calor</p>  <p>menos calor</p> <p>Los estudiantes con el termómetro indican las zonas más caliente y menos caliente en la llama.</p>	<p>E10. El calor hace que el oxígeno y el aire se muevan y se separen entre sí.</p> <p>La mayoría de los estudiantes afirman que el calor calienta el aire circundante a la llama y que por lo tanto las moléculas de oxígeno y de la parafina absorben calor aumentando su movimiento.</p>	<p>Algunos asocian el centro o parte media de la llama con las interacciones, al parecer porque creen que en ese punto la parafina se vuelve gas, estando en las mismas condiciones que el oxígeno.</p> <p>La mayoría dice que la interacción ocurre en la punta de la llama ya que allí, el oxígeno la rodea y la parafina ya es gas.</p>	<p>formaron los gases del humo, para eso se necesitó del oxígeno.</p> <p>La mayoría de estudiantes, dan por hecho que el agua y el gas carbónico salen de la parafina y que también se necesitan del oxígeno del aire.</p> <p>Ellos afirman que en la teoría se dieron cuenta de que los gases estaban hechos con los elementos de la parafina y del oxígeno.</p>
---	---	--	---

**Conclusión: respecto a la relación calor- parafina y calor -oxígeno del aire.**

Los estudiantes reconocen los efectos del calor sobre la parafina y el oxígeno

- Establecen la relación entre los estados de la materia y el calor.
- Relacionan la organización de las moléculas y su comportamiento en cada estado físico de la materia y lo interpretan con la parafina y el oxígeno.
- Reconocen la importancia que adquiere la parafina en estado gaseoso para poder interactuar con el oxígeno del aire.

## **Conclusiones: respecto a los mecanismos de interacción entre la parafina y el oxígeno.**

En este punto de la secuencia didáctica los estudiantes han podido reconocer:

- Las transformaciones en las moléculas de la parafina y el oxígeno a nivel energético.
- El cambio energético en las moléculas de parafina determina el aumento de su energía cinética.
- La energía cinética de las moléculas hace que estas colisionen
- Si no hay colisiones no hay reacción química
- El movimiento, la velocidad, la energía y el espacio, son requerimiento para las colisiones,
- Las colisiones muy fuertes permiten la interacción entre las moléculas, el rompimiento de enlaces y formación de otros.
- La formación de otros enlaces se evidencia en la formación de gas carbónico y agua.
- Los componentes de la molécula de parafina y el oxígeno se encuentran en las sustancias que se reconocieron durante la combustión de la vela, lo cual evidencia la reorganización de las mismas.
- Los estudiantes asumen que la interacción de la parafina y el oxígeno ocurre en la zona de la llama de más temperatura, y especifican que es allí donde los gases se mezclan.

Sin embargo se pregunta por qué el oxígeno se combina con el carbono y el hidrogeno con el oxígeno, se trata de indagar con el fin de establecer alguna idea al respecto.

¿Bajo qué tipo de relaciones se establecieron las combinaciones entre las partículas que dieron origen a la formación de nuevas organizaciones o compuestos?
--

E1. Gracias a los enlaces químicos el hidrogeno gana o acepta al oxígeno.

E2. Entre los átomos hay atracción, compatibilidad.

E3. Si se forman nuevos enlaces después del choque lo hacen por conexión o gusto de uno con el otro.

E4. Si el oxígeno se une con el carbono es porque se atraen y pueden formar dióxido.

E5. Si se encuentran los componentes de la parafina con el oxígeno, se puede formar  
CH - OH - CO - HO - HC

E6. Si se encuentran en la llama C, H, O, se pueden volver a unir de forma diferente como: CHO, CCCCCO, CHOC, HOH

E7. Para formar CO<sub>2</sub> es porque se atraen los electrones y se conectan

Mediante las apreciaciones de los estudiantes se puede inferir que:

- Reconocen que a través de las colisiones entre moléculas se rompen enlaces permitiendo nuevas organizaciones.
- Desconocen los criterios bajo los cuales se combinan los átomos de los elementos que componen la parafina y el oxígeno en las nuevas organizaciones.
- Describen las posibilidades de combinación entre los átomos para la formación de nuevas organizaciones a través de ideas de afinidad eléctrica y atracción eléctrica.
- Los estudiantes establecen relaciones a través de los electrones pero desconocen los mecanismos.
- Las posibles causas del desconocimiento de las afinidades bajo las cuales se combinan los elementos, se debe a que son estudiantes de noveno grado y no alcanzan a tener conocimiento al respecto, sin embargo hasta esta parte de la

secuencia han reconocido los cambios de estado, las organizaciones los comportamientos que emergen y permiten las interacciones, bajo un esquema de relaciones.

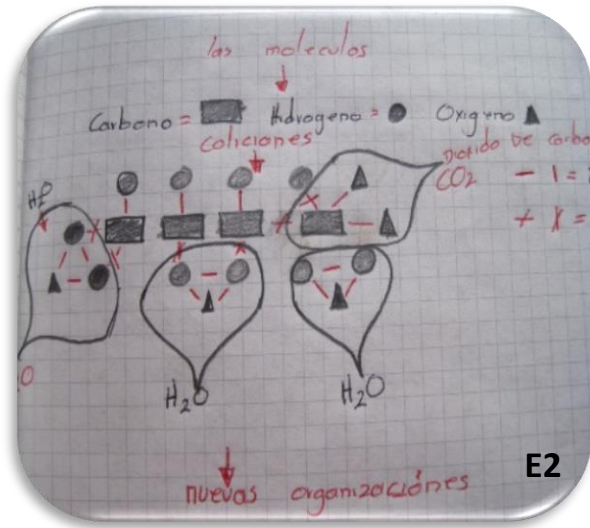
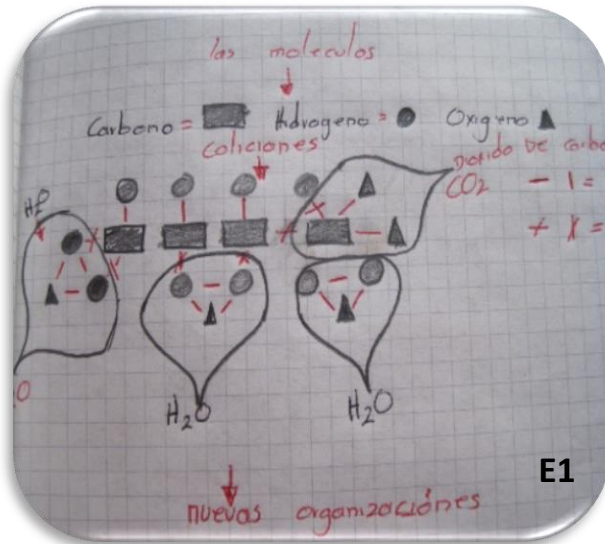
**Momento tres:**

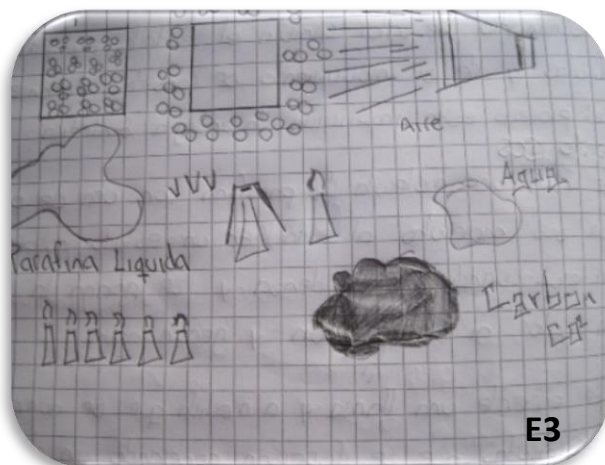
**Propósito:**

Mediante un modelo establecer la interacción entre los componentes del sistema donde se evidencie:

- ❖ El desequilibrio energético entre las partículas o componentes de la parafina y el aire.
- ❖ la interacción entre ellos
- ❖ Las nuevas organizaciones

Modelos establecidos por los estudiantes donde pueden mostrar la globalidad del fenómeno.





Respecto a los modelos construidos por los estudiantes se puede inferir:

La E1. Realiza una integración de los elementos parafina y oxígeno en la vela, representados a través de la organización y estructura química, igualmente representa las nuevas organizaciones cerca de la llama, sin embargo no se evidencian las interacciones.

El E2. Muestra la organización de los componentes de la parafina el rompimiento de sus enlaces durante la interacción con el oxígeno, y la formación de otros compuestos, representa con una x el enlace roto y el nuevo con una rayita, la representación gráfica la hace mediante símbolos que representan los elementos el triángulo simboliza el oxígeno, el carbono simboliza un rectángulo y el hidrogeno simboliza un círculo, así dos triángulos de oxígeno se unen a un rectángulo de carbono formando dióxido de carbono, y dos círculos de hidrogeno se unen a un triángulo de oxígeno formando agua, de esta manera el estudiante no se desliga del lenguaje simbólico de la química, reconociendo los enlaces tanto en su rompimiento como en su formación generando nuevas organizaciones.

Los estudiantes E3 y E4 mantienen en sus representaciones la forma física de las sustancias, no trascienden a la organización interna de la materia.

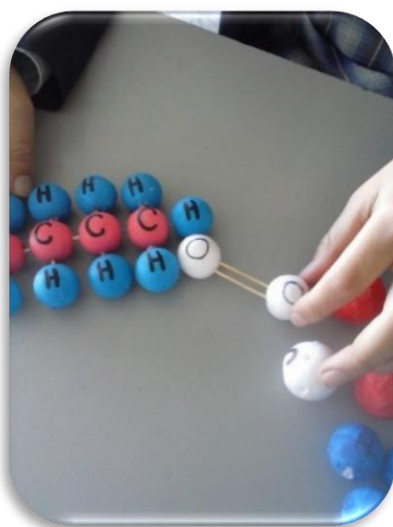
Los estudiantes E5 y E6 representan las colisiones entre la molécula de parafina y oxígeno, y las nuevas organizaciones gas carbónico y agua, sin embargo el estudiante E6 hace referencia en su dibujo a la presencia del oxígeno del aire, quien se une al hidrogeno que se separa de la parafina y forma la molécula de agua y lo especifica en el texto escrito.

