



**Universidad del Valle**  
**Instituto de Educación y Pedagogía**  
**Maestría en Educación en Ciencias**

---

**Incidencia del Diseño de Trabajos Prácticos de Laboratorio en la Construcción del  
Concepto Velocidad de Reacción**

**Rubiela Villegas**

**Santiago de Cali, 2017**

**Universidad del Valle**

**Instituto de Educación y Pedagogía**

**Maestría en Educación en Ciencias**



**Incidencia del Diseño de Trabajos Prácticos de Laboratorio en la Construcción del  
Concepto Velocidad de Reacción**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Magister en Educación en Ciencias

Presentado por: Rubiela Villegas

Director: Dr. Carlos Julio Uribe

**Santiago de Cali, 2017**

**Nota de Aceptación:**

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Valle, para optar al título de Magister en Educación en Ciencias.

---

Presidente de Jurado

---

Jurado

Santiago de Cali, 16 de Enero de 2018

## Tabla de Contenido

|                                                                                          | pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Resumen.....                                                                             | 10   |
| Introducción .....                                                                       | 12   |
| Capítulo I .....                                                                         | 14   |
| Presentación del Problema.....                                                           | 14   |
| 1.1 Justificación.....                                                                   | 14   |
| 1.2 Antecedentes.....                                                                    | 19   |
| 1.3 Definición y problematización del objeto de estudio.....                             | 26   |
| 1.4 Pregunta de investigación.....                                                       | 27   |
| Capítulo II .....                                                                        | 28   |
| Referentes Teóricos.....                                                                 | 28   |
| 2.1 Filosofía y enseñanza de las ciencias .....                                          | 28   |
| 2.1.1 Epistemología y su relación con la enseñanza de las ciencias naturales .....       | 28   |
| 2.1.1.1 La estructura de las revoluciones científicas.. .....                            | 29   |
| 2.1.1.2 La noción de obstáculo epistemológico. ....                                      | 31   |
| 2.1.2 El papel de la experimentación en la construcción del conocimiento científico..... | 34   |
| 2.1.3 Modelo cognitivo de la ciencia, la actividad científica y la ciencia escolar. .... | 36   |
| 2.1.3.1 Cambios de las concepciones en la enseñanza de las ciencias.. .....              | 39   |
| 2.1.3.2 La actividad educativa científica en el aula. ....                               | 41   |
| 2.2 Constructivismo, conocimiento y cambio conceptual.....                               | 54   |
| 2.2.1 El constructivismo en el aula.....                                                 | 54   |
| 2.2.1.1 El pensamiento formal y el aprendizaje de la ciencia.. .....                     | 55   |
| 2.2.2 Los niveles de representación.....                                                 | 58   |
| 2.2.3 El cambio conceptual.....                                                          | 60   |
| 2.3 Estudio de la cinética química.....                                                  | 62   |
| 2.3.1 Factores que incluyen en las velocidades de reacción:.....                         | 64   |
| 2.3.1.1 El estado físico de los reactivos. ....                                          | 64   |
| 2.3.1.2 La concentración de los reactivos. ....                                          | 65   |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.1.3 La temperatura a la que se lleva a cabo la reacción.....                    | 65 |
| 2.3.1.4 Teoría de las colisiones en la cinética química. ....                       | 66 |
| 2.3.2 Concepciones de los alumnos.....                                              | 68 |
| Capítulo III.....                                                                   | 71 |
| Hipótesis, Objetivos y Metodología de la investigación .....                        | 71 |
| 3.1 Hipótesis.....                                                                  | 71 |
| 3.2 Objetivos .....                                                                 | 72 |
| 3.2.1 Objetivo General.....                                                         | 72 |
| 3.2.2 Objetivos específicos .....                                                   | 72 |
| 3.3 Metodología de la investigación .....                                           | 72 |
| 3.3.1 La investigación-Acción.....                                                  | 72 |
| 3.3.1.1 El concepto de ciclo.....                                                   | 74 |
| 3.3.2 El estudio de caso .....                                                      | 75 |
| 3.3.2.1 La entrevista en profundidad.. ....                                         | 77 |
| 3.3.3 Teoría Fundamentada.....                                                      | 77 |
| 3.4 Fases de la presente investigación.....                                         | 78 |
| 3.4.1 Descripción del contexto de la investigación y planificación .....            | 78 |
| 3.4.2 Acción.....                                                                   | 79 |
| 3.4.2.1 Identificar el problema a resolver. ....                                    | 80 |
| 3.4.2.2 Diseñar.. ....                                                              | 81 |
| 3.4.2.3 Experimentación, obtención y procesamiento de datos.. ....                  | 81 |
| 3.4.2.4 Análisis de resultados y conclusiones.....                                  | 82 |
| 3.4.2.5 Comunicación. ....                                                          | 82 |
| 3.4.3 Observación (recolección de datos).....                                       | 82 |
| 3.4.4 Reflexión: “construcción teoría fundamentada con base a datos obtenidos”..... | 83 |
| Capítulo IV.....                                                                    | 85 |
| Resultados y Análisis .....                                                         | 85 |
| 4.1 Resultados y análisis de los datos .....                                        | 85 |
| 4.2 El ordenamiento conceptual .....                                                | 86 |
| 4.2.1 Codificación abierta.....                                                     | 86 |
| 4.2.2 Codificación Axial .....                                                      | 89 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.2.1 Categoría: Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica.....      | 89  |
| 4.2.2.2 Categoría. Comprensión conceptual de la velocidad de reacción..... | 93  |
| 4.3 Teorización: Codificación selectiva .....                              | 95  |
| Conclusiones .....                                                         | 116 |
| Referencias Bibliográficas .....                                           | 119 |
| Anexos .....                                                               | 128 |

