

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE
EXPLICACIONES EN TORNO A LOS ÁCIDOS GRASOS**

ROSA LILIANA CASTRO MORENO
TANIA LORENA GAMBOA DAZA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE
EXPLICACIONES EN TORNO A LOS ÁCIDOS GRASOS**

ROSA LILIANA CASTRO MORENO
TANIA LORENA GAMBOA DAZA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar el título de
Magister en Docencia de la Química

Directora
SANDRA SANDOVAL OSORIO

Grupo de Estudios Histórico – Críticos y Enseñanza de las Ciencias

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019

AGRADECIMIENTOS


A la Universidad Pedagógica Nacional por ser la educadora de educadores y permitir formar docentes que ahondan en la investigación científica, permitiendo llevar a las aulas lo más avanzado del conocimiento, contribuyendo al desarrollo y el progreso material de los niños y jóvenes de nuestro país.

A nuestra asesora Sandra Sandoval Osorio, estamos seguras que sin su orientación, sabiduría, experiencia, paciencia y motivación no hubiese sido posible la construcción y desarrollo de este trabajo de investigación.

Al departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional y en especial a los docentes de los cursos de la Maestría en Docencia de la Química que de una u otra manera estuvieron involucrados en nuestra formación durante este proceso, a nuestros compañeros, por sus experiencias que contribuyen en nuestra formación durante las diferentes actividades académicas.

A nuestras familias por su apoyo y comprensión en nuestras ausencias, estamos seguras que nuestros triunfos lo sienten como suyos.

"Para todos los efectos, declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra total autoría; en aquellos casos en los cuales hemos requerido del trabajo de otros autores o investigadores, hemos dado los respectivos créditos"

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Calidad en la Educación</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 5	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis grado de Maestría de Investigación
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	La actividad experimental en el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos
Autor(es)	Castro Moreno, Rosa Liliana; Gamboa Daza, Tania Lorena
Director	Sandoval Osorio, Sandra
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 131 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ÁCIDOS GRASOS; ACTIVIDADES EXPERIMENTALES; CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES.

2. Descripción
<p>En el presente documento de investigación, se propone identificar la relación que se puede generar entre la actividad experimental y el proceso de construcción de explicaciones de los estudiantes cuando abordan el estudio de los ácidos grasos. Con éste propósito, se realiza un análisis histórico sobre el tema de ácidos grasos desde su comportamiento en lo que se refiere a su composición y estructura, desde el cual se derivan elementos para el diseño de actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias y se analizan las explicaciones de los estudiantes de los contextos en grado quinto y grado undécimo.</p>

3. Fuentes
<p>Adúriz, A.; Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>, 1(3), 130 – 140.</p>
<p>Adúriz, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>, 4(1), 40 – 49.</p>
<p>Ayala, M., Malagón, J. y Sandoval, S. (2013). La historia en la enseñanza de las ciencias: una relación polémica. En Malagón, J., Sandoval, S. y Ayala, M. <i>Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias</i> (pp. 21 – 37). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.</p>

Bernard C. (1865). *Introduction a la medecine experimentale*. Paris

Bernal G. y Torres C. (2013) *La actividad experimental y la comprensión de la relación entre comportamiento y estructura de las sustancias*. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Duhem. P (1914) *.La theorie physique, son objet, sa structure*. University, Illinois.

Caamaño, A. (2004). *Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos*. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 8 – 19.

Carrascosa, J. (2006). *El papel de la actividad experimental en la educación*. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23, (2), 157 – 181.

García, M. y Calixto, R. (1999). *Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica*. *Revista Perfiles Educativos*, 84.

Gómez, A. (2006). *Construcción de explicaciones científicas escolares*. *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín.

Hodson, D. (1994). *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299 – 313.

Koponen I., Kurki–Suonio, K., Jauhiainen J., Hämäläinen, A. y Lavonen, J. (2000). *The Role of experimentality in concept formation in physics: quantifying experiments and invariances*. *Conference physics teacher education beyond 2000*, 337 – 340.

Lazo, L., Vidal, J. y Vera, R. (2013). *La enseñanza de los conceptos de oxidación y de reducción contextualizados en el estudio de la corrosión*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 110 – 119.

Malagón, J., Sandoval, S. y Ayala, M. (2013). *La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización*. *Revista Praxis Filosófica*, 36, 119 – 138.

Malagón, J. (2014). *Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física*. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias*, 8, 95 – 104.

Nagel, E. (2006). *La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*. Barcelona.

Norris, S.; Guilbert, S.; Smith, M.; Hakimelahi, S. y Phillips, L., (2005). *A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science*. Canada.

Peña, E. (2012). Uso de actividades experimentales para recrear conocimiento científico escolar en el aula de clase, en la institución educativa Mayor de Yumbo (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

Sánchez R. y Gómez A. (2011) El papel del experimento en la enseñanza de las ciencias: Una reflexión histórica epistemológica. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Stake, R. (2007). Investigación con estudio de casos. Madrid: Editorial Morata.

4. Contenidos

El documento está estructurado en cinco capítulos que abarcan el proceso de investigación. En el primer capítulo hace referencia a los antecedentes, presentación del problema, objetivos, justificación, y la metodología diseñada e implementada para llevar a cabo el proceso de investigación, el segundo capítulo menciona la actividad experimental y la construcción de explicaciones; el análisis histórico para el diseño de la actividad experimental se ubican en el tercer capítulo. El cuarto capítulo hace referencia a los resultados, análisis de resultados, en el diseño e implementación ruta de aula y el uso del material educativo computacional mec. Con respecto a las conclusiones y las referencias bibliográficas, estos se ubican en el capítulo quinto.

5. Metodología

La metodología para el desarrollo de ésta propuesta de investigación se enmarca en el ámbito de la investigación cualitativa y de orden interpretativo, esta metodología de investigación se desarrolla en tres fases, en la primera fase se realiza un análisis histórico crítico del concepto de ácido graso, a partir de fuentes primarias y secundarias concernientes a los temas relacionados, para reconocer los elementos conceptuales, epistemológicos y experimentales que contribuyeron en su construcción, en la segunda fase se diseña e implementa una ruta de aula que permita la construcción de comprensiones y explicaciones acerca del concepto, por lo cual se incluirá una orientación para la utilización de procesos discursivos dentro del desarrollo de las actividades experimentales. En la tercera fase se establecerán unidades de análisis que permitan ordenar, organizar, clasificar y sistematizar la información recogida durante el desarrollo de las actividades y de esta manera analizar el efecto de la actividad experimental en la construcción de explicaciones en los diferentes contextos.

6. Conclusiones

En el diseño y desarrollo de la ruta de aula se evidencian aportes significativos para poder establecer el tipo de relación que se puede generar entre la actividad experimental y el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos objeto de estudio de la presente investigación.

La construcción de explicaciones sobre los ácidos grasos, fundamentadas en la actividad experimental que tiene como trasfondo el análisis histórico, es una prueba de tal afirmación. Por ende, la incidencia de la historia en la comprensión de las propiedades físicas de los ácidos grasos y las explicaciones sobre este comportamiento relacionándolo con la composición y estructura de estas sustancias a partir de las actividades experimentales, son las consideraciones finales que se pretenden abordar.

La importancia de abordar el desarrollo histórico de los ácidos grasos a partir de la lectura de fuentes primarias, como la historia de los experimentos que realizó Michel Eugene Chevreul con los cuerpos grasos, radica en la construcción auténtica del fenómeno, dejando de lado la interpretación de intermediarios que pueden tener una intencionalidad diferente a la planteada en el presente trabajo. Este proceso se fundamenta en una postura reflexiva y sistemática, que permite a las docentes investigadoras resolver y formular preguntas, construir sus propias explicaciones, reconocer los diversos modos de proceder y diseñar actividades experimentales para la enseñanza de los ácidos grasos, en suma, poder afirmar que el análisis histórico es un método que puede ser utilizado para comprender el fenómeno alrededor de los ácidos grasos.

Se debe aclarar que la función del análisis no consiste en comprender el pasado, ordenar hechos históricamente lineales y acumulativos, ni descubrir las propiedades de las sustancias; más bien pretende configurar una idea de la ciencia como actividad humana en donde los fenómenos son estructurados y organizados.

En el ámbito educativo, los ácidos grasos son un fenómeno repleto de aspectos abstractos al cual se pueden asociar pocas experiencias cotidianas, quedando limitado a prácticas que únicamente los relacionan como componentes de los aceites y las grasas, sustancias útiles para la elaboración de jabón en el laboratorio. Por ende, los docentes de ciencias naturales plantean diversos interrogantes, por ejemplo ¿Cómo caracterizar los ácidos grasos? y ¿Cómo facilitar la comprensión estructural de los ácidos grasos? Preguntas que encuentran respuesta en el análisis de la historia, pues en él se caracterizan los ácidos grasos al hacer un comparativo con los ácidos inorgánicos y con las grasas, para luego empezar a diferenciarlos a partir de propiedades físicas como la densidad, los puntos de fusión y ebullición.

En este sentido, el acercamiento a la historia interna de las ciencias naturales muestra las ideas y los experimentos llevados a cabo por este científico durante su estudio de los ácidos grasos, elaboraciones que logran dar cuenta de la caracterización, organización y clasificación del fenómeno, exponiendo de esa manera elementos importantes para la construcción de explicaciones propias. El elevado contenido experimental que se manifiesta en la reconstrucción del fenómeno, despliega los diversos modos de proceder científico, promoviendo un sin número de ideas para que los docentes diseñen actividades experimentales orientadas a la enseñanza de los ácidos grasos.

Tales experiencias son innovadoras, atractivas y significativas para el estudiante debido a su naturaleza tangible.

Por lo tanto se planeó, diseño y aplico una ruta de aula utilizando los criterios y metodologías propios de la fenomenología donde se les permitió a los estudiantes de grado quinto y once caracterizar, organizar y clasificar los ácidos grasos y que a la vez tuvieran la oportunidad de construir explicaciones a partir de un continuo diálogo entre compañeros y con las docentes, posibilitando una discusión colectiva que generara consensos para establecer maneras experimentales de proceder, modos de hablar y significados correspondientes al fenómeno, dejando de lado la simple narración de hechos.

Para comenzar las actividades experimentales realizadas en la primera sesión de la ruta de aula permitían acercar a los estudiantes a explorar las características de los ácidos y las bases inorgánicas, favoreciendo la aproximación al fenómeno, pero luego comenzar a abordar los ácidos grasos y relacionar su nombre con sus propiedades. La utilización de sustancias de carácter natural y de uso cotidiano durante las actividades experimentales permitió ver la química no como una acción de sustancias ajenas al contexto sino que por el contrario pudieron determinar los estudiantes que la química está presente en su entorno cotidiano.

Elaborado por:	Castro Moreno, Rosa Liliana; Gamboa Daza, Tania Lorena
Revisado por:	Sandoval Osorio, Sandra

Fecha de elaboración del Resumen:	03	05	2019
--	----	----	------

CONTENIDO

	pag.
CAPITULO 1. CONTEXTO PROBLEMÁTICO.....	15
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	17
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
OBJETIVOS.....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	22
JUSTIFICACIÓN.....	22
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	24
Fase 1. Análisis histórico.....	25
Fase 2. Diseño e implementación de la ruta de aula.....	26
Fase 3. Unidad de análisis estudio de caso.....	28
CAPÍTULO 2. LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL Y LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES.....	30
TIPO DE EXPLICACIONES.....	37
Explicación Narrativa.....	38
Explicación Descriptiva.....	40
Explicación Funcional.....	41
Explicación Causal.....	41
CAPITULO 3. ANALISIS HISTÓRICO PARA EL DISEÑO DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL.....	43
EL VITALISMO.....	45
ANÁLISIS ELEMENTAL DE LAS MATERIAS ORGÁNICAS.....	46
DESCUBRIENDO LOS ÁCIDOS GRASOS.....	48
OTROS ÁCIDOS GRASOS.....	50
CONTRIBUCIÓN DE JEAN BAPTISTE ANDRÉ DUMAS.....	52
ESTADO ACTUAL DE LOS ÁCIDOS GRASOS.....	55
Ácidos Grasos Saturados.....	55
Ácidos Grasos Insaturados.....	56
Ácidos Grasos Poliinsaturados y Esenciales.....	57
Ácidos Grasos Menos Frecuentes.....	58
Ácidos Grasos con estructuras particulares.....	58

CAPITULO 4. CONSTRUYENDO EXPLICACIONES SOBRE LOS ÁCIDOS GRASOS..	63
MATERIAL EDUCATIVO COMPUTACIONAL MEC (MEC).....	65
PROPUESTA ESTUDIANTES GRADO ONCE.....	66
Fase 1: ¿Por qué ácidos?.....	66
Actividad Experimental N° 1.....	67
Actividad Experimental N° 2.....	71
Actividad Experimental N° 3.....	75
Fase 2: ¿Por qué grasos?	79
Actividad Experimental N° 4.....	79
Fase 3: Reconociendo la importancia de la estructura en los ácidos grasos.....	82
Actividad Experimental N° 5.....	82
Actividad Experimental N° 6.....	85
PROCESO INDIVIDUAL DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO ONCE.....	88
PROPUESTA ESTUDIANTES GRADO QUINTO.....	94
Fase 1: ¿Qué son ácidos?	94
Actividad Experimental N° 1.....	95
Actividad Experimental N° 2.....	97
Actividad Experimental N° 3.....	101
Actividad Experimental N° 4.....	104
Fase 2: ¿Qué son grasos?	107
Actividad Experimental N° 5.....	108
Fase 3: Reconociendo la importancia de la composición de los ácidos grasos con material educativo computacional (MEC).....	110
Actividad Experimental N° 6.....	110
Actividad Experimental N° 7.....	112
Actividad Experimental N° 8.....	113
Actividad Efectos para la Salud	114
Actividad Procesos Industriales	115
PROCESO INDIVIDUAL DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO QUINTO.....	117
EVOLUCIÓN DE LAS EXPLICACIONES EN LOS ESTUDIANTES DE GRADO ONCE Y QUINTO.....	124
CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES FINALES.....	128
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Tipo de explicaciones Narrativa, Descriptiva, Funcional y Causal de Nagel.....	37
Tabla 2. Elementos narrativos y sus significados.....	39
Tabla 3. Clasificación de los cuerpos grasos según el punto de fusión.....	44
Tabla 4. Fórmulas aproximadas de los ácidos grasos trabajados por Chevreul.....	47
Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de los ácidos grasos trabajados por Chevreul.....	49
Tabla 6. Composición y estructura de ácidos grasos saturados.....	56
Tabla 7. Composición y estructura de ácidos grasos insaturados.....	57
Tabla 8. Composición y estructura de ácidos grasos poliinsaturados.....	57
Tabla 9. Composición y estructura de ácidos grasos menos frecuentes.....	58
Tabla 10. Composición de ácidos grasos con estructuras particulares.....	59
Tabla 11. Fases de implementación de la ruta de aula. Colegio Antonio Ricaurte.....	63
Tabla 12. Fases de implementación de la ruta de aula. Colegio Distrital Kimy Pernía Domicó.....	64
Tabla 13. Características de los programas educativos computacionales según Marqués (1998).....	65
Tabla 14. Funciones del material educativo computacional según Marqués (1998).....	65
Tabla 15. Explicaciones de los grupos de grado once durante la primera actividad experimental.....	68
Tabla 16. Pruebas realizadas por cada grupo a las sustancias desconocidas.....	72
Tabla 17. Explicaciones de los grupos de grado once durante la segunda actividad experimental.....	72
Tabla 18. Explicaciones de los grupos de grado once durante la tercera actividad experimental.....	76
Tabla 19. Explicaciones de los grupos de grado once durante la cuarta actividad experimental.....	79
Tabla 20. Explicaciones de los grupos de grado once durante la quinta actividad experimental.....	82
Tabla 21. Explicaciones de los grupos de grado once durante la sexta actividad experimental.....	85

Tabla 22. Explicaciones de los estudiantes de grado once antes de iniciar las actividades experimentales.....	88
Tabla 23. Explicaciones de los estudiantes de grado once después de finalizadas todas las actividades experimentales.....	91
Tabla 24. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la primera actividad experimental.....	96
Tabla 25. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la segunda actividad experimental.....	98
Tabla 26. Organización de los resultados obtenidos por los estudiantes de grado quinto durante la actividad experimental.....	102
Tabla 27. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la tercera actividad experimental.....	103
Tabla 28. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la cuarta actividad experimental.....	104
Tabla 29. Solubilidad en muestras de uso común realizadas por el grado quinto.....	108
Tabla 30. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la quinta actividad experimental.....	108
Tabla 31. Clasificación de algunas sustancias entre ácidos grasos saturados e insaturados realizada por los estudiantes de grado quinto.....	110
Tabla 32. Clasificación de ácidos grasos saturados e insaturados según el punto de fusión, por los estudiantes de grado quinto.....	111
Tabla 33. Explicación de procesos de saponificación realizada por los estudiantes de grado quinto.....	112
Tabla 34. Explicación de la composición de los ácidos grasos saturados e insaturados realizada por los estudiantes de grado quinto.....	113
Tabla 35. Explicación de la actividad de lectura de los ácidos grasos saturados e insaturados realizada por los estudiantes de grado quinto.....	114
Tabla 36. Explicación de la lectura las implicaciones a nivel industrial en torno a los ácidos realizado por los estudiantes de grado quinto.....	115
Tabla 37. Explicaciones de los estudiantes de grado quinto antes de iniciar las actividades experimentales.....	117
Tabla 38. Explicaciones de los estudiantes de grado quinto.....	119

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	pag.
Gráfica 1. Pruebas con mayor efectividad para determinar carácter ácido o básico.....	68
Gráfica 2. Evolución de las explicaciones en los grupos de grado once.....	124
Gráfica 3. Evolución de las explicaciones en los grupos de grado quinto.....	124
Gráfica 4. Evolución de las explicaciones individuales de grado once.....	126
Gráfica 5. Evolución de las explicaciones individuales de grado quinto.....	126

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	pag.
Diagrama 1. Fases para el desarrollo de la investigación.....	24
Diagrama 2. Flujograma de investigación fase 2.....	26
Diagrama 3. Proceso de construcción del conocimiento científico en el aula a través de la actividad experimental.....	36
Diagrama 4. Análisis elemental de Chevreul.....	46

ÍNDICE DE IMAGENES

	pag.
Imagen 1. Zonas de la lengua donde se pueden diferenciar los sabores.....	95
Imagen 2. Escala de pH. Landa, Gregorio. Materia 3: Ciencias III con énfasis en Química, México, Editorial Fernández, 272.....	97
Imagen 3. La química que nos rodea. La col lombarda como indicador ácido base.....	98
Imagen 4. Explicación de un grupo de grado quinto sobre las características de las sustancias ácidas.....	101
Imagen 5. Escala del indicador de repollo morado.....	101
Imagen 6. Escala de las sustancias con col lombarda lograda por uno de los grupos de grado quinto.....	102
Imagen 7. Reacciones de oxidación en la zonas anódicas y catódicas.....	106
Imagen 8. Observaciones realizadas durante la experiencia de la oxidación.....	107
Imagen 9. Observaciones realizadas por los estudiantes de grado quinto con disoluciones de aceite con agua y aceite con alcohol.....	109

CAPITULO 1. CONTEXTO PROBLEMÁTICO

En la década de los años 60 del siglo pasado, dos importantes teóricos de la educación (Joseph Schwab y Jerome S. Bruner) introdujeron en la enseñanza de las ciencias el concepto de la teoría de la indagación como herramienta en los procesos de apropiación del conocimiento, también incluyeron como fundamento la teoría de las estructuras, que trae como consecuencia una ambigüedad entre el objeto material y teórico del conocimiento, al introducir en las ciencias el lenguaje de esta, sin ninguna clase de trasposición didáctica, lo que hizo que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en general, y de la química en particular, se hayan tornado en procesos muy complejos, debido a los conceptos abstractos, la utilización de ecuaciones, y si bien se hacían prácticas de laboratorio no eran para descubrir y construir el conocimiento, sino para comprobar los enunciados de la teoría de las estructuras de las ciencias (además que por la falta de recursos, dichas prácticas eran escasas); de ahí, que las pocas prácticas de laboratorio, en principio servían para mostrar al estudiante cómo a través del experimento se constata la validez de una teoría; aunque también se utiliza para desarrollar en los educandos ciertas habilidades en el manejo de instrumentos y/o la aplicación de ciertas técnicas en el manejo de datos. Esta manera de asumir el experimento, aunque provee al estudiante ciertas habilidades, presenta inconvenientes que impiden una correcta comprensión del proceso de construcción teórica: se asume una clara separación entre teoría y práctica al considerar que en la construcción de una teoría el experimento no desempeña ningún papel y que, de igual forma, para la realización y diseño de un experimento la teoría es un aspecto secundario, pues de lo que se trata es de tomar datos.

Desde la visión constructivista de la enseñanza de las ciencias, se debe entender que el experimento está estrechamente ligado con la construcción teórica, donde hay un doble movimiento de elaboración e interpretación, donde juntos se modifican e interactúan mutuamente. Un método de aprendizaje basado en actividades prácticas permite a los estudiantes ser sujetos activos, facilita los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto indica que es necesario establecer unas características a la actividad experimental que le permita ser más productiva al momento de su implementación, por ejemplo los estudiantes se motivan a realizar trabajo práctico si tienen la posibilidad de interactuar entre ellos, con el docente y con el trabajo. (Hodson, 1994).

Entonces, la actividad experimental debe ser vista como un proceso intencional en la que se privilegie la construcción de explicaciones y comprensiones acerca de los fenómenos abordados, en donde el estudiante logre comprender y explicar las fenomenologías que se abordan, ¿por qué se producen?, ¿cómo se estudiaron a lo largo de la historia? y ¿cómo se ha llegado a las comprensiones que se tienen alrededor de las diferentes temáticas tratadas? Se debe garantizar que el estudiante tenga la oportunidad de contrastar lo planteado desde la teoría y las explicaciones que él junto con su equipo de trabajo logra dar a los fenómenos estudiados. (Malagón, Sandoval, y Ayala, 2013). Desde este punto de vista, la experimentación en el ámbito de enseñanza, desempeñaría dos papeles principales: uno sería el uso del experimento en el planteamiento de

problemas conceptuales; y el otro, el uso de las experiencias para construir una base fenomenológica o de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta teoría. (Malagón, 2014).

Es por esto, que los docentes deben profundizar en la historia en razón a la evolución de los conceptos, la epistemología por causa del desarrollo de las ideas y los contenidos disciplinares por cuenta del avance de la ciencia en los fenómenos a estudiar, para lo cual es necesario que al momento de diseñar una metodología se tenga en cuenta la ciencia, la historia y la epistemología, en la perspectiva de una transformación de los sistemas de enseñanza que permita una participación consciente de los estudiantes en la construcción de sus conocimientos. (Gagliardi, 1988).

Con relación a la enseñanza de las ciencias, mayoritariamente, se acepta que es conveniente señalar que uno de los objetivos primordiales de la ciencia empírica, consiste en explicar los fenómenos (Hempel, 1996) y en los contextos educativos, esas explicaciones se encuentran directamente relacionadas con la intervención experimental, que describen la observación de un hecho, generalizaciones del fenómeno y formas de organizar las ideas, en suma, procesos que dan cuenta de las explicaciones construidas por los estudiantes.

La continua y correcta formulación de preguntas lleva a construir explicaciones de mayor nivel (Bunge, 2000), que presenten estructuras con argumentos deductivos y utilicen criterios cognitivos en búsqueda de la unificación o la formulación de leyes (Estany, 2006).

En este sentido, las ideas docentes suscitadas por el análisis histórico generan unas actividades experimentales que provocan curiosidad y asombro, situaciones particulares que conducen a la formulación de preguntas o nuevos puntos de partida en el estudio de los fenómenos, así como a despliegues discursivos donde las comparaciones, los diseños experimentales, las generalizaciones y las predicciones, facilitan formas de explicación más coherentes y aproximadas que las iniciales (Segura, Molina y Pedreros, 1997), en las cuales convergen las ideas y el mundo sensible del sujeto, mediante esfuerzos constantes por organizar la experiencia y recrear las cualidades percibidas (Ayala, Malagón y Sandoval, 2011), por ejemplo, la cualidad de las sustancias grasas se reconoce por su composición, a diferencias de las sustancias de carácter ácidas.

La enseñanza de los fenómenos alrededor de los ácidos grasos debe partir de un análisis histórico del concepto, para por medio de ello enriquecer las actividades experimentales posibilitando en los estudiantes un análisis de cada uno de los fenómenos y con ello la construcción de explicaciones, de esta manera ampliar la comprensión del tema y dar mayor valoración a este tipo de sustancias, todo en relación con la cotidianidad y del contexto particular generando criterios en los estudiantes que permitan la comprensión del mundo.

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Son diversas las investigaciones que permiten sustentar y apoyar la propuesta que se realiza alrededor de la actividad experimental como metodología para la construcción del conocimiento. Uno de los primeros trabajos revisados fue el de Carrascosa (2006), quien presenta una investigación donde se reflexiona sobre la actividad experimental para referirse a una serie de problemas relacionados con este tipo de actividades, sobre lo que es preciso seguir investigando. Se refiere concretamente a cuestiones como las siguientes: ¿Qué visiones deformadas acerca de la actividad científica pudieran estar transmitiendo, por acción u omisión, los trabajos experimentales que se realizan habitualmente? ¿Qué imagen de las relaciones ciencia – tecnología, en particular, suelen transmitir las prácticas de laboratorio? ¿Cuál debería ser el papel del trabajo experimental en el aprendizaje de las ciencias? ¿Cómo habría que reorientar las prácticas de laboratorio para que dejen de ser, como ocurre demasiado a menudo, simples recetas a aplicar? Se intenta avanzar en la respuesta a dichas cuestiones, de acuerdo con el modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias como investigación orientada, y presenta, a modo de ejemplo, un trabajo práctico coherente con dicho modelo, correspondiente a la enseñanza de la física en el nivel de la educación secundaria superior.

Peña (2012), construyó una serie de actividades experimentales en el aula para promover la integración de saberes, correspondientes a las ciencias naturales y exactas, recreando un conocimiento científico en los estudiantes con el cual puedan dar respuestas a problemas y fenómenos de su vida cotidiana. Curia, D'Alessandro y Briand (2010), proponen una experiencia sencilla que es aplicable a la enseñanza de la biotecnología en cualquier nivel, este experimento es una vía para que los docentes transmitan una variedad de conceptos de biología, física, química y de procesos biotecnológicos; las aplicaciones de este experimento de fermentación a través de microorganismos brinda un nexo directo para que los estudiantes puedan comprender intuitivamente procesos comunes y domésticos como el leudado de una masa o la producción de bebidas alcohólicas.

Lazo, Vidal y Vera (2013) presenta una estrategia para la enseñanza de los conceptos de oxidación y reducción a través de un experimento para acercar a los estudiantes al fenómeno de la corrosión de los metales; aunque no se habla de fenomenología concretamente permite conocer que los docentes investigadores concuerdan en que las experiencias con fenómenos de la cotidianidad facilitan el proceso de aprendizaje, bien lo decía el profesor Chamizo (2010), la enseñanza experimental, no debe ser una serie de repeticiones, ni una capacitación para seguir instrucciones, sino “un hermoso pretexto para reflexionar: una brillante amalgama donde el pensar y el hacer sean inseparables”.

En este sentido se requiere puntualizar en los trabajos del grupo de estudios histórico – críticos y enseñanza de las ciencias de la Universidad Pedagógica Nacional, que plantean en la fenomenología una alternativa para que los estudiantes construyan su propio conocimiento y se

alfabeticen científicamente. Uno de los primeros trabajos realizados fue el de Vargas, Sandoval y Orozco (1999), quienes realizaron una experiencia que permitió potenciar el desarrollo de ideas en los niños, propiciando que expresaran su conocimiento para que al ser compartido con otros tuvieran la posibilidad de confrontarlo, enriquecerlo, ampliarlo o desestructurarlo, desarrollando modos particulares de explorar e investigar que le permitan poner a prueba sus ideas y buscar formas de comprobarlas, para evolucionar cognitiva y culturalmente.

Además destacamos el aporte reciente que hace en la construcción fenomenológica el trabajo realizado por Rincón y Rodríguez (2014), presenta la importancia de los análisis históricos críticos, pues posibilita la derivación de elementos para lograr establecer relaciones entre los conceptos a enseñar conllevando a la elaboración de una ruta de trabajo. De igual forma en el trabajo de Sánchez y Gómez (2011), resalta la relación entre la historia y la epistemología de las ciencias con la enseñanza de la química la cual puede ser vista desde dos caminos: una que entiende la historia y la epistemología como una herramienta para la enseñanza, por ejemplo; como un instrumento para brindar a los estudiantes una imagen más humana, un segundo camino ve la historia y la epistemología de las ciencias como un modelo de pensar y organizar la enseñanza.

Otro aporte valioso al revisar los fenómenos del concepto de enlace químico se caracteriza el trabajo de Bernal y Torres (2013), en esta tesis, los autores presentan la problemática en la enseñanza de enlace químico, repensaron en una actividad experimental que posibilitara caracterizar y organizar las sustancias de acuerdo a sus propiedades y a las interacciones que tienen con otras y que se hacen evidentes desde los comportamientos mostrados a través de lo que se puede percibir en un determinado fenómeno, como la solubilidad, conductividad eléctrica, puntos de fusión y ebullición, y diferencial de potencial aspectos que permitieron comparar las sustancias y encontrar así generalidades que llevaron a establecer regularidades, condiciones y variables, para hablar de éstas en otros términos más significativos para los estudiantes.

Finalmente estos trabajos revisados terminan siendo un soporte para la presente investigación, puesto que permiten retomar elementos cruciales tanto teóricos como experimentales que soportan la propuesta que en este proyecto se realiza.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La consulta de la literatura nos muestra que durante los años 80, la teoría Piagetana se conoce principalmente como una teoría de la etapa de desarrollo cognitivo del individuo, describe unos periodos de desarrollo del niño mediados por la maduración biológica y la interacción de sus estructuras mentales con el ambiente; creía que los niños construyen una comprensión del mundo que los rodea, experimentan discrepancias entre lo que saben y lo que descubren en su entorno, y luego ajustan sus ideas. Para efectos de este trabajo interesa analizar los periodos de desarrollo entre los diez y doce años, en donde el niño de los 7 a los 11 años recurre a operaciones concretas (el niño práctico), y a partir de los 12 años en adelante realiza operaciones formales (el niño

reflexivo). El primer niño aprende las operaciones lógicas de seriación, clasificación y conservación, el pensamiento está ligado a los fenómenos y objetos del mundo real; mientras que en el segundo caso el niño aprende sistemas abstractos del pensamiento que le permiten usar la lógica proposicional, el razonamiento científico (hipotético - deductivo) y el razonamiento proporcional.

Piaget pensaba que todos los seres humanos, incluso los niños, comienzan a organizar el conocimiento del mundo en lo que llamó esquemas. Los esquemas son un conjunto de acciones físicas, de operaciones mentales y de conceptos o teorías, las cuales se organizan para adquirir información sobre el mundo. El niño a corta edad conoce su mundo a través de las acciones físicas que realiza, mientras que a una mayor edad puede realizar operaciones mentales y usar sistemas de símbolos, por ejemplo el lenguaje, a medida que el niño va pasando por las distintas etapas, mejora su capacidad para emplear esquemas complejos y abstractos que le permiten organizar su conocimiento.

El desarrollo cognitivo no consiste tan solo construir nuevos esquemas sino en reorganizar y diferenciar los ya existentes. El desarrollo cognoscitivo supone cambios en la capacidad del niño para razonar sobre su mundo. Dos principios básicos que rigen el desarrollo intelectual del niño, el primero es la organización, que de acuerdo con Piaget es una predisposición innata en todas las especies, conforme al niño va madurando integra los patrones físicos simples o esquemas mentales a sistemas más complejos y el segundo principio la adaptación, para Piaget todos los organismos nacen con la capacidad de ajustar sus estructuras mentales o conductas a las exigencias del ambiente, mediante el proceso de asimilación el niño moldea la información nueva para que encaje en sus esquemas actuales, luego viene el proceso de acomodación que a menudo requiere modificar o transformar la información nueva para incorporarla a la ya existente; cuando esta es compatible con lo que ya se conoce, se alcanza un estado de equilibrio donde todas las partes de la información encajan entre sí, pero cuando no es así hay que cambiar la forma de pensar o hacer algo para adaptarla. La asimilación es el proceso que consiste en moldear activamente la nueva información para encajarla en los esquemas existentes; el proceso de modificar los esquemas actuales se llama acomodación, de acuerdo con Piaget, los procesos de asimilación y acomodación están estrechamente correlacionados y explican los cambios del conocimiento a lo largo de la vida.

Posteriormente aparece la teoría de los paradigmas de Kuhn que revoluciona la forma como epistemológicamente se debe abordar los procesos del conocimiento al plantear que el método científico como paradigma está en crisis y que se debe buscar otras formas de construir ciencia porque el conocimiento es un proceso social en construcción que parte de las preconcepciones que tienen los seres humanos acerca de un fenómeno de la naturaleza para materializarlo en los procesos educativos; se apoya en la teoría de Vygotski sobre el aprendizaje social.

Según Vygotsky, en su perspectiva, el conocimiento no se construye de modo individual como propuso Piaget, sino que se construye entre las personas a medida que interactúan. Las interacciones sociales con compañeros y adultos más conocedores constituyen el medio principal para el desarrollo intelectual, el conocimiento no se sitúa en el ambiente ni en el niño más bien se localiza dentro de un contexto cultural o social determinado. En otras palabras creía que los procesos mentales del individuo como recordar, resolver problemas o planear tiene un origen social (Wertsch y Tulviste, 1992). De acuerdo con Vygotsky, el niño nace con habilidades mentales elementales, entre ellas la percepción, la atención, la memoria; y consideraba cinco conceptos que son fundamentales: las funciones mentales, las habilidades psicológicas, la zona de desarrollo próximo, las herramientas del pensamiento y la mediación.

Las dos teorías coinciden en que el niño debe construir mentalmente conocimiento, solo que Vygotsky concede mayor importancia al papel de las interacciones sociales en este proceso; para él la construcción de conocimiento no es un proceso individual más bien se trata fundamentalmente de un proceso social en que las funciones mentales superiores son producto de una actividad mediada por la sociedad y los principales medios del cambio cognoscitivo son el aprendizaje colaborativo y la solución de problemas. Vygotsky pensaba que el habla ayuda a los niños a organizar y regular su pensamiento, cuando el niño habla consigo mismo está tratando de resolver problemas y de pensar por su cuenta, este habla egocéntrico o privado sería el medio con que realizan la importante transición de ser controlado por otros (regulación por otros) a ser controlado por sus propios procesos del pensamiento (autorregulado).

A pesar de todos estos cambios en algunas situaciones, durante el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, especialmente de la química, se puede observar una perspectiva positivista, con una marcada separación entre el laboratorio y la teoría, siendo esta última a quien se le ha dado mayor énfasis, dado que pocas veces se realizan actividades experimentales en el aula, las ocasiones en las que las implementan están diseñadas para corroborar la teoría presentada con anterioridad o para mostrar un principio y/o una relación entre variables, según Caamaño (2004) este tipo de trabajos prácticos son denominados ejercicios prácticos y experimentos ilustrativos, respectivamente.

Un ejemplo de este tipo de situaciones, se puede observar durante el desarrollo de la temática de ácidos grasos, la cual es realizada con un enfoque tradicional dificultando el proceso de aprendizaje significativo en los estudiantes. Los ácidos grasos son un grupo de compuestos orgánicos, que poseen una larga cadena hidrocarbonada, no ramificada, al final de la cual hay un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$). Los ácidos grasos se pueden clasificar según los tipos de enlace presentes en saturados o insaturados, si tienen enlace sencillo o doble, respectivamente. Cuando hay más de un doble enlace se denominan poliinsaturados y cuando poseen sólo un doble enlace monoinsaturados.

Los procesos de enseñanza y aprendizaje sobre este concepto comienzan con clase magistrales donde se observan las estructuras de diferentes ácidos grasos, a partir de ellas se relaciona la nomenclatura, la clasificación, las propiedades físicas y químicas; como si todas ellas dependieran del número de carbonos que formen la molécula, del número de dobles enlaces que posea y de la posición que ocupen los dobles enlaces en la cadena. Y no se le permite al estudiante comprender que la estructura de cada ácido graso es una construcción realizada por los científicos para explicar el comportamiento de las moléculas frente a diferentes fenómenos, es decir, que la estructura es el resultado de las propiedades físicas y químicas que presentan. Los ácidos grasos hacen parte de una temática mayor como son los Lípidos, en la mayoría de los casos al final de esta serie de conceptos se realiza una práctica para corroborar la propiedad de la saponificación mediante la elaboración de un jabón. En algunas ocasiones se les hace un listado de las funciones que tienen este tipo de moléculas en los seres vivos pero sin asociarlas a los conceptos vistos con anterioridad y quedan como si no tuvieran relación.

Los estudiantes terminan el proceso de enseñanza – aprendizaje de este concepto químico y a la mayoría de ellos se le dificulta comprenderlo adecuadamente, porque durante el transcurso de las actividades se les negó la oportunidad de reflexionar y construir sus propias explicaciones frente a lo que observan; esto se puede deducir al ver la poca habilidad que presentan para relacionar los temas vistos en el aula con situaciones cotidianas en la resolución de problemas. Por otra parte, con esta metodología el estudiante tampoco comprende la naturaleza de esta ciencia, ni se despierta el interés por ella. Este tipo de situaciones corrobora lo planteado por Ferreiros y Ordoñez (2002), el énfasis que se le ha dado a la teoría en el planteamiento y desarrollo de las clases, ha hecho que el experimento pase a un segundo plano en los procesos educativos, quedando esta actividad incompleta y vacía.

En consecuencia, se genera una motivación por cambiar la perspectiva positivista que se mantiene en algunas temáticas de la química por otra donde se resalte la importancia de la actividad experimental en el desarrollo de las clases, para lo cual hay que reorientar el papel que se le está dando a la actividad experimental y considerar la riqueza conceptual que allí se esconde, diseñar actividades experimentales que involucren problemáticas donde el experimento “hable” y se comunique, crear situaciones específicas donde la naturaleza se “despliegue” y muestre sus comportamientos; de esta manera lograr la construcción del conocimiento científico (García, 2011). Los experimentos deben permitir al estudiante interactuar con diferentes objetos de conocimiento mediante la solución de problemas que propician el dudar, afianzar o transformar sus preconcepciones sobre los fenómenos de la naturaleza. Además desarrollar el ingenio, la creatividad y la imaginación, propicia de la investigación, desencadenar inquietudes y promover una actitud positiva hacia la ciencia, lo que redundará en un buen desarrollo de los aprendizajes y la construcción del conocimiento científico, coadyuvando a comprender mejor el mundo que nos rodea (García y Calixto, 1999). Es decir, se necesita realizar actividades experimentales donde el

estudiante sea quien reflexione y analice los fenómenos observados para favorecer la comprensión y apropiación de los conceptos.