En conclusión se puede establecer que los estudiantes reconocen las organizaciones de los componentes de las moléculas involucradas en la combustión es decir parafina y oxígeno, determinan cómo se originan las nuevas organizaciones gas carbónico y agua, sus componentes y estructura, sin embargo desconocen el tipo de afinidad bajo las cuales se forman químicamente.

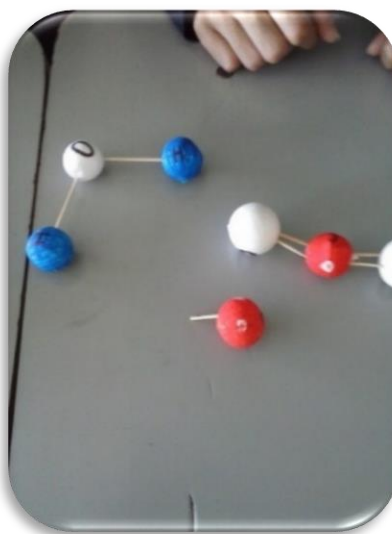
Los estudiantes a través de sus representaciones evidencian su conocimiento y el lenguaje que lo representa.

Utilizan el lenguaje de la química, representan átomos, enlaces y organizaciones.

MODELOS QUE REPRESENTAN LOS COMPONENTES, LAS ORGANIZACIONES Y LOS ENLACES DE LAS SUSTANCIAS IMPLICADAS



Los componentes de la parafina y oxígeno.



Nuevas organizaciones

Los modelos permiten una representación visual de lo que sucede al interior de la materia cuando interactúan las sustancias.

Propósito:

Se pretende indagar si reconocen la presencia de llama en la combustión como producto de la misma.

¿Por qué al acabarse la parafina no hay producción de llama?

¿Puede establecer entonces de donde proviene la llama que mantiene la vela

	encendida?
Los estudiantes establecen que la llama se origina durante las colisiones que tienen involucrada gran cantidad de energía, por lo tanto afirman que si la parafina se acaba no hay combustión y por lo tanto no hay llama.	<p>E1.si se separan los elementos de una molécula, se esparcen, mucha energía, cambian de estructura, se crean nuevas, se pelean, se estrellan y dejan de ser ellas</p> <p>E2.Las colisiones lo producen.</p> <p>E3. Se puede generar fuego en las colisiones porque la fuerza que tienen al chocar es muy fuerte.</p>

Al finalizar la secuencia didáctica, se puede especificar que los estudiantes lograron

- ✓ Identificaron las partes involucradas en el fenómeno, al establecer como requerimiento el oxígeno y la parafina durante la combustión.
- ✓ Realizaron deducción de predicciones a partir de las experiencias propuestas, cuando se ponía en contacto la llama de la vela con diferentes gases, podían inferir al respecto teniendo en cuenta sus efectos, así como la identificación de la parafina en estado gaseoso al pagar la vela y acercar el fosforo.
- ✓ lograron identificar la relación de dependencia entre la parafina y el oxígeno para la combustión.
- ✓ Describir observaciones y situaciones: al identificar las cualidades y propiedades de la parafina en sus estados físicos, así como el reconocimiento de las sustancias producto de la combustión.
- ✓ Representar esquemáticamente de un hecho: cuando los estudiantes representan esquemáticamente la molécula de parafina y sus estados físicos, así como los modelos de interacción entre moléculas y las nuevas organizaciones.
- ✓ Utilización de modelos: hacer uso de los referentes teóricos propuestos en la secuencia además de los consultados por ellos respecto al uso de fórmulas químicas de los compuestos involucrados, lo cual les permitió conocer sus componentes, sus estructuras, organizaciones y enlaces, con el fin de interpretar las interacciones y reorganizaciones entre componentes de las sustancias.
- ✓ Establecimiento de conclusiones: a partir del razonamiento de los procesos establecen los requerimientos como combustible, oxígeno y calor; los cambios, los comportamientos, los productos y las condiciones que se requieren en el proceso a partir de las interacciones.

- ✓ Establecieron relaciones entre hechos, aspecto que les permitió buscar explicaciones, dentro de este ámbito se cuestionaron la relación entre el calor y los cambios de estado de la parafina, la relación entre el medio y la permanencia de la llama, tiempos de combustión y estado del combustible, qué se hace el combustible a medida que desaparece.
  
- ✓ la manipulación de material respetando las normas de seguridad
- ✓ la realización de montajes previamente especificados
- ✓ Manipulación adecuada de reactivos químicos.

Dentro de los logros alcanzados a nivel comunicativo se pueden especificar que:

- ✓ Los estudiantes logran expresar el lenguaje simbólico de la química a través de la elaboración de modelos, en los cuales utiliza símbolos químicos, enlaces, expresando a través de su elaboración que conoce su significado y lo representa con un modelo. Igualmente al mostrar la organización o disposición de los componentes de las sustancias expresan la interiorización de lo aprendido.
- ✓ los estudiantes hacen uso de la información al argumentar sus observaciones o contestar preguntas, mencionan los textos que le son significativos o adquieren importancia frente a lo que responden.
- ✓ A través de la información suministrada hace inferencias representativas, en el caso de la organización de los estados de la materia en donde se relaciona la organización de las moléculas de agua y lo aplica a la parafina con la utilización de símbolos. Lo cual indica que representa de forma gráfica un concepto químico como es el de estado de agregación de la materia.
- ✓ Amplía su vocabulario y usa de términos propios de la química, o mejor los términos de la química empiezan a adquirir significado, evaporarse, absorber, desequilibrio, cinético, colisiones, entre otros.
  
- ✓ Los estudiantes organizan la información a través de la realización de esquemas y modelos, los cuales mostraban las implicaciones del calor en el cambio de estado, la organización de las moléculas, su energía cinética y su implicación en los enlaces, los efectos del oxígeno y del gas carbónico sobre la llama, utilizando esquemas gráficos secuenciales que representaban los efectos y las relaciones.

los logros alcanzados por los estudiantes permiten establecer que identificaron las partes involucradas en el fenómeno de la combustión y su organización, establecieron las relaciones posibles entre los elementos implicados, y sus transformaciones, mediante la búsqueda de explicaciones, la confrontación de resultados y los fundamentos teóricos con los cuales pudieron establecer representaciones que involucraban todos los elementos del sistema.

La representación de sustancia como sistema se logró establecer en tanto reconocieron la organización de las moléculas y los átomos que las constituyen, así como los enlaces y electrones involucrados, que pueden entrar en desequilibrio cuando otro elemento del sistema ejerce una acción sobre ella para interactuar con otras moléculas romper enlaces y formar nuevas organizaciones.

Un aspecto importante por mencionar hace referencia a los aportes de la secuencia didáctica respecto al desconocimiento de los estudiantes frente a las implicaciones del calor en los estados físicos de la materia, al no asumirla como una transformación al interior de la materia, desconocían las repercusiones que tiene tanto en la organización de las moléculas como en su comportamiento, debido a que en la enseñanza de las transformaciones de la materia no se aborda las modificaciones en su interior y las cualidades que adquiere ya que se hace de manera reduccionista haciendo referencia directamente a quien es más electropositivo o electronegativo .

Las conclusiones más importantes a las cuales llegaron los estudiantes al finalizar la implementación de la secuencia didáctica respecto a la percepción del fenómeno de la combustión hacen referencia textual a lo siguiente:

1. Determinan que los elementos requeridos para la combustión son: Combustible, oxígeno y calor.
2. Establecen como condiciones para que ocurra el fenómeno:
  - ✓ Tiene que haber presencia de oxígeno para que la llama permanezca encendida.
  - ✓ Las moléculas necesitan alcanzar un cierto grado de energía cinética para poder lograr que los choques rompan enlaces y se formen nuevos compuestos.
  - ✓ se necesita calor para que el combustible este en su estado gaseoso.

- ✓ se necesita calor para que el combustible este en su estado gaseoso y pueda haber combustión.
- ✓ El medio influye en la combustión, con abundante oxígeno la llama cambia.

### 3. Reconocen las relaciones a través de las cuales logra establecer los efectos.

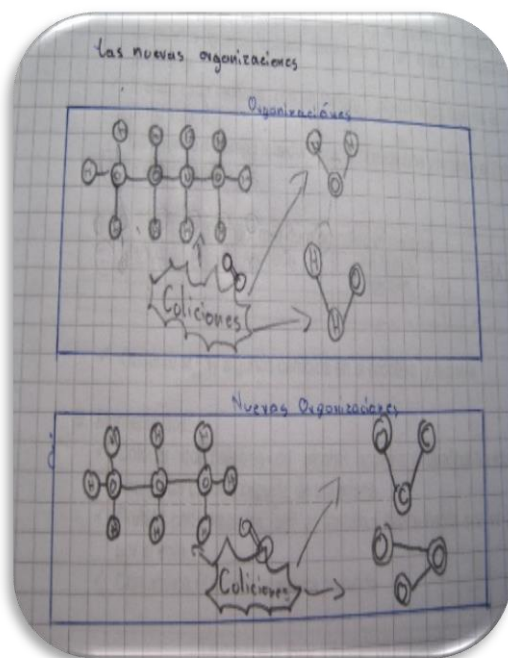
- ✓ El calor y los estados de agregación de la materia
- ✓ El calor y el movimiento de las partículas
- ✓ El calor y el comportamiento de la parafina y el oxígeno
- ✓ El pabilo transporta
- ✓ El pabilo calienta
- ✓ El pabilo mantiene la llama prendida
- ✓ El pabilo permite la transformación de la parafina
- ✓ El pabilo y la combustión, si la parafina líquida no tiene el pabilo no prende.
- ✓ El oxígeno aviva la llama
- ✓ sin oxígeno la vela se apaga
- ✓ El oxígeno con la parafina, el estudiante E5 momento 1. con poco oxígeno la vela se gasta muy poco.
- ✓ El gas carbónico apaga la llama.
- ✓ Relaciona los componentes de la parafina, y el oxígeno con los componentes del gas carbónico y el agua.
- ✓ Las colisiones con el rompimiento de enlaces.