## Lista de Tablas

|                                                                                                         | pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Categoría diseño, desarrollo y reflexión de la práctica con sus subcategorías .....            | 88   |
| Tabla 2. Categoría comprensión conceptual de velocidad reacción con sus respectivas subcategorías ..... | 88   |
| Tabla 3. Viñetas 1 .....                                                                                | 99   |
| Tabla 4. Viñetas 2 .....                                                                                | 101  |
| Tabla 5. Viñetas 3 .....                                                                                | 105  |
| Tabla 6. Viñetas 4 .....                                                                                | 107  |
| Tabla 7. Viñeta obtenida de las entrevistas .....                                                       | 111  |
| Tabla 8. Viñeta de Práctica en el laboratorio escolar .....                                             | 113  |

## Lista de Figuras

|                                                                                           | pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Número de moléculas A y B.....                                                  | 64   |
| Figura 2. Modelo de investigación acción de McKernan: un modelo del proceso temporal..... | 75   |

## Lista de Anexos

pág.

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexos A. Los factores que afectan la velocidad de reacción: diseño-obtención y procesamiento de datos- conclusión y evaluación..... | 128 |
| Anexos B. Criterios de Evaluación interna. Organización del Bachillerato Internacional (2011).....                                   | 129 |

## Resumen

La presente investigación expone tres estudios de tres estudiantes de la educación media, con el objetivo de estudiar cualitativamente la incidencia del diseño de trabajos prácticos de laboratorio en la construcción del concepto velocidad de reacción. En consecuencia, se plantea como hipótesis de investigación que el diseño y desarrollo de los trabajos prácticos de tipo investigativo en la enseñanza y aprendizaje del contenido de velocidad reacción química, ayudan al desarrollo del pensamiento formal; a articular y diferenciar los tres niveles de representación; a superar algunas dificultades de aprendizaje y a comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas. Así mismo, de acuerdo a lo anterior, surge como pregunta de investigación: *¿Qué incidencia tiene el diseño de trabajos prácticos de laboratorio en la construcción del concepto velocidad de reacción?*

Para responder a esta pregunta, se desarrollaron tres estudios de casos a través de los cuales se estudió el proceso de enseñanza y aprendizaje de tres estudiantes durante el diseño, implementación y evaluación de los trabajos prácticos en un laboratorio escolar. Así mismo, se tomaron varias fuentes de datos del estudio, las cuales fueron trianguladas para conseguir mejor confiabilidad en los datos y, con base en dicha información, utilizando la teoría fundamentada (Straus y Corbin, 2002), se procedió a analizar la información y construir una generalización naturalista del fenómeno de estudio que permitiera interpretar y dar respuesta al problema de investigación.

Finalmente, gracias a la generalización construida se logró determinar la incidencia del diseño de trabajos prácticos de laboratorio en la construcción del concepto velocidad de reacción en los tres alumnos estudiados. Los datos evidencian principalmente que, la implementación e

integración de los trabajos prácticos en los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de velocidad de reacción permiten un desarrollo formal de las habilidades cognitivas de los estudiantes. Además, ayudan a que los estudiantes articulen y diferencien los tres niveles de representación de la química cuando analizan e interpretan un problema o fenómeno químico. De la misma manera, permiten crear un escenario que potencia o cataliza la superación de las dificultades de aprendizaje y les permiten comprender dicho contenido escolar.

Palabras Clave:

Prácticos de laboratorio, concepto de velocidad de reacción, Teoría fundamentada, Niveles de representación, Pensamiento formal.