Con base en lo anterior, el presente trabajo de investigación está orientado a resolver la siguiente pregunta: ¿Qué tipo de relación se pueden establecer entre la actividad experimental y el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos?

OBJETIVOS

Objetivo General

Establecer el tipo de relación que se puede generar entre la actividad experimental y el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos en estudiantes de educación básica y media.

Objetivos Específicos

Realizar una revisión histórica del concepto de ácidos grasos, como punto de partida en la construcción de la ruta de aula.

Diseñar, implementar y evaluar una ruta de aula basada en actividades experimentales que permita a los estudiantes construir explicaciones en torno a los ácidos grasos.

Sistematizar y analizar el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos como resultado de las actividades experimentales.

JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas el mundo ha avanzado a pasos agigantados gracias al desarrollo científico y tecnológico, ocasionando que desde muy pequeños los niños posean distintas herramientas que los acercan a una gran cantidad de información. En consecuencia los procesos de enseñanza y aprendizaje no pueden ser solo para obtener información que ya pueden adquirir con facilidad, sino para contribuir en la resolución de interrogantes como: ¿Por qué?, ¿Para qué?, ¿Cómo?, entre otros, es decir se les enseñe a administrar la información que encuentran y esta pueda ser útil dentro de su proceso educativo. Con el fin de que las generaciones que se están formando no se limiten a acumular conocimientos, sino que aprendan lo que es pertinente para su vida y puedan aplicarlo para solucionar problemas nuevos en situaciones cotidianas, es decir, que sean personas competentes para afrontar esta sociedad cambiante; el gobierno colombiano en cabeza del Ministerio de Educación Nacional (M.E.N.) creó los estándares básicos de competencias y de esta manera permitir un desarrollo integrado y gradual a lo largo de los diversos niveles de la educación.

El M.E.N. (2004) señala que los procesos estudiados por las ciencias naturales pueden dividirse en tres grandes categorías: procesos biológicos, procesos químicos y procesos físicos que permitan comprender los fenómenos del universo en forma sistémica e integral, haciendo que el estudiante

tenga como fundamento la observación, la experimentación y la deducción de la información dentro de los parámetros establecidos en los lineamientos curriculares, al señalar que se requiere que el sujeto al actuar en su contexto sea competente en todas sus dimensiones y ambientes para interactuar con su entorno y el de la realidad que lo circunda, por lo tanto requiere que el estudiante se apropie de la adquisición y generación de los conocimientos científicos y técnicos más avanzados desde el punto de vista histórico y social (Ley 115 de 1994), mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber, que permita que el ser humano adquiera una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de la vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica.

Para lograr este propósito el M.E.N. se plantea que los estudiantes en el área de ciencias naturales requieren de tres ambientes de enseñanza y aprendizaje: el científico natural, el manejo del conocimiento de ciencias naturales y el desarrollo de compromisos personales y sociales; dentro de los conocimientos plantea que estos deben ser integrados en tres entornos a saber: vivo, físico (química y física) y ciencia, tecnología y sociedad, enmarcados dentro de una coherencia tanto vertical, como horizontal, es decir viendo el proceso de formación de los estudiantes en ciencias naturales fundamentado dentro de los criterios de la teoría de sistemas para la comprensión de las ciencias naturales.

Con base en lo anterior la tarea de los profesionales de la educación no es para nada fácil, es necesario buscar en la didáctica de las ciencias, particularmente en la didáctica de la química, alternativas para mejorar la educación que se está ofreciendo a los estudiantes de este siglo, los futuros profesionales de una sociedad cuyo entorno es cada vez más complejo, competitivo y cambiante; formar en ciencias significa contribuir a la formación de ciudadanos y ciudadanas capaces de razonar, debatir, producir, convivir y desarrollar al máximo su potencial creativo. Desde esta perspectiva, se hace necesario realizar propuestas didácticas que permitan a los estudiantes ser protagonistas de su proceso de aprendizaje, le den sentido a todas las actividades que se realizan en el aula, conduzcan a la aprehensión y apropiación de conceptos para que puedan asociarlos a su realidad y dar solución a problemas que se le presenten.

En este caso en particular es significativo comenzar a cambiar la visión de enseñanza de la química con respecto a las concepciones de ácidos grasos, sus relaciones e interrelaciones, así como sus manipulaciones, a través del diseño de actividades contextualizadas que tengan sentido e interés para los estudiantes, donde las actividades experimentales permitan establecer una relación entre la fenomenología y los conceptos para que el estudiante los descubra, los entienda y los comprenda, pueda caracterizarlos y clasificarlos; es decir, crear un escenario para favorecer la construcción de explicaciones y de esta manera el estudiante se acerque a las teorías aceptadas en el mundo científico. Siendo importante que antes del diseño se realice una revisión histórica del concepto para así tener en cuenta las preguntas formuladas, el contexto social en el que se

originaron, los experimentos realizados y las dificultades que se presentaron durante el desarrollo de las teorías.

Esta también es la oportunidad para empezar a subsanar una de las más grandes preocupaciones de los profesores de ciencia, cómo realizar actividades de enseñanza que rompan con esa visión deformada donde la ciencia es tediosa, aburrida, complicada y solo para genios, contribuyendo a un cambio en la concepción del estudiante. Pero también es necesario un cambio radical en el pensamiento de los docentes, y en este caso específico en docentes de química, quienes deben entender: a las teorías científicas como provisorias y perfectibles (Adúriz e Izquierdo, 2009).

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta es una investigación en el campo de la educación en ciencias, de tipo cualitativo y de orden interpretativo, con la perspectiva de estudio de caso, dado que la intención es comprender un fenómeno social del campo educativo a partir de descripciones e interpretaciones que centraron la atención en los sujetos participantes para lograr una comprensión detallada y adecuada de lo que acontece (Stake, 2007) y debe considerarse como una estrategia encaminada a la toma de decisiones, su interés se centra en un individuo, evento o institución y en su flexibilidad y aplicabilidad a las situaciones naturales, que tiene intencionalidad de contribuir a la construcción de explicaciones y comprensiones de los fenómenos, en particular químicos, mediante la participación en las actividades experimentales que se desarrollen.

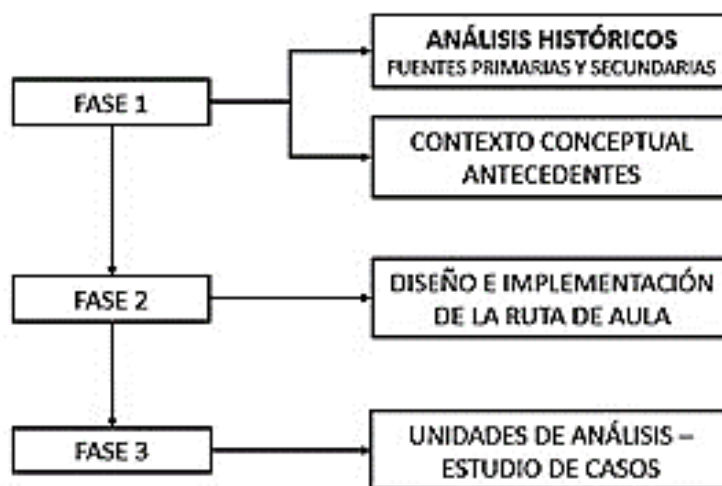


Diagrama 1. Fases para el desarrollo de la investigación

La presente investigación se realizará en tres fases según se observa en el Diagrama 1. En la primera fase se realizará un análisis histórico del concepto de ácido graso, a partir de fuentes primarias y secundarias concernientes a los temas relacionados, para reconocer los elementos conceptuales, epistemológicos y experimentales que contribuyeron en su construcción. A partir de este análisis se diseñará e implementará una ruta de aula que permita la construcción de comprensiones y explicaciones acerca del concepto, por lo cual se incluirá una orientación para la

utilización de procesos discursivos dentro del desarrollo de las actividades experimentales. En la última fase se establecerán unidades de análisis que permitan ordenar, organizar, clasificar y sistematizar la información recogida durante el desarrollo de las actividades y de esta manera analizar el efecto de la actividad experimental en la construcción de explicaciones.

Fase 1. Análisis históricos.

En la fase uno se realizará una investigación histórica de carácter cualitativo a través de textos bibliográficos conforme lo establece la clasificación planteada por Aróstegui (1995). Esta fase se dividió en dos campos de acción, en el primero de ellos se procuró reunir, ordenar y clasificar la información sobre estrategias de aula para la comprensión de las ciencias naturales desde el punto de vista constructivista, es decir sobre cómo establecer estrategias de enseñanza – aprendizaje que favoreciera los procesos de construcción del conocimiento por parte del estudiante; se hizo énfasis en la comprensión de lo fenomenológico, para lo cual se realizó una revisión y abordaje de la esta perspectiva desde las fuentes y referentes conceptuales en el campo de la tradición filosófica, de la filosofía de las ciencias, y de la historia y epistemología de la misma, todo lo analizado y construido durante esta parte se tuvo en cuenta al momento de hacer el diseño de la ruta de aula. Por otra parte también se realizó una revisión alrededor de las explicaciones sobre de dónde surgen, cómo se construyen y la clasificación que se hace sobre ellas, el análisis de este temática contribuyó al diseño de la ruta de aula y al análisis de las explicaciones construidas por los estudiantes.

El segundo campo de acción en el que se hizo análisis histórico fue para la construcción de la fenomenología de los ácidos grasos realizando la lectura de fuentes primarias como la obra *Recherches chimiques sur le corps gras d'origine animal* de Chevreul (1823), en la cual el autor expuso las inquietudes, experiencias e intereses que originaron y fundamentaron sus propuesta y la construcción de conocimientos alrededor de lo que hoy conocemos como ácidos grasos, mediante una serie de actividades experimentales en las que ponían a prueba los supuestos de los que partió y con el que desarrolló conocimientos con nuevos significados y relaciones.

Este dialogo con Chevreul contribuyó a acrecentar los conocimientos que las autoras tenía sobre los ácidos grasos y permitió extraer elementos claves significativos para la construcción y organización del fenómeno, recuperando el papel del establecimiento de las propiedades que lo definen como ácido y como graso. Estos análisis también contribuyeron al momento de realizar la sistematización y el análisis de las explicaciones construidas por los estudiantes, porque permitió tener un punto de partida para poder dar cuenta de las formas de hablar que tienen los estudiantes al momento de referirse a los ácidos grasos en tanto a su comportamiento, composición y estructura.

Fase 2. Diseño e implementación de la ruta de aula.

Para lograr los objetivos propuestos, la actividad experimental tiene un papel fundamental y protagonista en este trabajo, además de ser un espacio que agrada a los estudiantes y que les lleva a plantearse inquietudes para ampliar su experiencia, posibilita la construcción del conocimiento, por lo que se planteó una ruta de aula privilegiando este tipo de actividades.

Las actividades planeadas posibilitaron a los estudiantes la conceptualización sobre el comportamiento de los ácidos grasos a partir de la observación y la percepción de las características que los hacen sustancias ácidas, sustancias grasas y las propiedades físicas que permiten su diferenciación. Se puede entonces afirmar que en la actividad experimental hay una cantidad de concepciones que en la enseñanza tradicional no se tienen en cuenta y que permiten que el fenómeno se muestre a los estudiantes.

Esta ruta de aula se realizó en el marco que se puede visualizar en el flujograma del Diagrama 2, lo cual se puede sintetizar en:

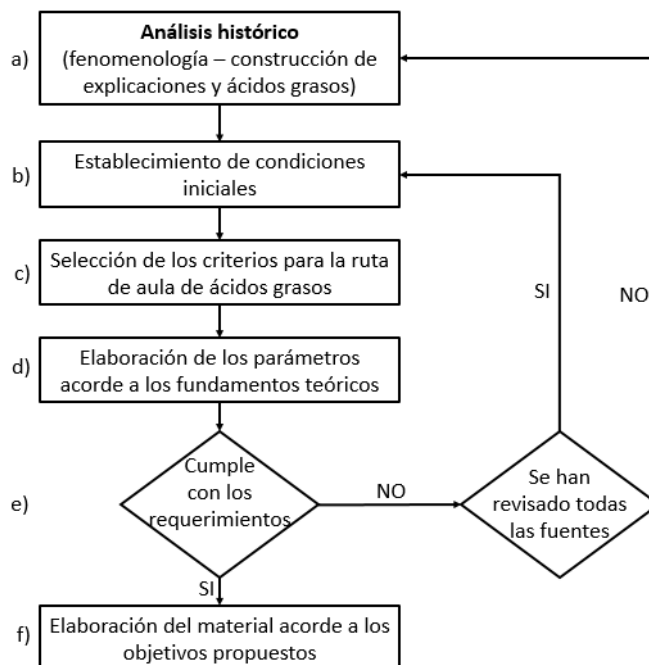


Diagrama 2. Flujograma de investigación fase 2.

- a) Realizar un análisis histórico del concepto de ácidos grasos permitió observar la evolución del conocimiento científico, la conceptualización y su modificación, los experimentos que permitieron llegar a ellos para poder recrear situaciones y caracterizar los métodos utilizados. También dilucidaron los intereses e inquietudes que tenía Chevreul y la forma como dichas preocupaciones sirvieron de base para construir el concepto.

El análisis de la actividad experimental en el aula y la construcción de explicaciones colocaron de manifiesto que la observación, descripción y reflexión permite caracterizar el comportamiento que tienen las sustancias y establecer relaciones entre dichas características con la composición y abrir espacios para involucrar la estructura.

Con este análisis histórico se replanteó la manera como se enseña la ciencia y trasladó a las autoras a involucrarse en la actividad misma, a conocer los aspectos fundamentales de las teorías, y el desarrollo y el contexto de los conceptos que se pretendían enseñar.

- b) A partir del análisis histórico, se establecieron las condiciones iniciales y los campos contextuales sobre los cuales se pueden presentar las diferentes visiones acerca de la forma como se debe construir el fenómeno desplegando situaciones que permitan al estudiante observar, percibir, cuantificar, organizar, analizar y construir explicaciones sobre ácidos grasos.
- c) Se seleccionaron los criterios de presentación del trabajo a partir del impacto que se quería tener en relación a construir explicaciones a partir de lo observado y del análisis de cada una de las situaciones presentadas en diferentes contextos, para lo cual se construyó la estructura de la ruta de aula con actividades experimentales que permitieran al estudiante acercarse a la manipulación del fenómeno, para poder pensar y solucionar las preguntas planteadas.
- d) A partir de los criterios establecidos, se elaboraron los parámetros que permitieron hacer el análisis de los fundamentos teóricos que se pretendían involucrar en la estructura de la ruta de aula, incluyendo el desarrollo de competencias y ámbitos establecidos en los estándares curriculares y los derechos básicos de aprendizaje exigidos por el Ministerio de Educación Nacional.
- e) Se revisó si el material a presentar y los tópicos de análisis se ajustaban a los requerimientos establecidos, si no lograba llenar las expectativas se retroalimentó el proceso de investigación conforme al diagrama.
- f) Por último, se procedió a elaborar el material completo y a hacer el análisis definitivo de la propuesta y se diseñaron criterios que cumpliera con los requerimientos y normas para una buena presentación, para de esta manera proceder a realizar la etapa práctica de la experiencia en el aula y para observar el impacto dentro de la comunidad educativa.

Fase 3. Unidad de análisis estudio de caso.

En esta fase se abordó la investigación para el análisis de resultados a través de la metodología de una investigación de carácter cualitativo de estudio de caso, a través de grupos focalizados atendiendo el criterio de la construcción social del conocimiento planteado por Vygotsky y asumiendo el aprendizaje a través del trabajo cooperativo, entonces cada grupo es una unidad dentro del campo de la investigación.

Cuando se emplean los estudios de caso como técnica de investigación, la meta no consiste únicamente en conocer la entidad a la que se estudia, sino también conocer la categoría que representa. En el presente trabajo se usó derivar las conclusiones generales a partir de un número limitado de casos, por ello se establecieron seis grupos de trabajo. Se aplicaron los criterios de Stake (2007), quien establece tres usos del estudio de caso, pero en el caso particular se tomó el de carácter descriptivo, que intenta describir lo que sucede cuando el individuo se presenta ante una situación problema; y el explicativo, que facilita la interpretación de las estrategias y procesos que utiliza el grupo para llegar a una conclusión. Este último tipo es sumamente útil para generar la creación de concepciones y explicaciones que puedan aproximar al estudiante a la realidad consensual del conocimiento.

El estudio de caso permite examinar cada uno de esos aspectos en relación con los otros, a la vez que verlos dentro de su ambiente total. Esta capacidad de la técnica resulta en una de las ventajas del estudio de caso, la oportunidad que ofrece para desarrollar una visión holística del objeto de estudio.

Para el análisis e interpretación de los datos recolectados se usó la observación sobre la forma como los estudiantes están viendo el fenómeno, los aspectos que se pueden observar están determinados por los objetivos de la investigación; también se utilizó el análisis del discurso, una construcción teórica elaborada en situaciones de interacción de unos con otros, para comprender e interpretar los textos producidos por los estudiantes. Estos discursos son sistemas estructurados y ordenados que derivan de las discusiones que se dan entre los sujetos participantes durante la construcción fenomenológica.

Como forma de recolectar los datos de los discursos se utilizó la entrevista no – directiva, donde el grupo focal tiene un rol activo; el énfasis reside en alinearse con la realidad del entrevistado, cuando se enfrenta a una pregunta, que puede responder a través de la realidad planteada en la actividad experimental que se está realizando. Los procedimientos no – directivos se inician con un conjunto de supuestos limitados, que se espera de la situación del laboratorio planteado, por ello se utilizan preguntas abiertas y cuya respuesta ocurre dentro de un ambiente que le permite a los participantes contestar sin límites, ni claves sobre las categorías de respuesta que se esperaban (Krueger, 1991).

Se realizó un análisis intensivo de cada entidad individual (tomando el grupo focalizado como una entidad individual) por sus características uniformes, individuos que tienen un proceso de construcción social del conocimiento con objetivos e intereses comunes.

La recopilación detallada de toda la información se realizó mediante la consignación de los discursos en guías de trabajo respondiendo a preguntas abiertas en cada una de las actividades experimentales que harán una especie de entrevista a cada grupo, luego se reunió, examinó, seleccionó y clasificó las respuestas de acuerdo a las características establecidas para cada una de las clases de explicaciones que son objeto de estudio en este trabajo, realizando una interpretación adecuada y permitiendo un análisis crítico de las mismos, que conlleve a una aproximación a la verdad y a la explicación de diversos hechos.

CAPÍTULO 2. LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL Y LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES

La epistemología del conocimiento ha sido un elemento permanente establecer la relación entre teoría y práctica, en los procesos de construcción del conocimiento, por ello se ha abordado esta relación en diferentes campos del saber cómo la filosofía, la historia, la sociología y la psicología entre otros, indudablemente esto ha permeado la discusión en el campo de la enseñanza de las ciencias naturales, al plantear el papel del experimento del laboratorio en la actividad de la construcción del saber científico.

En particular en los procesos curriculares de los años 60 y 70 del siglo pasado, se planteó la necesidad de incluir las prácticas de laboratorio y el trabajo experimental en los procesos metodológicos y didácticos de la escuela, como una forma de plantear que el aprendizaje de las ciencias deberían abordarse como se aborda la construcción de la ciencias por parte de la comunidad científica, con el afán de desarrollar la ciencia, en medio de la guerra fría.

Desde hace más de 50 años, la función del experimento científico y la practicas de laboratorio, han sido tal el interés de la comunidad educativa, pero, ¿porque estas no han trascendido en los procesos pedagógicos, didácticos y metodológicos? ¿Cuáles han sido las falencias, los obstáculos y los errores concedentes? Para responder estos cuestionamientos se han realizado múltiples investigaciones sobre la enseñanza aprendizaje de las ciencias y el papel que desempeña el trabajo experimental dentro del aula de clase.

Los diferentes trabajos de investigación han asumido el trabajo experimental desde diferentes puntos de vista; como simples experiencias, como situaciones ilustrativas de la teoría, explicaciones cualitativas de las leyes y las teorías, prácticas para contrastar hipótesis, comparte de ejercidos prácticos en el aula, situaciones de investigación didácticas, etc., todas asumiendo una posición y objetivos diferentes, pero en un punto común de encuentro, anteponerse educación puramente teórica y conceptual, buscando el desarrollo de capacidades de diferente complejidad en los estudiantes y en particular hacer posible en la escuela vivenciar la relación teoría – práctica.

Si bien, hay consenso sobre la importancia del trabajo experimental, la mayoría plantea la practicas en la forma de fomentar habilidades en los estudiantes (aplicación del método científico), por ello, Hodson (1994) plantea que la mayoría de las actividades experimentales que se realizan en las instituciones educativas requieren un bajo nivel de indagación y fomentan el desarrollo de destrezas manuales más que el desarrollo de habilidades superiores como la formulación de hipótesis o el diseño de investigaciones.

Existen un segundo grupo de investigaciones que plantean que si bien los docentes perciben la importancia de la experimentación en el aula, existe el problema de la falta de planificación de

estos, ya que se presenta una diferencia abismal entre el propósito de formación del docente y la importancia que le da el estudiante a la práctica, al hacerse como la comprobación de un hecho absoluto e invariable.

Otras investigaciones, consideran que la falta de eficacia de los trabajos experimentales se debe a que usualmente se retoma el trabajo que hacen los científicos es decir, repetir los mismos problemas y la manera de proceder de los gestores de la ciencia. Por ejemplo, Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999) considera que los trabajos experimentales deberían ser un guion especialmente diseñado para aprender determinados aspectos de las ciencias con sus propios escenarios, los cuales son muy diferentes al de una investigación científica.

Existe en su conjunto, un consenso en las investigaciones, plantean el papel del experimento en el ámbito escolar responde al papel de la validación de las teorías, para legitimar el método científico, como el camino seguro para llegar a descubrir la verdad objetiva, porque la legitimidad de la ciencia está determinada por el experimento. Se considera así que el experimento en el aula debe estar estructurado para obtener datos que den fiabilidad a la teoría, la comprueben y den el carácter de infalible, independientemente de cuál sea el objetivo de corte pedagógico que se pretenda alcanzar.

Indudablemente esta posición se asume desde el positivismo, algo muy arraigado en los docentes, que fueron formados bajo este paradigma, porque éste ha generado un impacto en el desarrollo de la ciencia y la tecnología desde la revolución industrial, hasta nuestros días, como el camino más seguro para comprobar hipótesis y establecer teorías de la ciencia, trasgrediendo sobre manera en la formación de los estudiantes en las clases de ciencias.

La teoría positivista que circula en el ámbito escolar, basta mirar cómo se inician los programas de ciencias en la escuela, donde antes de iniciar el proceso de formación en un saber específico, se parte de inducir el método científico, como la condición sine qua non para determinar el descubrimiento de una ley o teoría científica; pues, la ciencia está en que sus enunciados son verdades en cuanto hacen referencia a una realidad en la que se considera que el científico descubre los hechos y los enuncia a través de leyes objetivas y universales (Wagensberg, 1990). Desde esta visión de ciencia, el experimento es demostrativo, permite validar o descalificar teorías permitiendo dirimir entre otras teorías enfrentadas que buscan la aceptación de la comunidad científica. Es así como el experimento termina siendo subsidiario de la teoría pues toma un papel secundario, siendo únicamente la acumulación de datos los que dan cuenta o no de ella. Desde esta mirada se convierte en el juez último que determina la veracidad del conocimiento científico (Bunge, 2000).

Producto de la corriente pedagógica de la tecnología educativa, de la década de los años 60 y 70 del siglo pasado, de trasladar la ciencia sin ningún tratamiento didáctico al aula de clase, se asumió

que experimento no es ajeno a la enseñanza de las ciencias pues el interés por la formación disciplinar de los estudiantes hace que el papel del experimento sea corroborar o falsar los enunciados teóricos (Morcillo, 2015). Normalmente los trabajos experimentales son posteriores a las clases magistrales en las que se ha expuesto algún principio junto a su formulación matemática, es por ello que se pide a los estudiantes seguir un método riguroso que desarrolle destrezas y técnicas de investigación básicas para su futura formación.

El trabajo experimental en la clase tiene unos protocolos claramente definidos como el montaje, la manipulación del material, sin que se encuentre como objeto fundamental del laboratorio las habilidades que ayuden al estudiante a encontrar el sentido de la construcción del conocimiento a través de la experiencia

Otra forma de asumir el trabajo experimental está dado desde la mirada didáctica, pues se busca contrastar las ideas previas con los comportamientos en la actividad experimental, tratando de decir que lo que se piensa de algún fenómeno es acertado o equivoco; en palabras de Romero (2013) “sorprender el sentido común” es lo que se busca con las clases experimentales como si la ciencia se tratará de algo mágico.

Habitualmente la manera en que se asume el trabajo experimental en las clases está relacionado con el recetario que debe seguir el estudiante para obtener un valor numérico que dé cuenta de la teoría, siendo el error no muy bien aceptado pues ya están establecidos unos supuestos teóricos para que sea así y no de otra forma. Esta manera de abordarlo, no deja ninguna participación activa por parte del estudiante, pues este solo se limita a seguir instrucciones.

Normalmente el nombre que asumen los trabajos experimentales en el aula es el de práctica de laboratorio, siendo estas dirigidas a retomar experimentalmente las temáticas abordadas que se han visto en clase. El diseño de los trabajos prácticos describe un paso a paso que debe seguir el estudiante para dar certeza a lo que ha expuesto el maestro anteriormente. Cuando el experimento se asume como una actividad experimental esta implica que es el mismo sujeto el que le da sentido a lo que hace, pues existen unos supuestos bases que empiezan a dirigir su actividad experimental colocando los ojos sobre ciertos comportamientos que llaman su atención sobre el fenómeno observado. Esta actividad se vuelve propia y no ajena al sujeto, ya que es él mismo quien plantea los problemas que subyacen al quehacer experimental y determina cómo ha de proceder.

Las formas de asumir el experimento en las clases de ciencias, se pueden identificar dos aspectos:

- ✓ En ninguna de las dos formas hay una apropiación conceptual, pues se sigue un paso a paso planteado por el docente para llegar a un valor numérico que dé cuenta de la teoría o enunciado. En otras ocasiones, las situaciones ni siquiera están diseñadas por el docente, sino que son tomadas de los libros de texto o de la internet, dándole el valor al experimento

de subsidiario de la teoría, pues lo importante no son los problemas que de él se desliguen sino hacer una conexión arbitraria con la teoría.

- ✓ El estudiante toma un papel pasivo pues los datos son ajenos a él, ya que lo que se busca es que replique de la mejor manera el trabajo científico.

Pese a las últimas investigaciones sobre la importancia de la experimentación en la enseñanza de las ciencias aún no se logra superar las dificultades en los anteriores aspectos mencionados. Pese al consenso entre los maestros de ciencias sobre el valor que se debe dar a la experimentación en los procesos enseñanza-aprendizaje.

Desde comienzos del siglo XXI, se han comenzado a realizar investigaciones, que han pretendido resignificar el sentido de la práctica del laboratorio en los procesos de enseñanza aprendizaje, en contraposición a los paradigmas tradicionales que se centran en el desarrollo de técnicas y procedimientos para obtener una mayor veracidad en la obtención de datos y en su interpretación, asumiendo la actividad experimental en el aula como recurso didáctico subsidiario de la enseñanza que ayuda en la construcción de explicaciones en el sentido estricto.

Estos estudios, resaltan de la misma manera que los profesores de ciencias asumen que la naturaleza del experimento en el aula es aquella signada por la imagen positivista de la ciencia, donde se distingue la separación entre la parte teórica y la parte experimental, siendo el experimento el único elemento de validación entre teorías, (Koponen, Kurki–Suonio, Jauhiainen Hämäläinen y Lavonen 2006). Además en los currículos de ciencias se asume que el papel del experimento tiene el mismo sentido tanto en las comunidades científicas como en la enseñanza de las ciencias, cuando es claro que los intereses de cada uno de los actores inmersos son totalmente diferentes.

Por lo tanto, en contraposición, ha aparecido una nueva corriente, se reflexione en torno a el papel de la práctica de laboratorio, para llenarla de significación en el aula, parte de las críticas hechas a la objetividad absoluta del positivismo se empieza a cuestionar el concepto de verdad científica, permitiendo así la construcción de nuevos sentidos para el conocimiento, uno de estos aportes viene dado por la corriente del relativismo científico.

El relativismo científico, parte de señalar que los fenómenos no son exteriores a las leyes objetivas, porque son parte de una relación mutua observador - fenómeno, en este sentido el sujeto construye la realidad y los modelos o elaboraciones responden a los intereses y cuestionamientos que se tienen sobre ellos, de lo anterior se puede deducir que no existen verdades últimas y que por lo tanto todo pensamiento sobre la naturaleza es relativo y depende de contextos de producción. Con esto no se quiere entrar a discutir sobre el carácter de la validez donde todo lo que se diga o se

hace es viable, sino que es mostrar que la ciencia no es ajena a lo que somos como sujetos y a la manera en que nos relacionamos con la naturaleza.

A partir de este nuevo paradigma científico, la actividad experimental en el aula, no es un simple experimento, es una actividad compleja que implica la medición, la manipulación de instrumentos, la creación de fenómenos, su regularización y el enfrentamiento con las ideas propias que como sujetos se construyen desde las experiencias adquiridas. Experimentar es crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos Hacking (1996). En la práctica experimental se gesta el conocimiento y la posibilidad de transformar el mundo, es lo que Hacking, parafraseando a Bacon, llama torcerle la cola al león. El trabajo experimental no es solamente preparar el experimento, diseñar y construir aparatos; también lo es manipular entidades y crear fenómenos; tiene una dinámica propia y autónoma de la teoría; es decir, que ninguna se vuelve subsidiaria de la otra, sino que por el contrario las dos tienen el mismo valor en la construcción de conocimiento. Los fenómenos ya no serán ajenos al sujeto sino que serán de las mismas elaboraciones que él hace del mundo.

Las características dentro de la concepción de la actividad experimental en el aula se pueden plantear en los siguientes tópicos:

La actividad experimental es fundamental en el proceso experimental, pues es propia del sujeto que aprende, por lo tanto el estudiante desde los propios intereses da cuenta de una explicación formal respecto a un fenómeno, una observación o una práctica.

Las actividades experimentales están permeadas por las experiencias adquiridas previamente, y a partir de ella se va construyendo los nuevos saberes, realizando una organización de la misma respecto a los comportamientos encontrados del fenómeno abordado.

Cuando se asume el experimento como una actividad de construcción del conocimiento, esta se vuelve intrínseca al sujeto, y se vuelve, por lo tanto, más sencillo hablar de lo que se conoce ya que se vuelve espontáneo el proceso de apropiación y no como una verdad absoluta impuesta por un científico o porque así lo dice una teoría o ley.

En la secuencia de aula, desde los nuevos paradigmas, la experiencia es la que determina en principio el camino que se sigue en la construcción del conocimiento, pues es a través de la experiencia que se cimientan gran parte de las ideas que se tienen respecto al mundo; y es la observación directa la que permite predecir sobre algún efecto o comportamiento de un fenómeno observable, de esta manera, son las experiencias las que toman mayor valor para discurrir sobre la construcción del conocimiento científico.

El trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje de las ciencias, pues le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad. Además, el estudiante pone en

juego sus conocimientos previos y los verifica mediante las prácticas. La actividad experimental no solo debe ser vista como una herramienta de conocimiento, sino como un instrumento que promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales que debe incluir cualquier dispositivo pedagógico (Osorio, 2004).

La actividad experimental hace mucho más que apoyar las clases teóricas de cualquier área del conocimiento; su papel es importante en cuanto despierta y desarrolla la curiosidad de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas y a explicar y comprender los fenómenos con los cuales interactúan en su cotidianidad. Una clase teórica de ciencias, de la mano de la enseñanza experimental creativa y continua, puede aportar al desarrollo en los estudiantes de algunas de las habilidades que exige la construcción de conocimiento científico.

Según Duhem (1914) resalta la idea de que la teoría física es considerada una explicación. Una teoría se reconoce por: ser representativa, que se propone clasificar las leyes, y explicativa que se propone captar la realidad que hay detrás de los fenómenos, ese vínculo es muy débil y artificial.

El conocimiento no se recibe pasivamente, ni a través de los sentidos, ni por medio de la comunicación, sino que debe ser construido activamente por el sujeto, de esta manera el objeto de la teoría científica es la explicación de un conjunto de leyes establecidas experimentalmente, de manera que las resume y clasifica lógicamente, donde la explicación permite despojar la realidad de las apariencias sensibles, siendo las formas lógicas de organizar y analizar un fenómeno, esto no es posible sin la observación frente a dichos fenómenos de los efectos que se perciben.

Los métodos correctos para definir y medir propiedades de los procesos científicos es el lenguaje, la forma como se comunican los fenómenos observables, los juicios se comparan con las leyes experimentales que la teoría se propone representar. Si se está de acuerdo con esas leyes, con el grado de aproximación que implican los procedimientos de medición utilizados, la teoría ha conseguido su objetivo y se considera buena, en caso contrario es mala, y deberá ser modificada o rechazada. Por lo tanto, la ciencia se encarga de proporcionar una representación y clasificación de las leyes experimentales, la única prueba que permite juzgar una teoría, declararla buena o mala, es la comparación entre una teoría, que no es una verdad absoluta, con la observación experimental, su representación y simbolización. La primera condición que debe cumplir un estudiante que se dedique a la investigación de los fenómenos naturales es conservar una total libertad de espíritu basada en la duda.

Las características de una actividad experimental y de una red conceptual frente a la explicación de fenómenos de naturaleza, deben regir la comparación entre experimento y la teoría, se puede decir cómo se reconocerá si una teoría resulta confirmada o refutada por los hechos, es decir, se debe realizar experimentos para destruir una teoría, en vez de hacerlos para buscar la verdad. El

físico que experimenta tiene dos referentes uno es lo concreto, lo que él manipula, y el otro es el esquemático y abstracto.

La teoría no es solo una representación de las leyes experimentales, sino también es una considerada como clasificación de estas leyes, es por ello que la teoría no descubre las realidades que se ocultan tras las apariencias sensibles, pero cuanto más se perfecciona, más se presenta el orden lógico con el que se clasifica las leyes experimentales reflejando un orden ontológico, de manera que se hace una relación entre los datos de la observación que corresponden a relaciones entre las cosas, llegando a ser una clasificación natural (Concari, 2001).

Según, Koponen et al. (2000), el proceso para la construcción de los conceptos en el mundo científico comienza con la percepción sensorial y se consolida a través de los experimentos y las mediciones controladas. Desde este punto de vista el experimento se refiere a todas las formas de adquirir información cualitativa o cuantitativa que contribuya en la construcción del significado del concepto a través de las descripciones y explicaciones que se den ante lo observado. Sí, el aprendizaje es la conceptualización, se deberían tener en cuenta estos aspectos al momento de diseñar las actividades a desarrollar en el aula. En este sentido, el proceso de enseñanza y aprendizaje debe comenzar por la observación, quien determina percepción para luego avanzar a través de los niveles cuantitativos, la base son los experimentos para verificar la ley que define la cantidad e indicar como se puede medir; y finalmente, entrar en el nivel de la teoría estructurada y explicar los modelos (estructuración).

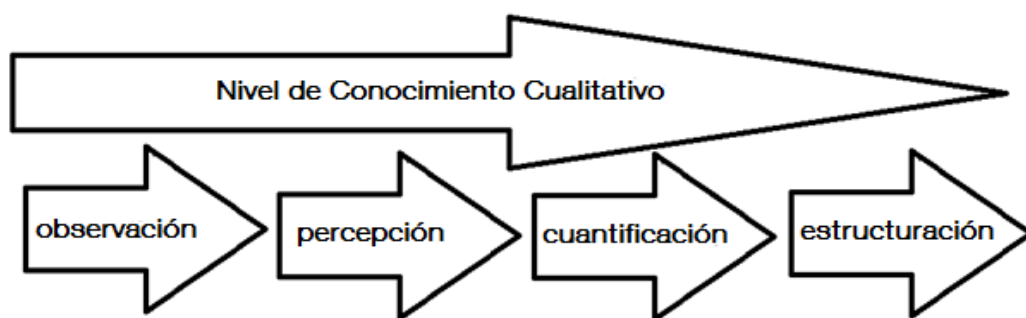


Diagrama 3. Proceso de construcción del conocimiento científico en el aula a través de la actividad experimental.

El nivel de conocimiento cualitativo es el más importante porque los otros niveles se pueden alcanzar únicamente a través de él, ya que es ahí donde se sientan las bases del uso científico del lenguaje, clave para la comprensión, se presta atención a la observación, clasificación y descripción de los fenómenos; por otra parte, es donde los estudiantes empiezan a desarrollar sus capacidades, relacionando el experimento y la teoría, unidos entre sí. Es por eso que estos conceptos deben ser reflejados en las prácticas de enseñanza y el docente es el encargado de abrir el camino hacia la conceptualización.

Teniendo en cuenta que “el conocimiento científico es una construcción humana que tiene por objetivo comprender, explicar y también actuar sobre la realidad” (Concari, 2001), se hace necesario establecer una definición más profunda de la explicación, en el contexto de las ciencias.

TIPO DE EXPLICACIONES

Las explicaciones surgen como respuesta a una pregunta, pero no todas las preguntas requieren de una explicación, es decir que una respuesta a una pregunta no siempre es una explicación. El valor de la explicación reside en que permite unificar y organizar el conocimiento, por ello las explicaciones no han de evaluarse individualmente, sino que se consideran dentro de una historia narrativa o un grupo de explicaciones relacionadas y en el contexto escolar en que fueron generadas (Gómez, 2006), también plantea que para construir explicaciones en el aula se deben tener en cuenta tres aspectos importantes: La necesidad de construir preguntas que sean significativas para los estudiantes; construir respuestas a esas preguntas partiendo de las ideas de los alumnos, integrándolas con las ideas nuevas y estableciendo relaciones entre éstas y los fenómenos que explican; así como el hecho de que las explicaciones construidas permitan asumir una posición frente al hecho o fenómeno a explicar, posibilitando la toma de decisiones. La caracterización se presenta de la siguiente manera.

TIPO DE EXPLICACIÓN	DESEMPEÑO ESPERADO	CRITERIO DE EVALUACION
NARRATIVA	Explica un evento mediante la descripción de los acontecimientos que condujeron a su ocurrencia. Cita eventos únicos como explicativo de otros eventos. Postula algunos eventos como causas de los demás.	Las actividades tienen un orden cronológico estructurado.
DESCRIPTIVA	Explica los acontecimientos teniendo en cuenta las propiedades que presenta el fenómeno.	Detalla las características de cada una de las sustancias trabajadas. Ordenan las sustancias trabajadas según sus propiedades.
FUNCIONAL	Se construye la explicación de acuerdo con las condiciones y	Generaliza las características de las

	<p>antecedentes de ocurrencia de un hecho o fenómeno.</p> <p>Explica los fenómenos ajustándolo a un general.</p>	<p>sustancias trabajadas para un grupo de sustancias.</p> <p>Formula hipótesis sobre el comportamiento de las sustancias.</p> <p>Se basa en los resultados de la actividad anteriores para explicar los resultados de las otras actividades.</p>
CAUSAL	<p>Explica citando un motivo de eventos o leyes.</p> <p>Los eventos pueden incluir las acciones humanas.</p>	<p>Relaciona el comportamiento y la composición y/o estructura de las sustancias trabajadas.</p> <p>Utilizan la teoría para realizar las explicaciones.</p>

Tabla 1. Tipo de explicaciones Narrativa, Descriptiva, Funcional y Causal de Nagel.