### 4. Las organizaciones y las transformaciones.

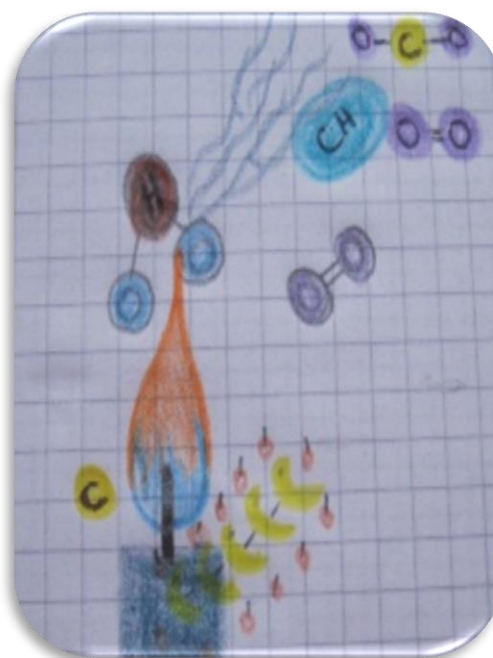
Los estudiantes dieron cuenta de las organizaciones tanto de la parafina como del oxígeno, de la organización de los átomos que los componen C-H-O, de los enlaces, de las partículas subatómicas que componen cada clase de átomo, con el fin de poder reconocer que los componentes tanto de la parafina como el oxígeno, forman parte de las nuevas organizaciones, es decir que la transformación de la parafina y el oxígeno, es el resultado de una nueva organización, como consecuencia de los cambios de estado, el calor suministrado, y las colisiones, mediante las interacciones. ( Modelos con icopor y gráficos)

### 5. La percepción global o mirada sistémica del fenómeno

la comprensión sistémica del fenómeno no se logra solamente con la descripción de las partes, sus enlaces su organización, sus componentes, es necesario dar cuenta de los efectos de las relaciones, el calor qué efectos produce en la parafina, qué efectos produce en el oxígeno, para que se produzcan las nuevas organizaciones, las condiciones para que se den los cambios de estado, el movimiento de las partículas, las colisiones, efecto tras efecto que debe ser analizado individualmente y luego integrarlo, lo que se traduce en un proceso que para los estudiantes se vio reflejado en los modelos planteados.



Este modelo relaciona las colisiones con las reorganizaciones, sin embargo no representa el rompimiento de enlaces.



Este modelo relaciona el calor de la vela, los componentes oxígeno y parafina y las nuevas organizaciones, sin embargo omite las interacciones y rompimiento de enlaces.

6. El conocimiento acerca del fenómeno de la combustión y el lenguaje que lo representa.

Los estudiantes muestran que han adquirido conocimiento de muchos aspectos involucrados en la comprensión del fenómeno a través de sus representaciones, de sus dibujos expresan la forma en que comprenden, también cuando responden las preguntas muestran un manejo adecuado de términos de los cuales desconocían su

significado, lo cual evidencia la ampliación de sus marcos conceptuales y representacionales en torno al fenómeno de la combustión.

## **5. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES**

El análisis interpretativo en torno al fenómeno de la combustión, así como la actividad experimental y la comprensión de sustancia como sistema complejo permitieron elaborar una secuencia didáctica a través de la cual se abordó la comprensión del fenómeno en términos de interacción entre sustancias, logrando dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el trabajo de investigación.

En cuanto a los aportes del análisis interpretativo de las memorias de Lavoisier, al abordar el fenómeno de la combustión se puede establecer:

- ✓ La comprensión del fenómeno en términos de relación entre el oxígeno y el material que combusta, a partir de lo cual explica las transformaciones, los eventos y las condiciones requeridas, en la ocurrencia del fenómeno bajo un esquema corpuscular de la materia.
- ✓ La implementación de la actividad experimental y la forma de interpretar los hechos más allá de lo que se puede percibir a través de los sentidos, y de la simple observación, se convierten en elementos esenciales para la comprensión del fenómeno.
- ✓ Las condiciones requeridas para la ocurrencia del fenómeno, como la condición en que se debe encontrar el combustible para la combustión.
- ✓ la cualificación del oxígeno como responsable de la combustión.
- ✓ el análisis cuantitativo e interpretación de los hechos.
- ✓ fue más allá de lo observable del fenómeno es decir de la emisión de luz y calor.

Sin embargo recurrir solamente a la estructura de la materia y a la actividad experimental para comprender las múltiples causas que se coordinan para producir el fenómeno de la combustión resulta insuficiente. Por lo tanto se establece que para comprender los eventos que caracterizan el fenómeno de la combustión se requiere de su interpretación en términos de sistemas en interacción, en donde:

- ✓ El átomo, la molécula y la sustancia se consideran como sistemas.
- ✓ Las relaciones dentro de una sustancia son modificadas por acciones externas, desencadenando nuevos comportamientos que le permiten interactuar con otras sustancias.
- ✓ Durante la interacción dos sistemas actúan modificándose mutuamente, surgiendo nuevas organizaciones.

- ✓ Las interacciones permiten descomponer, formar o transformar sustancias.
- ✓ las interacciones permiten determinar afinidades bajo las cuales se forman los compuestos.

Caracterizar la combustión como sistemas en interacción, permite direccionar el proceso de enseñanza aprendizaje de tal forma que los estudiantes puedan reconocer las partes involucradas en el fenómeno y su composición, las transformaciones, las relaciones, los comportamientos, las condiciones y las nuevas organizaciones que se originan a partir de las interacciones, permitiendo a través de la secuencia didáctica mantener una relación entre el todo y las partes como aspecto que permite en los estudiantes la comprensión misma del fenómeno.

Durante la aplicación de la prueba diagnóstica, los estudiantes de grado noveno, se logró establecer que la construcción de sus esquemas explicativos, en torno al fenómeno de la combustión estaban fundamentados a partir de las percepciones visuales, con las cuales lo caracterizaban, así la implementación de la secuencia didáctica permitió que se establecieran nuevas posibilidades de observación, comparación y análisis, tomando como referente la organización interna de la materia a nivel atómico, que caracteriza a la sustancia como sistema, de tal forma que pudieran establecer de que está hecha la vela, cual es la constitución y organización química de la molécula de parafina, del oxígeno, del agua y del gas carbónico, aspectos que permitieron interpretar el efecto de las acciones en las organizaciones y en las cualidades de las sustancias, aspectos que no se visibilizan en el fenómeno, y que se constituyen en un elemento importante para la comprensión de las transformaciones, de ahí la importancia de abordar la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias.

Dentro de este contexto fue necesario establecer durante la secuencia didáctica, relaciones entre el calor y los cambios que este produce, en la organización y comportamiento de los componentes de la parafina y del oxígeno del aire, necesarios para que se lleven a cabo las interacciones; relaciones que al mismo tiempo se configuran como requerimientos y condiciones para que se originen las nuevas organizaciones (agua, gas carbónico carbón).

Propiciar que el estudiante relacione todos los aspectos mencionados anteriormente durante la secuencia didáctica, posibilita el desarrollo de habilidades y destrezas con las

cuales pueda interpretar el fenómeno como un todo que se establece mediante la interacción entre los elementos involucrados y hablar de él en términos de relaciones, por lo cual el desarrollo de actividades de tipo experimental y los aspectos teóricos abordados se constituyeron en elementos esenciales para potenciar el desarrollo de los contenidos procedimentales, como la interpretación de observaciones, la identificación de variables y sus relaciones o dependencias, las cuales le permitieron realizar predicciones y construir explicaciones del fenómeno de manera global a través de un lenguaje colectivo propio de las ciencias naturales.

Concebir la sustancia como sistema complejo no solamente propicia la comprensión del fenómeno de la combustión sino también, que se puede plantear como una proyección al momento de abordarlo en el aula, facilitando la comprensión de términos como energía cinética, calor, enlaces, afinidad eléctrica, electromecánica, mecánica, reacción química estados físicos de la materia, energía de activación, los cuales se establecen a partir de las interacciones, propiciando el enriquecimiento de los marcos conceptuales de los estudiantes bajo una construcción desde el análisis teórico y la experiencia, que le permiten establecer la importancia de los conocimientos científicos y su significado en eventos de la cotidianidad.

Si se tiene en cuenta que en la enseñanza de la química se habla de las transformaciones de las sustancias utilizando el fenómeno de la combustión como uno de sus ejemplos y que además se recurre a un lenguaje simbólico, el cual que no describe los hechos ni los mecanismos bajo los cuales se dan las transformaciones, la sustancia como sistema complejo se configura como un elemento importante en la comprensión de los fenómenos, ya que esta implica el reconocimiento de las interacciones y de los mecanismos bajo los cuales se transforman las sustancias, y permiten su comprensión, hablar en términos de sistema, interacción y organización, posibilita el reconocimiento de los efectos y las acciones en la transformación de las sustancias.

Al implicar la enseñanza del fenómeno de la combustión, como mecanismo de interacción entre sustancias en el aula de clase, nos conduce a generar procesos de observación, interpretación, análisis y relación entre las partes y el todo de un fenómeno, como dinámicas en el proceso de enseñanza que promuevan el aprendizaje y posibiliten una imagen diferente de lo químico en los estudiantes, ya que las modificaciones de las sustancias son el resultado de su desestabilización causada por una acción que la altera,

permitiéndole interactuar con otras sustancias, aspectos que se logran a partir de la interpretación de sustancia como sistema complejo.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ariza, E., Sandoval, S. y Vargas, M. (2015). Fenomenología de la Transformación de las Sustancias parte II. Módulo de la maestría en docencia de las ciencias naturales. Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, Colombia.
- Ariza, E. y Vargas, M. (2010). Fenomenología de la transformación de las sustancias. Una experiencia de formación docente en ciencias. Descripción Arqueológica (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Ariza, L. (2010). Conocimiento Didáctico del Contenido Curricular Para La enseñanza De la Combustión. *Didáctica de La Química*. pp. 45-51.
- Brown, T. (2004). Química la ciencia central. Atlacomulco, México: Pearson Educación.
- Cáceres, M., González, ., Rivera, C., Mejía, A. y Montoya, J. (2014) Orientaciones pedagógicas generales del Currículo para la Excelencia Académica y la Formación Integral, 40x40, SED, Bogotá, Colombia.
- Castillejo, R., Prieto, T y Blanco, A. (2005). El lenguaje y las teorías de los alumnos en la comprensión de la combustión. Universidad de Málaga. *Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII CONGRESO*, pp. 1-7
- Cordón, A. (2008). Enseñanza y aprendizaje de procedimientos científicos en la educación secundaria obligatoria (Tesis de Doctorado). Universidad de Valladolid, España.
- Lavoisier, A. (1997). Memorias Sobre El Oxígeno, El Calórico y la Respiración. Buenos Aires, Argentina: Emece Editores.
- Pozo, J. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Madrid, España: Ediciones Morata, S.L.
- Prieto, T. (2007). Trabajo práctico y concepciones de los alumnos: la combustión. Investigar en la enseñanza de la química Nuevos horizontes; contextualizar y modelizar. Universidad Autónoma de Barcelona, España, pp. 115-136.
- Prieto, T., Blanco, A. y Barrero, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 20 (1), 3-14.
- Soto, G. (1999). Edgar Morín. Complejidad y sujeto humano. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid .Alicante. España.