Explicación Narrativa

Feynman (1999) plantea que el discurso de las ciencias pretende explicar y describir los hechos, al margen de las emociones, porque busca construir una representación objetiva del mundo, en la búsqueda de una verdad universal una búsqueda de verdades universales, independientemente de las intenciones o conflictos humanos. Supone un esfuerzo cognitivo en el tratamiento de la información que se pone en funcionamiento cuando necesitamos realizar una verificación lógica.

Sin embargo, es el pensamiento narrativo el que hace que el estudiante desde sus emociones describa una observación en una actividad experimental y Bruner (1991) plantea que las narraciones no persiguen establecer la verdad empírica contrastable y repetible sino que lo determina desde sus creencias particulares. Pero cualquier actividad experimental pretende leer la realidad, interpretarla y reconstruirla a través de las particularidades de la experiencia, de las intenciones, emociones y acciones humanas, es decir se debe partir de formas más primitivas y espontánea de construir la realidad.

Estas dos formas de pensamiento no se pueden reducir la una a la otra, en tanto son modalidades autónomas en sus principios de funcionamiento y en sus criterios de verificación, pues la narrativa se pueden utilizar para introducir contenido y despertar el interés en la investigación científica, que sería conducir a una mayor participación, que la presentación exhaustiva y determinante de los textos científicos.

Conant (1947) dio a conocer explicaciones científicas en el contexto de estudios de casos históricos que narró el medio social y la vida personal de los científicos, lanza la búsqueda y el desarrollo de explicaciones dentro de las líneas argumentales "para ayudar al estudiante a recapturar la experiencia de aquellos que una vez participó en eventos emocionantes en la historia científica. Conant propone que tales narrativas en la ciencia pueden ser útiles para "comunicar ideas" y al hacer que las ideas sean coherentes, memorables y significativas. En primera medida que se articulará más completamente una vez que la base conceptual esté más plenamente establecida.

En segundo lugar, el valor de todas estas propuestas se basa en la existencia de un efecto narrativo que mejore la memoria, el interés y la comprensión, las explicaciones narrativas sirven para identificar dónde existen en la ciencia, para investigar sobre ella.

Dentro de las explicaciones narrativas están las explicaciones intrínsecas a la disciplina de la ciencia y aquellas que son extrínsecas. Una explicación intrínseca a la ciencia es aquel que explica algún fenómeno natural y es parte del cuerpo del conocimiento científico. La teoría de la gravitación universal, la teoría tectónica de placas y la evolución. Una explicación extrínseca a la ciencia es uno que explica algo sobre la ciencia, y por lo tanto está fuera del cuerpo del conocimiento científico en sí.

Los elementos de la narrativa, se encuentran referencias a un narrador (alguien que dice), un lector (alguien recibiendo, a quien, porque nos interesan principalmente las historias escritas), eventos (algo que sucedió) y tiempo pasado.

ELEMENTO NARRATIVO	SENTIDO
EVENTOS	Están relacionados por orden cronológico
NARRADOR	Determina el punto y el propósito de la historia para ser contada Selecciona los eventos y la secuencia en que se les dice
ESTRUCTURA	Narrativas están unidas entre sí por satisfacer las expectativas que se encuentran establecido con anterioridad
AGENCIA	Los actores causar y experimentar
PROPÓSITO	Para ayudar a comprender mejor el mundo natural Para ayudarnos a imaginar y sentir la experiencia de los demás

LECTOR	El lector debe interpretar el texto como una narrativa con el fin acercarse a ella con las expectativas y anticipaciones apropiadas
---------------	---

Tabla 2. Elementos narrativos y sus significados

Las propuestas para el uso de la explicación narrativa en la educación científica, presunción de un modelo genético o narrativo. Tal efecto, es deseable educativo, en que significa mejorada memoria para contenido, mayor interés en el aprendizaje, y una mayor comprensión de lo que se aprende. Por tanto, estos investigadores plantean, como una forma de acceder al conocimiento científico, la presentación narrativa de la explicación para la enseñanza: Es evidente que las explicaciones científicas dependen de la existencia de mundos con protagonistas cuyos comportamientos posibles confeccionan la historia.

Pero también es necesario que estos mundos se sitúen con frecuencia muy lejos del sentido común cotidiano. Tales explicaciones carecen de significado hasta que no sepamos qué se supone que son capaces de hacer o qué les han hecho a las entidades que implican.

Explicación Descriptiva

Uno de los objetivos primordiales de toda ciencia desde el punto de vista empírico es explicar los fenómenos del mundo de nuestra experiencia y responder no sólo a los “qué”, sino también a los “¿por qué?” (Hempel, 1996). Por lo tanto, las preguntas que las ciencias responden son preguntas relativas a cómo (de qué manera o en cuáles circunstancias) se producen los sucesos y se relacionan las cosas. Por lo tanto, las ciencias pueden llegar, a lo sumo, a sistemas amplios y exactos de descripciones, no de explicaciones (Nagel, 1968). Pero, en el campo particular del conocimiento elaborado por las ciencias naturales, cobran especial sentido las discusiones acerca de qué es explicar con rigor epistémico (Estany, 2006). Los dos conceptos anteriores aparentemente contradictorias, lo que muestra en este campo no se puede deshacer de la multiplicidad del término “explicación”.

Los antecedentes filosóficos del descriptivismo explicativo se hallan en Hume (1980). El concepto escolástico de ciencia como conocimiento a través de la causas, queda abandonado por apoyarse en la falacia del (post hoc, ergo propter hoc), significa después de esto, luego a causa de esto, y del contenido causal que se tratará más adelante. En la explicación descriptiva se conoce como sucesiones de fenómenos, poner de manifiesto relaciones regulares de anterioridad y de posterioridad entre los eventos.

La descripción cuestiona del porqué, en la cuestión del cómo, en este enfoque un hecho es meramente descrito cuando es identificado, caracterizado y medido en sí mismo, y más allá de la mera descripción, es explicado cuando se identifican, caracterizan y miden otros hechos, en cuya

sucesión está integrado aquél. Explicación es entonces aquel género de descripción que toma por objeto un segmento de la realidad más amplio que aquel que pretende explicar.

Explicación Funcional

El término “función” que a menudo se asocia con este tipo de explicaciones tiene significados diversos (Nagel, 1968), que apuntan por ejemplo a la relación entre las partes, las operaciones, la necesidad o importancia, la estructura y el uso.

Un sentido importante desde el punto de vista del estudio de la explicación es el que vincula la función con la forma de operar de un todo. Este sentido es el usual en la perspectiva teórica llamada funcionalismo. Las explicaciones funcionales, indican que algo existe para que se obtenga cierta estructura determinada. El estructural – funcionalismo, en lugar de pensar cómo se originaron los hechos, piensa qué lugar ocupan dentro de una estructura y qué función cumplen en ella.

Las explicaciones funcionales están estrechamente asociadas a las preguntas en la biología y estudios de los asuntos humanos (Nagel, 1968). Ejemplos de preguntas que requieren una explicación funcional incluyen: ¿Por qué los árboles de hoja caduca tienen hojas que caen en el otoño? ¿Por qué las serpientes tienen pieles que ¿cobertizo? y ¿Por qué los seres vivos tienen ácidos grasos? Al responder a cualquiera de estas preguntas, la atención debe estar puesta en generalizaciones, funciones, fines, consecuencias y efectos.

Buscamos una explicación de por qué liebres viven en climas cálidos tienen esas grandes orejas, la explicación funcional es que los oídos sirven como radiadores de exceso de calor del cuerpo. El problema para este tipo de explicaciones es la contabilidad, no existe una ley general según se requiera por ese modelo que se puede utilizar en una derivación del hecho de que los conejos tienen orejas grandes, los posibles candidatos, como que los mamíferos que viven en regiones calientes tienen orejas grandes, no son simplemente verdad general.

Estos tipo de explicaciones se caracterizan, a diferencia de las explicaciones causales, en que apuntan “hacia el pasado” por intentar la explicación de un hecho que ocurre en el presente en virtud de algo que ocurrirá en el futuro, la causa se da después y el efecto antes.

Explicación Causal

En el marco del modelo nomológico – deductivo, la explicación causal es aquella que explica los hechos como efectos de ciertas causas o condiciones antecedentes (Nagel, 1968). Suele considerarse apropiado denominar “causa” a un fenómeno si su presencia constituye una condición suficiente para la aparición de otro fenómeno denominado “efecto”; aunque también hay quienes reservan la palabra “causa” para designar un fenómeno sólo si éste es una condición necesaria, o necesaria y suficiente, para su efecto, una causa remite a la suma de las condiciones positivas y negativas de las cuales se sigue invariablemente una consecuencia.

Lo que ordinariamente denominamos ‘causa’ en el marco positivista lógico sería una de esas condiciones, seleccionada bastante arbitrariamente. El empirismo propone básicamente tres reglas para juzgar algo como causa de un efecto: la contigüidad espacial y temporal, la prioridad temporal y la conjunción constante. Desde una perspectiva bien diferente (a veces llamada ‘criticista’), Immanuel Kant cree que el conocimiento es constructivo y no meramente empírico. Entonces, para esta concepción de corte más racionalista, no basta la mera covariación regular para definir la relación causal; es necesario establecer unas condiciones de carácter universal y abstracto que definan ese vínculo. En este marco de ideas surgirían diferencias teóricas entre Ernest Nagel acerca de la naturaleza última de la causación, del rol que juegan en ella las leyes, y de las “circunstancias” que concurren.

Se reconoce la existencia de diferentes tipos de explicaciones, aunque no aparece con claridad cómo el profesorado “explica la explicación”, es decir, cómo transforma la explicación científica en una explicación que acerque a los estudiantes al conocimiento. Por su parte, hablar de la enseñanza de la explicación científica supone preguntarse por el qué, para qué y cómo de tal proceso.

CAPITULO 3. ANALISIS HISTÓRICO PARA EL DISEÑO DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Los análisis históricos de las fuentes primarias con fines pedagógicos, permite afianzar las concepciones teóricas al elaborar concepciones de mundo, formas de abordar problemas centrales y sistemas conceptuales en torno a los fenómenos químicos. Siempre que se recurra a la historia de la ciencia no como una motivación para ubicar espacial y temporalmente los científicos, los descubrimientos y las anécdotas que se han dado a lo largo de la evolución de un concepto y/o teoría, sino como una forma de rescatar las preguntas, los problemas conceptuales y los argumentos que fueron la base de algunos de los planteamientos científicos que se han producido a lo largo de la historia, como una forma de incidir en la transformación de la práctica pedagógica al diseñar estrategias metodológicas donde los estudiantes puedan ampliar la experiencia frente a los fenómenos, mediante actividades donde los caractericen, clasifiquen y ordenen, además que tengan oportunidad para preguntarse y buscar las respuestas, es decir que puedan construir su conocimiento (Malagón, Sandoval y Ayala, 2013).

Para lo cual es necesario que al momento de diseñar una metodología se tenga en cuenta la ciencia, la historia y la epistemología, en la perspectiva de una transformación de los sistemas de enseñanza que permita una participación consciente de los estudiantes en la construcción de sus conocimientos (Gagliardi, 1988). La historia de las ciencias se considera como una gran fuente de recursos a la que puede acudir el maestro para:

- a) Ubicar espacial y temporalmente muchos de los gestos, descubrimientos y errores que se han dado a lo largo del devenir de las ciencias con el fin de mostrar la dinámica del quehacer científico.
- b) Rescatar los argumentos que estuvieron a la base de algunos de los diferentes planteamientos científicos que se han gestado a lo largo de la historia.
- c) Diseñar estrategias metodológicas, que se alcanza al establecer un paralelo entre la dinámica del conocimiento científico y la dinámica del conocimiento individual.
- d) Transformar las imágenes que tienen los individuos acerca de la ciencia y del quehacer científico, y de esta manera, incidir en la transformación de las prácticas pedagógicas en el aula.

Los docentes deben concebir la ciencia como algo no acabado y todo cambio conceptual debe estar orientado hacia aquellas etapas por las que ha transitado el quehacer científico para lo cual debe basarse en los análisis históricos y así poder elaborar una imagen de los fenómenos relacionados con los planteamientos científicos que le interesa abordar en el aula y darle una significación a los

mismos, le permitirá también valorar los aportes de los autores estudiados y, por último, le posibilitará generar estrategias didácticas adecuadas para abordar en el aula el fenómeno en cuestión (Ayala, Malagón y Sandoval, 2013).

Desde este punto de vista, en este capítulo se presenta un análisis histórico de algunos de los acontecimientos que conllevaron a la construcción de los fenómenos relacionados con los ácidos grasos. Al iniciar el estudio sobre estos compuestos una de las primeras preguntas que nos surgieron fue en torno a su denominación ¿por qué ácidos? y ¿por qué grasos? En la búsqueda de estos interrogantes nos encontramos con el químico Michel Eugene Chevreul, quien fue el primero en trabajar, desde el año 1813 y hasta 1823, alrededor los cuerpos grasos publicando un estudio completo de los mismos en su libro “*Recherches chimiques sur le corps gras d’origine animal*”.

El químico Chevreul utilizaba la designación de cuerpos grasos para las sustancias que se quemaban con una llama voluminosa produciendo humo negro, eran solubles en alcohol, insolubles o muy poco solubles en agua. La primera distinción que hizo entre las grasas la estableció teniendo en cuenta la temperatura en que se licuan, como se observa en la Tabla 3.

CUERPOS GRASOS	PUNTO DE FUSIÓN
Aceites	10 – 15 °C
Mantequillas	20 °C
Grasas	30 °C
Sebos	40 °C
Ceras	64 °C

Tabla 3. Clasificación de los cuerpos grasos según el punto de fusión

Más tarde se amplió la denominación de cuerpos grasos a muchos otros grupos de sustancias, tales como resinas, aceites volátiles, etc. Las resinas se caracterizan por su estado sólido, una fusibilidad menor que las ceras, friabilidad, un olor más o menos fuerte; los bálsamos en su origen se distinguen de las resinas por su suavidad, y casi siempre por un olor más pronunciado. Los aceites volátiles tienen propiedades características, su olor penetrante, la volatilidad, la facultad de manchar el papel como los aceites propiamente dichos, con la diferencia sin embargo, que la mancha producida por los primeros desaparece cuando el papel es expuesto al aire mientras que la mancha producida por los segundos es permanente. Se observa a partir de lo anterior que la definición de los cuerpos grasos es vaga imposibilitando hasta ese entonces dar una definición científica.

A través de sus investigaciones demostró que los aceites, grasas, mantecas y sebos están constituidos casi completamente por mezclas de varios principios inmediatos orgánicos, denominó así a la combinación de los principios elementales (oxígeno, nitrógeno, carbono e hidrógeno) que ocurre bajo la influencia de la vida, y no pueden ser separados en varios tipos de materiales sin alterar su naturaleza.

A los principios inmediatos orgánicos encontrados en los cuerpos grasos los llamó estearina, margarina y oleína, descubriendo además en la manteca de la leche, en el sebo y en el aceite de pescados, otros principios olorosos y volátiles que denominó butirina, caprina, caproina, hircina y focenina.

EL VITALISMO

De la lectura del libro de Michel Eugéne Chevreul se puede deducir que era vitalista, por lo tanto con el objetivo de avanzar en la organización de los ácidos grasos, se configura un análisis alrededor de lo que se comprendía por cuerpos orgánicos en la época en que se realizaron estos trabajos. A principios del siglo XIX la química de los compuestos del carbono estaba mucho más atrasada que la química de los metales y de algunos no metales comunes como el azufre, fósforo y nitrógeno. Los científicos de la época pensaban que en la naturaleza orgánica, los elementos parecían obedecer leyes diferentes a las que regían la naturaleza inorgánica; los productos que se obtenían de las reacciones de estos elementos difieren de los que ofrece la química mineral y sus investigaciones estaban dirigidas a descubrir la causa de esta diferencia como la clave para comprender la teoría de la química orgánica (Berzelius, 1851)

La teoría base durante esos años consistía en que todo cuerpo orgánico difería del inorgánico, en que el primero tenía un principio manifiesto, por el cual se desarrollaba y del cual también dependía su decadencia y destrucción; mientras que el cuerpo inorgánico no poseía dicho principio por lo tanto sus sustancias podían ser alteradas, mas no destruidas. Los científicos tenían presente que los elementos de la naturaleza orgánica eran también indestructibles pero hacían referencia a que lo que se destruye era la esencia propia de los cuerpos orgánicos, los seres vivos que mueren devuelven los elementos a la naturaleza inorgánica y estos no vuelven jamás a la vida, indicando que la esencia del ser viviente no reposa en sus elementos inorgánicos, sino en un principio que conduce los elementos inorgánicos comunes a todos los cuerpos vivos a cooperar en la producción de un resultado particular, determinado y diferente en cada especie. Este principio manifiesto lo denominaron con el nombre de fuerza vital o asimilatriz, no comprendían en qué consistía, cómo iniciaba y ni cómo concluía (Berzelius, 1851).

Según Berzelius (1851) la fuerza vital es una fuerza particular que reside en la naturaleza viviente, que se sobrepone a las demás fuerzas preparando las condiciones (electricidad, luz, calor, reactivos químicos e influencia catalítica de los cuerpos) infinitamente variadas necesarias para el desarrollo

de la afinidad de los elementos de la materia inorgánica, y que dicha fuerza determina exclusivamente las producciones químicas que se han observado en los cuerpos dotados de vida.

Un aspecto de gran interés en las investigaciones era determinar la composición de los cuerpos orgánicos, para lo cual se hizo uso del análisis elemental y a mediados del siglo XIX se habían identificado los elementos más comunes presentes en los cuerpos orgánicos, concluyéndose que solo una pequeña parte de los elementos inorgánicos los conformaban, como carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Entre los compuestos identificados, hasta ese entonces, se pudo establecer que un pequeño porcentaje estaban compuestos a base de carbono e hidrógeno; en otros, un poco más amplio, además de los dos elementos anteriores también se podía encontrar oxígeno; y finalmente el porcentaje más amplio contenía los tres anteriores elementos y nitrógeno. En algunos casos, pero en menor número, se encontraron haciendo parte de las sustancias orgánicas el azufre, el fósforo, aún el hierro (existente en la materia colorante de la sangre de los animales) y si tenían en cuenta la composición de algunas algas y conservas marinas, se podía incluir al yodo entre los elementos orgánicos (Lassaigne, 1844).

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LAS MATERIAS ORGÁNICAS

Es fundamental que para poder comprender el trabajo de Chevreul, alrededor de las determinaciones de composición de los cuerpos ácidos grasos, se investigue acerca del procedimiento e instrumentos utilizados para los análisis elementales; tenían por objeto dar a conocer la naturaleza y las proporciones exactas de los elementos que compone una sustancia orgánica, poder establecer la técnica que proporcionara un análisis que fueran realmente preciso fue una búsqueda que presentó diversas dificultades técnicas a la que se enfrentaron varios científicos.

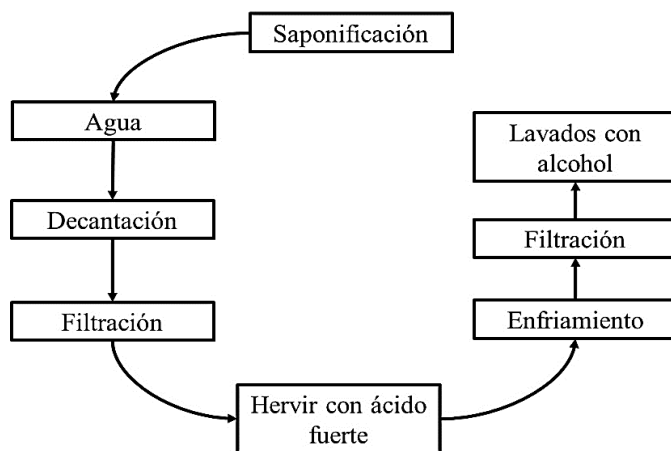


Diagrama 4. Análisis elemental de Chevreul

Chevreul utilizó la técnica desarrollada por MM. Gay – Lussac y Thenrad, quienes se basaron en los trabajos de Lavoisier, a la cual le realizaron algunas modificaciones (Bouchardat, 1845), la

cual se observa en Diagrama 4; para obtener la materia grasa que se encuentra en los productos de la saponificación, le agregaba gran cantidad de agua y colocaba a decantar hasta la formación de una capa de escamas muy finas, la cual recuperaba con el proceso de filtración; a continuación, para separar el aceite graso hervía la muestra con un ácido fuerte, luego la colocaba a enfriar hasta obtener una capa cristalina; a la cual le hacía lavados con alcohol, en una relación de 200 veces el peso de la muestra, para retirar el ácido fuerte. A través de este método obtuvo, después de un delicadísimo análisis inmediato, varias sustancias a las que llamó esteárico, margárico, oléico, butírico, caprónico, cáprico y focénico.

Con el análisis inmediato también encontró la composición de cada una de ellas, ver Tabla 4 con aproximaciones bastante cercanas a las fórmulas químicas que conocemos hoy en día de dichos compuestos; la diferencia se le atribuye al valor asignado al equivalente del carbono.

Elementos		Carbono		Hidrogeno		Oxigeno		Peso Total	Formula
		Peso	Átomos	Peso	Átomos	Peso	Átomos		
No Volátiles	Esteárico	5357,1	70	842,4	135	500	5	6699,5	$C_{70}H_{135}O_5$
	Margárico	2602	34	405,6	65	300	3	3307,6	$C_{34}H_{65}O_3$
	Oleico	5357	70	730	117	500	5	6587	$C_{70}H_{117}O_5$
Volátiles	Focénico	765,3	10	87,36	14	300	3	1152,66	$C_{10}H_{14}O_3$
	Butírico	612,24	8	68,64	11	300	3	980,88	$C_8H_{11}O_3$
	Caprónico	918,36	12	118,56	19	300	3	1336,92	$C_{12}H_{19}O_3$
	Cáprico	1377,54	18	180,96	29	300	3	1858,5	$C_{18}H_{29}O_3$

Tabla 4. Fórmulas aproximadas de los ácidos grasos trabajados por Chevreul

Aunque con la implementación de los análisis elementales se pudo avanzar en la determinación de la composición de los cuerpos orgánicos, aún en el siglo XIX era difícil conocer con tanta certeza su composición racional que permitiera clasificarlos según los radicales presentes, como se podía hacer con los cuerpos inorgánicos como óxidos, sulfuros, cloruros, etc. Por lo tanto, al no poder realizar una clasificación general basada en dichos principios se recurrió a reunir en un mismo grupo cuerpos que con poca diferencia tendrían la misma la composición empírica.

Berzelius diseñó un método para clasificar los cuerpos orgánicos; teniendo en cuenta que la naturaleza orgánica comprendida a los animales y vegetales, y basándose en la historia natural que clasifica a los individuos del reino vegetal y del animal, según sus caracteres, en géneros y especies; propuso organizar grupos que se formaban por las analogías de sus propiedades comunes obteniendo ácidos, bases, aceites grasos, aceites volátiles, resinas, que a pesar de las diferencias

que se notan en las especies que componen estos géneros, se observa en ellas cierto aire de familia. Sin embargo, cada género, bajo relaciones determinadas, ofrece propiedades y composición variables.

DESCUBRIENDO LOS ÁCIDOS GRASOS

Mediante el análisis elemental Chevreul logró aislar estas siete sustancias de los cuerpos grasos que estaba trabajando, para poder clasificarlos estudio las propiedades físicas y químicas de cada una, ver Tabla 5, de esta manera y basándose en el método de clasificación de Berzelius los denominó ácidos grasos.

Con el trabajo realizado, Chevreul llegó a concluir que los cuerpos orgánicos grasos ácidos cuando se encuentran en estado sólido, tienen el aspecto de la grasa o de la cera; pero la mayoría de las veces ofrecen una textura cristalina; cuando se hallan en estado líquido son de un aspecto oleaginoso, y no presentan mucha viscosidad. Tienen la propiedad de manchar el papel como todos los demás cuerpos grasos. Entre estos ácidos, los que son sólidos a temperatura ambiente, se funden generalmente a una temperatura inferior a 100 °C y no hay necesidad de elevar la temperatura más allá de los 130 °C para fundirlos. Los que son líquidos a temperatura ambiente, exigen para solidificarse bajar la temperatura considerablemente. Todos son susceptibles de volatilizarse, al menos en el vacío o en una corriente de gas, y pasan siempre una parte en la destilación; son incoloros cuando están puros; tienen una densidad inferior a la del agua; son muy solubles en el alcohol y el éter, y se disuelven fácilmente en los aceites grasos y volátiles.

Los ácidos grasos contienen mucho más carbono e hidrógeno que el necesario para formar con el oxígeno que se encuentra en ellos ácido carbónico o agua. Por esto son muy inflamables, y arden fácilmente en el aire con una llama fuliginosa. No se alteran por el contacto con el aire o al menos se alteran con mucha lentitud. Todos los ácidos grasos enrojecen la tintura de tornasol. La mayor parte de los ácidos grasos no se encuentran en la naturaleza en estado libre, y se extraen de los cuerpos grasos neutros, que parecen formados por la combinación de estos ácidos con las bases de naturaleza orgánica. Los ácidos suministrados por estos cuerpos grasos neutros, se separan de ellos en circunstancias variadas aunque se sigue un procedimiento generalizado.

Por ejemplo, los ácidos están caracterizados por las mismas propiedades electronegativas que los ácidos inorgánicos formados por radicales simples, se les reconoce por su sabor, que en unos es muy ácido y en otros apenas perceptible, así como por su acción más o menos pronunciada sobre ciertos colores vegetales; y sobre todo, por la propiedad que tienen de unirse a las bases para formar sales; aunque no se ha observado que también posean características corrosivas (Berzelius, 1851). Los ácidos grasos deben su nombre a que son obtenidos de los cuerpos grasos que habían sufrido previamente un proceso de saponificación.

Propiedades Ácidos Grasos	Estado Físico	Organolépticas			Punto Fusión	Punto Ebullición	Densidad	Solubilidad			Comportamiento frente a		
		Color	Olor	Sabor				Agua	Alcohol	Éter	Bases	Papel tornasol	Carbonatos Na y K
Estearico	Solido	Blanco Brillante	Inodoro	Insípido	$\geq 70^\circ$	$\geq 80^\circ$	0	Insoluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento Fuerte	Descomponen
Margárico	Solido	Blanco Brillante Intenso	Inodoro	Insípido	$\geq 60^\circ$		0	Insoluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento	Descomponen
Oléico	Liquido	Incoloro	Ligeramente rancio	Ligeramente rancio	$< - 0^\circ$	$> 100^\circ$	0,898	Insoluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento Fuerte	Descomponen
Focénico	Liquido	Incoloro	Muy Fuerte - Desagradable	Muy Ácido - Muy Picante	$< - 9$	$> 100^\circ$	0,932	Soluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento	Descomponen
Butírico	Liquido	Incoloro	Fuerte - Desagradable	Ácido - Picante	$< - 9$	$> 100^\circ$	0,9675	Soluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento	Descomponen
Capróico	Liquido	Incoloro	Débil - Desagradable	Ácido - Picante	$< - 9$	$> 100^\circ$	0,922	Poco soluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento	Descomponen
Cáprico	Solido	Incoloro	Débil - Desagradable	Ácido - Picante	18	$> 100^\circ$	0,9103	Soluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento	Descomponen
Hircico	Solido	Incoloro	Débil - Desagradable	Ácido - Picante	$< - 9$	$> 100^\circ$	0,923	Poco soluble	Muy soluble	Soluble	Formasales	Enrojecimiento	Descomponen

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de los ácidos grasos trabajados por Chevreul

OTROS ÁCIDOS GRASOS

Después de los trabajos de Chevreul, Berzelius, Dumas, Pelouze y otros químicos continuaron el estudio de los cuerpos grasos Berthelot, el creador de la síntesis en química orgánica, a cuyo poderoso esfuerzo se debió el sorprendente desarrollo de esta ciencia en pocos años, reprodujo artificialmente los cuerpos grasos naturales combinando la glicerina con los ácidos grasos respectivos, y obtuvo otras varias combinaciones de la glicerina con los ácidos, que constituyen otros tantos cuerpos grasos nuevos.

Algunos consideraron que no estaba quizás lejano el día en que, se obtuviera sintéticamente la glicerina y se pudiera formar sin intervención de las fuerzas de la vida orgánica, los llamados cuerpos grasos naturales, puesto que los ácidos butírico y caprónico se obtenían ya por este procedimiento, y podía suponerse que los demás no tardarán en ser obtenidos también por este medio.

Berzelius creía que las sustancias orgánicas estaban compuestas por radicales al igual que las moléculas inorgánicas estaban formadas por átomos, sosteniendo que la fuerza que unía tanto a átomos como a radicales era de carácter eléctrico, como así se demostró más tarde por lo que cada molécula debería estar cargada tanto positiva como negativamente.

Para sostener que las moléculas orgánicas disponían de ambas cargas sostuvo que sólo se componían de C y H lo que resultó ser falso finalmente. Dicha teoría quedó descalificada cuando Auguste Laurent pudo, en la molécula de etanol, sustituir con un átomo de cloro, un átomo de hidrógeno. El cloro era negativo y el hidrógeno positivo así que podían sustituirse mientras que un átomo de carbono con el de cloro y los dos estaban cargados negativamente lo que era contraindicar su teoría. Berzelius furioso desacreditó los trabajos de Laurent hasta su muerte.

Berzelius creía que las sustancias orgánicas estaban compuestas por radicales al igual que las moléculas inorgánicas estaban formadas por átomos, sostuvo que la fuerza que unía tanto a átomos como a radicales era de carácter eléctrico, como así se demostró más tarde por lo que cada molécula debería estar cargada tanto positiva como negativamente. Esto dio paso a la sustitución de unos elementos por otros.

En 1835 escribió un libro sobre catálisis que apareció en 1857, pero la compilación de todos sus trabajos sobre química orgánica empieza desde 1808 a 1830 en seis tomos para designar los procesos químicos en organismos vivos que posteriormente fue traducido por Wöhler. (Lockermann, 1960).

Como los elementos que estaban presentes en estos diferentes compuestos tenían las mismas proporciones, Berzelius sugirió que tales compuestos se llamasen isómeros (de la palabra griega que significa “iguales proporciones”), y la sugerencia fue adoptada. En las décadas siguientes se

descubrieron otros casos de isomería. La diferencia debería residir en el modo como los átomos estaban enlazados dentro de la molécula (Brock, 1992).

Tales fórmulas, que no dan más que el número de átomos de cada tipo presentes en la molécula, se llaman fórmulas empíricas (la palabra «empírico» significa «determinado por experimentación»). Era natural creer, en la primera mitad del siglo xix, que cada compuesto tenía una fórmula empírica propia, y que dos compuestos distintos no podían tener la misma fórmula empírica. Las sustancias orgánicas, con sus grandes moléculas, resultaron engorrosas desde el principio.

La fórmula empírica de la morfina (un compuesto orgánico bastante simple si se lo compara, por ejemplo, con las proteínas) se sabe ahora que es $C_{17}H_{19}NO_3$. Con las técnicas de principios del siglo XVIII para sus investigaciones, uso de saberes y técnicas de medición como la cristalografía y la volumetría, esperando que fueran útiles en el planteamiento de formulaciones teóricas en relación con los supuestos emergentes y los datos experimentalmente extraídos habría sido muy difícil, quizás incluso imposible, decidir si la correcta era esa o, digamos, $C_{16}H_{20}NO_3$. La fórmula empírica del ácido acético, mucho más simple ($C_2H_4O_2$) que la de la morfina, provocó grandes controversias en la primera mitad del siglo xix. Sin embargo, para aprender algo acerca de la estructura molecular de las sustancias orgánicas, los químicos tenían que empezar por las fórmulas empíricas.

Muchos compuestos orgánicos están formados únicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno. Una vez medidos el carbono y el hidrógeno y dando por supuesta la presencia de oxígeno para explicar cualquier residuo, podía determinarse a menudo la fórmula empírica. Hacia 1811 Gay-Lussac había obtenido, por ejemplo, las fórmulas empíricas de algunos azúcares simples. Este procedimiento fue posteriormente mejorado por un químico alemán, Justus von Liebig (1803-73), quien, en 1831, obtuvo como resultado fórmulas empíricas claramente fiables.

Estos pioneros del análisis orgánico obtuvieron en el curso de sus investigaciones resultados que acabaron con la creencia en la importancia de la fórmula empírica. Ocurrió de esta manera: En 1824, Liebig estudió un grupo de compuestos, los fulminatos, mientras Wöhler (que después sería íntimo amigo de Liebig y que pronto sintetizaría la urea) estaba estudiando otro grupo de compuestos, los cianatos. Ambos enviaron informes de su trabajo a una revista editada por Gay-Lussac quien notó que las fórmulas empíricas dadas para estos compuestos eran idénticas y que, sin embargo, las propiedades descritas eran muy diferentes.

A partir de 1810 Gay-Lussac y Thénard trabajaron con cianuro de hidrógeno (CNH), demostrando que era un ácido, aunque no contenía oxígeno (esto, junto con el descubrimiento casi simultáneo de Davy sobre el mismo hecho referido al ácido clorhídrico, refutaba la creencia de Lavoisier de que el oxígeno era el elemento característico de los ácidos), Gay-Lussac y Thénard hallaron que

la combinación CN (el grupo cianuro) podía desplazarse de un compuesto a otro sin que se separasen los átomos de carbono y nitrógeno. En efecto, la combinación CN actuaba del mismo modo que un átomo aislado de cloro, bromo, etc., hasta el punto de que el cianuro sódico (CNNa) tenía algunas propiedades en común con el cloruro sódico (CINa) y el bromuro sódico (BrNa).

Tal grupo de dos (o más) átomos que permanecían combinados al pasar de una molécula a otra se denominó un radical, vocablo que proviene de la palabra latina que significa «raíz». La razón de este nombre estaba en la creencia de que las moléculas podían construirse a partir de un número limitado de combinaciones de átomos pequeños. Los radicales serían entonces las «raíces» a partir de las cuales la molécula crecería.

Berzelius hizo suya la idea de que los radicales (parte de la sustancia capaz de conservar su identidad eléctrica a través de una serie de reacciones químicas) (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997). Podían ser las unidades a partir de las cuales se construyesen las moléculas orgánicas. Creía que las moléculas orgánicas estaban formadas de radicales, igual que las moléculas inorgánicas estaban formadas de átomos individuales, y llegó a pensar que los radicales eran casi tan indivisibles e inmutables como los propios átomos. Berzelius mantuvo que la fuerza que une a los átomos en una molécula inorgánica o en un radical orgánico era de naturaleza eléctrica (lo que finalmente acabaría siendo cierto). Cada molécula, pues, debía contener una parte positiva y una parte negativa, ya que sólo existía atracción entre los elementos de cargas opuestas. Para las sustancias inorgánicas simples como el cloruro sódico, este concepto de positivo y negativo demostró finalmente concordar con los hechos.

Para que esto se cumpliera en las sustancias orgánicas, Berzelius tuvo que insistir en que los radicales consistían en carbono e hidrógeno solamente, siendo el carbono negativo y el hidrógeno positivo. Por tanto, mantuvo que el radical benzoílo (C_7H_5O) no contenía ni podía contener oxígeno, lo que se contradecía con los estudios realizados sobre este radical. Berzelius estaba seguro también de que era imposible sustituir un elemento negativo por otro positivo sin cambiar drásticamente las propiedades del compuesto. Rápidamente se demostró que estaba equivocado en esta última afirmación.

CONTRIBUCIÓN DE JEAN BAPTISTE ANDRÉ DUMAS

Jean Baptiste André Dumas (1800 -1884) como muchos de sus colegas ayudaba a un boticario para mejorar sus conocimientos en química. Dumas realizó investigaciones sobre varios problemas fisiológicos importantes y las propiedades físicas de los líquidos. En 1831 aisló el antraceno del alquitrán de hulla, y en 1832 estudió los “aceites etéreos” obteniendo la fórmula del alcanfor, borneol y alcanfor artificial. Dos años más tarde juntamente con Eugène Melchior Péligot, el ácido cinámico y el nitrato de metilo (Katz, 2011).

Dumas era un entusiasta defensor de Berzelius, pero uno de los alumnos de Dumas, Auguste Laurent (1807-53), consiguió sustituir por átomos de cloro algunos de los átomos de hidrógeno existentes en la molécula de alcohol etílico. Este experimento asestó el golpe mortal a la teoría de Berzelius, ya que el cloro se consideraba negativo y el hidrógeno positivo, y sin embargo se podía sustituir el uno por el otro sin que cambiasen de forma drástica las propiedades del compuesto. Además, en este compuesto clorado el carbono debía estar unido directamente al cloro y, si ambos eran átomos negativos, ¿cómo era ello posible? Las cargas eléctricas negativas se repelían entre sí. Siguiendo el mismo razonamiento, ¿cómo podían unirse dos átomos de cloro para formar una molécula de cloro? Estas cuestiones no se clarificaron hasta un siglo más tarde.

Berzelius, extremadamente conservador en sus últimos años, rehusó cambiar sus ideas. Al enterarse del informe de Laurent, atacó los nuevos hallazgos. No obstante, ante la oposición de Berzelius, Dumas se retractó cobardemente y no reconoció el trabajo de Laurent. Pero Laurent se mantuvo firme y continuó acumulando pruebas en el sentido de que los radicales no eran tan indestructibles, tan estables, como Berzelius creía, y de que no se debía sobreestimar la cuestión de lo positivo y lo negativo. Laurent dejó por completo de insistir en las fuerzas eléctricas. Creía que una molécula orgánica tenía un núcleo (que podía ser un solo átomo) al que se enlazaban los diferentes radicales. Las moléculas orgánicas podían agruparse así en familias o tipos (de ahí el nombre de teoría de los tipos). Todos los miembros de un tipo tendrían un núcleo idéntico al cual podía unirse cualquiera de una serie de radicales semejantes; y dentro de los radicales existían muchas posibilidades de variación. (Asimov, 2003)

Un determinado tipo molecular podía incluso extenderse al reino de lo inorgánico. Por ejemplo, la molécula de agua (H_2O) podía considerarse formada por un átomo central de oxígeno (el núcleo) al que estaban unidos dos átomos de hidrógeno. Si se sustituye un átomo de hidrógeno por los distintos radicales de una serie, se formará un tipo de compuesto que incluirá entre sus miembros al agua, así como a diversas moléculas orgánicas. Si un átomo de hidrógeno se sustituye por un grupo metilo (CH_3) o un grupo etilo (C_2H_5), se tendría CH_3OH (alcohol metílico) y C_2H_5OH (alcohol etílico), respectivamente. Muchos otros alcoholes podrían construirse del mismo modo. Y en realidad los alcoholes no sólo tienen muchas semejanzas entre sí, sino que, como clase, manifiestan también ciertas semejanzas con el agua. Los alcoholes más simples, como el alcohol metílico y el etílico, se mezclan con el agua en cualquier proporción. El metal sodio reacciona con los alcoholes del mismo modo que con el agua, aunque más lentamente, etc. Entre los años 1850 y 1852, el químico inglés Alexander William Williamson (1824–1904) demostró que la familia de compuestos orgánicos llamada éteres podía también formarse según el «tipo agua». En este caso los dos hidrógenos del agua eran sustituidos por radicales orgánicos.

El éter común, que comenzaba entonces a utilizarse como anestésico, tiene ambos hidrógenos reemplazados por grupos etilo, de manera que su fórmula es $C_2H_5O C_2H_5$. Antes de esto, en 1848, el químico francés Charles Adolph Wurtz había estudiado un grupo de compuestos relacionados

con el amoniaco y que recibieron el nombre de aminas. Demostró que pertenecían a un tipo con un núcleo de nitrógeno. En el amoniaco, un átomo de nitrógeno estaba unido a tres átomos de hidrógeno. En las aminas, uno o más de estos hidrógenos estaban reemplazados por radicales orgánicos. La teoría de los tipos ganó popularidad debido a que podía usarse para organizar el número cada vez mayor de compuestos orgánicos que se estaban estudiando. El químico ruso-germano Friedrich Konrad Beilstein (1838-1906) publicó en 1880 un vasto compendio de compuestos orgánicos y utilizó la teoría de los tipos de Laurent para organizar dichos compuestos dentro de un orden racional. No obstante, la teoría, tal como surgió del trabajo de Laurent, era incompleta. Todavía utilizaba los radicales como unidades y, más que resolver la cuestión de la estructura molecular, la evadía. Para resolverla correctamente había que enfrentarse a la pregunta: ¿cuál es la disposición atómica real dentro de los mismos radicales? La teoría de los tipos impresionó a algunos químicos por el hecho de que el átomo de oxígeno se combinaba siempre con otros dos átomos o radicales. Podía combinarse con dos átomos de hidrógeno para formar agua, con un átomo de hidrógeno y un radical orgánico para formar un éter. Pero en cualquier caso el átomo de oxígeno se unía a dos entidades.

Berzelius hizo suya la idea de que los radicales podían ser las unidades a partir de las cuales se construyesen las moléculas orgánicas. Creía que las moléculas orgánicas estaban formadas de radicales, igual que las moléculas inorgánicas estaban formadas de átomos individuales, y llegó a pensar que los radicales eran casi tan indivisibles e inmutables como los propios átomos. Berzelius mantuvo que la fuerza que une a los átomos en una molécula inorgánica o en un radical orgánico era de naturaleza eléctrica (lo que finalmente acabaría siendo cierto). Cada molécula, pues, debía contener una parte positiva y una parte negativa, ya que sólo existía atracción entre los elementos de cargas opuestas. Para las sustancias inorgánicas simples como el cloruro sódico, este concepto de positivo y negativo demostró finalmente concordar con los hechos. Para que esto se cumpliera en las sustancias orgánicas, Berzelius tuvo que insistir en que los radicales consistían en carbono e hidrógeno solamente, siendo el carbono negativo y el hidrógeno positivo. Por tanto, mantuvo que el radical benzoílo (C_7H_5O) no contenía ni podía contener oxígeno, lo que se contradecía con los estudios realizados sobre este radical. Berzelius estaba seguro también de que era imposible sustituir un elemento negativo por otro positivo sin cambiar drásticamente las propiedades del compuesto. Rápidamente se demostró que estaba equivocado en esta última afirmación.

La teoría de los tipos impresionó a algunos químicos por el hecho de que el átomo de oxígeno se combinaba siempre con otros dos átomos o radicales. Podía combinarse con dos átomos de hidrógeno para formar agua, con un átomo de hidrógeno y un radical orgánico para formar un éter. Pero en cualquier caso el átomo de oxígeno se unía a dos entidades. De manera similar, el átomo de nitrógeno siempre se combinaba con tres átomos o radicales. Kolbe y otros químicos empezaron a escribir fórmulas para los compuestos orgánicos en las que se daba por supuesta tal constancia en el número de enlaces del oxígeno o del nitrógeno.

No obstante, ante la oposición de Berzelius, Dumas se retractó cobardemente y no reconoció el trabajo de Laurent. Pero Laurent se mantuvo firme y continuó acumulando pruebas en el sentido de que los radicales no eran tan indestructibles, tan estables, como Berzelius creía, y de que no se debía sobreestimar la cuestión de lo positivo y lo negativo. La ira de Berzelius alejó a Laurent de los laboratorios más famosos, y, mientras Berzelius vivió, su versión de la teoría de los radicales siguió existiendo por la sola fuerza de su personalidad. A la muerte de Berzelius en 1848, su teoría murió y la de Laurent ganó popularidad.

Así las cosas, saliendo de escena Berzelius, en 1832 J. B. Dumas (1800-1884) responde a las necesidades citadas, advirtiendo la posibilidad de caracterizar las combinaciones químicas con la “ley de la metalepsia” (en una reacción se produce la sustitución de átomos o radicales por otros átomos o radicales) (Katz, 2011) que vinculó la interrelación entre densidad y calores específicos de los diversos compuestos. Dado esto, en 1837 se reivindicó la “teoría unitaria” como nuevo “eje estructurante” de la química orgánica. Haciendo uso de las aproximaciones de A. Avogadro, Dumas sugirió la pertinencia de establecer analogías en relación con el proceder químico que tienen varios de estos compuestos en la combinación (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997).

ESTADO ACTUAL DE ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos se definen hoy como compuestos orgánicos que poseen un grupo funcional carboxilo y una cadena hidrocarbonada larga que puede tener entre 4 y 36 átomos de carbono. La mayoría de los ácidos grasos naturales tiene un número par de átomos de carbono que oscila entre 12 y 24, siendo especialmente abundantes los de 16 y 18. El predominio de los ácidos grasos con número par de átomos de carbono se debe a que estos compuestos se sintetizan a partir de unidades de dos carbonos (McMurry, 2001).

Existen dos tipos principales de ácidos grasos: los saturados, que no poseen dobles enlaces, y los insaturados, que poseen uno o más dobles enlaces a lo largo de su cadena hidrocarbonada. Entre los insaturados los más abundantes son monoinsaturados, con un solo doble enlace entre los carbonos 9 y 10. Los ácidos grasos poliinsaturados suelen tener un doble enlace entre los carbonos 9 y 10 y los dobles enlaces 3 adicionales situados entre éste y el extremo metilo terminal de la cadena hidrocarbonada. La existencia de dobles enlaces implica la existencia de isómeros geométricos (cis-trans) según sea la disposición de los sustituyentes a ambos lados del doble enlace. La mayoría de los ácidos grasos insaturados que existen en la naturaleza presentan configuración cis y trans. La geometría tetraédrica de los orbitales del carbono determina que las cadenas hidrocarbonadas sin embargo, los ácidos grasos saturados e insaturados difieren significativamente en cuanto a la disposición espacial de sus cadenas hidrocarbonadas.

Ácidos Grasos Saturados

La longitud de la cadena va desde los cuatro carbonos del ácido butírico a los 35 del ácido ceroplástico. Si se considera un ácido graso al butírico y no al acético, es porque el primero es

relativamente abundante en la grasa de la leche, mientras que el segundo no se encuentra en ninguna grasa natural conocida. Los ácidos grasos saturados más comunes son los de 14, 16 y 18 átomos de carbono. Dada su estructura, los ácidos grasos saturados son sustancias extremadamente estables desde el punto de vista químico.

ESTRUCTURA	NOMBRE COMÚN	SE ENCUENTRA EN
C 4:0	butírico	leche de rumiantes
C 6:0	caproico	leche de rumiantes
C 8:0	caprílico	leche de rumiantes, aceite de coco
C 10:0	cáprico	leche de rumiantes, aceite de coco
C 12:0	láurico	aceite de coco, aceite de nuez de palma
C 14:0	mirístico	coco, nuez de palma, otros aceites vegetales
C 16:0	palmítico	abundante en todas las grasas
C 18:0	esteárico	grasas animales, cacao

Tabla 6. Composición y estructura de ácidos grasos saturados.

Ácidos Grasos Insaturados

Los ácidos grasos insaturados tienen en la cadena dobles enlaces, en un número que va de 1 a 6, los que tienen una sola insaturación se llaman monoinsaturados, quedando para el resto el término de poliinsaturados, aunque evidentemente también puede hablarse de diinsaturados, triinsaturados, etc.

En los ácidos grasos habituales, es decir, en la inmensa mayoría de los procedentes del metabolismo eucariota que no han sufrido un procesado o alteración químicos, los dobles enlaces están siempre en la configuración *cis*.

Según las normas de la IUPAC, utilizadas de forma general, la cadena de los ácidos grasos se numera a partir del carbono del carboxilo, que es entonces el número 1. La posición de los dobles enlaces se indica utilizando la letra griega Δ , delta mayúscula. Ahora bien, en las ramas científicas que consideran los ácidos grasos desde el punto de vista biológico y no puramente químico, se utiliza otra nomenclatura, numerado la cadena a partir del metilo. En este caso, la posición de los dobles enlaces se indica con la letra griega ω omega minúscula, o con la letra *n*. La razón es que en los seres vivos la elongación, insaturación y corte de los ácidos grasos se produce a partir del

extremo carboxilo, por los que numerando desde el metilo se mantiene la relación entre los que pertenecen a la misma serie metabólica. Además, como en los ácidos grasos habituales, y especialmente en las series metabólicas correspondientes al linoleico y linolénico los dobles enlaces están situados siempre con un CH₂ entre ellos, solamente se especifica la posición del primero (contando desde el metilo).

ESTRUCTURA	NOMBRE COMÚN	SE ENCUENTRA EN
C 10:1 n-1	caproleico	leche de rumiantes
C 12:1 n-3	lauroleico	leche de vaca
C 16:1 n-7	palmitoleico	nuez de macadamia, aceites de pescado
C 18:1 n-9	oleico	aceites vegetales (muy extendido en la naturaleza)
C 18:1 n-7	vaccénico	grasas de rumiantes
C 20:1 n-11	gadoleico	aceites de pescado
C 22:1 n-11	cetoleico	aceites de pescado
C 22:1 n-9	erúcico	aceite de colza

Tabla 7. Composición y estructura de ácidos grasos insaturados.

Ácidos Grasos Poliinsaturados y Esenciales

Los ácidos grasos poliinsaturados más frecuentes pertenecen a las series n-6 y n-3, que tienen como cabezas respectivas al ácido linoleico (18:2 n-6) y al linolénico (18:3 n-3). Estos dos ácidos grasos son esenciales, es decir, no pueden sintetizarse en el organismo, y deben obtenerse de la dieta. Todos los demás ácidos grasos de sus series sí pueden obtenerse a partir de ellos. En todos los casos, los dobles enlaces se encuentran separados por un carbono, es decir, formando un sistema dieno no conjugado.

ESTRUCTURA	NOMBRE COMÚN	SE ENCUENTRA EN
C 18:2 n-6	linoleico	aceites vegetales (girasol, maíz, soja, algodón, cacahuete..)
C 18: 3 n-3	linolénico	soja, otros aceites vegetales
C 18:3 n-6	gamma linolénico	aceite de onagra, borraja
C 18:4 n-3	Estearidónico	aceites de pescado, semillas de borraja, onagra

C 20:4 n-6	Araquidónico	aceites de pescado
C 22:5 n-3	clupanodónico	aceites de pescado
C 22:6 n-3	docosaheptaenoico	aceites de pescado

Tabla 8. Composición y estructura de ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados son fácilmente oxidables, tanto más cuanto mayor sea el número de dobles enlaces. A partir de tres insaturaciones, son francamente inestables, y las grasas en las que abundan solamente pueden utilizarse en buenas condiciones en la industria alimentaria tras su hidrogenación.

Ácidos Grasos Menos Frecuentes

En la mayoría de las grasas comunes, la longitud de la cadena de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados es de 18 átomos de carbono como máximo, y de 24 carbonos para los poliinsaturados. Se exceptúan las ceras, en las que pueden encontrarse toda una serie de ácidos grasos saturados de hasta 35 carbonos de longitud. También en los aceites de pescado, procedentes del metabolismo de las ceras que acumula el zooplacton, se encuentran diversos ácidos grasos monoinsaturados largos.

ESTRUCTURA	NOMBRE COMÚN	SE ENCUENTRA EN
C 20:0	Araquídico	aceite de cacahuete
C 22:0	Behénico	Ceras
C 24:0	Lignocérico	aceite de cacahuete
C 26:0	Cerótico	cera de abejas

Tabla 9. Composición y estructura de ácidos grasos menos frecuentes

Ácidos Grasos con estructuras particulares

Como ya se ha indicado, los ácidos grasos comunes tienen la cadena con un número par de átomos de carbono. Sin embargo, las bacterias sintetizan frecuentemente ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono, que pasan a las grasas animales. En el caso de los rumiantes, la peculiaridad de su alimentación, muy dependiente de la fermentación bacteriana del rumen, hace que estos ácidos grasos se encuentren en su grasa y especialmente en la leche en un porcentaje pequeño, pero significativo. Los más abundantes son el 15:0 y el 17:0. También en algunos vegetales aparecen ácidos grasos de número impar de átomos de carbono, como el ácido pelargónico, de nueve átomos de carbono, producido por la ruptura oxidativa del ácido oleico. Por la misma razón, aparecen en la leche y grasa de los rumiantes indicios de ácidos grasos de cadena ramificada y ácidos grasos con dobles enlaces en configuración trans.

Los ácidos grasos trans se encuentran también en pequeñas cantidades en algunos aceites de semillas poco frecuentes, pero son muy abundantes en las grasas procesadas por hidrogenación. En la figura pueden verse las diferencias en la configuración entre los dos isómeros, cis y trans, del 18:1 n-9.

ESTRUCTURA	NOMBRE COMÚN	SE ENCUENTRA EN
C 17:0	Margárico	grasas de rumiantes
C 18:1 n-9 trans	Elaídico	grasas hidrogenadas

Tabla 10. Composición de ácidos grasos con estructuras particulares

Existen también, en diversos vegetales, ácidos grasos con estructuras particulares, que precisamente con su presencia hacen que el aceite que puede obtenerse de ellos no sea comestible, aunque puede ser muy útil en algunas industrias. El ácido crepenínico, presente en algunas semillas, tiene 18 carbonos, con un enlace triple y uno doble. El ácido ricinoleico es un derivado del ácido oleico que tiene un grupo hidroxilo en el carbono 7 (contando desde el metilo), y como su nombre indica, es abundante en el aceite de ricino, del que representa el 90% del total de ácidos grasos. (Calvo, 2017)

Las propiedades físicas de los ácidos grasos vienen determinadas en gran medida por la longitud y grado de insaturación de su cadena hidrocarbonada. Entre estas propiedades cabe destacar, por su importancia biológica, dos de ellas: El punto de fusión de los ácidos grasos aumenta gradualmente con la longitud de su cadena hidrocarbonada.

Cuando los ácidos grasos se solidifican sus moléculas se empaquetan formando un retículo regular en el que cada una de ellas se encuentra unida a sus vecinas mediante interacciones de Van der Waals entre las respectivas cadenas hidrocarbonadas. Cuanto más largas sean dichas cadenas mayor será el número de interacciones que se podrán establecer entre ellas y, por lo tanto, más cantidad de energía térmica habrá que emplear para romperlas y pasar así del estado sólido al estado líquido, es decir, mayor será el punto de fusión. Los ácidos grasos saturados tienen puntos de fusión significativamente mayores que los insaturados de igual número de átomos de carbono. Esto se debe a que la conformación extendida de los ácidos grasos saturados permite que sus moléculas se empaqueten muy estrechamente estableciéndose interacciones de Van der Waals todo a lo largo de sus cadenas hidrocarbonadas; por el contrario, los cambios de orientación existentes en las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos insaturados impiden que sus moléculas se empaqueten tan estrechamente dificultando la formación de interacciones de Van der Waals.

Así, al existir entre las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos saturados un mayor número de interacciones de Van der Waals, la energía térmica necesaria para romper estas interacciones

es mayor, lo que se traduce en un mayor punto de fusión. El punto de fusión de los ácidos grasos determina el de los lípidos que los contienen. Es muy importante que determinadas estructuras lipídicas, como las membranas celulares, permanezcan fluidas, y por ello los distintos tipos de organismos deben regular la composición en ácidos grasos de sus lípidos constituyentes.

Los ácidos grasos son sustancias anfipáticas: el grupo carboxilo, que a pH 7 se encuentra ionizado, es netamente polar, mientras que la cadena hidrocarbonada es totalmente no polar. Por lo tanto, en medio acuoso los ácidos grasos tenderán a formar micelas y otras estructuras afines.

Los lípidos en los seres vivos desempeñan tres tipos de funciones: energéticas, estructurales y dinámicas.

- a) **Función energética.**- Aunque debido a su insolubilidad en agua, con la consiguiente dificultad para ser transportados en medio acuoso, los lípidos no pueden ser utilizados como combustible metabólico para un uso inmediato, constituyen (sobre todo los triacilglicéridos) un excelente almacén de combustible metabólico a largo plazo.
- b) **Funciones estructurales.**- Algunos tipos de lípidos (fosfoglicéridos, esfingolípidos y colesterol) son componentes esenciales de las membranas celulares. Otros como las ceras desempeñan funciones de protección y revestimiento de determinadas superficies, o de aislamiento térmico del organismo, como los triacilglicéridos almacenados en el tejido adiposo.
- c) **Funciones dinámicas.**- Los lípidos más abundantes desempeñan en las células papeles relativamente "pasivos" como servir de combustible o formar parte de las membranas. Sin embargo, otros lípidos más escasos realizan importantes funciones de control y regulación del metabolismo celular. Así, algunas vitaminas y coenzimas son de naturaleza lipídica, como lo son también algunas hormonas, pigmentos fotosintéticos y otras biomoléculas de especial relevancia para la vida de las células.

Unas son solubles en agua, mientras que otras son sólo emulsionables, pero todas se aplican sin perder la esencia de sus propiedades. Atendiendo a su origen, se clasifican en: naturales, semi_sintéticos y sintéticos. Los primeros son productos de la naturaleza, tal como las grasas y ceras. Los segundos son derivados sencillos de éstas, como los jabones y derivados sulfonados de grasas. Los terceros son los productos sintéticos, obtenidos expofeso dado su poder suavizante sobre los textiles. Los suavizantes sintéticos son compuestos nitrogenados que poseen un radical graso y que han sido sintetizados con la única finalidad de proporcionar tacto suave a las fibras textiles.

Están formados por cadenas hidrocarbonadas, que tienen número par de carbonos (entre 4 y 22 átomos) y un grupo carboxilo en uno de los extremos. Los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados. En los primeros los átomos de carbono de la cadena están unidos mediante enlaces

simples, en cambio en los insaturados la cadena presenta dobles enlaces entre carbonos. Funciones biológicas Son constituyentes de moléculas más grandes, como por ejemplo: grasas, fosfolípidos, etc. Son combustibles celulares de elección.

Una grasa neutra consiste en una molécula de glicerol unida a uno, dos o tres ácidos grasos. El glicerol es un alcohol de tres carbonos. A temperatura ambiente, estos lípidos pueden resultar líquidos o sólidos, dependiendo del largo de las cadenas de ácidos grasos y si están saturados o no. Cuánto más saturados y largos sean los ácidos grasos de una grasa neutra, podrán compactarse e interactuar mejor, determinando la formación de un compuesto sólido a la temperatura ambiente, a los que vulgarmente llamamos grasas. Por el contrario, cuanto más insaturados y más cortos sean los ácidos grasos, más inconvenientes tendrán para interactuar, pues los dobles enlaces impiden que las colas de los ácidos grasos de las moléculas de grasa puedan moverse libremente, determinando así una sustancia líquida a la temperatura ambiente llamada aceite. Funciones biológicas Las grasas y aceites cumplen principalmente con la función de reserva de energía en forma más eficiente que los glúcidos. Esto se debe a que son hidrofóbicos y al no hidratarse ocupan menos volumen que el glucógeno y además, tienen más hidrógenos en su estructura, por lo cual rinden más energía que los azúcares Actúan en la termorregulación, como aislante térmico. Por ejemplo en los animales que viven en las zonas frías del planeta tienen una importante capa de grasa subdérmica que ayuda a mantener la temperatura interna.

Ceras. Las ceras son lípidos compuestos por alcoholes y ácidos grasos de alto número de carbonos. También son importantes las ceras que se forman con el colesterol. Funciones biológicas Sirven de cubierta protectora en la piel, pelos, plumas y estructuras delicadas como los oídos de los animales. En las plantas las encontramos recubriendo por ejemplo las hojas y los frutos. Las abejas utilizan ceras con fines estructurales, para fabricar los panales de las colmenas.

Fosfoglicéridos. Son conocidos con el nombre de fosfolípidos. Poseen una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos y un ácido fosfórico. Además el grupo fosfato puede llevar unida una molécula de naturaleza variable a la que llamamos resto (R), por ejemplo un alcohol. Esquema de un fosfolípido Los fosfoglicéridos poseen una cabeza polar o hidrofílica constituida por el ácido fosfórico y el resto (generalmente un alcohol o base nitrogenada) y dos colas no polares o hidrofóbicas que corresponden a las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos. Por este motivo se dice que son moléculas anfipáticas. En solución acuosa éstas se ordenan formando Lipoproteínas. Resultan de la unión de lípidos con proteínas solubles. En éste complejo la proteína ocuparía la parte periférica de modo que puede interactuar con el agua de esta manera circulan los lípidos por el plasma. De acuerdo al porcentaje relativo de lípidos y proteínas presentes se los clasifica en:

- ✓ Lipoproteínas de alta densidad (HDL)
- ✓ Lipoproteínas de densidad intermedia (IDL)
- ✓ Lipoproteínas de baja densidad (LDL)

✓ Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)

Las primeras son ricas en proteínas y son las que producen el recambio de colesterol de los tejidos hacia el hígado. El colesterol que forma parte de estas lipoproteínas es el que se conoce como colesterol “bueno”. Las lipoproteínas de baja y muy baja densidad son ricas en lípidos y son las que transportan el colesterol y los triglicéridos desde el hígado a los tejidos. El colesterol asociado a estas lipoproteínas se conoce como colesterol “malo”, ya que es el responsable de los depósitos grasos que se forman en algunos vasos sanguíneos provocando los llamados ateromas

Prostaglandinas. Constituyen una familia de derivados de ácidos grasos insaturados de 20 C, como el araquidónico. Tienen una gran variedad de efectos biológicos de naturaleza regulatoria. Por ejemplo: modulan la actividad hormonal y producen la contracción del músculo liso.

Terpenos. Están constituidos por unidades múltiples del hidrocarburo de cinco átomos de carbono isopreno. Por ejemplo el caucho, el fitol que forma parte de la clorofila, o el b-caroteno precursor de la vitamina A y el retinal, esencial para la visión.

Esteroides. Están formados básicamente, por un esqueleto carbonado de cuatro ciclos llamado Ciclopentanoperhidrofenantreno, formado a su vez por la repetición de muchos isoprenos. El esteroide más conocido es el colesterol, presente en las membranas biológicas de todas las células excepto la de las bacterias. Este, a su vez, es precursor de muchos esteroides como las hormonas sexuales (Progesterona, estrógenos, testosterona), las hormonas de la corteza suprarrenal (glucocorticoides, mineralocorticoides), los ácidos biliares y la vitamina A, que son solo algunos ejemplos. Los esteroides desempeñan funciones diferentes de acuerdo a los grupos químicos que están unidos a su estructura básica.

CAPITULO 4. CONSTRUYENDO EXPLICACIONES SOBRE LOS ÁCIDOS GRASOS

A partir del análisis histórico sobre los ácidos grasos, donde se pudo diferenciar varios momentos donde estos fueron caracterizados, organizados, clasificados y explicados; fue diseñada una ruta de aula para jóvenes de grado once que consta de seis actividades experimentales distribuidas en tres fases, como puede apreciarse en la Tabla 11, en las cuales se permite que los estudiantes amplíen la experiencia alrededor de los ácidos grasos, se promueve la discusión y el consenso entre los participantes, y se posibilita la construcción de explicaciones. En la sección de anexos se puede apreciar la referida ruta de aula.

FASE	ACTIVIDAD EXPERIMENTAL		DURACIÓN
¿Por qué ácidos?	1	Existen algunas propiedades que nos permiten diferenciar el carácter ácido o básico de una sustancia. Recordemos.	120 Minutos
	2	¿Cuál es el carácter de las sustancias desconocidas?	90 Minutos
	3	¿Qué sucede con los compuestos desconocidos cuando se mezclan con las bases?	90 Minutos
¿Por qué grasos?	4	¿Los compuestos desconocidos son ácidos inorgánicos?	90 Minutos
Reconociendo la importancia de la estructura en los ácidos grasos	5	¿Qué otras propiedades físicas tienen los ácidos grasos?	Punto de fusión 90 Minutos
			Densidad 90 Minutos
	6	¿Cuál es la composición de los ácidos grasos?	180 Minutos

Tabla 11. Fases de implementación de la ruta de aula. Colegio Antonio Ricaurte

La propuesta se desarrolló con treintaidós estudiantes del grado once pertenecientes a la modalidad de Comercio de la Institución Educativa Antonio Ricaurte CASD, ubicada en la ciudad de Villavicencio, Meta. Al realizar la primera actividad experimental con estos jóvenes se observa que los conocimientos que poseen en relación al comportamiento de los ácidos y las bases, en

general, frente a distintos indicadores es muy bajo; este aspecto sorprende ya que según los derechos básicos de aprendizaje en diferentes etapas de su vida escolar los estudiantes han debido tener la oportunidad de estudiar los ácidos y las bases inorgánicas. Es por eso que en este proceso se pensó en la importancia de trabajar con los estudiantes la fenomenología desde pequeños por lo cual también planteamos una propuesta para niños de grado quinto.

La propuesta para este grado también se desarrolló con treinta y dos estudiantes de la jornada tarde en la Institución Educativa Distrital Kimy Pernía Domicó, ubicada en la localidad de Bosa de ciudad de Bogotá. Para ellos fue diseñada una ruta de aula que consta de cinco actividades experimentales distribuidas en dos fases; además, se diseñó un material educativo computacional para la fase 3 que se dividió en cinco actividades permitiendo a los estudiantes recrear de manera interactiva las temáticas a desarrollar, como puede apreciarse en la Tabla 12.

FASE	ACTIVIDAD EXPERIMENTAL		DURACIÓN
¿Qué son ácidos?	1	Identifica algunas propiedades organolépticas que nos permiten reconocer el carácter ácido o base de una sustancia.	90 Minutos
	2	Reconoce la reacción que presenta el carácter ácido o base frente a los indicadores.	90 Minutos
	3	Organiza el carácter ácido o básico de las sustancias teniendo en cuenta las propiedades que presenta.	90 Minutos
	4	Reconoce el efecto del carácter ácido al estar en contacto con metales.	90 Minutos
¿Qué son grasos?	5	Analiza y compara la solubilidad de las sustancias trabajadas.	90 Minutos
Reconociendo la importancia de la composición de los ácidos grasos con material educativo computacional (MEC)	6	¿Qué otras propiedades físicas y químicas tienen los ácidos grasos?	Punto de fusión
	7		Saponificación
	8		Composición
	9	Efectos para la salud	90

	10	Procesos Industriales	Minutos
--	-----------	-----------------------	---------

Tabla 12. Fases de implementación de la ruta de aula. Colegio Distrital Kimy Pernía Domicó

MATERIAL EDUCATIVO COMPUTACIONAL MEC (MEC)

El MEC son programas educativos de computación realizados con la finalidad de ser utilizados como facilitadores del proceso de enseñanza y consecuentemente de aprendizaje, con algunas características particulares como: la facilidad de uso, la interactividad, la posibilidad de la personalización de los aprendizajes.

Según Marqués (1998) sostiene que se puede usar como sinónimos de software educativo los términos programas didácticos y programas educativos, centrado en los programas de educación que fueron creados con fines didácticos.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Facilidad de uso	Son auto explicativos
Capacidad de motivación	Mantener el interés
Relevancia curricular	Relacionados con las necesidades de aprendizaje
Versatilidad	Adaptables al recurso informático disponible
Orientada	Con control del contenido de aprendizaje
Evaluación	Incluirán módulos de evaluación

Tabla 13. Características de los programas educativos computacionales (Adaptación Marqués 1998)

En esta Tabla 13 se puede observar algunas características principales de los programas educativos, lo cuales deben ser utilizados como recursos que incentiven los procesos de enseñanza y aprendizaje en el estudiante, además de ello debe cumplir una serie de funciones, ver Tabla 14, que aporte a estos procesos.

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Informativa	Presentan contenidos que proporcionan una información estructurada de la realidad. Representan la realidad y la ordenan
Instructiva	Promueven las actuaciones de los aprendices, encaminadas a guiar los objetivos de la temática

Motivadora	Suelen incluir elementos para captar el interés de los estudiantes y enfocarlo hacia los aspectos más importantes de las actividades
Evaluadora	Al evaluar implícita o explícitamente, el trabajo de los estudiantes
Investigadora	Las más comunes son las bases de datos
Expresiva	Por la precisión en los lenguajes de programación
Innovadora	Cuando utilizan la tecnología más reciente

Tabla 14. Funciones del material educativo computacional según Marqués (1998)

La incorporación del MEC debe cumplir con los objetivos del proyecto y servir de complemento para el desarrollo de las actividades experimentales propuestas en la unidad, así mismo favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje según las necesidades del contexto. Es por ello que el contenido diseñado está organizado de manera que los conceptos más generales e inclusivos se presenten al principio para ir avanzando de forma progresiva hacia los conceptos específicos.

Para el desarrollo de ambas rutas de aprendizaje los estudiantes se distribuyeron en seis equipos de trabajo, cuatro de ellos con cinco integrantes cada uno y dos con seis integrantes. Antes de iniciar la ruta de aprendizaje se establecieron con los estudiantes acuerdos para la realización de las actividades teniendo en cuenta las indicaciones de seguridad en cuanto a la manipulación de sustancias y los instrumentos de laboratorio.

El curso se desplazó al laboratorio del colegio, ubicándose los equipos en dicho espacio según su gusto, uno o dos por cada mesón; luego se les hizo entrega del documento guía de la ruta de aula incentivándolos a la experimentación y el análisis mediante preguntas y anotaciones en las hojas de trabajo; también se les sugirió que establecieran roles para cada uno de los integrantes del equipo de esta manera el trabajo se facilitaría.

A continuación se detallan las actividades experimentales planteadas para cada uno de los grados durante cada una de las fases, así como las observaciones generadas durante su desarrollo y los análisis contruidos a partir de los registros escritos de los estudiantes.

PROPUESTA ESTUDIANTES GRADO ONCE

Fase 1: ¿Por qué ácidos?

Se denominó así porque con ella se pretende que los estudiantes reconozcan las cualidades del carácter ácido que están presentes en los ácidos grasos; para lograr este objetivo esta fase se dividió en tres actividades experimentales.

Actividad Experimental N° 1

Partiendo de la premisa que los estudiantes tienen dominio sobre el tema de ácidos inorgánicos, la intencionalidad en esta actividad es que recuerden las características de las sustancias ácidas para que luego puedan asociar dichas cualidades con las que encontrarán en los ácidos grasos; por lo cual deben agrupar diversas sustancias de uso común entre ácidas y básicas, se usan las bases para que puedan realizar comparaciones entre sus observaciones.

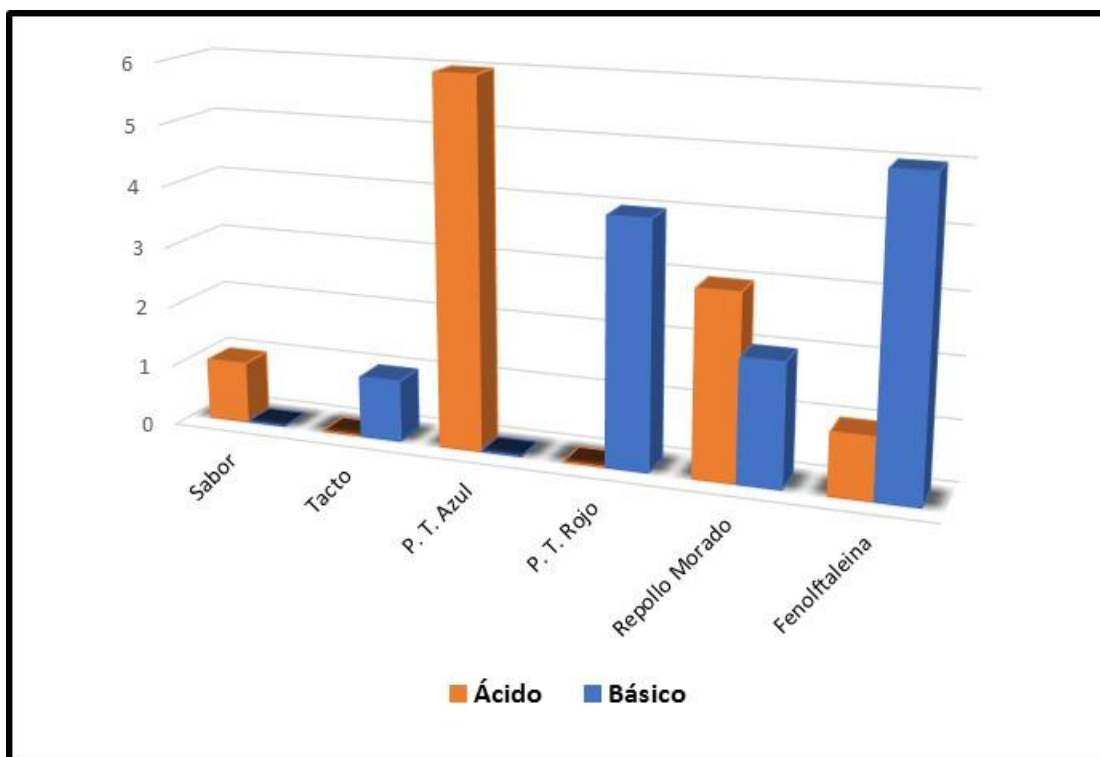
La docente propone que antes de avanzar en el desarrollo de la primera guía, esta sea leída en su totalidad por todos los integrantes del equipo; sin embargo existe la dificultad de determinar un procedimiento a seguir debido a que no se toman el tiempo para planificar las acciones a realizar y en la hoja no están especificados los pasos a seguir. Algunos consultaron con otros equipos por el procedimiento y de esta manera establecieron el propio.

Sobre los mesones los estudiantes se encontraron con diez (10) sustancias de uso común entre ellas tenían leche de magnesia y ácido muriático; para permitir la clasificación se tuvieron en cuenta las características que tanto Chevreul (1823) como Berzelius (1851) mencionaron en sus obras poseían las sustancias ácidas, por lo cual también encontraron fenolftaleína, papel tornasol (P.T.) azul y rojo, un preparado de repollo morado, monedas, y vasos de precipitado. Cada grupo escogió las 5 sustancias que más le llamaran la atención y a cada una le realizaron alguna prueba para determinar su carácter. Algunas de estas sustancias las caracterizaron rápidamente por su sabor ácido, recordaron que la “fenolftaleína es indicador de bases” y esta fue una de las pruebas que más realizaron, pero como no podían repetir la prueba se les observó bastante dificultad para el manejo de los papeles tornasol y el repollo morado; por lo cual se les sugirió que a estos indicadores que les hacía falta usar le hicieran dos pruebas primero lo probaran con aquellas sustancias que ya habían determinado su carácter por el sabor, por el efecto con la fenolftaleína o por deducción de su nombre y ahí sí la probaran en las sustancias que aún les faltará determinar.

Ningún grupo utilizó las monedas indicando que pasaron por alto el efecto corrosivo de estas sustancias, igualmente no les llamó la atención realizar mezclas entre ácidos y bases desconociendo características como la formación de sales y la neutralización.

Luego todos los grupos socializaron a sus compañeros la experiencia que tuvieron con cada sustancia y también la prueba que realizaron junto con los resultados obtenidos. Por último, algunos de los recipientes donde estaban las sustancias trabajadas traían etiqueta por lo cual se les solicitó revisar la composición química y compartir la información encontrada.

Al terminar la actividad experimental los estudiantes concluyen que las pruebas más eficaces para determinar el carácter de una sustancia son para ácidos el papel tornasol azul y para bases la fenolftaleína según se observa en la gráfica 1.



Gráfica 1. Pruebas con mayor efectividad para determinar carácter ácido o básico.

Con respecto a una explicación sobre cómo diferenciar el carácter ácido del básico, los grupos respondieron:

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
DESCRIPTIVA	Al limón le sacamos un poquito de jugo lo probamos y su sabor es ácido. El vinagre con el papel tornasol azul cambio a rojo. El ácido muriático con el repollo morado cambio a un rojo muy fuerte. La leche de magnesia con el papel tornasol rojo cambio a azul. El jabón de manos con la fenolftaleína cambio a rosado.	1
DESCRIPTIVA	Se pueden diferenciar de acuerdo al color, textura y sabor. Si es una base tiene sabor amargo, su textura es jabonosa y al mezclarlos con repollo morado produce una gama de colores verdosos. También reacciona con la fenolftaleína y con el papel tornasol rojo.	2

	Si es un ácido tiene sabor ácido, su textura es aceitosa y al mezclarlos con repollo morado produce una gama de colores rojizos y amarillos. No reacciona con la fenolftaleína, pero si lo hace con el papel tornasol azul.	
DESCRIPTIVA	El limón con la fenolftaleína no cambio de color. El bicarbonato de sodio no cambio el papel tornasol azul. La gaseosa no cambio el papel tornasol rojo. El Kumis cambio a rojo claro con el repollo morado. El ácido muriático con el repollo morado cambio de transparente a rojo fuerte.	3
FUNCIONAL	Las bases con el papel tornasol rojo cambia a azul, con el azul no hay cambios, con el repollo cambia a verde y al reaccionar con la fenolftaleína cambia a rosado. Los ácidos con el papel tornasol azul cambia a rojo, con el rojo no hay cambios, con el repollo morado cambia a rojo y no hay reacción con la fenolftaleína. Además podemos suponer que con las tonalidades que den frente al repollo morado podemos decir que tan fuerte o tan débil son cada uno de ellos.	4
DESCRIPTIVA	Dependiendo de cómo se comporte frente a los diferentes indicadores: Papel tornasol rojo: las bases lo convierten en azul y con los ácidos no pasa nada. Papel tornasol azul: los ácidos lo convierten en rojo y con las bases no pasa nada. Repollo morado: los ácidos pasan a rojo y las bases a verde. Fenolftaleína: las bases se convierten en rojo y con los ácidos no pasa nada	5
DESCRIPTIVA	Jugo de naranja el papel tornasol azul paso a rojo. Leche de magnesia su sabor es un poquito amargo. Jabón en polvo cambio de blanco a verde con el repollo morado. Bicarbonato de sodio con la fenolftaleína cambio de color blanco a rosado. Ácido muriático cambio de transparente a rojo con el repollo morado.	6

Tabla 15. Explicaciones de los grupos de grado once durante la primera actividad experimental.