Tobón, S. Pimienta, J. y García, F. (2010). SECUENCIAS DIDÁCTICAS: APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS. México: Pearson Educación.

Zuluaga, C. (2015). Historia y Epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: la construcción del concepto átomo. Biblioteca digital Universidad del Valle. URI. <http://hdl.handle.net/10893/8645>.

## 7. ANEXOS

### 7.1 Prueba diagnóstica

#### ¿Cuánto sabemos sobre la combustión?

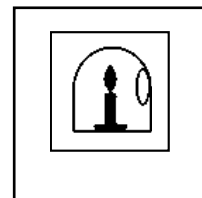


1. Si pegamos una vela encendida en un plato y lo cubrimos con una campana de vidrio o un frasco, ¿qué sucede y por qué?

---

---

2. Carlos apuesta a mantener la vela encendida por más tiempo, cuál de las siguientes acciones es la más correcta.
- a. Carlos: Cubre el lado por donde sopla el viento.
  - b. Carlos: Crea un ambiente bien oxigenado para mantener prendida la vela.
  - c. Juan: Evita el gas carbónico que rodea la vela, con movimientos lentos del aire.
  - d. Carlos: Permite que circule el aire con poco viento para que se mantenga la llama.
3. Si tenemos dos tanques uno con oxígeno y otro con gas carbónico, a los cuales se les ha borrado la etiqueta y decidimos marcar con el número uno y el dos respectivamente, ¿Cómo los reconoceríamos?
- a. El uno al apagar la llama sería oxígeno.
  - b. El dos al avivar la llama sería oxígeno.
  - c. El dos al apagar la llama sería gas carbónico.
  - d. El uno por que al avivar la llama sería gas carbónico.
4. ¿Qué sucede a la vela encendida si la cubrimos con una campana que tiene un orificio a la altura de la vela?
- a. Se mantiene encienda y se consume la vela.
  - b. se apaga lentamente por acción del viento.
  - c. La llama se agranda y se consume la vela.
  - d. La llama se mueve hacia los lados y se consume la vela.



5. ¿Cómo podemos comprobar que parte del aire interviene en el proceso de la combustión?
- Pesando el cuerpo antes y después de la quema.
  - Midiendo el volumen de gas dentro de una campana, antes y después de que la vela se apague.
  - Midiendo el aire suministrado antes y después de la combustión de la vela en un ambiente cerrado.
  - Midiendo el oxígeno del aire dentro de la campana.
6. Si te piden quemar por completo una sustancia o cuerpo, cuál eliges.
- La sal de cocina.
  - La parafina de las velas.
  - Un trozo de cobre.
  - Un litro de alcohol.
7. Un combustible tiene la propiedad de quemarse y producir luz y calor. Cuando prendes una vela cuál es el combustible:
- Los componentes del pabilo o mecha.
  - La cera o parafina de la vela.
  - La mecha y la parafina.
  - Un compuesto que trae la parafina para este fin.
8. ¿Cuál es el papel del oxígeno en la combustión?
- Hacer parte del aire que se requiere para quemar el papel.
  - Hacer posible que el combustible se transforme.
  - Interactuar con la parafina de la vela para que esta se queme.
  - Unirse con el carbón desprendido y formar gas carbónico.
9. Si el oxígeno participa en el proceso de combustión de la parafina, ¿qué sucedería al final de la combustión?
- El peso de los productos (ceniza y humo) sea igual que el de los reactivos (Parafina y aire).
  - El humo y la ceniza pesen igual a la parafina y el oxígeno participante.
  - El humo y la ceniza pesen más que la parafina y el aire participante.
  - El humo y la ceniza pesen menos que la parafina y el aire participante.

10. Qué condición debe tener el combustible para que reaccione con el oxígeno y se produzca la combustión:
- Estar en la misma proporción.
  - Estar en el mismo estado gaseoso.
  - Existir más oxígeno que combustible.
  - Tener la misma cantidad de los dos.
11. Al impregnar de alcohol un papel y luego encenderlo con un fosforo, quienes participan en la combustión.
- Papel y alcohol como combustibles y aire como comburente.
  - El alcohol como combustible y oxígeno del aire como comburente.
  - Papel y alcohol como combustibles y oxígeno del aire como comburente.
  - Papel y alcohol como comburente y oxígeno del aire como combustible.
12. Un papel encerrado en una campana de vidrio como puede encenderse o quemarse:
- Con ayuda de la energía eléctrica.
  - Concentrando los rayos solares hacia el papel.
  - No es posible hacerlo con los rayos solares.
  - Difícilmente prende con los rayos solares.
13. ¿Por qué motivo en verano es factible que se genere un incendio forestal?
- Porque los rayos solares se concentran en material seco.
  - Porque las plantas secas arden fácilmente.
  - Porque el calor es muy alto.
  - Porque las condiciones de humedad y calor son apropiadas.
14. ¿Por qué se apaga una vela?
- La falta de oxígeno.
  - La falta de combustible.
  - El exceso de gas carbónico.
  - Más gas carbónico que oxígeno presente.
15. Para que una combustión se lleve a cabo, se requiere:
- Aire y combustible.
  - Fuego y combustible.
  - Aire, fuego y combustible.
  - Fuente de calor, aire y combustible.

16. Para iniciar la combustión del gas en una estufa necesitas
- a. Un fósforo.
  - b. Una vela.
  - c. Una chispa eléctrica.
  - d. Cualquier fuente de calor.
17. ¿Qué función cumple el oxígeno en la combustión?
- 1.1. Hace parte del aire que se requiere para quemar el papel.
  - 1.2. Hacer posible que el combustible se transforme.
  - 1.3. Interactuar con la parafina de la vela para que esta se queme.
  - 1.4. Al resultado de esta combinación.
18. Después de cubrir una vela encendida con un vaso, este se vuelve opaco y húmedo en su interior, ¿a qué se debe este hecho?
- a. La condensación del agua que estaba en el aire.
  - b. La condensación del agua que hacia parte del humo.
  - c. La evaporación del agua que estaba en el aire.
  - d. La evaporación del agua que hacia parte del humo.
19. ¿Qué característica nos permitiría asegurar que en la combustión se produce agua?
- a. Por el vapor que se fija en el vaso, después de cubrir una vela encendida.
  - b. Por lo húmedo que están las cenizas.
  - c. Por el color blanco del humo.
  - d. Porque hace parte del humo desprendido de la vela.
20. Al quemar un papel sale humo, sabe usted ¿de dónde proviene y cuál es su composición?
- a. Proviene de la sustancia que se quema y está compuesta de carbono.
  - b. Proviene la sustancia que se quema y está compuesta de oxígeno.
  - c. Proviene del papel y el oxígeno del medio está compuesto de agua y de gas carbónico.
  - d. Proviene de la celulosa del papel y está compuesto de agua y gas carbónico.
21. ¿Cómo reconocer que se produce gas carbónico en la combustión?
- a. Soplando la vela encendida hasta que se apague totalmente.
  - b. Recolectando el humo y acercarlo a otra llama.
  - c. Encerrando una vela prendida en una campana.
  - d. Cubriendo totalmente la fogata para que se apague por si sola.

22. ¿Por qué en la combustión de una vela, esta disminuye de tamaño, que se hace o por qué desaparece?

---

---

23. ¿Existe algún tipo de relación entre la parafina de la vela que desaparece y el oxígeno que mantiene la vela prendida durante algún tiempo bajo una campana de cristal?

---

---

24. El día sin carro es una estrategia para disminuir la concentración de gas carbónico en la atmósfera ¿a qué se debe esta estrategia?

- a. Que los carros producen gas carbónico.
- b. Que la gasolina o gas que utilizan los carros producen gas carbónico.
- c. Que la gasolina se transformó en gas carbónico.
- d. Que la gasolina reacciona con el oxígeno y produjo gas carbónico.

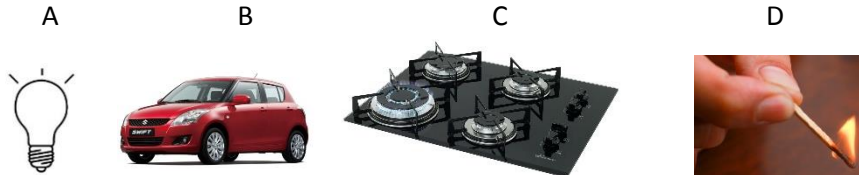
25. Para evidenciar que el vapor de la parafina está en proceso de combustión, se observa:

- a. Salida de gases.
- b. Desprendimiento de luz.
- c. Desprendimiento de calor.
- d. Consumo o gasto de la parafina.

26. ¿De qué está compuesto el humo que sale de una vela?

- a. Sustancias gaseosas mezcladas.
- b. Sólidos, líquidos y gases mezclados.
- c. Sólidos y gases mezclados.
- d. Mezcla de gases y líquidos.

27. En el aire hay oxígeno y las plantas lo producen, ese oxígeno se gasta en actividades que se realizan en la vida cotidiana podrías indicar ¿en cuáles actividades se requiere del oxígeno?



28. En cuál de los siguientes sucesos se lleva a cabo la combustión

- Parrilla al rojo vivo de la estufa eléctrica.
- Un cigarrillo prendido.
- El fuego que se propaga por el bosque.
- Una vela encendida varias horas.

29. ¿Cómo explicarías el proceso de la combustión? o ¿cuál sería la explicación más acorde con tus ideas?

- El fuego está en el interior de todos los cuerpos y basta con iniciarlo para que este salga y los queme totalmente, desprendiendo calor.
- Se crea fuego cuando una llama inicial quema un cuerpo y desprende calor.
- Todo cuerpo al ser quemado en presencia de aire, desprende humo, fuego y calor
- Algunos cuerpos al ser quemados en presencia de aire, desprenden humo, fuego y calor

30. Lavoisier define la combustión como un proceso en donde el oxígeno se combina con el metal o sustancia que se quema o calcina. Cuando hablamos de combinación de sustancias ¿a qué nos referimos?

- Que están mezcladas formando un único grupo
- Que se fusionan para formar nuevas sustancias
- Que están reaccionado para crear una nueva sustancia
- Que están interactuando dos sistemas.

## 7.2 Secuencia didáctica.

“El fenómeno de la combustión como mecanismo de interacción entre sustancias”

### Sesión no 1.

Materiales:

- Una vela.
- Una hoja de papel.
- Algodón 2 gramos.
- Alcohol 2 mililitros.
- Acetona 2 mililitros.
- Limaduras de hierro.
- Alambre de cobre en hilos.2 gramos.
- Cinta de magnesio 2 gramos.
- Un palillo de madera.

A. Momento uno:

- ✓ Tome el papel, el algodón, la vela, y el palillo de madera, en cantidades iguales, colocar cada uno en un crisol o capsula de porcelana.
- ✓ Prenda cada muestra con un fósforo y déjela hasta que se apague por si sola.
- ✓ Contabilice el tiempo que dura prendida cada una y registre el dato en la siguiente tabla.

Tiempo que dura prendido el material			
PAPEL	ALGODÓN	PALILLO DE MADERA	VELA

- ✓ Observe si hay algunos cambios en el proceso y registre.

B. Momento dos:

- ✓ Colocar dos mililitros de alcohol, acetona y parafina liquida, cada una en un crisol o capsula de porcelana.
- ✓ Prenda cada muestra con un fósforo y déjela hasta que se apague por si sola.
- ✓ Contabilice el tiempo que dura prendida.

Tiempo que dura prendido el material		
ALCOHOL	ACETONA	PARAFINA LIQUIDA

- ✓ Observe si hay algunos cambios en el proceso y registre.

C. Momento tres:

- ✓ Tome dos gramos de hilo de cobre, de limadura de hierro y de cinta de magnesio, colocar cada uno en un crisol o capsula de porcelana.
- ✓ Prenda cada muestra con un fósforo y manténgala hasta que se apague por si sola.
- ✓ Contabilice el tiempo que dura prendida
- ✓ Observe si hay algunos cambios en el proceso y registre.

D. Momento cuatro:

- ✓ Tome un trozo de cada uno de los siguientes materiales y con una pinza acérquelos a la llama de la vela.

Papel

Madera

Vidrio

¿Qué material prende hasta consumirse?

---

- ✓ Tome en tapas metálicas de gaseosa un muestra (1ml) de cada uno de los siguientes líquidos y con un fosforo enciéndalos.

Agua

Alcohol

Acetona

Vinagre

¿Qué sustancias prenden hasta consumirse?

- ✓ Establezca semejanzas y diferencias entre las sustancias que tuvieron contacto con la llama del fosforo.
- ✓ Realice una predicción o hipótesis respecto a las observaciones realizadas.

## **Sesión no. 2**

A. Momento uno:

- ✓ Prenda una vela y observe.
- ✓ Registre los cambios ocurridos en la parafina y analice qué vínculo tiene con el pabilo.

B. Momento dos:

- ✓ Apagar la vela e inmediatamente acercar un fosforo encendido. (Ver figura 1).
- ✓ Observe y analice. Registre sus observaciones.
- ✓ Establezca algún tipo de relación de acuerdo a lo observado.

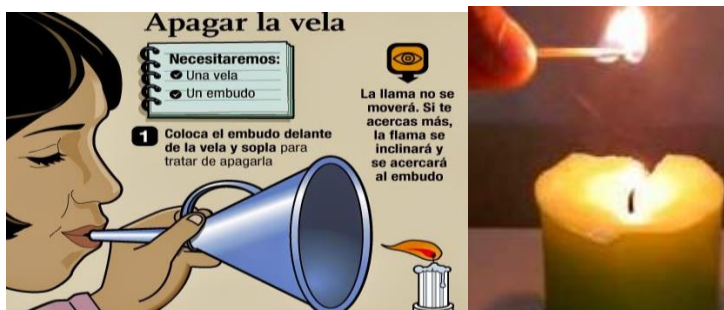


Figura No 1.

C. Momento tres:

Información teórica No.1. Estados de la materia.

La materia se puede presentar en estado sólido, líquido y gaseoso, pudiendo pasar de un estado físico a otro por acción del calor. No.2 representa las distintas posibilidades de cambio y sus efectos en la organización de las moléculas.

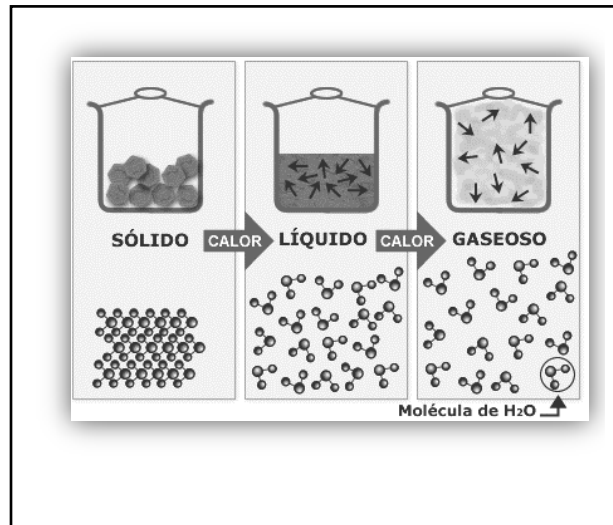


Figura No.2 Representación cambios de estado;Brown (2004, p.10)

Teniendo en cuenta La información anterior:

- ✓ A partir de lo representado en la gráfica No.2 establezca propiedades y características de la materia.
- ✓ Determine las variables existentes y su relación de acuerdo con lo sucedido en la secuencia que muestra la figura No.2.

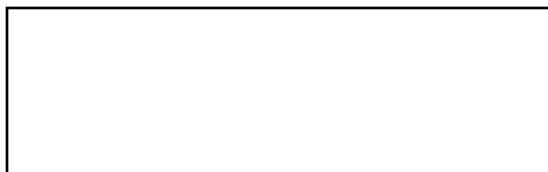
Información teórica No.2. La composición de la parafina

Una vela está hecha principalmente por parafina; Su composición es básicamente de hidrocarburos (compuesto de carbón e hidrogeno) de cadenas rectas, sin ramificaciones. Se caracterizan por tener una estructura "macro cristalina" (cristales grandes y quebradizos) y longitudes desde 18 carbonos hasta 40. Su peso molecular oscila entre 320 y 560, presentan consistencia sólida a temperatura ambiente. Su

fórmula química representativa es  $C_nH_{2n+2}$ , donde n es el número entre el 18 y 40 respectivamente, así la más pequeña sería  $C_{18}H_{38}$  y la más compleja  $C_{40}H_{82}$ .

(Brown, 2004, p.214)

- ✓ Teniendo en cuenta la estructura y organización de las moléculas de parafina elabore en el cuadro, un modelo representativo, utilizando para cada elemento una figura geométrica, signos o símbolos, según lo desee.



- ✓ Con esta molécula represente las organizaciones que adquiere la molécula de parafina en cada uno de los estados por los cuales pasa la parafina en la combustión de la vela.

Solido	Líquido	Gaseoso

- ✓ ¿Qué relaciones se pueden establecer según las representaciones que realizó?

### Información teórica No.3.Los cambios de estado de la materia su organización y sus Cualidades.

Todos podemos apreciar a nivel macroscópico los estados sólido, líquido y gaseoso de la materia, a partir de sus propiedades observables, veamos ahora en que se distinguen estos estados de la materia desde su organización interna:

Los átomos y moléculas deben ejercer fuerzas de atracción entre sí, las cuales son de naturaleza eléctrica. Si las moléculas se aproximan demasiado entre sí, las fuerzas entre ellas se hace de repulsión (repulsión eléctrica entre sus electrones externos) de este modo las moléculas mantienen una distancia mínima entre sí.

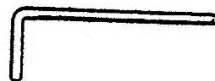
- En un material sólido, las fuerzas de atracción son lo suficientemente grandes como para que los átomos o moléculas se mantengan en posición más o menos fijas, con frecuencia en un agrupamiento. Los átomos o moléculas de un sólido están en movimiento, vibran alrededor de sus posiciones casi fijas.
- En un líquido, los átomos o moléculas se mueven con más rapidez, y las fuerzas entre ellos son más débiles, por lo que tienen libertad suficiente para pasar uno frente al otro.
- En un gas las fuerzas son tan débiles, o las velocidades tan altas, que las moléculas ni siquiera están próximas entre sí, se mueven con rapidez en cualquier dirección, a veces chocan entre si y llenan cualquier recipiente.
- En promedio, las velocidades de las moléculas de un gas son lo suficientemente altas como para que, al chocar dos moléculas, la fuerza de atracción no sea tan intensa que las mantenga juntas y no se aparten en una nueva dirección.

(Brown, 2004, p.503).

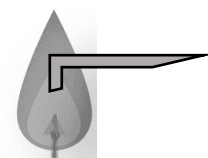
- ✓ según la lectura ¿Qué variables se especifican en los estados físicos de la materia?
- ✓ ¿Qué características adquieren en particular las moléculas de parafina en estado gaseoso?

D. Momento cuatro:

- ✓ Prepare un tubo capilar de vidrio grueso o metálico como se muestra en la figura.



- ✓ Colóquelo en la parte central de la llama, en la parte más luminosa, a la altura donde la llama cambia de color de oscuro a claro.



- ✓ Observe y describa lo ocurrido.
- ✓ ¿puede predecir de qué sustancia se trata?
  
- ✓ Acerque un fósforo encendido a dicha sustancia y observe detenidamente.  
¿Qué sucedió?
- ✓ ¿puede especificar de qué sustancia se trata?

**Sesión no.3**

A. Momento uno:

- ✓ Fije la vela en el plato, luego cúbrala con una campana o vaso de vidrio.
- ✓ observe y tome nota de lo sucedido.