Los estudiantes al iniciar el presente trabajo, tienen poco conocimiento de la estructura del trabajo en la secuencia de aula fenomenológico, notándose claramente que manejan el criterio de la función de laboratorio como una simple comprobación de la teoría (Caamaño, 2004) y la simple

observación, es decir, si bien reconocen la importancia del laboratorio, no de la misma manera lo reconoce en la práctica como un fenómeno que permite observar, deducir y generalizar, para así poder construir el conocimiento químico es decir que el conocimiento no es una verdad revelada, sino el producto de las interacciones sociales, que permite establecer consensos académicos.

Para este análisis de los resultados se tiene presente que en el nivel descriptivo lo que hace es observar cada fenómeno por separado y contar en detalle lo que observa (Hume, 1980), todos los grupos lo lograron, por ejemplo cuando tomaron el limón describieron su olor, sabor y textura, hicieron la prueba con el papel tornasol y contaron la tonalidad del papel, lo mismo ocurrió con la fenolftaleína y el repollo, se pudo observar la capacidad de asombro cuando observaron los cambios de color de las sustancias.

El nivel descriptivo los seis grupos objetos del presente análisis lograron relatar lo sucedido con cada sustancia, en cuanto a sus aspectos físicos y sus reacciones frente a la aplicación de sustancias, pero en el momento no pudieron hacer asociaciones de sus características que pudieran determinar las generalidades sin son bases o ácidos, se puede notar claramente esta afirmación cuando escriben: “Al limón le sacamos un poquito de jugo lo probamos y su sabor es ácido” o “Bicarbonato de sodio con la fenolftaleína cambio de color blanco a rosado”, es decir no generalizan la observación para otras posibles asociaciones, uno de los objetivos de la explicación funcional (Nagel, 1968), está dificultad se puede explicar por un lado al desconocimiento de la metodología.

Es claro que cuando el laboratorio se usa para comparación o como un elemento accesorio del proceso de aprendizaje, las órdenes dadas para la instrucción, son sencillamente ver la capacidad de asombro del estudiante y describir lo que pasa sin tener asociaciones, deducciones e inferencias, pues solo interesa que el estudiante compruebe lo visto en clase.

Cuando se aborda la ruta de aula desde la perspectiva fenomenológica, el laboratorio se convierte en la herramienta fundamental del proceso de construcción del conocimiento, pues se observa la situación, se describe, pero debe alcanzar niveles superiores que permitan la deducción y la asociación, para finalmente poder generalizar, esto hace que el estudiante deba cambiar su papel en el aula de clase o en el laboratorio, pues ya no es el depositario de una información, ahora pasa a ser constructor del conocimiento (García y Calixto, 1999), donde cada aprendizaje debe ser significativo, es decir poder asociar el fenómeno a otras situaciones posibles, para así poder deducir.

Pero, esto no se logra con las primeras experiencias, hay que mover los cimientos del proceso de aprendizaje y esto puede causar angustia, como se pudo ver en esta experiencia, pues solo un grupo logró alcanzar el nivel de la explicación funcional, es decir, además de diferenciar las sustancias de acuerdo al color, textura y sabor, ya pueden relacionar y generalizar lo que se evidencia en

afirmaciones como: “Si es una base tiene sabor amargo, su textura es jabonosa y al mezclarlos con repollo morado produce una gama de colores verdosos.

También reacciona con la fenolftaleína y con el papel tornasol rojo” o “Si es un ácido tiene sabor ácido, su textura es aceitosa y al mezclarlos con repollo morado produce una gama de colores rojizos y amarillos. No reacciona con la fenolftaleína, pero si lo hace con el papel tornasol azul”. Se ve claramente, que ya pueden asociar una experiencia con otra, pero se requiere preguntar e indagar en los estudiantes, porque no lograron este nivel de comprensión. Algo interesante de resaltar es que relacionaron las tonalidades que dieron las sustancias frente a la reacción con la Col Lombarda para poder tal vez identificar que tan fuerte o débil es una base o un ácido.

Cabe destacar que ningún grupo alcanzó un nivel causal, es decir no consiguieron explicar el hecho como efecto de cierta causa (Nagel, 1968), para este caso la composición y la estructura con el comportamiento de estas sustancias frente a los indicadores trabajados, para ser la primera experiencia, no es preocupante, pues lograr alcanzar este nivel se requiere trabajo paulatino, para que el estudiante se familiarice con el proceso, donde él es el constructor del conocimiento, a la manera como plantean los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional, ser unos investigadores naturales, elevando de esta manera el carácter de deducción y generalización que es en últimas lo que se pretende en el aula de química.

El nivel causal, es aún más remoto, que no manejar en muchos casos los criterios de asociación y generalización, pero lo más grave es el criterio de hacer inferencias activando principios que trasfiere información previa (preconcepciones), con la información que se ha materializado en una estructura mental e implicada en los significados preposicionales por la nueva situación.

La actividad experimental permitió la observación, la ordenación, la clasificación de las sustancias trabajadas para poder hacer una explicación descriptiva; al momento de que cada grupo contó su experiencia podían ir asociando que otras sustancias se comportaban de manera similar a la que estaban trabajando y generalizar dicho comportamiento para así realizar explicaciones funcionales; por ultimo al revisar la composición química de las sustancias, determinar el agente ácido o básico y buscar la fórmula química, se permitía que asociarían este comportamiento con la composición para que así construyeran una causa – efecto propia de las explicaciones causales.

Actividad Experimental N° 2

En esta actividad la intencionalidad es determinar el carácter ácido de los ácidos grasos a través de las pruebas que realizaron en la actividad anterior y que acorde con sus cualidades son de mayor eficacia, según los estudiantes. Para iniciar la actividad los grupos realizaron un análisis sobre las pruebas que se le debían realizar a las diferentes sustancias, llegando a concluir que definitivamente no le podían realizar las pruebas de sabor y textura debido a que se podían tratar de sustancias peligrosas y causarles daños a sus organismos.

También determinaron realizarle a cada sustancia una prueba para ácidos y otra para bases, la mayoría de los grupos, cuatro escogieron el repollo morado como prueba fundamental teniendo en cuenta que debían ordenarlos aduciendo que “las otras pruebas no nos permiten realizar una ordenación además con una sola de las otras tres pruebas podemos confirmar si es ácido o base”, los grupos que escogieron la fenolftaleína como prueba para bases argumentaron “es una prueba fácil de realizar y su resultado es rápidamente evidente”; el grupo que escogió las pruebas con los papeles tornasol menciona “son las que presentan mayor eficacia porque deben reaccionar con alguno de los papeles ya sea el rojo si es base o el azul si es ácido”.

GRUPO	Fenolftaleína	P. T. Rojo	P. T. Azul	Repollo Morado
1	X			X
2			X	X
3	X			X
4	X		X	
5	X			X
6		X	X	

Tabla 16. Pruebas realizadas por cada grupo a las sustancias desconocidas.

A través de estas pruebas los estudiantes establecieron que las sustancias trabajadas presentan carácter ácido porque no reaccionaron con la fenolftaleína ni con el papel tornasol rojo, pero si con el papel tornasol azul transformando su color inicial en rojo y con el repollo morado presentando tonalidades rojas.

Los grupos se basaron en las coloraciones logradas con el repollo morado para ordenarlos del más al menos ácido: Linoleico, Palmitoleico, Oleico, Palmítico y Esteárico. Llegando a concluir

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
DESCRIPTIVA	Los colores que se presentaron fueron muy parecidos entre las cinco sustancias con una tonalidad rojiza clara, el Linoleico es la sustancia que formo el rojo más intenso al mezclarse con el repollo morado, mientras que el cambio menos significativo que se presento fue con el Esteárico.	1
DESCRIPTIVA	Las cinco sustancias presentaron varias coloraciones de rojo. Algunas sustancias	2

	presentaron tonalidades más oscuras como el Palmitoleico y el Linoleico, las tonalidades de las otras sustancias fueron más claritas; aunque ninguno fue un rojo oscuro.	
FUNCIONAL	Los cambios de color que se presentaron al hacer reaccionar las sustancias con el repollo morado nos indican que su carácter es ácido, el ácido más fuerte es el Linoleico y el más débil es el Esteárico; aunque no son tan ácidas porque el color rojo no fue tan intenso.	3
FUNCIONAL	Se puede concluir que todas las sustancias no son igual de ácidas, hay unas más ácidas como el Linoleico y el Palmitoleico porque sus coloraciones luego de agregarle el repollo morado fueron más fuertes en comparación con las otras, las otras son menos ácidas.	4
DESCRIPTIVA	Las pruebas de papel tornasol nos indica el carácter ácido o básico de una sustancia pero no nos permite determinar si hay una sustancia más o menos ácida que la otra. En este caso todas las sustancias reaccionaron con el papel tornasol azul haciendo que el color del papel pasara a rojo.	5
FUNCIONAL	Estas sustancias son ácidas pero podríamos suponer que su pH no es tan bajo porque las sustancias ácidas fuertes presentan colores rojos muy intensos y estas no fueron tan intensos. Pero si se observan cambios de una sustancia a otra por lo cual se puede decir que tienen pH diferentes pero cercanos unos a otros.	6

Tabla 17. Explicaciones de los grupos de grado once durante la segunda actividad experimental.

Se esperaba que para la segunda experiencia, ya lo estudiantes estuviesen familiarizados con la metodología, pero el momento de colocar la actividad, siempre esperaron que se les diera las instrucciones paso a paso, y no se atrevieron a leer la información que se les entregó previamente, es decir todavía no se sienten los protagonistas de la construcción del conocimiento, para subsanar este inconveniente y no regresar a las instrucciones, las autoras procedieron a cuestionar al estudiante, es decir ante la pregunta que cada uno de los grupos iba realizando se les respondió con otra pregunta, esto permitió ser más dinámicos y activos, oblige a consultar y de esta manera tomar la decisión respecto al que hacer en la actividad experimental.

Al elegir el componente contraste para determinar si es la sustancia es un ácido, se pudo determinar como ellos eligieron la fenolftaleína, pues esta sustancia con las bases dan una reacción de una tonalidad rosado magenta, fácil de observar, para decir que si no reaccionaba, entonces se podía determinar que la sustancia analizada era un ácido, es decir tenían el concepto que lo contrario a una base, es un ácido. Es interesante esta visión de ciencia positivista, pues aplican rápidamente la deducción de la lógica clásica, del principio del tercer excluido (Bustamante, 2008).

Para confrontar esta posición contradictoria, se les pregunto cómo consideraban el agua, si era acida o base, los grupos 2 y 6 rápidamente dijeron que era neutra, además el grupo 6 indico que podía suceder que existan bases y ácidos muy débiles, por tanto estos no se logran detectar a primera instancia, por ello no es suficiente afirmar que una muestra no es base, porque sea acida. Puede observarse claramente que ya no es el docente quien da la fórmula mágica de que estrategia usar para determinar la acidez de una sustancia, sino cuando se cuestiona al estudiante puede plantear nuevas situaciones, que lo puedan llevar a hacer deducciones concluyentes frente a un fenómeno; es ahí donde rápidamente los grupos pese a ver escogido como fundamento para la experiencia la fenolftaleína, la descartaron.

Se pudo notar que los seis grupos describieron rápidamente las observaciones, sin embargo dos se mantuvieron solo en ese proceso descriptivo narrando las tonalidades que se formaron al hacer reaccionar cada una de las sustancias con la Col Lombarda y aunque mencionan que algunas tonalidades fueron más intensas que otras no logran relacionar esta característica con la fuerza de los ácidos. Uno de los grupos no tuvo en cuenta las observaciones que se hicieron entre los estudiantes sobre la importancia de usar el sustrato de repollo morado para poder hacer el proceso de ordenación que se solicitaba en la actividad por lo cual utilizo papel tornasol que solo permitió revelar el carácter acido de las sustancias. Lo que sí es evidente es que cuentan al detalle que sucede a causa del indicador utilizado lo que se Hume (1980) se considera una explicación descriptiva.

Tres grupos alcanzaron a hacer deducciones de carácter funcional, pues llegaron a afirmar que todas las sustancias no son igual de ácidas, hay unas más ácidas como el Linoleico y el Palmitoleico porque sus coloraciones luego de agregarle el sustrato de Col Lombarda fueron más fuertes en comparación con las otras; generalizaron que estas sustancias son ácidas llegando a suponer que su pH no es tan bajo porque las sustancias ácidas fuertes presentan colores rojos muy fuertes como los observados en la actividad anterior y para este caso las tonalidades fueron poco intensas. Este hecho de ir a la actividad anterior para explicar los resultados de la presente actividad nos permite clasificarla en explicación funcional, ya que según Nagel (1968) este tipo de explicaciones apuntan hacia el pasado para explicar un hecho del presente.

Los resultados de la segunda actividad experimental, son altamente satisfactorios, porque más que buscar un seguimiento a las observaciones de la práctica, ya el estudiante, pone el desarrollo de

concepciones en un contexto particular, realizando asociaciones cuando ve un fenómeno, por ejemplo, cuando señala “los colores que se presentaron fueron muy parecidos entre las cinco sustancias, pero aun así se puede establecer que el Linoleico es la sustancia más fuerte ya que al mezclarse con el repollo morado el rojo que se formó fue el más intenso, mientras que el cambio menos significativo que se presentó fue con el Esteárico”. De la misma manera pueden desarrollar su capacidad deductiva al lograr afirmaciones como: “Estas sustancias son ácidas pero podríamos suponer que su pH no es tan bajo porque las sustancias ácidas fuertes presentan colores rojos muy intensos y estas no fueron tan intensos. Pero si se observan cambios de una sustancia a otra por lo cual se puede decir que tienen pH diferentes pero cercanos unos a otros”.

En la búsqueda de permitir a los estudiantes la construcción de explicaciones descriptivas se continuo con estrategias como la observación, la ordenación y la clasificación de las sustancias, luego al pedirles a los estudiantes que las compararan con los resultados de la actividad anterior se pretendía la realización de explicaciones funcionales y aunque tres grupos lograron este objetivo, otra vez no tuvieron en cuenta la causa de los fenómenos que observaban y así construir una explicación causal, la cual podría involucrar la composición.

Actividad Experimental N° 3

La intencionalidad es reconocer la mayor o menor presencia de acidez en las sustancias, organizándolas de acuerdo con mediciones en su interacción con las bases, esta es una cualidad con la que experimento Chevreul y cuyos resultados los incluye dentro de las características que hacen a los ácidos grasos ácidos. Para iniciar el trabajo se realizaron aclaraciones, comentarios y síntesis en torno a las observaciones hechas en sesiones anteriores; también se les pidió que recordaran que sucede cuando se hace reaccionar un ácido con una base pero llegar a una conclusión se dificultó debido a la poca información que tenían los estudiantes, por lo cual se recurrió a las conjeturas sobre procesos en el cuerpo humano.

Se comenzó preguntando ¿Qué es la gastritis? a lo cual respondieron “Una enfermedad del estómago que causa mucho dolor” “Se produce por no tener una buena alimentación” “También se produce cuando se aguanta hambre” “Los jugos gástricos dañan la pared del estómago y eso es lo que produce el dolor”.

Teniendo en cuenta la última respuesta se les preguntó ¿Qué son los jugos gástricos? y respondieron “Son sustancias encargadas de diluir los alimentos” “Proviene de páncreas y el hígado” “Su principal componente es el ácido clorhídrico”. Luego se les preguntó ¿Qué medicamentos nos sirven para tratar la gastritis?, las respuestas fueron: Omeprazol, Comer pedacitos de panela, Mylanta, Ranitidina y Leche de magnesia

Se les recordó que algunos de esos medicamentos se trabajaron durante la primera actividad experimental y se les pidió a los grupos que los escogieron comentar que carácter tienen “Son

básicas porque reaccionaron con la fenolftaleína” “Base porque dio coloración verde con el repollo morado”. Por último se les pregunto ¿Por qué consideraban que estos dos productos nos ayudan a tratar la gastritis? a lo que respondieron “Porque bajan el nivel de acidez que hay en el estómago” “Porque cuando la base se mezcla con el ácido se neutraliza”.

A continuación los grupos realizaron la actividad experimental programada, esta solo se realizó con los 3 ácidos grasos que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido, explicaron lo observado y propusieron hipótesis para las sustancias sólidas.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
FUNCIONAL	Entre más ácida es una sustancia mayor NaOH debe gastarse para lograr neutralizarla, por eso es que se gastó más ml con el Linoleico y menos con el Oleico. Esto es un proceso proporcional por lo tanto con los ácidos que no hemos trabajado se gastaría menos base porque son menos ácidas.	1
DESCRIPTIVA	Al agregarle NaOH a las muestras de las 3 sustancias trabajadas fueron convirtiéndose en base perdiendo las características propias de los ácidos porque terminaron obteniendo color rosa con la fenolftaleína.	2
FUNCIONAL	Estas 3 sustancias reaccionaron con el hidróxido de sodio neutralizándose y formándose una sal, esta es una característica que presentan todos los ácidos y por eso creemos que las dos sustancias que están en esta solido también reaccionarían de la misma forma pero con ellas se gastaría menos hidróxido ya que tienen menor nivel de acidez según lo que pudimos observar con el repollo morado.	3
FUNCIONAL	El Linoleico, Oleico y Palmitoleico perdieron todas sus características y fueron neutralizados porque se pusieron a reaccionar con una base; dependiendo que tan acidas se encontraban se gastó mayor cantidad de NaOH, por ejemplo con el Linoleico que es el más ácido gastamos 40 ml.	4
DESCRIPTIVA	Linoleico gasto 38 ml para cambiar a rosado. Palmitoleico gasto 28 ml para cambiar a rosado. Oleico gasto 20 ml gotas para cambiar a rosado.	5

FUNCIONAL	Los ácidos con los que estamos trabajando reaccionaron con el NaOH, al principio las sustancias no reaccionaron con la fenolftaleína pero después de agregarle la base si lo hicieron esto indica que todas las características de los ácidos fueron neutralizadas.	6
-----------	---	---

Tabla 18. Explicaciones de los grupos de grado once durante la tercera actividad experimental.

En general los estudiantes mantuvieron el mismo orden de mayor a menor acidez que habían establecido en la actividad anterior.

Los resultados son altamente satisfactorios, porque más que buscar la observación, ya los estudiantes tiene claro que es un simple paso que permite ordenar y clasificar para poder inferir y deducir reglas generales que se pueden aplicar para fenómenos similares, la actividad pretende servir de motivación, porque pueden interactuar entre ellos, con la docente y con el experimento (Hodson, 1994), de esta manera determinar el nivel de acidez, la reacción con la bases. Se les plantea múltiples posibilidades que tiene el ser humano para deducir y generalizar las observaciones frente a una situación problema, ya los estudiantes buscan y utilizan la técnica más adecuada, sin esperar la orientación del docente, para la actividad experimental, con esto se comienza a contradecir a Izquierdo (1999) quien considera que los trabajos experimentales deben ser un guion para que los estudiantes lo sigan al pie de la letra. La función del laboratorio ha comenzando a cambiar para los estudiantes, ahora tienen una participación consciente en la construcción de su conocimiento, una transformación a la que nos motivó Gagliardi (1988), dando sentido a la observación, la asociación, la generalización y la extrapolación para nuevas situaciones problema.

Sobre las explicaciones descriptivas dos grupos siguen manteniendo este tipo de construcción al solo contar detalladamente lo que observan Hume (1980), esto se observa en afirmaciones como: Linoleico gasto 38 ml para cambiar a rosado, Palmitoleico gasto 28 ml para cambiar a rosado, Oleico gasto 20 ml gotas para cambiar a rosado. Aunque el segundo grupo muestra un pequeño avance al incluir en su descripción que los ácidos perdieron sus características, pero no concluye la idea, es decir, no argumenta el porqué de esta afirmación.

Los estudiantes avanzan notoriamente en el desarrollo de competencias de carácter funcional, son cuatro grupos que ya hacen construcciones de este tipo, con casos muy interesantes, donde se observan afirmaciones contundentes como: “El Linoleico, Oleico y Palmitoleico perdieron todas sus características y fueron neutralizados porque se pusieron a reaccionar con una base; dependiendo que tan ácidas se encontraban se gastó mayor cantidad de NaOH, por ejemplo con el Linoleico que es el más ácido gastamos 40 ml” ó “los ácidos con los que estamos trabajando reaccionaron con el NaOH, al principio las sustancias no reaccionaron con la fenolftaleína pero

después de agregarle la base si lo hicieron esto indica que todas las características de los ácidos fueron neutralizadas”. Al analizar este tipo de explicaciones se comprende que están teniendo en cuenta la función que cumple la base en esta actividad, el efecto de mezclar determinado ácido y una base específica, el fin de la neutralización, estos aspectos según Nagel (1968) construyen explicaciones funcionales.

De la actividad se puede deducir que la mayoría de los niños y niñas están desarrollando competencias para lograr explicaciones funcionales, es decir, logran identificar lo que van a asociar y generalizar acorde a lo que se requiere resaltar. Cuando se presenta la situación de neutralización de ácidos con bases y con ello las mediciones de los niveles de acidez se observa que en los análisis se manejan bien estos criterios “entre más ácida es una sustancia mayor NaOH debe gastarse para lograr neutralizarla, por eso es que se gastó más ml con el Linoleico y menos con el Oleico. Esto es un proceso proporcional por lo tanto con los ácidos que no hemos trabajado se gastaría menos base porque son menos ácidos”.

A medida que trascurrieron las experiencias se notó que fueron adquiriendo habilidad en el manejo del equipo de laboratorio, con lo que podemos afirmar que el principal objetivo en una actividad experimental no puede ser el aprendizaje de procedimientos y el desarrollo de destrezas, como plantea Caamaño (2004) cuando describe los trabajos prácticos, porque estas habilidades se desarrollan de manera inherente al estar trabajando en un laboratorio.

Es notorio el hecho de ver como los educandos desarrollaron una capacidad de asombro de sus propios trabajos, cuando colocaron a reaccionar los ácidos con la base y con ello determinar cualitativamente el nivel de acidez. La mayoría de estudiantes lograron hacer deducciones de carácter funcional, que antes ellos creían que eran trabajos de un alto aprecio para científicos o del profesor, pero que utilizando actividades experimentales adecuadas, generando inquietudes y analizando los fenómenos se pueden desarrollar habilidades que permiten la construcción de conocimientos, lo que hace que ahora los aprendizajes sean significativos para ellos, pues ya no es la información del docente, sino que ellos observan, asocian y deducen a partir de la práctica, es decir tiene sentido el carácter fenomenológico de la ruta de aula.

Durante estas actividades también muestran una gran armonía, dedicación y disciplina en el trabajo, muestran como la química que antes era un trabajo tedioso y engorroso, se convierte en un trabajo ameno y que logra llamar su atención, es importante el afán de ellos de mostrar los resultados, logran mirar otra forma de ver el proceso de aprendizaje de las ciencias naturales, es claro también que es común en la clase utilizar en forma normal preguntas como: ¿si utilizo tal técnica o proceso para que lo utilizo?, ¿cómo lo utilizo?, ¿por qué lo utilizo?, pero sobre todo ver afirmaciones como: por lo tanto puedo concluir o deducir, se puede generalizar. Esto conlleva a pensar que el diseño de actividades experimentales como esta permite un dialogo constante de los

estudiantes con el fenómeno y esto ayuda a construir conocimiento, la forma que según García (2011) podemos usar para cambiar la perspectiva de los laboratorio.

En el diseño de esta actividad experimental se siguió permitiendo la observación y ordenación, con lo cual se continua construyendo las explicaciones descriptivas; al pedirles que explicaran lo sucedido se les permite analizar el efecto que tiene adicionar base a un ácido, conectar lo que observan con lo dialogado previamente al laboratorio para reconocer la utilidad del proceso de neutralización y las funciones que en este caso en particular cumple la base, con todo lo anterior se construyen las explicaciones funcionales; pero siguen sin tener en cuenta la causa de que este fenómeno ocurra relacionándolo con la composición y estructura de estos compuestos.

Fase 2: ¿Por qué grasos?

Se denominó así porque con ella se pretende que los estudiantes reconozcan algunas de las cualidades de las sustancias grasas que están presentes en los ácidos grasos y que Chevreul (1823) utilizo para caracterizar estos compuestos; para lograr este objetivo esta fase tiene una actividad experimental.

Actividad Experimental N° 4

La intencionalidad es que los estudiantes reconozcan a los ácidos grasos como sustancias insolubles en agua pero solubles en alcohol, diferenciándolos completamente de los ácidos inorgánicos. Para el inicio de esta actividad experimental se les solicito a los estudiantes que respondieran a tres preguntas: ¿Qué es solubilidad?, ¿Cuándo podemos decir que una sustancia es soluble?, ¿Cuándo podemos decir que una sustancia es insoluble?

Después se socializaron las respuestas y se llegaron a puntos en común: “Solubilidad es la capacidad de dilución que poseen las sustancias, cuando una sustancia se disuelve completamente en un líquido se dice que es muy soluble y cuando no lo hace se dice que es insoluble”. Teniendo en cuenta esto procedieron a realizar la actividad experimental propuesta y establecieron explicaciones para lo observado.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
FUNCIONAL	Aunque estas sustancias son ácidos tienen un comportamiento muy similar a los aceites y las grasas porque al igual que ellas estos ácidos son insolubles en el agua, pero mostraron ser solubles en el alcohol por lo tanto podemos decir que son ácidos grasos.	1
FUNCIONAL	Todos los ácidos que estamos trabajando son solubles en alcohol e insolubles en agua, se	2

	comportan igual a los aceites. Podemos decir que son ácidos aceitosos.	
FUNCIONAL	Los ácidos que estamos trabajando desde el segundo experimento se diferencian de los primeros en que su comportamiento es similar al de las grasas y los aceites en la insolubilidad que tienen en el agua.	3
CAUSAL	Aunque en la primera actividad no realizamos una prueba de solubilidad como tal, si se disolvieron con agua antes y durante los experimentos. Al pensarlo en este momento podemos decir que son solubles en agua mientras que con estos que estamos trabajando decimos que son insolubles en agua aunque se debe resaltar que son solubles en alcohol. Estos ácidos que estamos trabajando podemos sugerir que se parecen a las grasas y deben estar involucradas de alguna manera en su composición.	4
DESCRIPTIVA	Los ácidos que estamos trabajando no se disuelven con el agua, se dejaron quietos un tiempo y al volverlos a observar estas sustancias se habían colocado encima del agua. Pero con el alcohol si se disolvieron.	5
FUNCIONAL	Los ácidos son insolubles con el agua igual que los aceites. Pero los ácidos que se trabajaron en la primera experiencia si eran solubles por lo cual podemos decir que estos ácidos son diferentes.	6

Tabla 19. Explicaciones de los grupos de grado once durante la cuarta actividad experimental.

En la búsqueda de construcción de la información sobre la solubilidad de ácidos grasos frente al agua y el alcohol, los estudiantes realizan inferencias obligatorias de tipo conectivas entre sus conocimientos previos, por lo cual participan procesos subyacentes que acompañan la construcción de explicaciones funcionales.

Entre las distintas posiciones de construcción funcional, una de gran importancia para la comprensión se basa en relacionar lo observado en esta actividad con lo observado en la primera actividad y con fenómenos de su vida cotidiana, es decir, van hacia el pasado para buscar la explicación a las observaciones que realizan, una característica que según Nagel (1968) hace parte de las construcciones funcionales. Aunque se notó que no todas las inferencias son útiles para la

comprensión y generalización, posición sustentada en los estudios basados en la sistematización con que los estudiantes quieren llegar a deducciones generales.

Otra de las inferencias de acuerdo a las estructuras, se centra en la identificación causal entre ciertos acontecimientos encontrados en la actividad experimental y que se interconectan gradualmente bajo una estructura deductiva más compleja que también es decodificada en el momento de realizar el análisis de lo que se observa; aquí ya encontramos un grupo que logro este nivel de razonamiento: “Aunque en la primera actividad no realizamos una prueba de solubilidad como tal, si se disolvieron con agua antes y durante los experimentos. Al pensarlo en este momento podemos decir que son solubles en agua mientras que con estos que estamos trabajando decimos que son insolubles en agua aunque se debe resaltar que son solubles en alcohol. Estos ácidos que estamos trabajando podemos sugerir que se parecen a las grasas y deben estar involucradas de alguna manera en su composición”. Según Nagel (1968) la explicación causal se logra cuando se relaciona la causa de este comportamiento, lo que el grupo 4 comienza a plantearse, no es una explicación bien construida pero demuestra que el pensamiento de los estudiantes ha evolucionado, al intentar con la composición de las sustancias desconocidas centrar la diferencia de los ácidos trabajados en la primera actividad.

El dominio de las capacidades en encontrar el significado de la práctica, coordinación, subordinación, proveen de recursos a la conexión entre los fenómenos y las reacciones, asegurando la coherencia y cohesión mental de cada afirmación que hace el grupo de estudiantes que hace la respectiva práctica. Las inferencias que hacen los estudiantes dependen de cooprocesamiento o mecanismos acompañantes de evaluación de la estructura de razonamiento como lo son la metacognición, la meta-inferencia o los procesos de autocontrol decodificativo, y que ya suman y aportan a los procesos de construcción del conocimiento científico que sin ser experto o con poca experticia, ya logra la coherencia de ideas de forma fluida.

Los procesos pedagógicos de las inferencias a través de la fenomenología, ya sea intervenidos, o por nexos de la creatividad de los estudiantes, produce ambientes de aula, donde se comparte información, donde cada miembro del grupo toma consciencia de los procesos de extracción de significado en cada actividad experimental. En un principio, las primeras actividades, la problemática se podía centrar en el bajo nivel de deducción que a la postre proviene de la concepción positivista de las ciencias naturales y es la razón por la cual es objetivo del presente trabajo ve que va camino a lograr el objetivo, ya se puede analizar niveles de comprensión de las estructuras, donde ya intervienen en la realización de inferencias causales.

Esta actividad experimental se continuo con actividades que permitieron la observación, ordenación, y clasificación según el nivel de solubilidad de las sustancias con lo cual se construyen explicaciones descriptivas, luego al pedir que las diferenciaron con las sustancias trabajadas durante la primera actividad y/o compararan con otras que tampoco se disuelvan en agua se

buscaba la construcción de explicaciones funcionales, y al solicitar explicar el porqué de la insolubilidad se pretendía que analizarán la causa de este fenómeno para construir una explicación causal, por último, al intentar que ellos buscaran nombres para estas sustancias se pensó en enfrentarlos a la problemática que en su momento tuvieron los científicos cuando aparecieron sustancias con características parecidas a las sustancias inorgánicas pero que de una u otra manera presentaban grandes diferencias.

Fase 3: Reconociendo la importancia de la estructura en los ácidos grasos

Se denominó de esta manera ya que con ella se pretende que los estudiantes establezcan la importancia de la estructura de los ácidos grasos como una categoría que permita su diferenciación; para lograrlo esta fase se dividió en dos actividades experimentales.

Actividad experimental N° 5

La intencionalidad es que los estudiantes diferencien los ácidos trabajados a partir de sus propiedades específicas tales como el punto de fusión y de la densidad. Al terminar de desarrollar la actividad experimental debían generar una organización de los ácidos grasos trabajados y explicar a qué se debía las diferencias entre los mismos.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
FUNCIONAL	Estos ácidos grasos que estamos trabajando son diferentes unos de otros, ya que la densidad y el punto de fusión así lo demuestran, deben tener una composición distinta.	1
FUNCIONAL	Los ácidos grasos que estamos trabajando deben tener en su composición elementos diferentes ya que las propiedades físicas que experimentamos hoy nos dan resultados diferentes.	2
FUNCIONAL	Las variaciones que hay en los puntos de fusión se deben a su composición porque deben ser sustancias diferentes o de lo contrario estos resultados hubiesen sido iguales o al menos muy parecidos. Las densidades son diferentes porque las masas son distintas, por ejemplo con los líquidos se tomaron la misma cantidad de ml y la masa varia esto se debe deber a su composición química.	3
CASUAL	Los puntos de fusión y la densidad son diferentes, como estas son propiedades específicas podemos tener certeza que son distintos y por lo tanto algo	4

	en su estructura debe ser distinta, porque como provienen de las grasas puede estar relacionado el tipo de enlace o los elementos presentes.	
FUNCIONAL	Los puntos de fusión variaron desde los -10 hasta los 70 °C y las densidades también lo hicieron desde 1 hasta 1,5 g/ml. Esto demuestra que son ácidos distintos porque tendrán composición diferente.	5
CAUSAL	Todos los ácidos mostraron resultados distintos en cuanto a su densidad y su punto de fusión, su comportamiento se debe deber a que ya sea la composición o la estructura química es diferente porque por ejemplo algunos pesaron más que otros y eso debe a que los átomos de los elementos pesan diferente o que hay algunas uniones entre átomos que hacen sean más pesados los compuestos.	6

Tabla 20. Explicaciones de los grupos de grado once durante la quinta actividad experimental.

Cabe resaltar que se observa en los jóvenes una capacidad más amplia para expresar sus ideas, ya se atreven a hacer conjeturas a partir de la experiencia. En las primeras prácticas se limitaban a escribir lo menos posible; expresaban sus ideas sin descripciones muy detalladas, allí se observaba una marcada falta de interés hacia las actividades de construcción del conocimiento; el ejercicio de discernir era algo muy ajeno a ellos; asistir a la institución educativa era una actividad monótona, donde ellos recibían una información. A través de compenetrarse con el nuevo estilo de secuencia didáctica, desde la fenomenología, se ha convertido la clase de química un escenario de génesis de interrogantes y/o pensamiento crítico.

Esta práctica es más compleja que las anteriores pues se pretende diferenciar los ácidos trabajados a partir de sus propiedades específicas tales como el punto de fusión y la densidad, es decir los estudiantes podrán observar, deducir y concluir que los ácidos tienen una composición diferente, pese a que sus características físicas son uniformes, porque al tener diferente punto de ebullición y diferente densidad, se encuentran ante sustancias diferentes, que tiene características comunes, como ser ácidos y ser grasas.

Aquí puede observarse, que ningún grupo se quedó en la mera explicación descriptiva, es decir de describir la sustancia con el punto de ebullición y su densidad, todos avanzaron a dar explicaciones más avanzadas de la observación encontrando cuatro grupos que construyeron explicaciones de carácter funcional, al incluir aspectos relacionados como el efecto que puede tener la composición en los resultados arrojados en esta actividad, este es un aspecto que Nagel (1968) establece en las características de este tipo de explicaciones; donde señalan “las variaciones que hay en los puntos

de fusión se deben a su composición porque deben ser sustancias diferentes o de lo contrario estos resultados hubiesen sido iguales o al menos muy parecidos” “las densidades son diferentes porque las masas son distintas, por ejemplo con los líquidos se tomaron la misma cantidad de ml y la masa varia esto se debe a su composición química”.

Cabe aclarar que aunque en las otras actividades se esperaba que en la relación causa efecto propio de las explicaciones causales se tuviera en cuenta la composición, para este momento de la ruta de aula lo que más relevancia tiene en esa causa del comportamiento de las sustancias es la estructura. El grupo 4, es el más avanzado en la comprensión de la ruta fenomenológica, pues se mantienen en dar explicaciones de carácter causal al plantear situaciones más elaboradas, para este caso mencionan que estas sustancias provienen de las grasas y que por ellos los enlaces deben ser diferentes, lo que conlleva a pensar que están relacionando de alguna forma a los compuestos orgánicos por lo que ya están involucrando a la estructura en sus análisis. Hay otro grupo que también alcanzo el nivel causal de un nivel más bajo al anterior, porque aunque menciona a la estructura dentro de su explicación, esta no permite ver que esa estructura esté relacionada con la de los compuestos orgánicos.

Aquí es donde se ve claramente la diferencia entre la organización funcional y la causal, pues en la primera se hacen análisis desde lo que se observa, y no se asocia con todos los conocimientos preexistentes. Mientras en la organización causal, se forma una red conceptual asociada a los saberes ya establecidos en su organización del conocimiento.

En este ejercicio los estudiantes ya hacen la actividad a través de análisis holísticos, a formular interrogantes que conectarán las actividades desarrolladas, es claro que ya tiene una visión más amplia de actividad experimental, como una herramienta fundamental para ampliar su visión del mundo, una visión que en muchas ocasiones estaba reducida debido a los enfoques pedagógicos reduccionistas del conocimiento que se utilizan generalmente en la escuela tradicional; ya existen actitudes donde valoran sus conocimientos y a participar preguntando sin avergonzarse pues descubrieron con sorpresa que su conocimiento, intuitivo y precoz, fue importante para desarrollar el contexto del objeto que se estaba estudiando.

La intuición y la curiosidad, vuelve al aula de clase, pues ya establecen relaciones que se dan en cada experiencia, con respecto a ella lo llevan a formular más interrogantes y construir una visión fenomenológica de los ácidos grasos, una variedad de sustancias diversas, que tiene propiedades semejantes, pero que tienen profundas diferencias en su estructura interna, aunque de una manera intuitiva; al ser conscientes de la importancia de la reflexión, los estudiantes perciben un cambio en la concepción que tenían sobre los ácidos grasos y relacionan el ejercicio con los objetivos y fines propios del propósito de formación, con el proceso enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales y con el trabajo científico.

La actividad siguió permitiendo el desarrollo de habilidades propias para hacer explicaciones descriptivas y al pretender analizaran el porqué de las variaciones en los resultados se pretendía que buscaran la causa de dicho fenómeno, la profundidad con la que llegaron a dicha explicación determino el nivel de la respuesta, funcional o causal.

Actividad experimental N° 6

La intencionalidad es que los estudiantes reconozcan la composición general de los ácidos grasos para generar en ellos la curiosidad por la consulta sobre la fórmula química de estos compuestos, al llegar a ello se espera sorprenderlos cuando expresen que hay fórmulas similares entre algunos de ellos y de esta manera realizar reflexiones sobre el por qué a pesar de poseer la misma composición presentan propiedades específicas diferentes, para que lleguen a inferir la importancia que tienen las estructuras químicas en los compuestos orgánicos.

Estas reflexiones se promovieron a través de una serie de preguntas sobre la relación entre número de Carbonos con cada una de las propiedades específicas; y la relación entre el número de Hidrógenos con cada una de estas propiedades. Por último, debían explicar cómo compuestos de la misma familia con igual número de átomos de carbono poseían propiedades físicas diferentes.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
FUNCIONAL	Existen 3 ácidos con igual número de C y 2 que también tienen igual número de C lo que nos indica que a mayor número de C menor punto de fusión y de densidad. Pero si comparamos los que tienen igual número de C podemos decir que entre ellos también hay diferencias esto sería porque también cambian el número de H.	1
FUNCIONAL	Aunque hay algunas sustancias que poseen igual número de carbonos se observa que la cantidad de hidrógenos no es la misma, lo que significaría es que la composición es diferente y esta debe ser la razón para que tenga diferencia en las propiedades físicas.	2
CAUSAL	Todas las diferencias deben basarse en la estructura de estas sustancias, es decir la relación entre los C y H, porque tal vez tengan dobles o triples enlaces para justificar por qué poseen menos H.	3
CAUSAL	Podemos decir que uno de estos ácidos en su estructura hay enlaces sencillos, en los otros	4

	enlaces dobles y por ultimo también hay enlaces triples así se puede justificar que tengan menos Hidrógenos a pesar de tener igual cantidad de Carbonos. Además así podríamos también justificar que sus propiedades físicas sean tan distintas.	
FUNCIONAL	La única explicación para que la composición química sea diferente (bueno si hablamos de la cantidad de Hidrógenos) al igual que la densidad y el punto de fusión es que la estructura sea diferente.	5
CAUSAL	Si estos compuestos tienen C quiere decir que son orgánicos y estos compuestos presentan enlaces sencillos, dobles y triples; seguramente estos compuestos tienen estructura similar ya que por ello es que se puede deber que a pesar de tener el mismo # de C tienen diferente # de H y de ahí que tengan diferentes propiedades.	6

Tabla 21. Explicaciones de los grupos de grado once durante la sexta actividad experimental.

El trabajo realizado a través de la secuencia de aula, en las 5 primeras experiencias, se había establecido en la construcción de los conocimientos que permitieran diferenciar un ácido de una base, para luego mirar las características y propiedades físicas de los ácidos en los ácidos grasos, como textura, olor, sabor, etc., su forma de reaccionar frente a otras sustancias y determinar cualitativamente su grado de acidez, así como establecer las cualidades grasas de los ácidos grasos, después buscar propiedades físicas que si permitieran su diferenciación como fueron el punto de ebullición, punto de fusión y densidad.

Pero determinar que los ácidos grasos son orgánicos, es decir que están compuestos por átomos de carbón, se plantea en la actividad número 6, donde a través de una experiencia sencilla se puede ver una de las características de las sustancias que tiene carbono, la combustión. Al plantear que los ácidos grasos son orgánicos, se asocia al carbono, pero cuantos carbonos contiene un ácido graso, todos tienen la misma cantidad, y si tienen la misma cantidad de átomos de carbono, que hace que sean sustancias diferentes, es aquí donde se puede hacer un enlace entre lo desarrollado en el laboratorio y lo que plantea la comunidad académica al respecto, por lo tanto en esta actividad, después del trabajo experimental se da como fundamento la consulta bibliográfica acerca de los átomos que puede tener un ácido graso.

Aquí se plantea claramente que la fenomenología, no se opone a el acercamiento a los consensos de la comunidad académica, sino que surge como una necesidad de complementar los fenómenos, las deducciones, las generalizaciones y las asociaciones, con el trabajo realizado a través de

personas expertas que le han dado a la química una estructura representativa y simbólica, es decir, han establecido un modelo que puede hacer una diferencia en el momento de hacer un análisis, pero, ¿cómo hacer para que dicha información sea significativa para el estudiante?, es ahí donde el docente debe saber cuestionar, colocar la duda metódica y permitir que el educando pueda ampliar su red conceptual con nuevas estructuras del conocimiento.

Es por ello que se plantea la investigación sobre la cantidad de carbonos que tiene los ácidos grasos, donde van a encontrar que hay sustancias que tiene diferentes carbonos, pero que existen sustancias diferentes que tiene los mismo carbonos, entonces que hacen que sean diferentes, es ahí donde volvemos a plantear el desarrollo de estructuras asociativas que la relacionen con la red conceptual que poseen.

Ante la nueva situación planteada podemos ver como la consulta ya no es una simple información, sino el acercamiento al estudiante mediante la duda metódica, donde asocian y ven sus competencias claramente definidas, de donde encontramos que los 6 grupos ya establecen explicaciones de carácter funcional, al constituir afirmaciones como: “Existen 3 ácidos con igual número de C y 2 que también tienen igual número de C lo que nos indica que a mayor número de C menor punto de fusión y de densidad. Pero si comparamos los que tienen igual número de C podemos decir que entre ellos también hay diferencias esto sería porque también cambian el número de H”. ó “Aunque hay algunas sustancias que poseen igual número de carbonos se observa que la cantidad de hidrógenos no es la misma, lo que significaría es que la composición es diferente y esta debe ser la razón para que tenga diferencia en las propiedades físicas”.

Lo más interesante es que podemos clasificar a 3 grupos que han logrado el nivel causal, es decir que han podido incrementar su red conceptual, al hacer asociaciones entre el nuevo saber con los ya existentes, que permiten hacer deducciones y extrapolaciones sobre los nuevos tópicos planteados en el procesos de aprendizaje, es por ello que resulta interesante mostrar algunas afirmaciones de los diferentes grupos que hacen que se atrean a clasificar como deducciones de carácter causal: “Si estos compuestos tienen C quiere decir que son orgánicos y estos compuestos presentan enlaces sencillos, dobles y triples; seguramente estos compuestos tienen estructura similar ya que por ello es que se puede deber que a pesar de tener el mismo # de C tienen diferente # de H y de ahí que tengan diferentes propiedades”. Observa como establecen relaciones de orden superior, cantidad de carbonos y si tiene los mismos carbonos lo que lo hace diferente es el tipo de enlace que se establece, recordando que existen enlaces sencillos, dobles y triples, lo cual hace que sustancias con los mismos carbonos, sean sustancias diferentes.

La última actividad experimental permitió seguir observando, ordenando y clasificando la base de todas las explicaciones por que las observaciones no solo permite la construcción de una explicación descriptiva sino que genera todos los interrogantes que conllevan a la explicación funcional y causal. Este último tipo de explicación, según lo planteado por Nagel (1968), se logra

al relacionar la causa de los fenómenos observados y por ser este el final de la ruta de aula donde se deja abiertas todas las posibilidades para que ahora sí las estructuras se involucren en toda la red conceptual, es muy importante que esa causa esté relacionada con los tipos de enlace que puede generar el carbono, y es lo que se buscó al generar los interrogantes de esta última actividad.

PROCESO INDIVIDUAL DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO ONCE

También se realizó una pregunta individual antes de iniciar las actividades experimentales y después de terminarlas. La primera pregunta fue: Si en el laboratorio se tuvieran dos muestras una de ellas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y la otra de hidróxido de sodio (NaOH). ¿Cómo se pueden diferenciar? ¿Qué pruebas de laboratorio se deben realizar?

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	ESTUDIANTE
DESCRIPTIVA	Si se pueden probar se podrían reconocer por su sabor y textura.	1
DESCRIPTIVA	El que sea una base va a reaccionar con la fenolftaleína mientras que el ácido no.	2
DESCRIPTIVA	Para eso existen diferentes indicadores toca revisar que indica cada uno y analizar el resultado. También se puede con el sabor.	3
FUNCIONAL	El hidróxido es una base lo cual hace que reaccione con el papel tornasol rojo y el ácido reacciona con el papel tornasol azul.	4
FUNCIONAL	Para esto se puede usar el papel universal si el color es verde indica que ese es el hidróxido pero si da rojo entonces es el ácido.	5
DESCRIPTIVA	Se pueden probar con el papel tornasol universal los ácidos marcarán rojo mientras que las bases verde.	6
DESCRIPTIVA	El papel tornasol rojo reacciona con el ácido y el papel tornasol azul reacciona con las bases.	7
DESCRIPTIVA	Lo mejor es probar con la fenolftaleína el que reaccione será la base.	8
DESCRIPTIVA	Recuerdo que el limón se sabe que es ácido por su sabor así que se podrían probar.	9
CAUSAL	Los OH del hidróxido hacen que estas sustancias reaccionen con el tornasol rojo mientras que los H del ácido lo hacen reaccionar con el tornasol azul.	10

DESCRIPTIVA	El papel tornasol azul reacciona con el ácido y el papel tornasol rojo reacciona con las bases.	11
DESCRIPTIVA	El papel tornasol rojo y azul sirve para saber cuál es la base y cuál es el ácido ya que cada uno de ellos reacciona con una en específico.	12
DESCRIPTIVA	Lo mejor es utilizar los papeles tornasol porque ellos si nos indican cuál es ácido o cuál es base.	13
DESCRIPTIVA	La fenolftaleína es el mejor indicador para saber cuál es la base.	14
FUNCIONAL	El ácido sulfúrico reacciona con el papel tornasol azul y el hidróxido de sodio deberá reaccionar con el tornasol rojo.	15
DESCRIPTIVA	El papel tornasol azul reacciona con las bases y el papel tornasol rojo reacciona con el ácido.	16
DESCRIPTIVA	La fenolftaleína es la prueba indicada para saber si una sustancia es ácida, el problema es que si no reacciona toca hacer otra prueba para saber si es base o neutra.	17
DESCRIPTIVA	El sabor ácido indica cuando una sustancia es ácida mientras que el sabor amargo es de las bases tocaría probar las dos sustancias, pero no sabemos si son peligrosas.	18
DESCRIPTIVA	El papel tornasol rojo reacciona con las bases y el papel tornasol azul reacciona con el ácido.	19
DESCRIPTIVA	La prueba más clara es la de la fenolftaleína la cual da un color rosado cuando se trata de bases pero no cambia con los ácidos.	20
DESCRIPTIVA	El indicador universal nos puede mostrar cual es el ácido y cual la base porque con uno cambia a azul y con los otros a rojo.	21
DESCRIPTIVA	El papel tornasol rojo reacciona con las bases y el papel tornasol azul reacciona con el ácido.	22
DESCRIPTIVA	Si una sustancia reacciona con el azul es ácido pero si lo hace con el rojo es base.	23
DESCRIPTIVA	El papel tornasol azul reacciona con el ácido y el papel tornasol rojo reacciona con las bases.	24
FUNCIONAL	El hidróxido de sodio debe reaccionar al aplicar unas gotas de fenolftaleína pasando de incoloro a	25

	rosado fuerte. El ácido sulfúrico no reacciona con este indicador pero lo puede hacer con el tornasol.	
DESCRIPTIVA	La prueba a realizar es con el papel universal si cambia a rojo es ácido pero si cambia a azul es base.	26
DESCRIPTIVA	El papel tornasol rojo reacciona con las bases y el papel tornasol azul reacciona con el ácido.	27
CAUSAL	El papel universal es la prueba más eficaz ya que con solo utilizarlo sabemos si es cual sustancia es el ácido sulfúrico (los H ⁺ hacen que rápidamente cambie a rojo porque son muy fuertes) y cuál es el hidróxido de sodio (los OH ⁻ hacen que cambie a verde porque esta sustancia también es muy fuerte)	28
DESCRIPTIVA	El tornasol es de dos colores el azul si cambia a rojo indica si es ácido en cambio el rojo cuando cambia a azul es básico.	29
DESCRIPTIVA	Los ácidos reaccionan con el tornasol azul, las bases con el rojo y las dos con el universal.	30
DESCRIPTIVA	El mejor indicador es el universal porque ese si indica de una vez si es ácido o base y no toca hacer otra prueba.	31
DESCRIPTIVA	La fenolftaleína es un indicador muy bueno para saber cuándo una sustancia es básica.	32

Tabla 22. Explicaciones de los estudiantes de grado once antes de iniciar las actividades experimentales.

Cómo se observa en la Tabla 22 la totalidad de los estudiantes recuerdan solo una de las actividades experimentales que se debe realizar con indicadores para determinar el carácter ácido o básico de las sustancias. La mayoría de los estudiantes se basan en esa prueba para indicar en que caso la sustancia presenta carácter ácido y en cual el carácter básico, se puede notar claramente esta afirmación cuando escriben: “Se pueden probar con el papel tornasol universal los ácidos marcarán rojo mientras que las bases verde” por eso este tipo de explicaciones se establecieron en el nivel descriptivo. Aunque se debe resaltar que algunos de estos estudiantes se equivocaron al indicar si el resultado de cierta prueba se debía al carácter ácido o básico como se observa en la afirmación: “El papel tornasol rojo reacciona con el ácido y el papel tornasol azul reacciona con las bases” y otros no identifican la peligrosidad del ácido sulfúrico por lo cual proponen al sentido del gusto como prueba para reconocer los ácidos como se aprecia en la afirmación: “Si se pueden probar se podrían reconocer por su sabor y textura”.

En general en este grupo de nivel descriptivo no asocian el resultado que esperan para cada una de las dos sustancias que se les pide diferenciar en la pregunta como son el ácido sulfúrico y el

hidróxido de sodio, lo que si logran los cuatro estudiantes catalogados en el nivel funcional como se observa en la afirmación: “El ácido sulfúrico reacciona con el papel tornasol azul y el hidróxido de sodio deberá reaccionar con el tornasol rojo”. Por último, dos estudiantes lograron alcanzar una explicación causal ya que ellos intentaron explicar el resultado que esperaban desde la estructura de las sustancias como se aprecia en la afirmación: “El papel universal es la prueba más eficaz ya que con solo utilizarlo sabemos si es cual sustancia es el ácido sulfúrico (los H⁺ hacen que rápidamente cambie a rojo porque son muy fuertes) y cuál es el hidróxido de sodio (los OH⁻ hacen que cambie a verde porque esta sustancia también es muy fuerte)”.

Al terminar las actividades experimentales se les realizo una última pregunta a los estudiantes para que también fuera contestada de manera individual la cual fue: Si en el laboratorio se tuvieran dos muestras una de ellas de ácido araquídico (CH₃(CH₂)₁₈COOH) y la otra de ácido araquidónico (CH₃(CH₂)₄(CH₅CHCH₂)₄(CH₂)₂COOH). ¿Cómo se pueden diferenciar? ¿Qué prueba de laboratorio se debe realizar?

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	ESTUDIANTE
FUNCIONAL	Una prueba rápida es tomar la masa y el volumen y luego hallar la densidad, el que obtenga el mayor resultado será el araquidónico pues tiene menos número de Hidrógenos.	1
DESCRIPTIVA	Las dos sustancias tienen la misma cantidad de Carbonos pero diferente número de Hidrógeno lo que quiere decir que obtendrán diferentes puntos de fusión y ebullición, al igual que la densidad entre otras propiedades.	2
FUNCIONAL	Midiendo el punto de fusión de los dos ácidos el que sea mayor es el araquídico porque tiene más Hidrógenos.	3
CAUSAL	Encontrando la densidad el que de mayor resultado será el araquidónico porque es el que debe tener dobles o triples enlaces ya que no tiene igual número de Hidrógenos.	4
CAUSAL	Conociendo el punto de ebullición ya que este será diferente entre una y la otra sustancia, ya que la de mayor dato debe ser el araquídico porque tiene más Hidrógenos entonces tiene todos sus enlaces simples.	5

FUNCIONAL	Con el punto de ebullición el que requiera menor temperatura será el araquidónico porque tiene menos Hidrógenos.	6
CAUSAL	Encontrando el punto de fusión se podrá saber cuál es el araquidónico que en este caso será el que requiera menos temperatura pues como tiene menos Hidrógenos entonces tiene enlaces dobles.	7
CAUSAL	Con la densidad el del resultado menor será el araquídico porque todos sus enlaces son sencillos esto se deduce al observar el número de H.	8
FUNCIONAL	Al hallar la densidad de ambas sustancias una será mayor que la otra porque posee menos Hidrógenos y ese será el araquidónico.	9
CAUSAL	Midiendo el punto de fusión de los dos ácidos el que sea menor es el araquidónico porque tiene menos Hidrógenos entonces tiene enlaces dobles hasta tal vez triples.	10
FUNCIONAL	Se le puede hacer pruebas de punto de fusión, el de menor resultado será el araquidónico ya que es el que menos Hidrógenos tiene.	11
DESCRIPTIVA	Para diferenciar un ácido orgánico de otro se puede hallar la densidad, los puntos de fusión y de ebullición porque solo en esto habrá diferencias, en las otras pruebas los resultados serán iguales.	12
CAUSAL	Conociendo la densidad el que tenga mayor este aspecto será el araquidónico porque posee dobles y/o triples enlaces ya que son menos Hidrógenos.	13
FUNCIONAL	Conociendo el punto de fusión ya que será diferente y el de mayor resultado será el araquídico ya que es el que más Hidrógenos tiene.	14
CAUSAL	Con el punto de ebullición se puede diferenciar uno de otro, el más grande será el araquídico porque todos sus enlaces son simples esto se sabe por la mayor cantidad de H en su fórmula.	15
FUNCIONAL	Con el punto de ebullición el que requiera mayor temperatura será el araquídico porque tiene mayor cantidad de Hidrógenos.	16
FUNCIONAL	Se calcula la densidad el resultado menor será el araquídico pues tiene más número de Hidrógenos.	17

CAUSAL	Con el punto de fusión podemos averiguar cuál es el araquídico pues va a necesitar más temperatura porque debe tener enlaces dobles o triples al tener menos Hidrógenos.	18
FUNCIONAL	Hallando el punto de ebullición el que de menor temperatura será el araquidónico porque es el que menos Hidrógenos tiene.	19
FUNCIONAL	Con el punto de fusión el que requiera menos temperatura será el araquidónico porque tiene menos H.	20
CAUSAL	Hallando la densidad la sustancia con menor resultado será el araquídico porque al tener los Hidrógenos necesarios para el número de Carbonos que tiene indica que todos los enlaces son sencillos.	21
CAUSAL	Al hallar el punto de ebullición de ambas sustancias uno será menor que el otro porque posee más enlaces dobles pues tiene menos Hidrógenos y ese será el araquidónico.	22
FUNCIONAL	Primero se mide la masa y el volumen y luego se hacen los cálculos de dividir las dos, el que obtenga el menor resultado será el araquídico pues tiene más número de Hidrógenos.	23
FUNCIONAL	Conociendo el punto de ebullición el que necesite mayor temperatura para este proceso será el araquídico porque tiene más Hidrógenos.	24
CAUSAL	Una prueba que se puede hacer es la del punto de ebullición el que requiera más temperatura será el que tenga todos sus enlaces sencillos en este caso el araquídico.	25
FUNCIONAL	Al hallar el punto de fusión de ambas sustancias uno será mayor que el otro porque posee más Hidrógenos y ese será el araquídico.	26
FUNCIONAL	Se deduce la densidad el resultado mayor será el araquidónico pues tiene menos número de Hidrógenos.	27
CAUSAL	Se le puede hacer el experimento del punto de fusión el araquidónico dará menor resultado pues como tiene el mayor número de Hidrógenos quiere	28

	decir que todos sus enlaces son sencillos entonces estos se rompen más fácilmente con la temperatura.	
FUNCIONAL	Encontrando el punto de fusión el que necesite menos temperatura para pasar a líquido será el que tenga menos Hidrógenos en este caso el araquidónico.	29
FUNCIONAL	Con el punto de fusión se puede diferenciar uno de otro el más grande será el araquídico por la mayor cantidad de Hidrógenos.	30
CAUSAL	El araquidónico debe tener dobles o triples enlaces porque posee menos Hidrógenos entonces eso hará que su densidad sea mayor en comparación con el araquídico.	31
FUNCIONAL	Encontrando el punto de ebullición el que de mayor temperatura será el araquídico porque es el que más Hidrógenos tiene.	32

Tabla 23. Explicaciones de los estudiantes de grado once después de finalizadas todas las actividades experimentales.

En la Tabla se puede observar que la diecisiete de los estudiantes dieron explicaciones funcionales logrando relacionar la prueba que escogieron con el resultado esperado para poder clasificar una de las sustancias teniendo en cuenta la composición química como se observa en la afirmación: “Al hallar el punto de fusión de ambas sustancias uno será mayor que el otro porque posee más Hidrógenos y ese será el araquídico”. Pero es de resaltar que trece estudiantes a parte de tener en cuenta la composición de las sustancias para identificar de cual sustancia se trata logran relacionar este comportamiento con la estructura como se aprecia en afirmaciones como: “Una prueba que se puede hacer es la del punto de ebullición el que requiera más temperatura será el que tenga todos sus enlaces sencillos en este caso el araquídico”. Sin embargo dos estudiantes continuaron realizando explicaciones descriptivas que aunque tienen en claro las pruebas que pueden realizar no logran clasificar la sustancia de acuerdo a los resultados que esperarían como se observa en la afirmación: “Para diferenciar un ácido orgánico de otro se puede hallar la densidad, los puntos de fusión y de ebullición porque solo en esto habrá diferencias, en las otras pruebas los resultados serán iguales”.

PROPUESTA ESTUDIANTES GRADO QUINTO

Fase 1: ¿Qué son ácidos?

Se siguió manteniendo la misma división de fases realizadas para los estudiantes de grado once por lo cual esta fase se denominó así ya que se pretendía que los estudiantes reconozcan las

cualidades del carácter ácido para que más adelante pudieran relacionar estas características en los ácidos grasos; para lograr este objetivo esta fase se dividió en cuatro actividades experimentales.

Actividad Experimental N° 1.

En este se pretende que los estudiantes por grupos puedan reconocer e identificar mediante la actividad experimental algunas propiedades organolépticas (sabor, olor y tacto) de las sustancias tanto de carácter ácido como básico para lo cual se utilizaron sustancias como: limón, vinagre, agua, bicarbonato de sodio, leche de magnesia, y aceite de oliva.

Sabor



Imagen 1. Zonas de la lengua donde se pueden diferenciar los sabores.

Las papilas se agrupan en áreas sensibles a los sabores agrio, dulce, salado y amargo.

Los componentes químicos de las comidas que ingerimos, estimulan a los receptores de cada una de estas zonas y los nervios transmiten estos impulsos al cerebro.

Los gustos, como los olores, son infinitos y, debido a la dificultad de su clasificación, se refieren a la sustancia que los produce. Se dice corrientemente "esto sabe a apio o a menta", pero las cualidades gustativas más elementales, irreductibles entre sí y desligadas por completo del olfato, se reducen a cinco: salado, dulce, ácido y amargo.

Lo salado se percibe en todas las regiones de la mucosa lingual. La punta de la lengua aprecia mejor lo dulce, y detrás de ella hay una zona absolutamente insensible. En los bordes de la lengua se gusta mejor el sabor ácido, y en la base lo amargo.

La cantidad de saliva que se segrega depende de la clase de alimentos y de la intensidad con que se gusta. Así, un limón produce mucha más secreción salivar que un simple caramelo de esencia de limón.

Olfato

El sentido del olfato añade información para conseguir una amplia gama de sabores.

Tacto

El sentido del tacto capta la textura, forma y dureza de los objetos.



Luego de la actividad experimental los estudiantes discutieron en sus grupos de trabajo y respondieron a la pregunta si hay algunas propiedades que permiten diferenciar el carácter ácido o básico de una sustancia.

TIPO DE EXPLICACIÓN	CARACTERISTICAS	GRUPO
DESCRIPTIVA	El limón tiene un sabor agrio muy pronunciado. Es típico su fuerte olor a limón, debido al cítrico que desprende su olor, comprobándolo mediante el sentido del tacto es un sólido.	1
DESCRIPTIVA	El vinagre es un ácido, astringente y olor picante, tiene una textura líquida fluida, irritante en la piel.	2
DESCRIPTIVA	El agua tiene un sabor agradable, no se distingue dentro de los tipos de sabores, es insípida, e inodora, en relación a su textura es líquida y fría.	3
DESCRIPTIVA	El bicarbonato de sodio tiene un sabor salado y ligero amargo, es inodoro y su textura es un polvo suave.	4
DESCRIPTIVA	La leche de magnesia tiene un sabor amargo, su olor a menta y la textura es líquida.	5
FUNCIONAL	El aceite de oliva, tiene un sabor más o menos ácido, su olor a planta; el olivo, es el árbol del que procede su aceituna, es untuosa al tacto y humecta la piel.	6

Tabla 24. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la primera actividad experimental.

Estas explicaciones son de tipo descriptivo porque responden a la pregunta ¿De qué se compone el fenómeno?, detallan las características de cada una de las sustancias trabajadas en el aula de clase, donde los estudiantes llegar relacionar desde sus percepciones, en consecuencia, lo que percibieron en algún momento dado depende, no solamente de la naturaleza del estímulo existente, sino también de los antecedentes de las propias experiencias sensoriales, los estudiantes dan cuenta sobre una clasificación desde las propiedades organolépticas, frente al sabor, olor y tacto, indagando sobre las sustancias desconocidas, en la percepción, las sensaciones que experimenta el sujeto son algo cotidiano y estructuran la representación hecha del mundo; como afirman (Arcá, 1990) “se deben hacer, y explicitar sistemáticamente, experiencias sensoriales porque todo nuestro modo de conocer se desarrolla con continuidad a partir de nuestro modo de tener y organizar sensaciones, con modos y con criterios que son una continuación y elaboración de nuestros modos de vivir elementales”. (p. 35).

Esto lleva a plantear en el aula unas “experiencias sensoriales”, donde los estímulos son seleccionados e interiorizados por el estudiante, para que una vez entrettejidos, formen una estructura y unos significados, dejando claro que estos no son producto solo de los estímulos-respuesta de la parte biológica del sujeto, sino que deviene de la interacción de muchos elementos: la experiencia, el conocimiento, los intereses, las motivaciones, y el contexto. La forma como el sujeto percibe, se muestra en las maneras de hablar de su mundo y en significados que le confiere. Éstos significados se hacen evidentes a través del lenguaje que utiliza para dar cuenta de sus explicaciones y en los modos de conocer. Así mismo, el docente es otro participante, que aporta a las ideas y a la creatividad de los estudiantes, estimulando la curiosidad, los procesos de experimentación, observación, interpretación, análisis y explicación del fenómeno; favoreciendo la construcción de significados y de conocimiento en el aula.

Actividad Experimental N° 2.

La intencionalidad es agrupar las diversas sustancias entre ácidas y básicas, mediante caracterizaciones elaboradas acorde con sus cualidades, partiendo del reconocimiento de las sustancias dadas por los estudiantes.

Sobre los mesones los estudiantes encuentran seis sustancias de uso común, descritas en la actividad experimental N° 1, entre se cuenta con el papel tornasol, un preparado de repollo morado es un compuesto natural tiene como nombre científico *Brassica oleracea*, variedad *capitata*. Su color se debe a que además de clorofila tiene otros pigmentos sensibles a la acidez como la antocianina y otros flavonoides. Estos pigmentos son solubles en agua, en ácido acético, y en alcohol, pero no en aceite. Este indicador o colorantes orgánico, cambian de color según están en presencia de una sustancia ácida o básica. De las hojas de repollo morado se puede obtener un indicador para así diferenciar entre ácidos y bases.

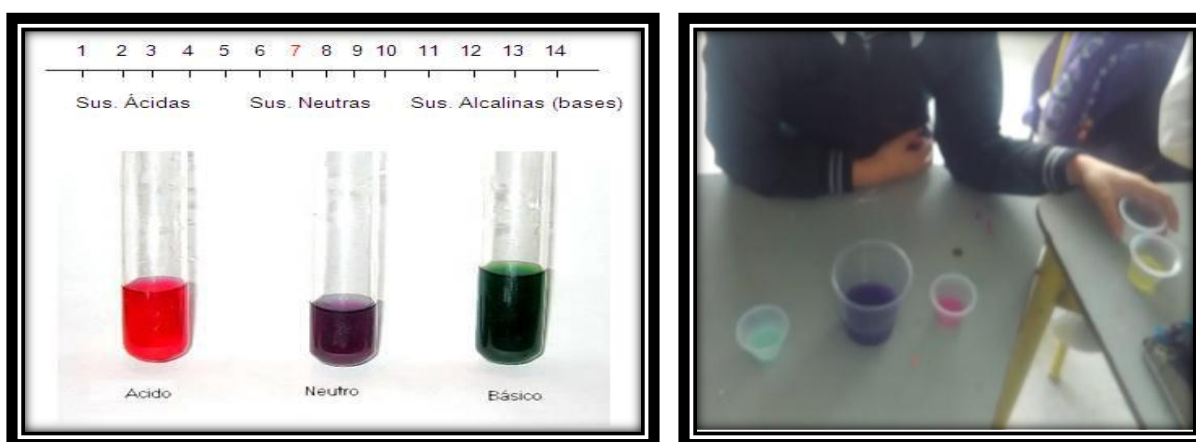


Imagen 2. Escala de pH. Landa, Gregorio. Materia 3: Ciencias III con énfasis en Química, México, Editorial Fernández, 272

¿Qué es una sustancia ácida o básica?

Son dos tipos de compuestos químicos que presentan características opuestas. Los ácidos tienen un sabor agrio, colorean de rojo (tinte rosa que se obtiene de determinados líquenes) y reaccionan con ciertos metales desprendiendo hidrogeno. Las bases tienen un sabor amargo colorean de azul verdoso y tienen tacto jabonoso. Cuando se combina un ácido y una base se vuelve neutra la sustancia., y vasos. Algunas sustancias las caracterizaron rápidamente por su sabor ácido, presentaron bastante dificultad para el manejo de los papeles tornasol por lo cual se les sugiere que lo prueben con aquellas sustancias que ya determinaron su carácter por el sabor, olor y textura.

¿A qué se debe el cambio de color de la sustancia?

Lo que sucede con el indicador de repollo es una reacción ácido base, es decir, cuando el jugo de repollo entra en contacto con ácidos, la estructura química del jugo de repollo adquiere una estructura y cuando el jugo de repollo entra en contacto con bases, adquiere otra.

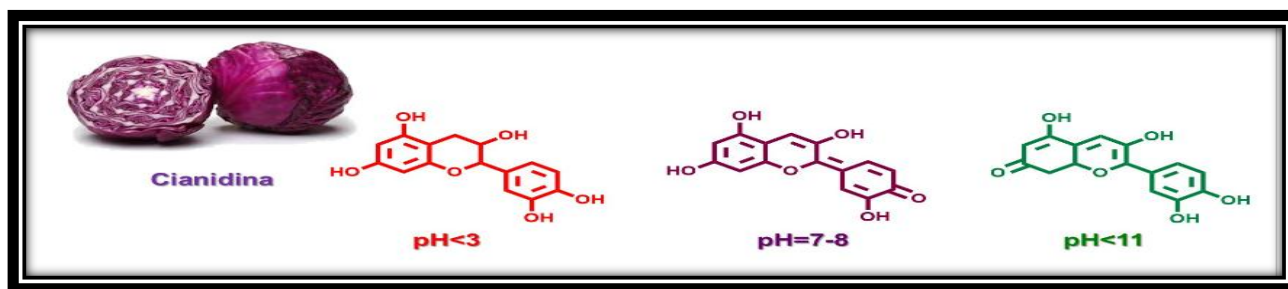


Imagen 3. La química que nos rodea. La col lombarda como indicador ácido base.

En medio ácido el jugo de repollo (que es morado) se torna rojo por que los anillos de benceno (moléculas hexagonales con dobles enlaces internos) se conjugan; mientras que en medio básico el jugo de repollo se torna verde o azul, porque la conjugación que existía se destruye, y por ende ya no va a exhibir coloración roja.

Al finalizar esta actividad experimental los estudiantes discutieron y respondieron a la pregunta ¿Cuál es el carácter ácido o básico de las sustancias?

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
DESCRIPTIVA	El limón con el papel tornasol azul cambia a rojo, es decir que es un ácido, y con el indicador natural el repollo morado cambia a una coloración rojiza, y este actúa como un antioxidante.	1
DESCRIPTIVA	El vinagre con el papel tornasol cambia a roja, pero con el indicador natural cambia a una coloración	2

	rosada o fucsia, aparece dentro de las tonalidades de los ácidos.	
FUNCIONAL	El agua, por medio del papel tornasol azul y rojo no cambio de color, y con el indicador natural, podemos indicar que no cambio porque quedo del mismo color que el indicador del repollo morado, es decir que no es un ácido ni una base.	3
DESCRIPTIVA	El bicarbonato de sodio con el papel tornasol rojo cambia a azul, y lo mismo sucede con el repollo morado, es decir que aparece en las tonalidades de las sustancias básicas.	4
DESCRIPTIVA	La leche magnesia con el papel tornasol rojo cambia azul, y con el indicador natural cambia a una coloración azul verdosa, por lo tanto es una sustancia de carácter básico.	5
CAUSAL	El aceite de oliva con papel tornasol azul cambio a rojo y de igual forma con el indicador natural, es decir que es un ácido, pero si tomo un derivado de este producto como un jabón cambia de color a verde, sería una base, es decir que no todos los derivados grasos tienden a ser ácidos.	6

Tabla 25. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la segunda actividad experimental.

Se puede observar que la mayoría de grupos realizan explicaciones de tipo descriptiva, porque los estudiantes conocen y caracterizan sucesiones de fenómenos, que ponen de manifiesto relaciones regulares de anterioridad y de posterioridad, identifican generalmente una secuencia temporal, pero no se obtienen ordenaciones, clasificaciones, escalas que son enriquecidas por diversas disposiciones experimentales, es por esto que se debe procurar que el estudio del fenómeno se relacione entre las cualidades y los efectos producidos, que permitan comprender magnitudes, como es la escala de pH (pH quiere decir potencial de hidrógeno) indica la acidez o alcalinidad de una solución.

En el grupo No 3 el tipo de explicación es funcional, puesto que los estudiantes tienden no solo a describir las características de la sustancia sino a deducir según las condiciones dadas, cuando mencionan que en el agua no cambia de coloración rojiza o verdosa sino al color del repollo morado, por lo tanto no es un ácido, ni una base; la docente interviene para ampliar la experiencia reconociendo por qué el cambio de color del indicador debido al pigmento natural del vegetal, “Su color se debe a que además de clorofila tiene otros pigmentos sensibles a la acidez como la antocianina y otros flavonoides, mencionando la escala de pH, en una sustancia que no es ácida ni

básica (o alcalina) es neutral, saber cuál es el pH de las sustancias es muy importante para nuestra seguridad a nivel de salud, al ingerir alimentos alteramos el pH de nuestro cuerpo. El pH de nuestro estómago es altamente ácido es útil para descomponer los alimentos. Algunas comidas y sus combinaciones pueden provocar que el estómago genere más ácido. Si esto sucede con mucha frecuencia, el ácido podría perforar el estómago causando una úlcera. Demasiado ácido en el estómago podría escapar hacia el esófago y llegar hasta su boca. Esta desagradable sensación se conoce como acidez, es por esto que se debe tener en cuenta los alimentos que se injiere”.

A lo que los estudiantes deducen que “El pH puede servirnos para saber cuándo una sustancia es peligrosa para la salud”, la docente complementa en relación a “las combinaciones de ácidos y álcalis (bases) se neutralizan automáticamente. Para atacar la acidez en el estómago, los médicos recomiendan tomar un anti-ácido. Los antiácidos, que químicamente son una base, neutralizan el ácido estomacal produciendo mejoría. También el bicarbonato de sodio tiene el mismo efecto”.

Además sugieren que, “un pH neutro, no produce ningún daño a los dientes. Si el pH es ácido el esmalte comienza a perderse haciendo daño. Si come algún carbohidrato, como pan o algo que contenga azúcar, este tendrá las condiciones para hacer más daño a los dientes. Cuando un pedazo pequeño de alimento se descompone en la boca, genera gérmenes que la hacen más ácida, deteriorándolo más”.

Donde los estudiantes mencionaron las técnicas para reducir los efectos dañinos a los dientes, las encías y mantener una boca sana; “es muy importante el cepillado después de cada comida y utilizar el enjuague bucal”.

Se espera que los estudiantes sean capaces de construir sus explicaciones, según lo requiera la situación, es así como en el aula no solo se estudia y se comprende un fenómeno o tema, sino que también se construye. En este sentido el lenguaje, como la afirma Candioti (2005, p.172) deja de concebirse como mero medio de expresión y comunicación que puede transmitir un contenido ya delimitado; por el contrario, es el medio en el cual se producen la apropiación y anticipación de nuevas experiencias. Es desde donde se piensa, en cuanto recoge significados inacabados y abre nuevas posibilidades; permitiendo ampliar la experiencia.

Para el grupo No 6, presenta un tipo de explicación causal, en donde los estudiantes infieren sobre un ácido graso “El aceite de oliva con papel tornasol azul cambio a rojo y de igual forma con el indicador natural, es decir que es un ácido, pero si tomo un derivado de este producto como un jabón cambia de color a verde, sería una base, es decir que no todos los derivados grasos tienden a ser ácidos”, ellos hacen una mera descripción de las características de las sustancias, clasificando y ordenando según corresponde, se construye la explicación de acuerdo con las condiciones y antecedentes de ocurrencia sobre los ácidos grasos, en este caso la composición del aceite de oliva relacionarla con otras cualidades como su solubilidad y densidad menos densa que el agua, si tomo

un producto como el jabón, una sal sódica o potásica de la reacción química entre un álcali (como el hidróxido de sodio o de potasio) y un lípido (o grasa). como puede ser de origen vegetal como el aceite de oliva, cambia de color a verde no por el ácido graso, sino por la misma composición de la sustancia, revisando desde el comportamiento y estructura del indicador natural, en medio ácido el jugo de repollo (que es morado) se torna rojo por que los anillos de benceno (moléculas hexagonales con dobles enlaces internos) se conjugan; mientras que en medio básico el jugo de repollo se torna verde o azul, porque la conjugación que existía se destruye, y por ende ya no va a exhibir coloración roja”. Esto les permite a los estudiantes ampliar el significado de los fenómenos a manipular, es decir, explican qué es algo, lo hacen entendible y lo clarifican; se cuestionan en cómo se originaron los hechos, qué lugar ocupan dentro de una estructura, este conlleva un análisis argumentativo de los supuestos teóricos, en la cual se introducen los mecanismos que causan un patrón observado, supone preguntarse por el qué, y el cómo de tal proceso.

Actividad Experimental N° 3

Organiza los vasos de acuerdo a la escala de colores, desde el tono más intenso al más claro. Expliquen ¿Qué significa el cambio de color?

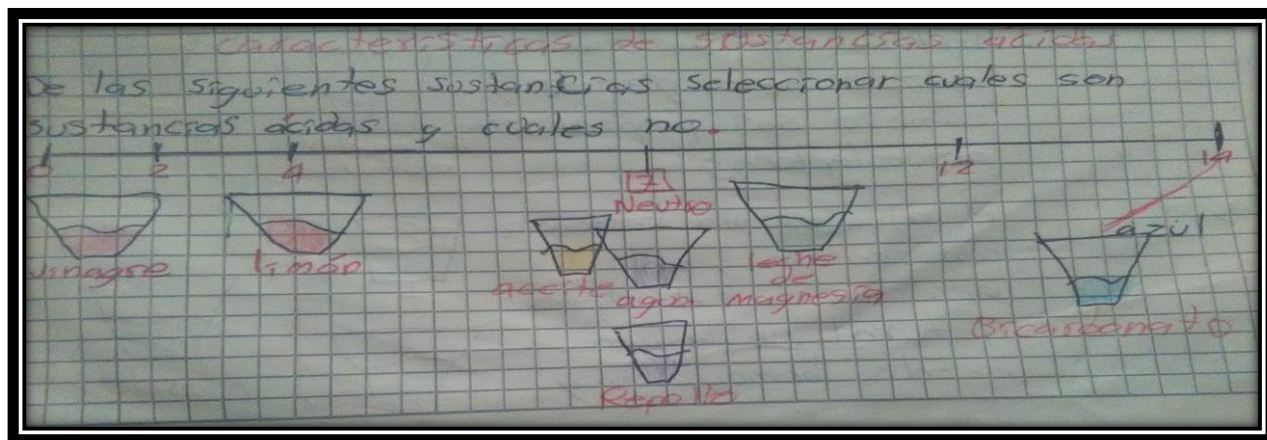


Imagen 4. Explicación de un grupo de grado quinto sobre las características de las sustancias ácidas.