- ✓ Fije la vela en un plato, luego cúbrala con una campana o un vaso con un orificio previamente realizado en la parte superior, observe y tome nota de lo sucedido.



- ✓ Fije la vela en un plato, coloqué tres monedas alrededor del plato, para que den soporte al vaso, posteriormente coloque un vaso o una campana sobre las monedas, observe y tome nota de lo sucedido.



¿Qué puede usted concluir respecto a las tres experiencias anteriores?

#### B. Momento dos:

Obtención y suministro de un gas x.

- ✓ Tome una vela, caliente la base y péguela en el fondo de un vaso.
- ✓ En un balón con desprendimiento lateral, agregue 2 gramos de Permanganato de potasio, luego agregue 50 ml de Agua oxigenada de 110 o 120 volúmenes, posteriormente coloque un tapón en la boca del balón, sujete el balón con cuidado y caliente con el mechero.
- ✓ Al calentar el balón con las sustancias, observe y registre.
- ✓ Establezca que sustancia se produce.
- ✓ Tome el vaso que contiene la vela encendida y dirija hacia ella el tubo que se desprende del balón.
- ✓ Observe lo sucedido y registre.

#### C. Momento tres:

Obtención y suministro de un gas x.

- ✓ Tome una vela, caliente la base y péguela en el fondo de un vaso.
- ✓ En un balón con desprendimiento lateral deposite 5 mililitros de vinagre o ácido acético, agregue 2 gramos de bicarbonato de sodio, posteriormente coloque un tapón en la boca del balón.
- ✓ Establezca qué sustancia se produce.

- ✓ Tome el vaso que contiene la vela encendida y dirija hacia ella el tubo que se desprende del balón.

- ✓ Observe lo sucedido y registre.
- ✓ Establezca relaciones entre los gases obtenidos y su efecto sobre la vela encendida.

#### **Sesión no.4**

A. Momento uno:

- ✓ Tome trozos pequeños e iguales, de papel, algodón y aserrín, colocar cada uno en un crisol o capsula de porcelana.
- ✓ Con una lupa de alto aumento, concentre los rayos solares sobre cada una de estas muestras.
- ✓ Contabilice el tiempo hasta que logre algún efecto sobre cada uno de los materiales, registre y establezca conclusiones.

Tiempo en segundos		
PAPEL	ALGODÓN	PALILLO DE MADERA

B. Momento dos

- ✓ Tomar un cortador de icopor.
- ✓ Conecte el cortador y manténgalo en apagado, hasta que se indique.
- ✓ Tome una tira de papel, enróllela en el alambre de ferro níquel del cortador de icopor y posteriormente enciéndalo.
- ✓ Observe lo que sucede, registre los efectos del cortador de icopor sobre el papel.
- ✓ Apagar el cortador
- ✓ Repita el proceso anterior con cada uno de los siguientes materiales: algodón, viruta de madera o aserrín.
- ✓ Observe si hay algunos cambios en el material al contacto con el alambre.

- ✓ ¿Cuál es el efecto que tiene la lupa y el cortador de icopor sobre cada uno de los materiales con que tuvieron contacto?

### **Sesión no.5.**

#### A. Momento uno.

- ✓ Fijar una vela y encenderla.
- ✓ Acercar lentamente la base de un vaso a la llama de la vela y déjelo cinco minutos al contacto con la llama, hágalo desde varias distancias respecto a la llama.
- ✓ retire el vaso de la llama. Deje enfriar. Limpie con papel absorbente o servilleta.
- ✓ observe y registre características físicas de la sustancia obtenida.
- ✓ Especifique de que sustancia se trata y de donde proviene.



#### B. Momento dos:

- ✓ Fijar una vela y encenderla
- ✓ acercar lentamente un vaso invertido cubriendo la llama.
- ✓ deje consumir totalmente la vela.
- ✓ ¿Qué se observa en el espacio dentro del vaso?
- ✓ Dirija el vaso a otra vela encendida y simule servir su contenido sobre esta. ¿qué sucede con la llama?
- ✓ ¿Percibe el paso de alguna sustancia gaseosa del vaso hacia la llama?
- ✓ Establezca de qué sustancia se trata y especifique las razones por las cuales la identifico.



C. Momento tres:

- ✓ Fijar una vela y encenderla
- ✓ acercar lentamente un vaso invertido cubriendo la llama.
- ✓ ¿Ha cambiado lo transparente del vaso?
- ✓ ¿Qué observas en las paredes del vaso?
- ✓ Deje enfriar el vaso y pase el dedo o limpie con un papel absorbente.
- ✓ Registre características como aspecto físico, olor, color de la sustancia que se formó en el vaso.
- ✓ Establezca de que sustancia se trata y de donde proviene.



D. Momento cuatro:

- ✓ Especifique cuáles sustancias reconoció durante la combustión de la vela, ubicándolas en el siguiente cuadro.

Sustancia	Formula química

- ✓ Consulte y escriba la estructura química que represente los enlaces entre los átomos que conforman las moléculas de la parafina, el oxígeno, así como de las sustancias reconocidas en la combustión de la vela.

Parafina	Oxigeno	¿?	¿?	¿?

- ✓ Especifique a cerca de los elementos presentes en las sustancias reconocidas durante la combustión de la vela, que también se encuentran en la molécula de parafina.

- ✓ ¿Cómo justifica que los elementos que componen la parafina estén presentes en las sustancias que se generan durante la combustión de la vela?

### **Sesión no.6.**

#### A. Momento uno:

Fundamentación teórica No.4. El calor y la transformación de las sustancias.

Los estados sólidos, líquido y gaseoso de la materia están determinados por las fuerzas de atracción eléctrica entre las partículas que la componen, dichas fuerzas pueden variar por la absorción de calor suministrado, llegando a generar desequilibrio energético y desestabilizar sus enlaces, permitiendo que sus componentes puedan interactuar con otros, formando nuevas sustancias.

Considerando que el suministro de calor cambia el estado energético de las partículas y por lo tanto su movimiento, se considera entonces que en el proceso está implicada la energía cinética y con ella la posibilidad de que las partículas colisionen de muchas formas, logrando la redistribución de la energía en el sistema.

De esta manera las colisiones que se producen entre moléculas de baja energía cinética, son “suaves” y una molécula le da un ligero empuje a otra. Sin embargo muchos choques son “fuertes” y llevan consigo un impacto considerable de una molécula sobre otra. Y en unas pocas colisiones se producen energías de impacto muy grandes, que se deben a la elevada energía cinética de las partículas que chocan. Por supuesto esta energía de impacto es particularmente elevada cuando muchas moléculas chocan de frente. Así pues la naturaleza de las colisiones está influida por la energía cinética de las moléculas que van a chocar.

Las colisiones generan la ruptura de enlaces y permiten la formación de otros nuevos ya que los átomos tienden a atraerse en mayor o menor grado.

Cuando colisionan dos moléculas con energía cinética suficiente como para alcanzar la energía de activación, o energía necesaria para romper enlaces y formar otros nuevos, se dice que se ha originado una reacción química, ya que mediante una colisión particular se han formado moléculas que no estaban presentes antes de las colisiones.

Sin embargo alcanzar la energía de activación en las colisiones no es suficiente, las orientaciones de las moléculas también deben ser favorables para la formación de nuevas organizaciones.

Podemos decir entonces que la reacción química se produce cuando las moléculas: a) Colisionan, b) se encuentran en la configuración adecuada, c) poseen la energía suficiente para atravesar la barrera de la energía de activación. Así pues, si la energía de activación requerida es muy alta o si se han de cumplir requerimientos geométricos muy estrictos, la reacción se hace muy improbable, dentro de un lapso de tiempo finito, a bajas temperaturas.

¿Por qué se producen las reacciones químicas?

Las reacciones químicas se producen, por lo tanto, porque las moléculas colisionan aleatoriamente y porque ningún enlace químico es infinitamente fuerte ni tampoco sin ninguna fuerza. Las sustancias que se forman con más probabilidad serán aquellas que poseen los enlaces más fuertes, pero la naturaleza aleatoria de los procesos de colisión hace que la descomposición de estas sustancias sea posible.

Puede afirmarse entonces que un sistema puede entrar en desequilibrio o desorden por ganancia de energía, el cual tiende a reorganizarse nuevamente formando nuevos compuestos perdiendo energía, razón por la cual se produce llama, luz y calor durante la reorganización. Tomado de:

Ariza, E., Sandoval, S. y Vargas, M. (2015). Fenomenología de la Transformación de

Las sustancias parte II. Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, Colombia.P.97.

De acuerdo a la comprensión que haga de la lectura reflexionar acerca de:

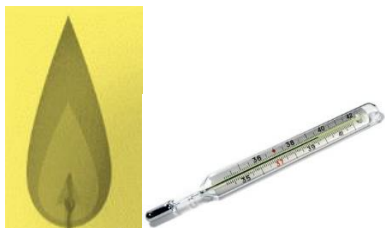
¿Cuáles son los efectos del calor sobre las moléculas de parafina y de oxígeno?

¿Al chocar una molécula de parafina con una de oxígeno, qué puede suceder?

¿Qué entiende por energía de activación y qué consecuencias trae?

B. Momento dos.

- ✓ Prender una vela y acercar el termómetro poco a poco, registrar los posibles cambios en la temperatura de las zonas cercanas a la llama.



- ✓ Teniendo en cuenta las observaciones acerca de la llama y la realización de la lectura ¿Cuál es el efecto del calor sobre las moléculas del aire y de la parafina?
- ✓ ¿En qué zona de la llama cree usted que se está dando la interacción entre las moléculas de la parafina y el oxígeno del aire y por qué?
- ✓ ¿Cómo se puede evidenciar que los componentes de la parafina han interactuado con el oxígeno?
- ✓ ¿Bajo qué tipo de relaciones se establecieron las combinaciones entre las partículas que dieron origen a la formación de nuevas organizaciones o compuestos?