El color del pigmento en función del indicador.

Rojo intenso 2 (muy ácido), Rojo violáceo (rosa) 4, Violeta 6, Azul violeta 7 (neutro), Azul 7.5, azul (agua marina) 9, Verde azulado 10, Verde intenso 14 (muy básico).

col lombarda									
color	rojo intenso	rojo violeta	violeta	azul violeta	azul	azul verde	verde azulado	verde	amarillo
pH	<2	4	6	7	7.5	9	10	12	>13

Imagen 5. Escala del indicador de repollo morado

Al corroborar con la escala del indicador de repollo morado, la leche magnesia presenta un mayor pH que las demás sustancias manipuladas, además de estas se determinó la acidez de la mantequilla siendo esta mayor que la del aceite de oliva.

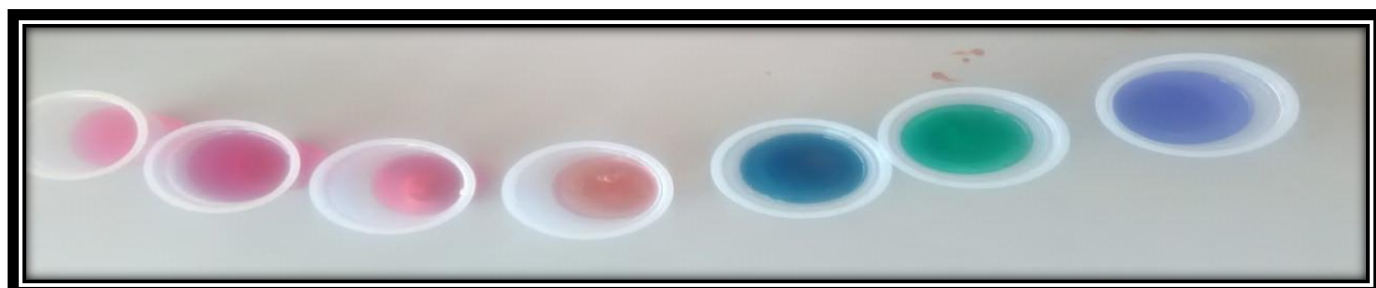


Imagen 6. Escala de las sustancias con col lombarda lograda por uno de los grupos de grado quinto.

¿Cómo podemos diferenciar el carácter ácido o básico de las sustancias?

Las pruebas de papel tornasol nos indica el carácter ácido o básico de una sustancia pero no nos permite determinar si hay una sustancia más o menos ácida que la otra, en cambio con el indicador natural del repollo nos indica según coloración podemos organizar las sustancias.

Otra forma de clasificar las sustancias es con la conductividad eléctrica, algunas sustancias en disolución para verificar si la conductividad eléctrica determina su carácter ácido o básico.

SUSTANCIA	COLOR INDICADOR NATURAL	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (INTENSIDAD)	CARÁCTER
Limón	Rojo	Alta	Ácido
Vinagre	Rojo	Alta	Ácido
Agua	Morada	Baja	Neutra
Bicarbonato	Azul	Media	Básico
Leche magnesia	Verde	Media	Básico
Aceite de oliva	Rojo poco intenso	Baja	Ácido

Tabla 26. Organización de los resultados obtenidos por los estudiantes de grado quinto durante la actividad experimental.

De acuerdo con los resultados, la escala de colores de las sustancias de uso cotidiano y su organización fueron comunes en todos los grupos de trabajo, determinando que las muestras con tonos rojizos tienen comportamiento ácido, los virajes verdes y amarillos son básicas y tonalidades entre azul y morado están cercanos a la neutralidad.

¿A qué se debe dicha ordenación?

Los grupos se basaron en las coloraciones logradas con el repollo morado y en la conductividad eléctrica para ordenarlos del más al menos ácido, con las sustancias mencionadas.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
FUNCIONAL	El color y la conductividad eléctrica que el limón tiene son parecidos al del vinagre y el aceite de oliva, siendo más intenso que el aceite y poco fuerte que el vinagre.	1
DESCRIPTIVA	El vinagre fue la sustancia más rojiza de todas las seis sustancias, presenta pH menor es decir que es más acida que el limón y el aceite.	2
DESCRIPTIVA	El agua pura presentó el mismo cambio de color que el repollo morado, no conduce electricidad por lo tanto es baja.	3
FUNCIONAL	El bicarbonato de sodio posee una conductividad eléctrica media al igual que la leche magnesia, pero la coloración es diferente por eso presenta menor pH que la leche magnesia.	4
CAUSAL	La leche de magnesia presenta un color verdoso y tiene una conductividad eléctrica media por ser una base, pero el pH es mayor que todas las sustancias trabajadas.	5
CAUSAL	El aceite de oliva es una sustancia ácida pero podríamos suponer que su pH no es tan bajo porque las sustancias ácidas fuertes presentan colores rojos muy intensos y esta no fue tan intensa como el vinagre.	6

Tabla 27. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la tercera actividad experimental.

La intencionalidad es reconocer la mayor o menor presencia de acidez en las sustancias, organizándolas de acuerdo con mediciones en su interacción con las bases. Para iniciar el trabajo se realizaron aclaraciones, comentarios y síntesis en torno a las observaciones hechas en sesiones anteriores; también se les pidió que recordaran que sucede cuando se hace reaccionar un ácido con una base para llegar a una conclusión se dificultó debido a la poca información que tenían los estudiantes para lo cual se recurrió a las conjeturas sobre procesos en el cuerpo humano.

Se evidenció que los grupos realizaron explicaciones de tipo descriptiva, funcional y causal, en primer lugar hacen explicaciones de tipo descriptivas porque además de caracterizar, hacen comparaciones de sustancias ácidas, al promover la actividad experimental sobre el fenómeno de la ácidos grasos, los estudiantes comprender y explicar que en este fenómeno además de la escala de ordenación de pH, también participan variables como la conductividad eléctrica, puesto que lograron evidenciar que sustancias conducen y no conducen electricidad, ahora bien en las explicaciones funcionales dan cuenta de cómo la conductividad eléctrica es una magnitud que les permite diferenciarlas, determinando que las muestras con tonos rojizos tienen comportamiento ácido, los virajes verdes son básicas y tonalidades entre azul y morado, cercanos a neutralidad.

En cuanto a las explicaciones causales de dos grupos, por ejemplo en la disolución de leche de magnesia los estudiantes afirmaron que ésta tiene conductividad media infiriendo que este parámetro no tiene relación directa con el cambio de color bajo las condiciones realizados, así mismo con el grupo que manipularon el aceite de oliva presentó una conductividad baja siendo levemente ácida, por lo que se recomienda utilizar un multímetro para tener una medición precisa y relacionar claramente la relación que tienen las sustancias al estar disueltas en agua ya que según la teoría de Arrhenius, estas tienen la capacidad de disociarse o separarse en iones, los cuales quedan libres para desplazarse en la disolución por lo que son capaces de conducir la corriente eléctrica.

Actividad Experimental N° 4

La intencionalidad es que los estudiantes reconozcan el comportamiento de los ácidos grasos y otras sustancias frente al hierro.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
DESCRIPTIVA	Al cabo de cuatro días se observó un burbujeo pequeño en la superficie del clavo de hierro, con el vinagre al ser un ácido no le pasa nada.	1
FUNCIONAL	Con el limón por ser una sustancia antioxidante no oxida el clavo de hierro, no cambia de color.	2
CAUSAL	El agua con sal acelera la corrosión del clavo de hierro, por eso la corrosión de los metales es frecuente cerca del mar, esto se debe a que la sal incrementa la conductividad eléctrica.	3
FUNCIONAL	En agua la corrosión del clavo de hierro es más lenta, al cabo de cuatro días forma un precipitado de color rojizo que se observa en la disolución.	4

CAUSAL	Se observa que con el aceite de oliva es más rápido el proceso de oxidación cambia a un color naranja oscuro por la composición de la sustancia y aparecen trozos de residuo del clavo.	5
CAUSAL	La mantequilla con agua, por el oxígeno del agua se observa que forma una mezcla heterogénea y cambia a un color naranja parecido al aceite, si se pusiera a hervir el agua se podría perder moléculas de oxígeno y se oxidaría muy poco el clavo de hierro.	6

Tabla 28. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la cuarta actividad experimental.

Para esta actividad experimental, se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo influye la oxidación en las sustancias analizadas?, con el fin de que el estudiante no solo describa lo observado sino que además de cuenta de ciertos criterios que le permiten analizar, si el metal tuvo su proceso de oxidación, de acuerdo a la sustancia tratada.

Según lo observado por el primer grupo, hacen una breve descripción con respecto al hierro, caracterizando un leve burbujeo sobre la superficie del metal y no presento cambio de color; luego dos grupos No 2 y No 4, plantearon explicaciones de tipo funcional, mencionaron que al manipular el clavo de hierro con ácidos como el cítrico (zumo de limón) no corroen fácilmente como otros ácidos, sin embargo consultaron sobre qué otros ácidos permiten la corrosión del metal, entre ellos mencionaron ácido clorhídrico, ácido nítrico o ácido sulfúrico, clasificándolos como ácidos fuertes, por sus propiedades físicas y químicas, determinando la función y los cuidados que se tiene a nivel de seguridad.

El grupo No 4 utilizaron como sustancia el agua, infirieron que la corrosión del clavo de hierro es más lenta, en este caso no se observa la aparición del óxido de color pardo. Esto se debe a algunos óxidos de hierro son solubles, los estudiantes consultaron que esta mezcla presentó un cambio químico, en el que se debe a la formación del precipitado de óxido férrico hidratado.

Para los grupos restantes, realizaron explicaciones de tipo causales puesto que mencionaron que “El agua con sal acelera la corrosión del clavo de hierro”. Esto se debe a que la sal incrementa la conductividad del medio, favoreciendo el transporte de carga en la disolución. Este transporte de carga es necesario para que el proceso de corrosión continúe, pues si la disolución es poco conductora se acumula un exceso de carga positiva en el ánodo y negativa en el cátodo que se opone a la formación de nuevos iones positivos Fe^{2+} y negativos OH^{-} , respectivamente (Atkins 1991)., “esto se debe a que la sal incrementa la conductividad eléctrica”, los estudiantes están infiriendo conceptos de actividades experimentales anteriores que les permite ampliar la experiencia y el lenguaje de la ciencia.

Y “la corrosión del clavo de hierro que contiene solamente agua es relativamente lenta”, el clavo de hierro está sumergido en agua común, que contiene algunas sales y algo de oxígeno (O_2) disuelto. En algunas partes del clavo tendrá lugar una reacción de oxidación (zonas anódicas), mientras que en el resto del clavo se producirá una reacción de reducción (zonas catódicas). En concreto, las semireacciones que se producen son la oxidación del hierro en las zonas anódicas.

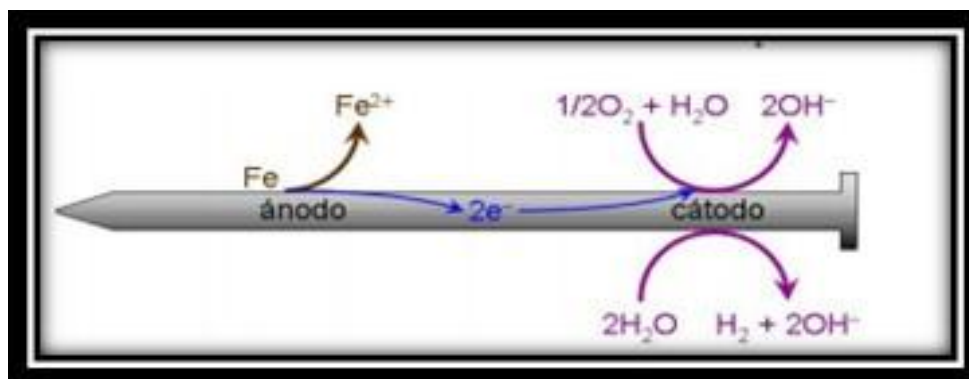


Imagen 7. Reacciones de oxidación en la zonas anódicas y catódicas.

La importancia relativa de estas dos semireacciones de reducción estará determinada por la concentración de oxígeno en disolución y por el pH (Bockris y Reddy 1980, Atkins 1991). Si bien las semireacciones de oxidación y reducción no tienen porqué producirse en lugares distintos, las zonas catódicas suelen estar localizadas en los lugares en los que la concentración de O_2 es mayor, mientras que las zonas anódicas suelen ser aquellas en las que la concentración de O_2 es menor. Esta localización de las zonas catódicas y anódicas es común en corrosión, pues la concentración de O_2 en la superficie del metal puede variar significativamente de unas regiones a otras.

Se les presenta un ejemplo a los estudiantes, “imaginemos un coche con un pequeño rasguño en la pintura que deje expuesto el hierro al aire húmedo de la atmósfera”. La zona catódica estará ubicada en el metal expuesto al aire, no observándose corrosión en esa región, mientras que la zona anódica estará en las zonas próximas al rasguño pero bajo la pintura, dónde la concentración de O_2 es menor, produciéndose la oxidación del hierro en esa región. Así, al cabo del tiempo observaremos abultamientos en la pintura asociados a la oxidación del hierro y a la formación de herrumbre.

Para los grupos que manipularon el aceite de oliva y la mantequilla con el clavo de hierro, los estudiantes observaron que el hierro cambio de color oscuro, es decir que estas sustancias protegen al metal, luego la docente dejó un clavo al aire libre por cuatro días para hacer la siguiente pregunta ¿Qué otras sustancias oxidan los metales?, ellos observaron que el metal se oxido poco y formo corrosión lentamente, y dedujeron que el aire y la humedad, hacen que se facilite la corrosión.

A lo que la docente menciona que el aire no siempre es necesario para causar la oxidación, solamente basta con la presencia del oxígeno, que puede encontrarse tanto en el agua como en el aire. En realidad, el agua es considerada el tercer paso en el proceso de oxidación, ya que permite el encuentro entre el oxígeno y el hierro. Por esta razón, las áreas con mayor humedad en el aire, con presencia de vapor de agua, tienen tasas de oxidación más altas que las áreas secas.

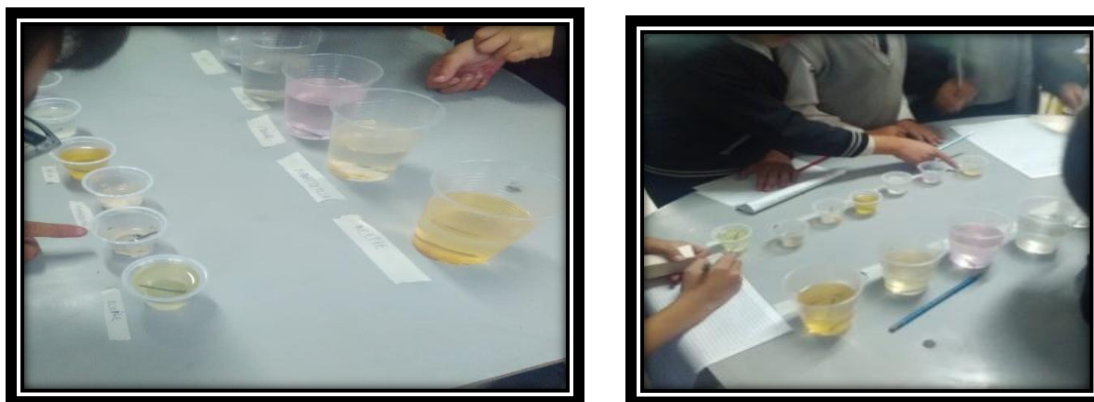


Imagen 8. Observaciones realizadas durante la experiencia de la oxidación.

Para verlo de otra forma, se introduce un ejemplo a los estudiantes “la oxidación es un proceso electroquímico que actúa como una batería, intercambiando pequeñas cantidades de electricidad”. Como las baterías, una solución ayuda a este proceso permitiendo que los electrones se muevan más fácilmente entre los dos elementos y al igual que las baterías, diferentes soluciones actúan mejor que otras.

El agua toma algunos átomos y los transforma en una forma liviana de ácido mientras el proceso de oxidación continúa, lo que ayuda al metal a herrumbrarse más rápidamente. El proceso de derrumbe que es básicamente óxido o una interacción química que involucra oxígeno. Cuando ocurre la oxidación en algunos elementos, una película fina es formada como resultado; tal como la capa fina que recubre el cobre. Otros elementos, como el hierro, presentan herrumbre como señal de oxidación. Si el hierro, o cualquier metal relacionado, son expuestos a un ambiente rico en oxígeno y amigable al catalizador, comenzará el proceso de oxidación. Las moléculas del hierro en la superficie de hierro del objeto intercambiará átomos con el oxígeno del aire, y los átomos restantes formarán una nueva sustancia, el herrumbre rojizo amarronado. Y otras sustancias como agua oxigenada y ácidos como sulfúrico y nítrico por su composición química corroe algunos metales fácilmente, esta experiencia se transforma cuando se convierte en una fuente de preguntas.

Fase 2: ¿Qué son grasos?

Se denominó así porque con ella se pretende que los estudiantes reconozcan algunas de las características de las sustancias grasas que están presentes en los ácidos grasos; para lograr este objetivo esta fase tiene una actividad experimental.

Actividad Experimental N° 5

Los estudiantes reconocen a los ácidos grasos como sustancias insolubles en agua y alcohol pero solubles en éter.

Sustancia	Agua	Alcohol	Éter
Limón	Soluble	Soluble	Insoluble
Vinagre	Soluble	Soluble	Insoluble
Aceite de oliva	Insoluble	Insoluble	Soluble
Mantequilla	Insoluble	Insoluble	Soluble
Sebo	Insoluble	Insoluble	Soluble
Cera	Insoluble	Insoluble	Soluble

Tabla No 29. Solubilidad en muestras de uso común realizadas por el grado quinto.

De acuerdo con los resultados, las solubilidad de las sustancias de uso cotidiano fueron comunes en todos los grupos de trabajo, determinando que el tipo de mezcla, su compatibilidad, con respecto a su comportamiento polar y estructural.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
CAUSAL	Cuando se le echa vinagre al agua no pasa nada, y es soluble, es decir homogénea y es incolora, con el alcohol forma como burbujas pequeñas como si fuera gaseosa y al igual que con el agua es soluble y homogénea, mientras que con el éter se forma una burbuja grande que lo separa, tiene dos fases y forma una mezcla heterogénea.	1
CAUSAL	El limón se disuelve en agua y en alcohol y forman una sola mezcla de tipo homogénea y no se disuelve en el éter por tener características diferentes en su estructura.	2
CAUSAL	Con el aceite de oliva se puede disolver en otras sustancias como el éter porque sus moléculas son compatibles y se unen, en mientras que con el agua y el alcohol son insolubles.	3
CAUSAL	Con la mantequilla no se disuelve en agua sino que al calentarla si es compatible, es decir en otros estados como el aumento de temperatura, y si se	4

	disolvió en éter y alcohol porque formo una mezcla homogénea con estas sustancias.	
FUNCIONAL	El sebo no se disuelve en agua y alcohol, mientras que con el éter si lo es.	5
FUNCIONAL	Con la cera cambia de color con el éter como un café oscuro, pero en agua y alcohol conserva su color, porque no son compatibles.	6

Tabla 30. Explicaciones de los grupos de grado quinto durante la quinta actividad experimental.

Los estudiantes muestran motivación por aprender a través de estas actividades, convirtiendo el aula de clase un lugar apropiado para que el aprendizaje de los contenidos, el desarrollo de actitudes, fomentando la construcción de explicaciones funcionales y causales, los grupos No 5 y No 6 desarrollaron explicaciones funcionales puesto que observan, recogen y organizan las sustancias pero no analizan dicha información.



Imagen 9. Observaciones realizadas por los estudiantes de grado quinto con disoluciones de aceite con agua y aceite con alcohol

A diferencia de los demás grupos hacen hincapié frente al tipo de explicación causal porque los estudiantes establecen relaciones entre lo que conocen desde la teoría y las acciones que asumen debido a su experiencia, se les pregunta a los estudiantes sobre ¿por qué los solventes trabajados disuelven o no las sustancias? , a lo que ellos responden “No todas las sustancias se disuelven en un mismo solvente por sus características”, Por ejemplo, en el limón, se disuelve el alcohol, en tanto que el aceite no se disuelven. A lo que la docente les recuerda la información sobre la solubilidad, que es una propiedad que comprende el carácter polar o apolar de la sustancia influye mucho, ya que, debido a este carácter, la sustancia será más o menos soluble; por ejemplo, los compuestos con más de un grupo funcional presentan gran polaridad, es una propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma molécula, relacionada con otras propiedades como el punto de fusión, el punto de ebullición, las fuerzas intermoleculares, entre otros, se expone un ejemplo sobre la sal común si bien no es un compuesto molecular sino

que es una red iónica, podría usarse en un ejemplo del efecto de una molécula o disolvente apolar ya que las moléculas de agua, polares, se introducen en los espacios vacíos entre los iones del cristal iónico (NaCl) justamente debido a su polaridad, acercándose el diferencial de carga positivo del agua a los iones Cl⁻ y el negativo al Na⁺, en general, semejante disuelve a semejante: solvente apolar disuelve solución apolar, y viceversa, por lo que no son solubles en éter etílico.

Entonces para que un compuesto sea soluble en éter etílico ha de tener escasa polaridad; como lo es, con la mantequilla o el aceite de oliva, es decir, estas grasas presentan menor reactividad, en la que depende de la naturaleza del disolvente y del soluto, así como de la temperatura y la presión del sistema. A esta situación es necesario “enseñar a los estudiantes a actuar de manera científica en su aprendizaje, transformando las ideas en hipótesis, corroborando la validez de esas ideas mediante la experimentación o confrontación con otras ideas, interpretando los resultados obtenidos y reformulando, en su caso, los puntos de partida, la actividad experimental facilita de manera apreciable el aprendizaje en aquellos estudiantes que llevaron a cabo la experiencia de manera responsable y activa en la construcción de sus propias explicaciones.

Fase 3: Reconociendo la importancia de la composición de los ácidos grasos con material educativo computacional (MEC).

Se pretenden que los estudiantes relacionen la composición con algunas de las propiedades físicas y químicas que tienen los ácidos grasos; para más adelante analizar los efectos para la salud y los procesos industriales en los que están involucrados los ácidos grasos.

Actividad Experimental N° 6

En esta actividad se analizara la composición con el punto de fusión de las sustancias acidas grasas, los estudiantes mencionan ejemplos de ácidos grasos saturados e insaturados, según la información suministrada en el material educativo computacional, y de ellos lo clasifican de la siguiente manera:

ÁCIDOS GRASOS SATURADOS	ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS
Grasas, sebos y cera	Aceites provenientes de pescado.
En los aceites vegetales: de coco, y palma	Aceites vegetales: girasol, oliva y soja.
Mantequilla.	Margarina.

Tabla 31. Clasificación de algunas sustancias entre ácidos grasos saturados e insaturados realizada por los estudiantes de grado quinto.

Las grasas y los aceites como saturados e insaturados y los dos provienen de animales y vegetales, pero también en frutos secos (nueces, almendras) y en semillas (sésamo, girasol). Los aceites de

coco o de palma, aunque son aceites de origen vegetal, contienen ácidos grasos saturados, en lugar de ácidos grasos insaturados que son grasas líquidas a temperatura ambiente.

Se inició la actividad generando preguntas, que puedan ser de gran utilidad para dar un mayor criterio de análisis en los temas los conceptos de ácido graso que se tiene en el contexto, la docente les pregunta ¿A qué se debe la variación de temperatura en los ácidos grasos?; según la información suministrada por el MEC, los estudiantes responden lo siguiente:

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
CAUSAL	El cambio de temperatura de los ácidos grasos son por las propiedades físicas y químicas de las sustancias por ejemplo: el punto de fusión en los ácidos grasos saturados está dado por las fuerzas que tienen los átomos.	1
CAUSAL	Este se debe por las cadenas que forman los ácidos grasos Entre más átomos de carbono tenga una cadena, mayor temperatura tiene.	2
CAUSAL	Los ácidos grasos saturados suelen encontrarse en estado sólido, el punto de fusión es alto debido al número de carbonos.	3
CAUSAL	Los ácidos grasos insaturados tienen varios enlaces, porque la distancia entre los átomos de estos carbonos no es la misma que con los otros.	4
CAUSAL	Los ácidos grasos insaturados suelen encontrarse en estado líquido, teniendo un punto de fusión más bajo, a diferencia de los saturados tienden a ser sólidos.	5
CAUSAL	El aumento del número de carbonos de la cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos hace aumentar el punto de fusión.	6

Tabla 32. Clasificación de ácidos grasos saturados e insaturados según el punto de fusión, por los estudiantes de grado quinto.

En general los estudiantes presentan construcción de tipo causales, se les pregunto sobre el cambio de temperatura en los ácidos grasos y ellos mencionaron otras propiedades físicas y químicas como la composición de las sustancias, tipo de enlace y estructura, la estrategia pedagógica MEC, ofrecen una serie de variedad de medios y herramientas para enriquecer las habilidades científicas en ellos, la indagación implica desarrollar habilidades de investigación tales como averiguación,

observación, organización de datos, explicación, reflexión y acción. Además, ayuda a desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico; la habilidad para resolver problemas; actitudes que promueven la curiosidad y el sano escepticismo; y la apertura para modificar las propias explicaciones a la luz de nueva evidencia.

Actividad Experimental N° 7

En esta actividad, los estudiantes reconocen el método de saponificación mediante una actividad experimental en web, a partir ello, responden las siguientes preguntas: ¿De qué está compuesto el jabón? ¿Cómo sale la suciedad de la ropa? Explique la diferencia entre un jabón y un detergente.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
DESCRIPTIVA	El jabón contiene grasa y glicerol, la grasa puede ser sebo, aceite etc. Y a veces algunos contienen bicarbonato de sodio.	1
DESCRIPTIVA	El jabón contiene grasa de animal o vegetal, por ejemplo: el sebo y el tocino de cerdo o de aceites vegetales como el de maíz o girasol.	2
FUNCIONAL	Se trata de que el jabón ataca las macromoléculas de la suciedad de la ropa más el agua las remueve.	3
CAUSAL	El jabón limpia al atraer las moléculas de grasa hacia al centro de la micela, la parte exterior de la micela es atraída hacia el agua al ser eliminada por el lavado de la grasa solubilizándola.	4
CAUSAL	Los jabones son mejores que los detergentes debido a que poseen cadenas lineales en su estructura molecular en lugar de cadenas ramificadas, esto hace que se remuevan más fácil.	5
CAUSAL	Los jabones son tensoactivos esto quiere decir que disminuye la tensión superficial del agua, la disminución permite que el jabón entre en la capa aumentando la capacidad del lavado, y el detergente es una mezcla de muchas sustancias. El componente activo de un detergente es parecido al de un jabón, lo que cambia es su estructura molecular y su composición.	6

Tabla 33. Explicación de procesos de saponificación realizada por los estudiantes de grado quinto.

Las preguntas están diseñadas con la finalidad de que los estudiantes respondan a tipos de explicaciones descriptivas, funcionales y causales ¿De que esta hecho el fenómeno? ¿Cómo? ¿Para qué y el por qué del fenómeno?, en estudio, si bien es conveniente que como docentes reconozcamos los diferentes tipos de explicaciones posibles y los propiciemos en el aula, éstas han de considerarse en un sistema coherente y articulado de explicaciones, entendiéndose éstas como explicaciones integradas. En la investigación que realizamos, observamos cómo en el aula se construyen conjuntos de explicaciones que se van relacionando. En ellas se organiza el conocimiento y se busca la comprensión de un fenómeno desde su complejidad; en este caso, lo que sucede a los ácidos grasos, desde su composición, función y estructura.

A partir de las preguntas y de la discusión sobre ellas se cambia la mirada sobre las cosas, en éste sentido la actividad experimental en la enseñanza de los ácidos grasos se convierte en una motivación inicial para acercarse a los fenómenos que se estudia y a su vez en generadora de preguntas que les permite elaborar explicaciones causales dentro de las cuales emerge ideas entorno a la transformación de significación, para poder pensar, hablar y actuar sobre el entorno escolar.

Actividad Experimental N° 8

En el material educativo computacional se presenta el experimento de tinta invisible para que los estudiantes evidencien la composición de los ácidos grasos. $\text{Ácido} + \text{calor} \rightarrow \text{carbonización}$

Se les pregunta a los estudiantes ¿Cómo reconocen la presencia de carbono en la muestra analizada? A lo cual los estudiantes responden lo siguiente:

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
CAUSAL	No solo hay presencia de carbono sino de oxígeno porque al prender la vela hay varios gases en el aire como el nitrógeno y el oxígeno, y también hay carbono cuando se quema la hoja.	1
DESCRIPTIVA	Se observa el carbono al quemar la hoja, a parte de ese elemento tiene hidrógeno porque la leche es un ácido y todos los ácidos, están compuestos de hidrógeno.	2
FUNCIONAL	La leche, el limón, el vinagre, o cualquier otro líquido ácido debilitan el papel cuando se aplica.	3
CAUSAL	Cuando se aplica calor, la parte en donde se escribe el mensaje se oxida y se quema más rápido que el papel seco alrededor de la tinta, es decir que hay carbono que desprende de la hoja.	4

CAUSAL	El limón es un compuesto orgánico que contiene ácido cítrico y es rico en vitamina C, la parte del papel donde se ha secado el jugo de limón se carboniza más bajo que el resto del papel, es decir, el líquido al ser expuesto al calor, se oxida, lo cual se torna visible.	5
DESCRIPTIVA	Presenta un cambio químico de combustión del ácido cítrico, en donde aparecen las zonas carbonizadas de color pardo.	6

Tabla 34. Explicación de la composición de los ácidos grasos saturados e insaturados realizada por los estudiantes de grado quinto.

Aunque los estudiantes no realizaron la práctica, hacen explicaciones de tipo descriptiva, funcionales y causales, en primer lugar describen de manera general la composición que tiene cada sustancia, luego mencionan la funcionalidad de presenta y finalmente interpretan de cierta manera una reacción química, a lo que ello denotan un cambio químico, mencionan que en este experimento ocurre una reacción de combustión, porque al quemar el papel se transforma en cenizas, lo que se torna visible, así mismo complementando que estos procesos son irreversible, lo que aportaron con ejemplos como: la oxidación de hierro, digestión de los alimentos, leña en carbón entre otros.

Actividad Efectos para la Salud

En esta actividad los estudiantes plantean hipótesis de acuerdo a la lectura en EEUU se ha patentado un aceite.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
CAUSAL	El producto es bueno porque absorbe las grasas y sintetiza los ácidos grasos por el torrente sanguíneo evitando enfermedades como la hipertensión y la arterosclerosis.	1
FUNCIONAL	La gente debería comprarlo porque en la parte del intestino delgado es donde absorbe la grasa.	2
FUNCIONAL	Si el producto tiene buen sabor se vende mejor.	3
CAUSAL	Los efectos son positivos porque no engorda, y negativos porque no sabemos si esto trae problemas digestivos como vómito y diarrea.	4
CAUSAL	Son positivos porque no sufriríamos de enfermedades en las arterias.	5

CAUSAL	El precio del producto debe ser bajo para que las personas lo consuman.	6
--------	---	---

Tabla 35. Explicación de la actividad de lectura de los ácidos grasos saturados e insaturados realizada por los estudiantes de grado quinto.

De lo anterior se presenta tipos de explicaciones funcionales y causales, puesto que los estudiantes sugieren y plantean hipótesis de acuerdo a la lectura, además se les pregunta sobre ¿Cuáles son los ácidos grasos que recomendaría? ¿Por qué? Ellos mencionan “Los ácidos grasos de origen vegetal como por ejemplos: el aceite de oliva, de soja, y de aguacate. Y de origen animal como el de pescado azul y leche materna, porque contiene más hidrogeno que los ácidos grasos saturados”, es evidente que tienen en cuenta tanto la composición de cada uno de estos como su función y las consecuencias a nivel de salud. Luego se sugiere una actividad en donde se explica el proceso de transporte al consumir un alimento graso, en la que ellos lo comentan de manera descriptiva: “El alimento graso es digerido por el intestino delgado, luego este es absorbido por los vasos linfáticos en el intestino y de allí se dirige al hígado donde es metabolizado, los de alta densidad, luego es depositado en los músculos y arterias los de baja densidad LDL”

“El proceso comienza por la boca, luego por el intestino luego sube al hígado y finaliza en las arterias y luego se convierte en material de desecho”, “Cuando ingiero algo pasa al intestino y del intestino pasa al capilar y del capilar pasa al hígado y del hígado pasa a otro capilar y de ahí al musculo y se finaliza el proceso”, “Primero el helado pasa por el intestino delgado y de ahí sale en quilomicrones y pasa por el capilar y de ahí le saca grasa corporal y pasa al hígado y pasa a otro capilar y también le saca grasa corporal y ya después expulsa HDL y LDL al musculo”. En las que se evidencia el interés en la asimilación de nuevos conceptos en los diversos sistemas desarrollados.

Actividad Procesos Industriales

Para esta actividad, los grupos hicieron un análisis de la relación entre cada uno de los términos propuestos, de tal manera que les permite proponer alternativas de aplicación a una situación cotidiana, identificando el problema sobre: ¿Qué implicaciones a nivel ambiental tiene la elaboración del biodiesel?, sustentándolo con los conceptos que lo definen en forma concisa y clara.

Los estudiantes señalan varios aspectos a nivel social, ambiental, educativo, y económico.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	GRUPO
CAUSAL	La fabricación de biodiesel es un combustible alternativo importante para no contaminar el ambiente, y este se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales,	1

	derivados del petróleo puesto que aprovecha materias primas de bajo valor monetario.	
CAUSAL	El biodiesel es un combustible que ayuda al medio ambiente, motivo por el cual se está imponiendo en el mundo. Particularmente el tema de la acumulación de dióxido de carbono, se pueden controlar en forma notable con el uso de este combustible, por lo que su uso produce menos humo visible y menos olores nocivos contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental.	2
CAUSAL	La materia prima que se usa en la producción de biocombustibles se obtiene mediante agricultura, razón por la cual se puede dar lugar a una gran consecuencia que es la disminución en los alimentos, por ejemplo el girasol y el maíz.	3
CAUSAL	En Harrington se consideró que el biodiesel se podía producir a partir de insumos locales, como cultivos oleaginosos o aceites vegetales reciclados y desechos de materia orgánica con un considerable contenido de grasa, para ayudar a reducir la dependencia de importaciones de petróleo, y generar puestos de trabajo.	4
CAUSAL	Las grasas de animales y plantas están hechas de ácidos grasos. Existe una gran variedad de ácidos grasos que pueden ser usados para producir biodiesel y así evitar la contaminación ambiental.	5
CAUSAL	Los aceites usados son las mejores materias primas, debido a que la disponibilidad es menor a la cantidad de combustible de petróleo que se quema.	6

Tabla 36. Explicación de la lectura las implicaciones a nivel industrial en torno a los ácidos realizado por los estudiantes de grado quinto.

Los estudiantes presentan tipos de explicaciones causales, en las que se preguntan: ¿por qué sucede un fenómeno?, y construyen la respuesta atendiendo a leyes generales y de acuerdo con las condiciones antecedentes de ocurrencia del fenómeno. Así, lo que se explica debe deducirse a las condiciones de los antecedentes y demandando a leyes generales, desde la utilización del MEC, como material de complemento para el desarrollo de las actividades experimentales propuestas en la unidad, favoreció los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, el contenido se diseñó de manera que los conceptos más generales e inclusivos se presenten al principio, así mismo

ir avanzando de forma progresiva hacia los conceptos específicos. Esta herramienta de aprendizaje involucró no sólo contenidos sino nuevas formas de abordarlos haciendo uso de esta, lo cual implicó actualizarse en su uso y familiarizar a los estudiantes con nuevas formas de asumirlas. Una de los elementos que ofrece la web son los objetos virtuales de aprendizaje, los cuales son objetos digitales que permiten la participación interactiva de los estudiantes, lo que pueden ser usados numerosas veces, actualizados y empleados en diferentes espacios durante el aprendizaje apoyado por la tecnología.

PROCESO INDIVIDUAL DE LOS ESTUDIANTES DE GRADO QUINTO

Antes de iniciar con la propuesta de aula los estudiantes contestaron a la pregunta: De los siguientes alimentos jugo de limón y aceite, ¿cuál no se disuelve en agua? ¿Por qué?. De esta manera se pudo evaluar el tipo de explicaciones que generaban en ese momento.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	ESTUDIANTE
DESCRIPTIVA	El aceite no se disuelve en agua porque no se mezcla.	1
FUNCIONAL	Con el aceite porque forma una mezcla heterogénea, mientras con el limón es homogéneo porque sigue siendo agua.	2
FUNCIONAL	El aceite no se disuelve en agua porque no son compatibles y forman una mezcla heterogénea.	3
DESCRIPTIVA	El aceite no se disuelve en el agua porque flota en el agua.	4
DESCRIPTIVA	Es insoluble con el aceite porque el aceite queda arriba y el agua abajo.	5
FUNCIONAL	El limón se disuelve fácilmente porque tiene propiedades similares como el agua.	6
DESCRIPTIVA	El aceite no se disuelve con el agua porque pesa menos que el agua.	7
FUNCIONAL	Porque el aceite es una sustancia que al mezclarla con el agua me da una mezcla heterogénea.	8
FUNCIONAL	El limón es soluble porque forma una mezcla homogénea, mientras que el aceite no se disuelve.	9
DESCRIPTIVA	El limón es soluble porque se disuelve en el agua.	10
DESCRIPTIVA	El aceite es untuoso porque cuando se le echa agua se queda arriba así que es una sustancia insoluble.	11

DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble porque hay menos cantidad que la del agua.	12
DESCRIPTIVA	Es insoluble con el aceite porque la densidad es menor que la del agua.	13
DESCRIPTIVA	Las dos son solubles.	14
DESCRIPTIVA	El limón es insoluble porque se puede absorber el agua.	15
DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble al agua gracias a que el aceite es denso.	16
DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble porque no se derrite del todo.	17
DESCRIPTIVA	Porque el aceite es más fuerte que el agua no se combinan.	18
DESCRIPTIVA	En aceite si es insoluble porque no se deja absorber con el agua.	19
DESCRIPTIVA	El limón es soluble porque le da propiedades al agua y se disuelven.	20
DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble porque hay menor cantidad que la del agua.	21
DESCRIPTIVA	El aceite no es soluble porque no se disuelven, la densidad del agua es más fuerte que la del aceite.	22
DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble porque cambia sus propiedades organolépticas.	23
DESCRIPTIVA	Es insoluble porque el aceite es una sustancia densa se separan con el agua me da un color amarillo e incoloro.	24
FUNCIONAL	El aceite no se disuelve en el agua porque da como resultado una mezcla heterogénea.	25
FUNCIONAL	El aceite porque al mezclarse con el agua, la densidad del aceite es menor que la densidad del agua y me da una mezcla heterogénea.	26
FUNCIONAL	El aceite porque la densidad es menor a la del agua por esa razón el aceite queda arriba del agua.	27
DESCRIPTIVA	El aceite es una sustancia grasosa y al mezclarlo con el agua se separan las fases.	28
DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble porque no se revuelve con el agua y no cambia de color y el limón no es insoluble.	29

DESCRIPTIVA	La densidad del aceite es menor que la del agua.	30
FUNCIONAL	El limón no es insoluble porque se disuelve y el aceite si es soluble porque están separados y no se disuelven y es más denso que el agua.	31
DESCRIPTIVA	El aceite es insoluble porque la densidad es menor que la del agua.	32

Tabla 37. Explicaciones de los estudiantes de grado quinto antes de iniciar las actividades experimentales.

Esta pregunta pretende averiguar, la forma como los estudiantes interpretan una experiencia cotidiana, frente al proceso de solubilidad en dos alimentos ácidos y grasos, en relación al solvente agua en diferentes mezclas. Los estudiantes hacen una mera descripción de las sustancias, no infieren la capacidad que tienen algunas sustancias de disolverse, y no mencionan los componentes de la mezcla, el soluto y el medio (el solvente). Además presentan explicaciones de tipo funcional integrándolas al todo y a experiencias tanto académicas como de su vida diaria para dar respuesta a su pregunta, identificaron atributos esenciales, indispensables y necesarios que caracterizan las mezclas homogéneas y heterogéneas, pero no lograron distinguir el comportamiento de las soluciones, cuando son solubles y cuando no lo son.

No se tuvo en cuenta los demás tipos de explicaciones como la narrativa y la causal, es por esto que se propuso una práctica para evidenciar este tipo de explicaciones donde se infiera otros significados como la solubilidad y miscibilidad, de las sustancias para explicar la causa y efecto de este fenómeno, además, no comprenden la relación entre la composición y estructura microscópica de la materia con su capacidad de disolución. Es por ello que se realizara la actividad experimental N° 5 para abordarlos aparte del tipo de mezclas homogéneas y mezclas heterogéneas, ampliar el lenguaje científico con los términos de disolución en las sustancias, lo que permite ampliar el lenguaje y así para poder construir explicaciones frente al fenómeno a estudiar.

Después de que los estudiantes realizaron la actividad experimental N° 5 se les volvió a realizar una pregunta individual: De los siguientes ácidos grasos: mantequilla, aceite de oliva y sebo, ¿cuál no se disuelve en agua? ¿Por qué? ¿En qué otras sustancias se pueden disolver? Esto permitió observar cómo estaba el proceso de construcción de explicaciones en cada uno de los niños.

TIPO DE EXPLICACIÓN	OBSERVACIÓN	ESTUDIANTE
FUNCIONAL	Con el agua forma una mezcla heterogénea, como la cadena apolar es mucho más grande que la parte con carga (polar), la molécula no se disuelve en agua.	1

FUNCIONAL	Son insolubles porque la densidad es menor que la del agua, y a temperatura ambiente, los ácidos grasos saturados suelen encontrarse en estado sólido.	2
DESCRIPTIVA	Las tres ácidos grasos no se disuelven porque tienen una densidad menor que el agua.	3
DESCRIPTIVA	El aceite, la mantequilla y el sebo son insolubles con el agua.	4
FUNCIONAL	Son moléculas no polares, es decir, sus extremos no están cargados. Por esto es por qué las grasas no son solubles en agua,	5
FUNCIONAL	Porque los ácidos grasos son sustancias que al mezclarla con el agua me da una mezcla heterogénea.	6
CAUSAL	Las grasas se forman a partir de largas cadenas de hidrocarburos, con secuencias de carbono-carbono unidas con átomos de hidrógeno. Las grasas se componen de extremos no polares, eso quiere decir que no forman enlaces con el hidrógeno. Además, los lípidos tienen enlaces sencillos entre los átomos de carbono. Es por eso que las moléculas de grasa no interactúan bien con las de agua, de forma que el agua y la grasa se repelen.	7
CAUSAL	Hay algunas grasas que son anfipáticas, eso quiere decir que un grupo hidrófilo, se une a un extremo. Por tanto, el extremo hidrófilo interactúa con el agua, mientras que el otro extremo no. Esto permite a las moléculas formar las membranas de las células.	8
FUNCIONAL	Las sustancias grasas entre los que se encuentran los provenientes de peces como sardinas y salmones, del hígado del tiburón y del bacalao, o de mamíferos marinos como el delfín o la ballena; de las patas de vacunos, equinos y ovinos se extraen también aceites usados como lubricantes e impermeabilizantes.	9
DESCRIPTIVA	Los ácidos grasos no se disuelven con el agua porque pesa menos que el agua.	10
FUNCIONAL	Para que el agua disuelva la grasa, una gran cantidad de enlaces de hidrógeno tienen que	11

	romperse, pero como esto requiere muchísima energía.	
FUNCIONAL	Los ácidos grasos no son compatible en el agua porque la densidad del aceite es menor que la del agua.	12
CAUSAL	No se disuelve en agua y en alcohol porque no es polar, lo polar se disuelve en lo polar y lo no polar en lo no polar, por afinidad electrostática, es decir que solo es soluble en éter, benceno, cloroformo o en otras sustancias con estas características apolares.	13
CAUSAL	El aceite de oliva es soluble en éter por la razón de que ambos compuestos son no polares, es decir, en sus moléculas no se presentan densidades de cargas opuestas, sus moléculas no se atraen por fuerzas electrostáticas, lo contrario a lo que sucede con el agua y el alcohol, cuyas moléculas se unen por puentes hidrogeno que se pueden formar gracias a que el agua es una molécula polar.	14
DESCRIPTIVA	Se caracterizan porque son untuosos cuando se le echa agua se queda arriba así que es una sustancia insoluble.	15
FUNCIONAL	No se disuelven con el agua porque da como resultado una mezcla heterogénea.	16
CAUSAL	Las sustancias grasas no son solubles en agua, porque tiene dos fases y forma una mezcla heterogénea, mientras que con otras sustancias como el éter se disuelve fácilmente por su estructura.	17
CAUSAL	Cuando se le adiciona un ácido graso como la mantequilla o el aceite de oliva al agua no se disuelve porque forman cadenas apolares y no son compatibles entre sí, es decir forma una mezcla heterogénea y se requiere de calentarse para que aumente la temperatura y se pueda disolver.	18
FUNCIONAL	Las grasas y los aceites son ésteres (un alcohol más un ácido). Como el alcohol que las forma es el glicerol, se los llama también glicéridos.	19

FUNCIONAL	Son sustancias insolubles en agua y menos densas que ella. En cambio, se disuelven en otros disolventes tales como el éter y el benceno.	20
DESCRIPTIVA	No se disuelven en agua porque la densidad es menor.	21
FUNCIONAL	No son solubles en agua, pero si en los disolventes orgánicos como el éter.	22
CAUSAL	Estos compuestos tienen, en general, una cadena hidrocarbonada larga, variable entre 12 y 26 átomos de carbono, en uno de cuyos extremos se encuentra el grupo ácido y son compatibles con el etér.	23
DESCRIPTIVA	Son insolubles porque no se derriten del todo.	24
CAUSAL	Las moléculas de agua se enlazan entre sí mediante enlaces de hidrógeno, ya que los electrones son compartidos desigualmente entre el hidrógeno y el oxígeno, resultando de ello una carga negativa sobre el átomo de oxígeno, creando así un enlace polar, es por esto que no se disuelven con el agua.	25
FUNCIONAL	Son grasas sólidas a temperatura ambiente, como las de cabra o buey. Están formadas por ácidos grasos saturados y cadena larga y los insaturados o de cadena corta o ambas cosas a la vez, la molécula resultante es líquida a temperatura ambiente y se denomina aceite.	26
CAUSAL	Como el átomo de oxígeno atrae los electrones con más fuerza, por lo que este tiene una carga parcial negativa, que se une con la carga parcial positiva del hidrógeno de otras moléculas de agua.	27
CAUSAL	Los ácidos grasos tienen a su alrededor cargas eléctricas del mismo signo que, al repelerse, hacen que las partículas grasas queden separadas entre sí, formando una emulsión estable. En caso contrario, al agitar el sistema agua – aceite, se formaría en el primer momento una emulsión, pero al cesar la agitación, debido a la gran atracción entre sus moléculas, las gotitas se unirían entre si formando nuevamente dos capas.	28

CAUSAL	Si se disuelve los ácidos grasos en agua, éste por su menor densidad forma una fase sobre el agua. Las moléculas se orientan y se disponen en la interfase con la cadena hidrofílica hacia el agua y la cadena hidrofóbica hacia el aceite.	29
CAUSAL	No se puede disolver con el agua, por ejemplo al agregar un jabón al agua y agitar, la grasa se emulsifica y forma pequeñas gotas separadas, que son arrastradas por el agua del lavado.	30
CAUSAL	Se llama grasa animal a las grasas obtenidas de animales dentro de las cuales las más importantes son el sebo y la manteca, las grasas animales se obtienen, por lo general, hirviendo el tejido graso animal en agua y dejándolo enfriar. El calor disuelve la grasa del tejido y ésta, debido a su menor densidad relativa, sube a la superficie del agua.	31
CAUSAL	En los saturados, el punto de fusión aumenta debido al n° de carbonos, mostrando tendencia a establecer enlaces de Van der Waals entre las cadenas carbonadas. Gracias a este comportamiento anfipático los jabones se disuelven en agua dando lugar a micelas monocapas, o bicapas si poseen agua en su interior.	32

Tabla 38. Explicaciones de los estudiantes de grado quinto

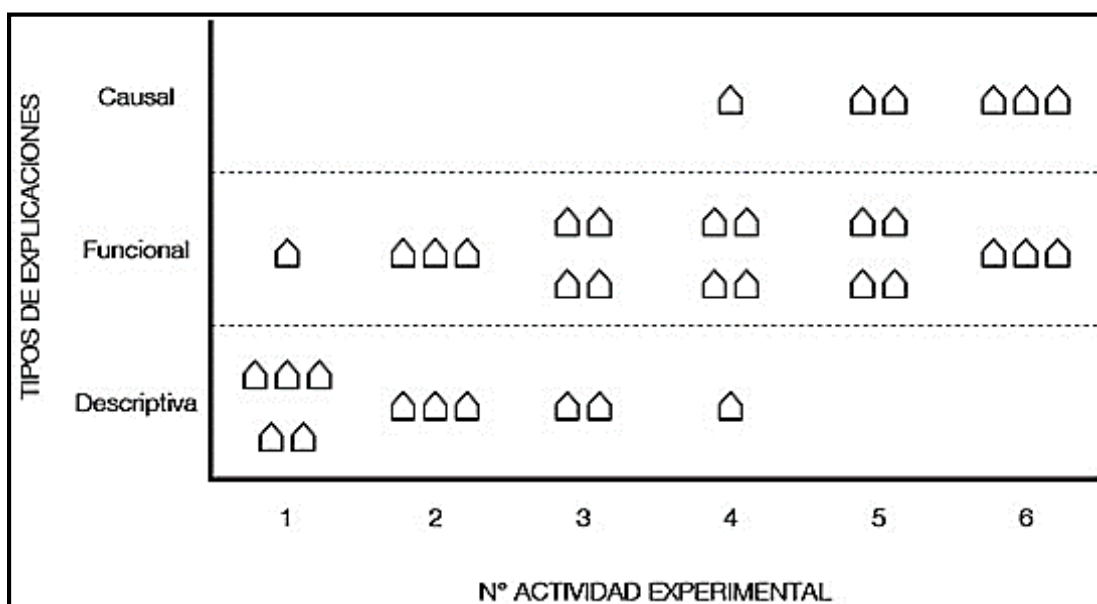
Los estudiantes infieren la capacidad que tienen algunas sustancias de disolverse, y mencionan los componentes de la mezcla, el soluto y el medio (el solvente). Se muestra una mejoría en la comprensión del concepto, aunque utilizan palabras como “se parecen, son compatibles”. Es decir los estudiantes suelen atribuir cualidades humanas a la explicación de hechos o fenómenos naturales. La mayoría de los estudiantes identificaron atributos esenciales, indispensables y necesarios que caracterizan las mezclas homogéneas y heterogéneas, así mismo lograron distinguir el comportamiento de las soluciones, cuando son solubles y cuando no lo son. “las sustancias que tienen la misma composición o unas sustancias que se asemejan a otras se pueden disolver”. “Pues que las sustancias con compuestos similares pueden disolverse entre sí, por ejemplo el alcohol y el agua”. “Cuando las moléculas son compatibles, se disuelven más fácil, mejor dicho cuando poseen características semejantes”.

Los estudiantes se atrevieron a plantear ideas que se acercan a los conceptos de solubilidad en mezclas de uso cotidiano, para explicar los fenómenos naturales de su entorno, lo cual demuestra alguna coherencia entre conceptos como “las moléculas polares se disuelven en moléculas polares

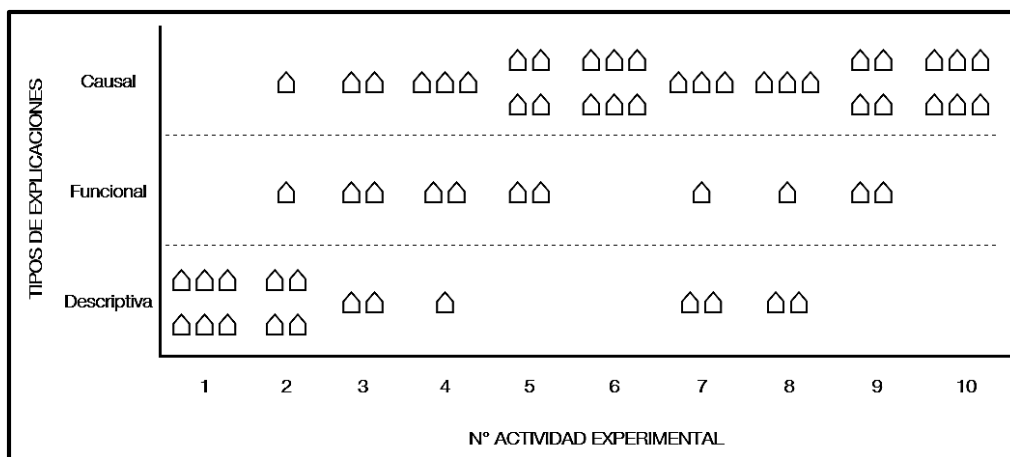
y las moléculas no polares se disuelven en moléculas no polares”. Es decir el carácter polar o no polar de una molécula influye mucho en su capacidad de disolverse. Analizando las respuestas dadas a esta pregunta se detecta que los estudiantes coinciden en relacionar la similitud en la estructura química de las sustancias a mezclarse, con su capacidad de disolverse entre ellas mismas.

EVOLUCIÓN DE LAS EXPLICACIONES EN LOS ESTUDIANTES DE GRADO ONCE Y QUINTO

Las dos gráficas muestran las explicaciones de los estudiantes de los grado de once y quinto durante cada una de las actividades experimentales que realizaron en los grupos organizados por ellos.



Gráfica 2. Evolución de las explicaciones en los grupos de grado once.



Gráfica 3. Evolución de las explicaciones en los grupos de grado quinto.

Aunque las actividades y propósitos de las dos rutas de aula tienen diferencias debido a los niveles cognitivos y a la estructura espiral de los estándares del Ministerio de Educación Nacional (coherencia vertical); si se puede hacer un análisis del carácter de las explicaciones fenomenológicas a través de los niveles de desempeño. Puede observarse en los niños de grado quinto que aunque su nivel de complejidad es menor sus explicaciones pasan por los diferentes niveles establecidos: descriptivo, funcional y causal; de donde se puede deducir que es posible que niños que están en la etapa de desarrollo de operaciones concretas puedan dar explicaciones elaboradas porque asocian, comparan y deducen a partir de los fenómenos que observan. Es decir, que las explicaciones generadas a partir de la observación de fenómenos que se trabajaron en el aula de clase desde temprana edad me pueden producir capacidades en los niños de ser críticos, analíticos y reflexivos, como lo establece la Ley General de Educación.

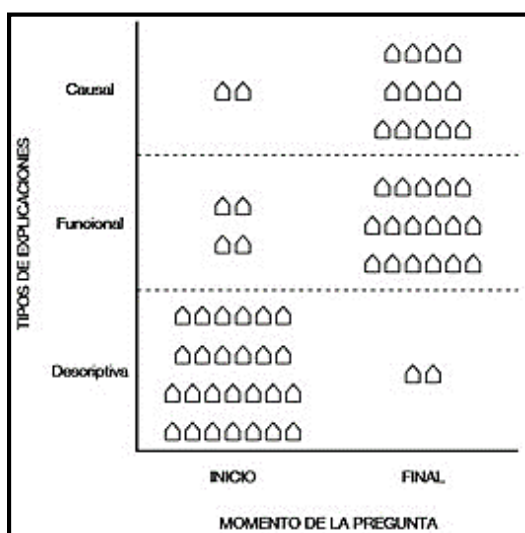
La fenomenología es un camino que tomado en una secuencia de aula puede hacer que los estudiantes puedan pasar de las operaciones concretas a las operaciones normales como lo plantea Piaget; puedan hacer aprendizaje significativo como lo plantea Ausbeel o pueden hacer construcciones sociales validas como lo plantea Vygotsky. Es decir, la fenomenología en el aula de clase es inherente a cualquier concepción constructivista de la educación y más aún cuando permite que la construcción del conocimiento científico no pase de como una verdad revelada sino que permite el asombro, la creatividad y el ingenio del educando.

En cuanto a los estudiantes de grado once los niveles de explicación al iniciar el proceso en apreciaciones meramente descriptivas esto se puede explicar debido a que los estudiantes objeto del presente trabajo no habían tenido una aproximación al trabajo fenomenológico y las practicas experimentales eran la simple comprobación de la teoría vista en clase, luego no tenían que deducir, formalizar y concluir sino que a través de unas instrucciones comprobaban la información dada con anterioridad. Sin embargo, por su etapa de desarrollo, su nivel de socialización y su lenguaje pudieron fácilmente acomodarse a la situación de aprendizaje y lograr pasar a niveles más avanzados de las explicaciones fenomenológicas; actividad experimental tras actividad experimental se puede observar en el gráfico que los estudiantes lograron dar explicaciones más elaboradas de carácter funcional y causal.

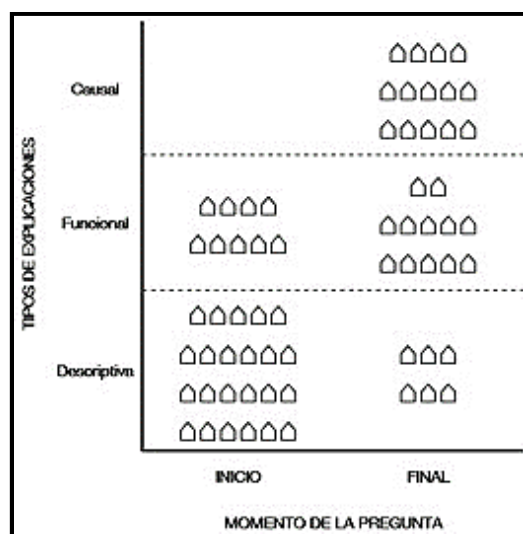
De lo anterior se puede deducir que si iniciamos a los estudiantes desde los primeros años de formación a ver la ciencia desde la fenomenología es posible que al llegar a grados superiores puedan tener siempre explicaciones causales de lo que observan y deducen. Es decir, que tengan capacidad de asociar un fenómeno con otras situaciones problemas similares, puedan extrapolar a situaciones más complejas y puedan deducir y generalizar fenómenos químicos a partir de las secuencias de aula; entonces la ciencia ya no será la simple información enciclopédica sino la construcción social del conocimiento a través de la capacidad de asombro.

En el nivel causal que se observa en las dos gráficas puede aparentar que los niños de grado quinto tienen mejores explicaciones que los estudiantes de grado once, pero se debe tener presente que los niveles de desempeño son diferentes acorde a lo que plantea los estándares curriculares y los derechos básicos de aprendizaje, pues para el grado quinto se puede establecer como nivel causal la generalización del fenómeno para predecir otras situaciones problema que se den dentro de la clasificación e identificación de las propiedades de los ácidos y las bases; mientras a los estudiantes de grado once el nivel causal sugiere la capacidad que tiene la persona para diferenciar, asociar y clasificar ácidos grasos a partir de su organización molecular y su estructura atómica.

A continuación se muestra el comportamiento de las explicaciones de los estudiantes de forma individual antes y después de aplicar la ruta de aula.



Gráfica 4. Evolución de las explicaciones individuales de grado once.



Gráfica 5. Evolución de las explicaciones individuales de grado quinto.

Las condiciones iniciales de aprendizaje realizado a través de un diagnóstico individual de los estudiantes permitió establecer que el 81% de ellos apenas hacían explicaciones descriptivas notándose incluso que tales explicaciones en muchos casos no eran completas es decir eran fragmentadas; siempre el estudiante estaba a la espera de recibir la instrucción del profesor y contestar con palabras sueltas lo observado en el fenómeno, como por ejemplo mencionando uno solo de los procesos que podían desarrollar para determinar el carácter ácido o básico de una sustancia describiendo lo que debía suceder ponerse rojo, no reaccionar, pasar de rojo a azul, se puso más intenso sin dar ninguna clase de explicación. Al iniciar el trabajo estas clases de explicaciones poco descriptivas fueron desalentadoras para el grupo investigador, porque parecía difícil cambiar la forma mental del aprendizaje en estudiantes que oscilan entre los 15 y 17 años de edad pero fue ahí donde después de un análisis que se asumió el reto de a través de secuencias de aula bien elaboradas y de cuestionamientos constantes, permitiendo romper los esquemas tradicionales y pasar a otra forma de ver la química donde el estudiante pasa a ser el protagonista y el constructor del saber específico.

Para el caso del grado quinto prevaleció el tipo de explicaciones descriptivas, se evidencian dificultades en la explicación del fenómeno de solubilidad en las sustancias, dado que no asocian las variables de la temperatura y la presión, factores que de una u otra forma, se pone en juego por medio de actividades que involucran la experimentación conceptos fundamentales para tener en cuenta y hacer visibles otras variables que intervinieron en la solubilidad de las sustancias a manipular; atendiendo a las edades de la población, permitiendo a los estudiantes generar una mayor comprensión en torno al tema.

Al finalizar el proceso de investigación puede verse claramente en las gráficas que el estado final de las explicaciones fenomenológicas para ambos grados desde el punto de vista individual hay una inversión es decir más del 80% de los estudiantes de grado quinto y once dan explicaciones de tipo funcional y causal. Para grado quinto las explicaciones funcionales y causales, son presentadas desde el comportamiento y la composición de los ácidos grasos, mientras que en grado once logran explicar además de estas, formas abstractas a nivel de estructura.

CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES FINALES

Este trabajo surgió como una necesidad de presentar una reacción contra los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, especialmente de la química, donde predomina la perspectiva positivista, con una marcada separación entre el laboratorio y la teoría, siendo esta última, a quien se le ha dado mayor énfasis, dado que pocas veces se realizan actividades experimentales en el aula y en las ocasiones en las que las implementan están diseñadas para corroborar la teoría presentada con anterioridad, el ejemplo de este tipo de situación se observó durante el desarrollo de la temática de ácidos grasos, la cual es realizada con un enfoque tradicional dificultando el proceso de aprendizaje significativo en los estudiantes, los procesos de enseñanza y aprendizaje sobre este concepto comienzan con clase magistrales donde se observan las estructuras de diferentes ácidos grasos, a partir de ellas se relaciona la nomenclatura, la clasificación, las propiedades físicas y químicas, como si todas ellas dependieran del número de carbonos que formen la molécula, del número de dobles enlaces que posea y de la posición que ocupen los dobles enlaces en la cadena. Y no se le permite al estudiante comprender que la estructura de cada ácido graso es una construcción realizada por los científicos para explicar el comportamiento de las moléculas frente a diferentes fenómenos, es decir, que la estructura es el resultado de las propiedades físicas y químicas que presentan. Los ácidos grasos hacen parte de una temática mayor como son los Lípidos, en la mayoría de los casos al final de esta serie de conceptos se realiza una práctica para corroborar la propiedad de la saponificación mediante la elaboración de un jabón. En algunas ocasiones se les hace un listado de las funciones que tienen este tipo de moléculas en los seres vivos pero sin asociarlas a los conceptos vistos con anterioridad y quedan como si no tuvieran relación. Por lo anterior se plantea la necesidad de establecer un tipo de relación que se puede generar entre la actividad experimental y el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos, para que de esta manera el estudiante construya explicaciones de carácter descriptiva, funcional y casual.

En el diseño y desarrollo de la ruta de aula se evidencian aportes significativos para poder establecer el tipo de relación que se puede generar entre la actividad experimental y el proceso de construcción de explicaciones en torno a los ácidos grasos objeto de estudio de la presente investigación.

La construcción de explicaciones sobre los ácidos grasos, fundamentadas en la actividad experimental que tiene como trasfondo el análisis histórico, es una prueba de tal afirmación. Por ende, la incidencia de la historia en la comprensión de las propiedades físicas de los ácidos grasos y las explicaciones sobre este comportamiento relacionándolo con la composición y estructura de estas sustancias a partir de las actividades experimentales, son las consideraciones finales que se pretenden abordar.

La importancia de abordar el desarrollo histórico de los ácidos grasos a partir de la lectura de fuentes primarias, como la historia de los experimentos que realizó Michel Eugene Chevreul con los cuerpos grasos, radica en la construcción auténtica del fenómeno, dejando de lado la interpretación de intermediarios que pueden tener una intencionalidad diferente a la planteada en el presente trabajo. Este proceso se fundamenta en una postura reflexiva y sistemática, que permite a las docentes investigadoras resolver y formular preguntas, construir sus propias explicaciones, reconocer los diversos modos de proceder y diseñar actividades experimentales para la enseñanza de los ácidos grasos, en suma, poder afirmar que el análisis histórico es un método que puede ser utilizado para comprender el fenómeno alrededor de los ácidos grasos.

Se debe aclarar que la función del análisis no consiste en comprender el pasado, ordenar hechos históricamente lineales y acumulativos, ni descubrir las propiedades de las sustancias; más bien pretende configurar una idea de la ciencia como actividad humana en donde los fenómenos son estructurados y organizados.

En el ámbito educativo, los ácidos grasos son un fenómeno repleto de aspectos abstractos al cual se pueden asociar pocas experiencias cotidianas, quedando limitado a prácticas que únicamente los relacionan como componentes de los aceites y las grasas, sustancias útiles para la elaboración de jabón en el laboratorio. Por ende, los docentes de ciencias naturales plantean diversos interrogantes, por ejemplo ¿Cómo caracterizar los ácidos grasos? y ¿Cómo facilitar la comprensión estructural de los ácidos grasos? Preguntas que encuentran respuesta en el análisis de la historia, pues en él se caracterizan los ácidos grasos al hacer un comparativo con los ácidos inorgánicos y con las grasas, para luego empezar a diferenciarlos a partir de propiedades físicas como la densidad, los puntos de fusión y ebullición.

En este sentido, el acercamiento a la historia interna de las ciencias naturales muestra las ideas y los experimentos llevados a cabo por este científico durante su estudio de los ácidos grasos, elaboraciones que logran dar cuenta de la caracterización, organización y clasificación del fenómeno, exponiendo de esa manera elementos importantes para la construcción de explicaciones propias. El elevado contenido experimental que se manifiesta en la reconstrucción del fenómeno, despliega los diversos modos de proceder científico, promoviendo un sin número de ideas para que las docentes diseñen actividades experimentales orientadas a la enseñanza de los ácidos grasos. Tales experiencias son innovadoras, atractivas y significativas para el estudiante debido a su naturaleza tangible.

Por lo tanto se planeó, diseñó y aplicó una ruta de aula utilizando los criterios y metodologías propios de la fenomenología donde se les permitió a los estudiantes de grado quinto y once caracterizar, organizar y clasificar los ácidos grasos y que a la vez tuvieran la oportunidad de construir explicaciones a partir de un continuo diálogo entre compañeros y con las docentes, posibilitando una discusión colectiva que generará consensos para establecer maneras

experimentales de proceder, modos de hablar y significados correspondientes al fenómeno, dejando de lado la simple narración de hechos.

Para comenzar las actividades experimentales realizadas en la primera sesión de la ruta de aula permitían acercar a los estudiantes a explorar las características de los ácidos y las bases inorgánicas, favoreciendo la aproximación al fenómeno, pero luego comenzar a abordar los ácidos grasos y relacionar su nombre con sus propiedades. La utilización de sustancias de carácter natural y de uso cotidiano durante las actividades experimentales permitió ver la química no como una acción de sustancias ajenas al contexto sino que por el contrario pudieron determinar los estudiantes que la química está presente en su entorno cotidiano.

Hacer construcciones y aproximaciones al saber desde lo observado en las actividades experimentales hizo que se presentaran aprendizajes significativos que hicieron cambios auto estructurales en el ser de las personas que fueron participes del proceso de aprendizaje; es decir, ya no fueron recipientes hetero estructurales que reciben información sino que dieron explicaciones elaboradas de carácter descriptivo, funcional y causal lo que hace que tengan un discurso elaborado frente a una situación problema.

Al aplicar el presente trabajo a dos grupos con diferente nivel educativo permitió comprender y entender la estructura espiral de los estándares, indicando que el niño en grado preescolar puede diferenciar las características de un jugo de limón frente a un detergente o un aceite y a medida que va avanzando el proceso puede diferenciar los niveles de acidez y de basicidad de diferentes sustancias hasta llegar a grado once donde puede relacionar el comportamiento de estas sustancias con los ácidos grasos además de llegar a explicar las propiedades específicas de los ácidos grasos con la composición y las estructuras a partir de la ciencia socialmente aceptada.

Estas explicaciones sobre el fenómeno se estructuran a partir de los hechos perceptibles, relacionando las experiencias cercanas a la cotidianidad del estudiante para aproximarlo a una actividad científica comprensible y aplicable en diversos contextos. Pero no es suficiente generalizar a partir de la situación puntual planteada en el presente trabajo sino que se requiere aplicarlo a todo el proceso curricular desde el preescolar hasta el grado once para poder de esta manera mirar los cambios estructurales en la forma en que se construye la ciencia y en particular la química.

La caracterización de los ácidos grasos conlleva en el proceso de construcción del conocimiento hacia etapas más avanzadas en la comprensión de los enlaces de carbono para la presentación de todas las sustancias orgánicas como los lípidos; así de esta manera a medida que el estudiante adquiere explicaciones de carácter funcional y causal; sobre todo en esta última el estudiante hace preguntas y correlaciona lo que permite plantear nuevas situaciones problema en contextos particulares y así tener nuevos aprendizajes significativos y nuevos espacios para realizar

construcciones más avanzadas en la comprensión de todos los compuestos orgánicos. Este tipo de trabajos contribuyen a que los estudiantes al momento de estudiar la estructura orgánica tengan una mayor capacidad de comprender los tipos de enlaces que están presente en el carbono y como estos influyen en el comportamiento de las moléculas que se forman.

La sistematización y el análisis de la aplicación de la secuencia de aula para la caracterización, organización y clasificación de los ácidos grasos permitieron deducir el nivel conceptual de los estudiantes frente a contextos y situaciones diferentes presentadas en las actividades experimentales. El trabajo en el aula comienza a partir de los conocimientos espontáneos y las creencias de los estudiantes para confrontarlas con las actividades experimentales lo que hace que frente a una situación se puedan hacer descripciones que expliquen los cambios conceptuales frente a sus creencias pero por otro lado también permite dar explicaciones más elaboradas de carácter funcional es decir de predecir, deducir, asociar y concluir o desarrollar etapas más elaboradas de relacionar, derivar y extrapolar el fenómeno a diferentes contextos logrando una manipulación, representación y simbolización del fenómeno a partir de sus propios constructos, es decir, dar explicaciones causales.

Es posible que los niños desde el inicio de su actividad escolar puedan descubrir y construir ciencia siempre y cuando no se le quite al niño lo que es innato es decir descubrir, experimentar, organizar y preguntar que es la razón de la fenomenología en el aula de esta manera se cumple con los propósitos de los estándares curriculares del Ministerio de Educación Nacional en cuanto a formar en el conocimiento científico natural y desarrollar compromisos personales y sociales frente al desarrollo de la ciencia.

El presente trabajo mostro que es posible pasar de la enseñanza de las ciencias como un proceso mecánico y de información de leyes acabadas y predeterminadas para plantear la posibilidad de la construcción de las ciencias a partir de la actividad experimental, el dialogo y la deducción que permita construir nuevos significados que llenen de asombro al estudiante para que dicho aprendizaje no sea temporal sino altamente significativo.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

Adúriz, A.; Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130 – 140.

Adúriz, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 40 – 49.

Aróstegui, J. (1995). *La investigación histórica: teoría y método*. Barcelona, España: Crítica.

Ayala, M., Malagón, F. y Sandoval, S. (2011). Magnitudes, medición y fenomenologías. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24(1), 43 – 54.

Ayala, M., Malagón, J. y Sandoval, S. (2013). La historia en la enseñanza de las ciencias: una relación polémica. En Malagón, J., Sandoval, S. y Ayala, M. *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias* (pp. 21 – 37). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.

Bernard C. (1865). *Introduction a la medecine experimentale*. Paris, Francia.

Bernal G. y Torres C. (2013). *La actividad experimental y la comprensión de la relación entre comportamiento y estructura de las sustancias*. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Berzelius, J. (1851). *Tratado de química mineral, vegetal y animal*. Tomo 14. Madrid, España: Imprenta de D. José María Alonso.

Bouchardat, A. (1875). *De la glycosurie ou diabète sucré. Son traitement hygiénique*. Paris, Francia: Baillière.

Bunge, M. (2000). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. México D.F., México: Siglo Veintiuno Editores.

Bustamante, G. (2008). Los tres principios de la lógica aristotélica: ¿son del mundo o del hablar?. *Folios*, 27, 24 – 30.

Bruner, J. S. (1991). *Actos de significado: más allá de la revolución cognitiva*. Madrid, España: Alianza.

Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 8 – 19.

Carrascosa, J. (2006). El papel de la actividad experimental en la educación. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157 – 181.

Coll C. (1988) Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo.

Conant, J. B. (1947). *On Understanding Science*. New Haven. Connecticut, United State: Yale University Press.

Concari, S. B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciencia y educación*, 7(1), 85 – 94.

Chamizo, J. (2010). Historia Experimental de la Química. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 25.

Curia M, D'Alessandro O, y Briand L. (2010). La enseñanza de conceptos en biotecnología a través de un experimento sencillo y económico. *Revista Formación Universitaria*, 3(1), 27 – 30.

Chevreur, M.E. (1823). *Recherches chimiques sur le corps gras d'origine animal*. Paris, Francia: Chez, F. G. Levrault Libraire Editeur.

Duhem. P (1914) .*La theorie physique, son objet, sa structure*. University, Illinois.

Entwistle, N. (1993). *Questionnaire on Approaches to learning and studying*. Edinburgh: Centre for Research on Learning and Instruction, University of Edinburgh.

Estany, A. (2006). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona

Ferreiros, J. y Ordoñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34 (102), 47 – 86.

Feynman, R. P. (1999). *Qué significa todo eso: reflexiones de un científico – ciudadano*. Barcelona, España: Crítica.

Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291 – 296.

García, E. (2011). Modelos de explicación, basados en prácticas experimentales. Aportes de la filosofía historicista. *Revista Científica*, 14, 89 – 96.

García, M. y Calixto, R. (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Revista Perfiles Educativos*, 84.

Gómez, A. (2006). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista Educación y Pedagogía*. Medellín.

Hacking (1996). *Representar e intervenir*. Ciudad de México, Mexico: Paidós – UNAM.

Hempel, C. (1996). *La explicación científica. Estudios sobre la filosofía de la ciencia*. (Trad. de Frassinetti de Gallo, Míguez y Ruiz) Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica, S.A. (Original en Inglés, 1965).

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299 – 313.

Hume, D. (1980). *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid, España: Alianza Editorial.

Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999) Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), 45 – 59.

Koponen I., Kurki–Suonio, K., Jauhiainen J., Hämäläinen, A. y Lavonen, J. (2000). The Role of experimentality in concept formation in physics: quantifying experiments and invariances. *Conference physics teacher education beyond 2000*, 337 – 340.

Lassaigne, J. L. (1844). *Tratado completo de química: considerada como ciencia accesoria al estudio de la medicina, de la farmacia y de la historia natural*. Madrid, España: Librería de la Señora Viuda de Calleja e Hijos.

Lazo, L., Vidal, J. y Vera, R. (2013). La enseñanza de los conceptos de oxidación y de reducción contextualizados en el estudio de la corrosión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 110 – 119.

Ley 115. Ley General de Educación. Bogota, Colombia: 8 de febrero de 1994.

Malagón, J., Sandoval, S. y Ayala, M. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Revista Praxis Filosófica*, 36, 119 – 138.

Malagón, J. (2014). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias*, 8, 95 – 104.

Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío! Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá, Colombia: Cargraphics S.A

Marqués, P. (1998). La evaluación de programas didácticos. *Comunicación y pedagogía*, No 149 53-58.

Marton, F. y Säljö, R. (1976). “On qualitative Differences in Learning: I Outcome and Process”, *British Journal of Educational Psychology* 46: 4-11.

Morcillo, C. (2015). La experimentación en la enseñanza de las ciencias para docentes en formación inicial: un caso en microbiología. Una mirada desde la historia de las ciencias. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.

Nagel, E. (1968). *La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*. Barcelona.

Norris, S.; Guilbert, S.; Smith, M.; Hakimelahi, S. y Phillips, L., (2005). *A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science*. Canada.

Osorio, Y.W. (2004). El experimento como indicador de aprendizaje. *Boletín PPDQ*, 43, 7 – 10.

Peña, E. (2012). *Uso de actividades experimentales para recrear conocimiento científico escolar en el aula de clase, en la institución educativa Mayor de Yumbo (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (1), 175 – 185.

Rincón, L. y Rodríguez, C. (2014). *Construcción de la fenomenología de la interacción y la equivalencia de la actividad química de las sustancias (Tesis de maestría)*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

Romero, A. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. En Romero, Á., Henao, B. y Barros, J. *La argumentación en la clase de ciencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias* (pp. 71 – 98). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.

Sánchez R. y Gómez A. (2011) El papel del experimento en la enseñanza de las ciencias: Una reflexión histórica epistemológica. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Segura, D., Molina, A. y Pedreros, R. (1997). Actividades de investigación en la clase de ciencias. Sevilla, España: Díada Editora S.L.

Stake, R. (2007). Investigación con estudio de casos. Madrid, España: Editorial Morata.

Vargas, M., Sandoval, S. y Orozco, J. (1999). ¿De qué están hechas las cosas? Una experiencia en educación básica primaria. *Revista Investigación en la escuela*, 38, 37 – 44.

Wagensberg, J. (1990). Sobre la imaginación científica. Barcelona, España: Tusquets.

Wertsch, J. y Tulviste, P. (1992). A sociocultural approach to agency. Knowledge construction and social practice: Institutional and interpersonal contexts of human development. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.

Zubenko, Y. y Figueroa, N. (2004). El concepto y las formas de la educación usando la teoría axiomática de los sistemas. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 1(2), 16 – 24.