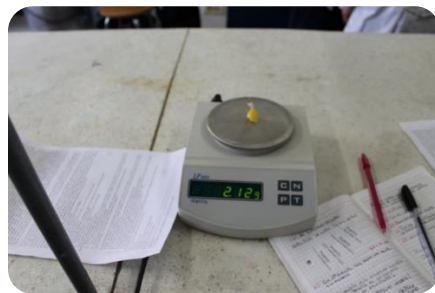
C. Momento tres:

- ✓ Mediante un modelo represente: la interacción entre los componentes del sistema donde se evidencie:
  - ❖ El desequilibrio energético entre las partículas o componentes de la parafina y el aire.
  - ❖ la interacción entre ellos
  - ❖ las nuevas organizaciones

- ✓ ¿Por qué al acabarse la parafina no hay producción de llama?
- ✓ ¿puede establecer entonces de dónde proviene la llama que mantiene la vela encendida?

### 7.3 Desarrollo de experiencias de la secuencia didáctica

#### 7.3.1 Actividades que involucran el reconocimiento de las partes



A

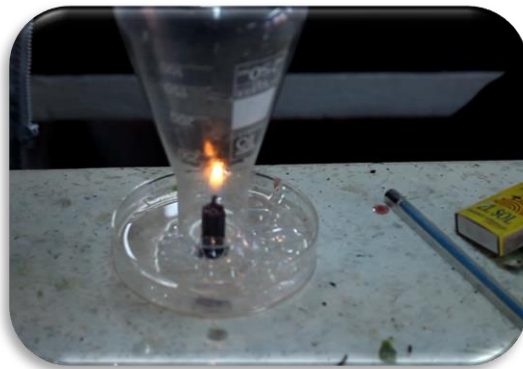


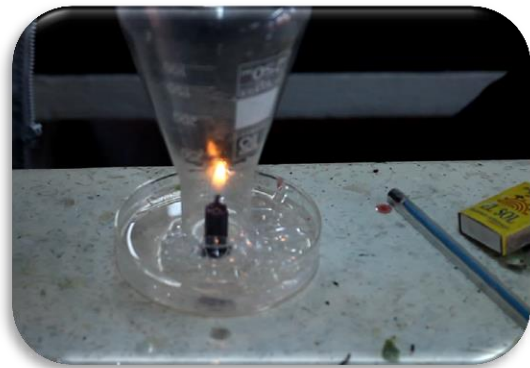
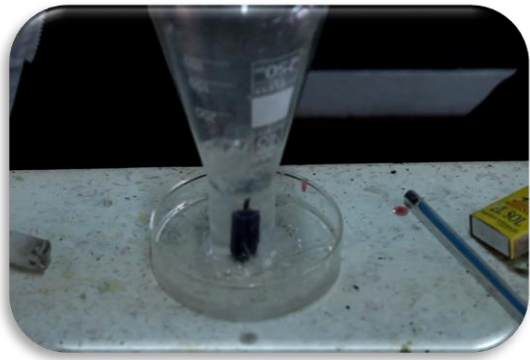
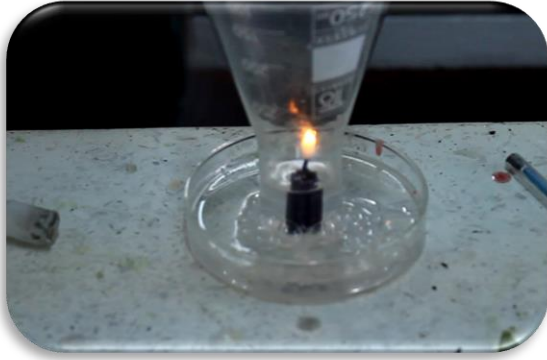
### 7.3.2 Observaciones y análisis.





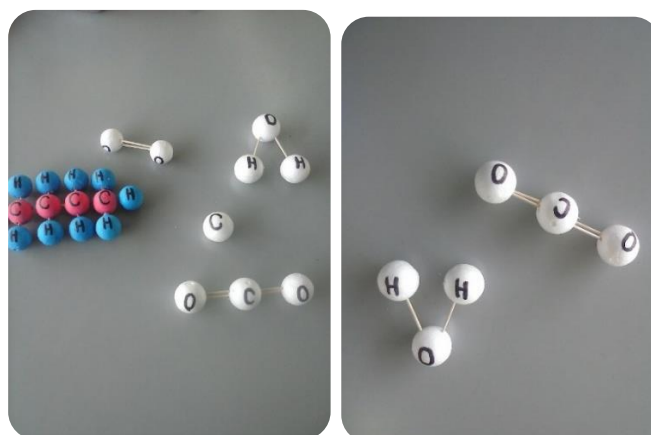
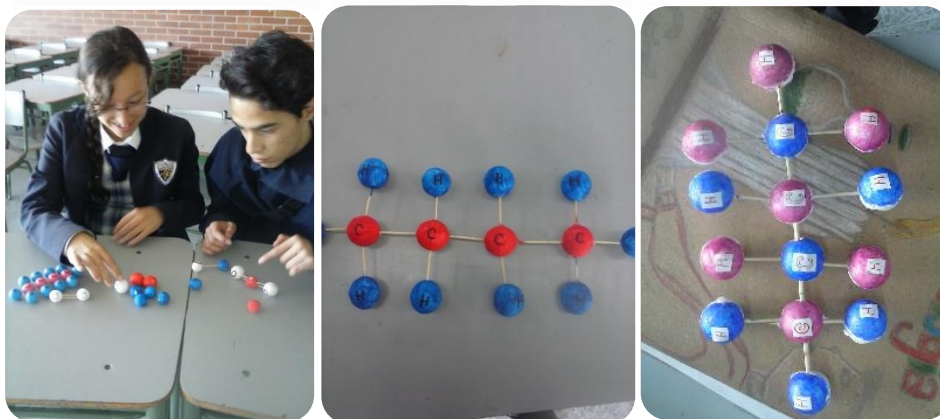
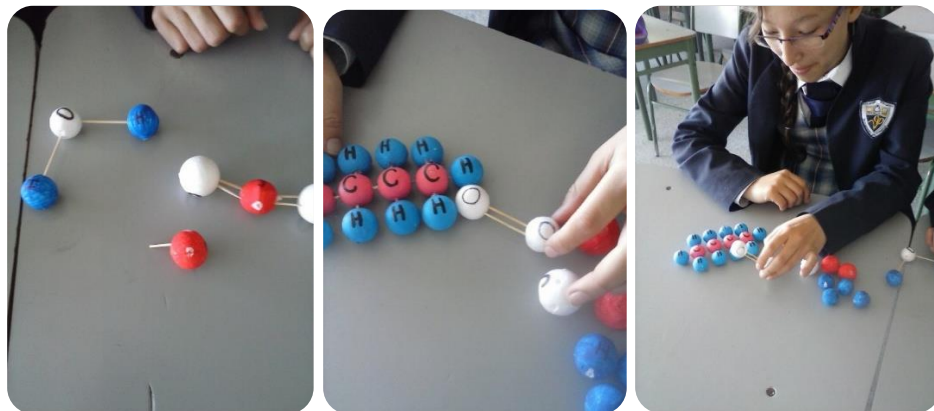
### 7.3.3 Comprobación de nuevas organizaciones





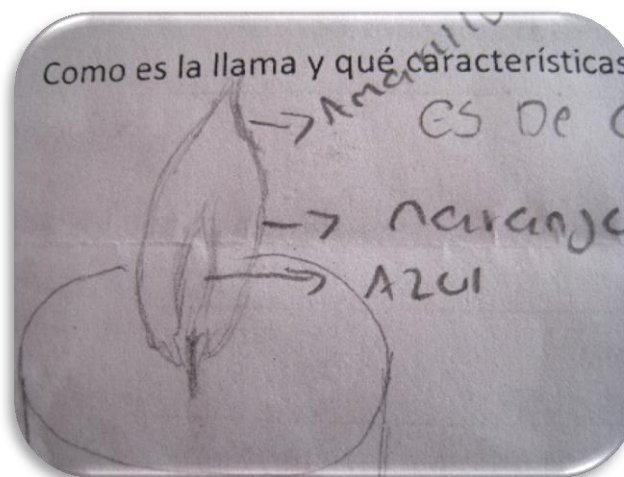
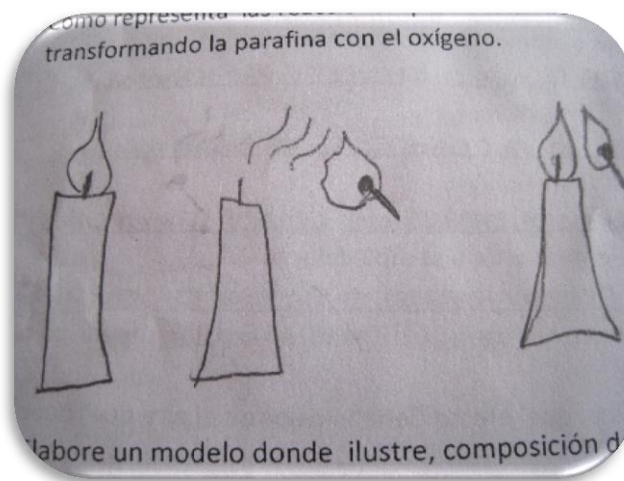
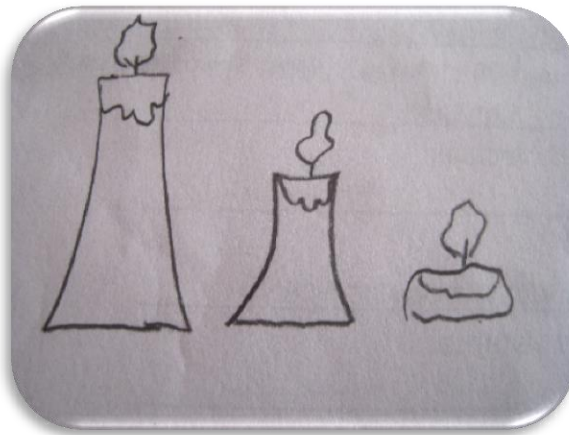


## 7.4 Representación de modelos



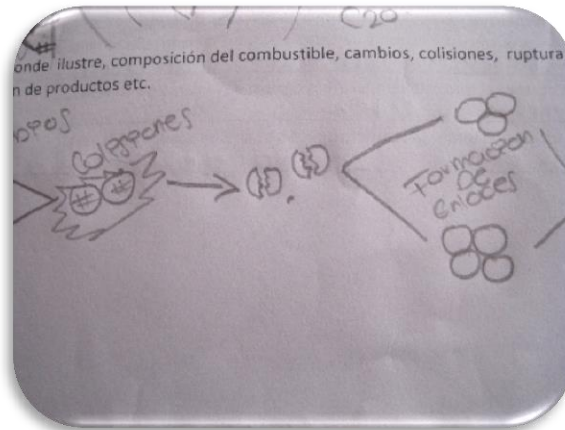
## 7.5 Imágenes que representan los cambios .

### 7.5.1 Nivel macroscópico o de percepción.





### 7.5.3 Representación de la ruptura de enlaces y formación de otros, a nivel microscópico.



### 7.6 Representación de observaciones y su interpretación

#### 7.6.1 Representación de efectos percibidos.

Al ponerle al vaso con el orificio en el sigue encendida.

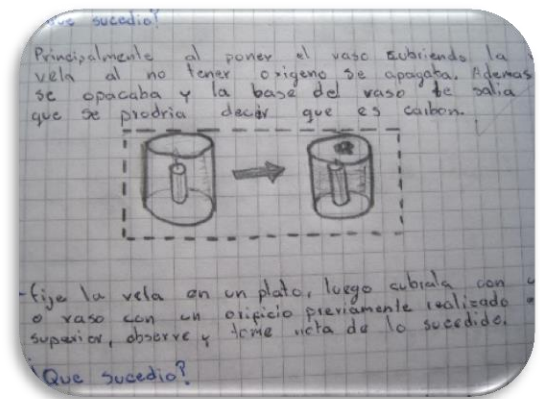
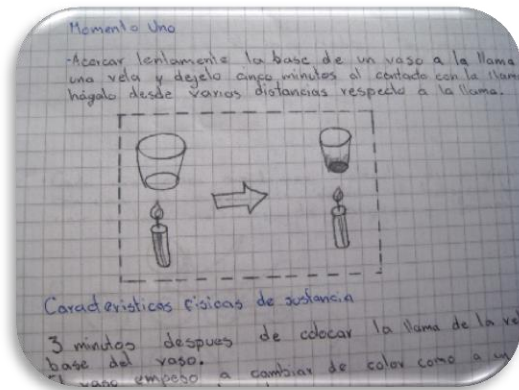
-fije la vela en un plato coloque tres monedas del plato, para que den soporte al vaso, y coloque un vaso o una campana sobre las y tome nota de lo sucedido

lo que yo observe al poner las tres monedas del vaso es que la vela se se opaco.

¿ve puede conducir?

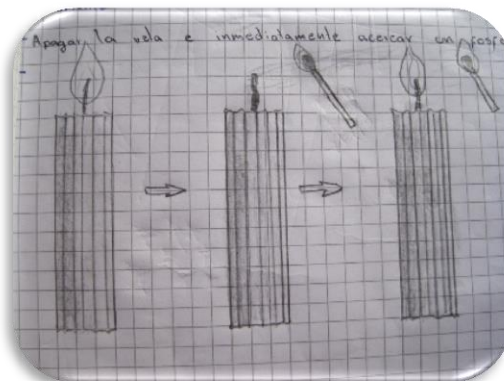
## 7.7 Representaciones que indican el reconocimiento de las nuevas organizaciones

### 7.7.1 Representación del carbón producido.



## 7.8 Representación de observaciones que muestran los efectos

### 7.8.1 El efecto del calor sobre los vapores de parafina y el oxígeno.



### 7.8.2 Representación de los efectos del medio.



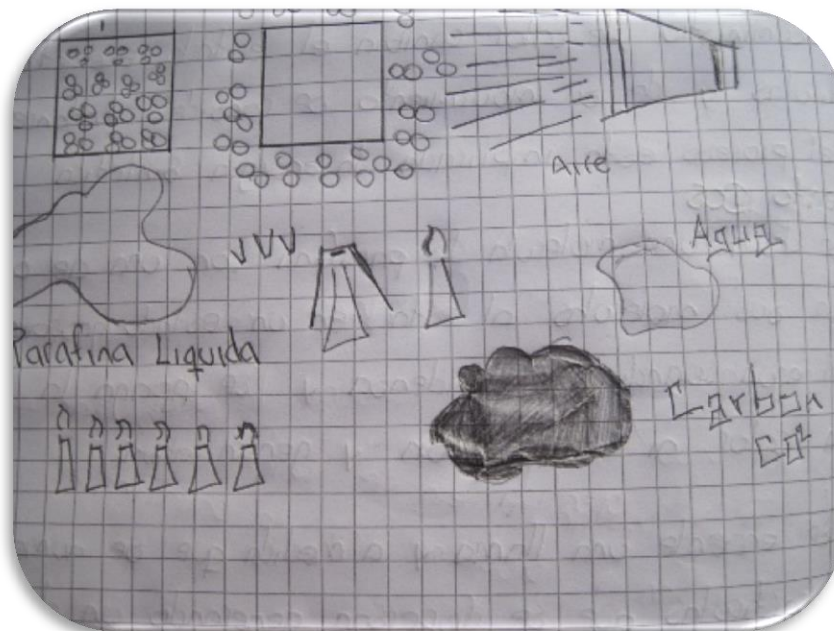
## 7.9 Las representaciones globales del fenómeno

### 7.9.1 Representación percepción directa .

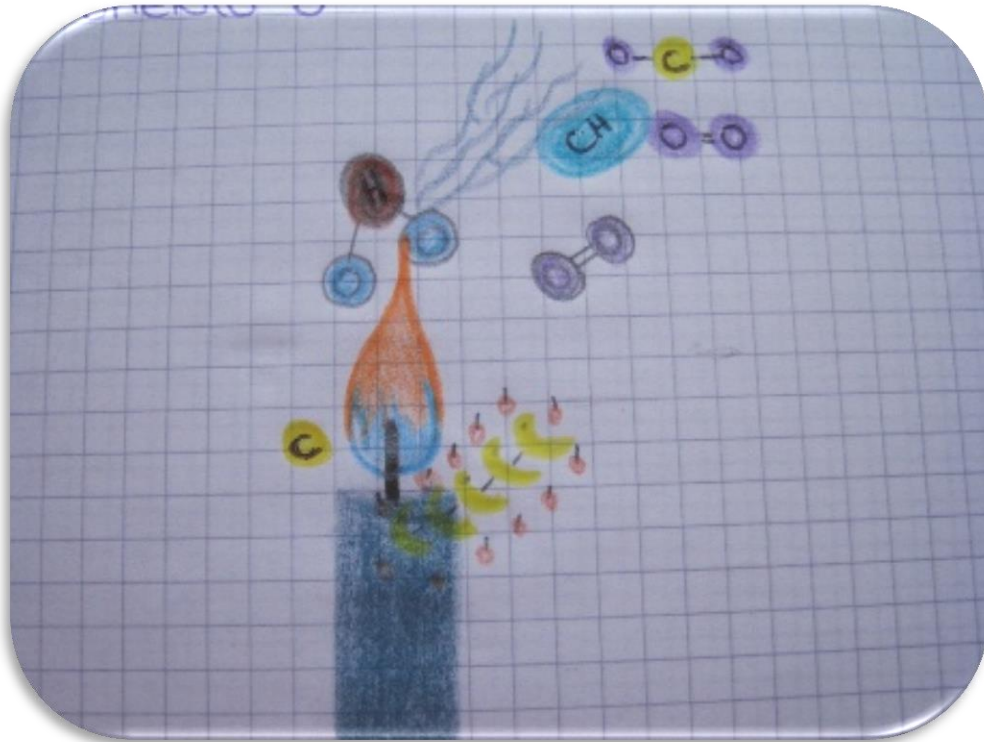


En las representaciones se observa que los estudiantes dibujan las sustancias como las observan (carbón , agua y parafina liquida ), no recurren a su organizacion interna.

### 7.9.2 Representación simbólica.



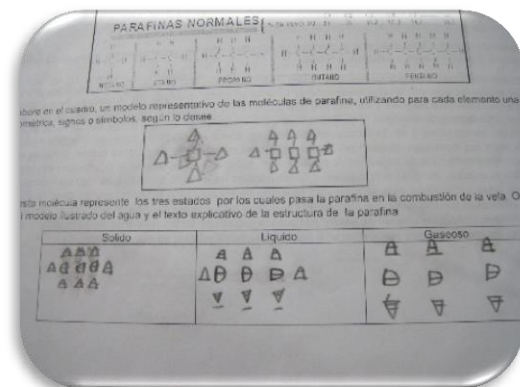
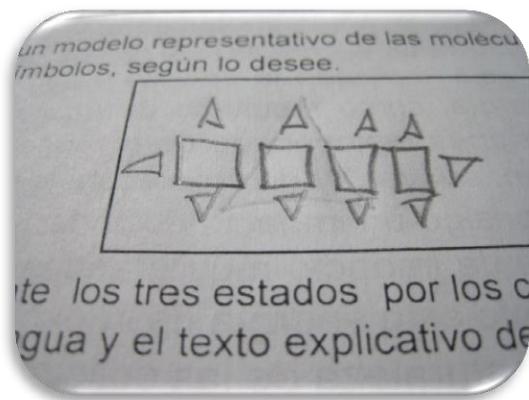
## 7.10 Modelo global de representación del fenómeno.

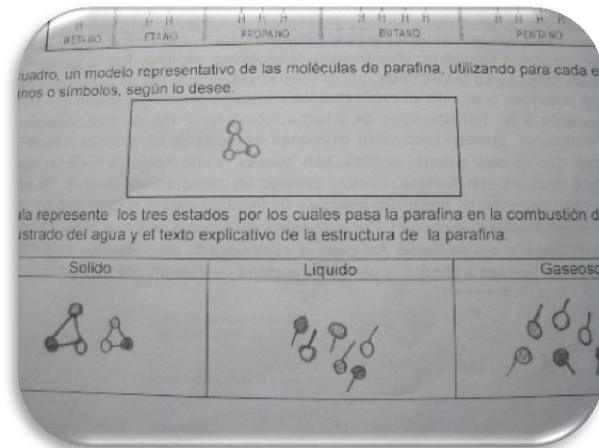


Representación que integra los elementos involucrados sus organizaciones y transformaciones.

## 7.11 Representación de las organizaciones de la materia y los estados físicos

### 7.11.1 Representación de la materia y los estados de la misma.





### 7.11.2 Representaciones de los estados de agregación de las moléculas de parafina y los efectos del calor en las organizaciones.