## Introducción

En la actualidad es bien reconocida la importancia que cobra el desarrollo e implementación de los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias, pues estos son una herramienta eficiente para el aprendizaje de conocimientos conceptuales y procedimentales (Barrera & Valdés, 1996; Caamaño, 2011). Así mismo, dependiendo de las necesidades y objetivos de enseñanza que tengan los maestros, existe una gran diversidad de trabajos prácticos que se pueden implementar en el laboratorio, en el aula de clase o en espacios abiertos. En este sentido, si lo que se desea es realizar una aproximación cualitativa a un fenómeno poco complejo, las experiencias perceptivas o interpretativas son una gran opción; o por otro lado, si el deseo es realizar un análisis extenso y riguroso a las características, cualidades y condiciones de realización de un fenómeno complejo, las pequeñas investigaciones son una buena opción que se puede escoger para tal fin.

Por otro lado, hay ocasiones en las que no siempre es la construcción conceptual el objetivo de enseñanza. También cobra importancia el desarrollo cognitivo, de destrezas manipulativas y de técnicas de laboratorio, situación en la cual, los ejercicios prácticos son una excelente opción a escoger por el profesorado.

Sin embargo, el tiempo y espacio de desarrollo para los trabajos prácticos por lo general es muy limitado en el currículo, por lo que no siempre es posible dedicarle tiempo y espacio independiente al desarrollo del pensamiento conceptual y procedimental. Dada esta situación, el desarrollo de las pequeñas investigaciones resulta ser la estrategia más eficiente para cumplir con tales objetivos, pues éstas permiten desarrollar estos dos tipos de conocimientos.

Por estas razones, esta investigación pretende analizar la incidencia que tiene el desarrollo de los trabajos prácticos en los estudiantes desde estos dos campos de conocimiento, el procedimental y conceptual. En este sentido, se pretende realizar un seguimiento cuidadoso para interpretar cómo el desarrollo de los trabajos prácticos permite la construcción del conocimiento procedimental y conceptual.

## **Capítulo I**

### **Presentación del Problema**

#### **1.1 Justificación**

Los trabajos prácticos son considerados en la enseñanza de las ciencias una de las actividades más importantes y se constituyen en un objeto de estudio relevante, dado que permiten la observación e interpretación de los fenómenos en las clases, el análisis y la comprobación de hipótesis en los procesos llevados a cabo, el aprendizaje en el manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio, en la aplicación de estrategias de investigación y en definitiva, en la comprensión procedimental de las ciencias. De igual manera, los trabajos prácticos enmarcados en investigaciones, permiten comprender los procesos de la ciencia, aprender a investigar y de esta forma, construir conocimiento. En esta perspectiva, Caamaño (2011) establece una clasificación de los diferentes tipos de trabajos prácticos, mencionando entre ellos las experiencias, los ejercicios prácticos y las investigaciones, anteriormente mencionadas.

Las experiencias son las actividades prácticas que permiten al estudiante la familiarización con los fenómenos. Estas, son sub-clasificadas en experiencias perceptivas, experiencias ilustrativas y experiencias interpretativas. Ahora bien, Caamaño considera los ejercicios prácticos como actividades para aprender determinados procedimientos y destrezas o para corroborar la teoría. Finalmente, considera una tercera clasificación, en la cual se encuentran las investigaciones, actividades en las cuales se da la oportunidad a los estudiantes de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de problemas y en la adquisición de una comprensión procedimental de la ciencia. Este tipo de trabajos prácticos fue trabajado en el

“Proyecto APWIS” (Assessment of practical Work in Science) (Gott, Welford y Foulds, 1988), en donde el planteamiento de problemas juega un papel importante en el aprendizaje de las ciencias, dado que intervienen en la comprensión conceptual de los fenómenos y la comprensión procedimental de las técnicas de investigación que convergen en los procesos cognitivos.

En efecto, este tipo de investigaciones permiten que el alumno pueda contrastar sus hipótesis, establecer relaciones entre variables y encontrar respuesta a una pregunta problema. De otro lado, (Woolnough, 1991) considera importante que las investigaciones deben dar la oportunidad de resolver problemas prácticos y además, estimular el desarrollo de sus capacidades en la solución de dichos problemas.

Cabe mencionar que, en el desarrollo de las investigaciones se presentan algunos factores que las hacen más difíciles de llevar a cabo. En el “Proyecto APWIS” se considera que el nivel de dificultad de una investigación posee una relación con la complejidad de los conceptos, la complejidad procedimental y el contexto en el cual se lleva a cabo la investigación.

Posteriormente, Gott, Welford & Foulds (1988) estudian la complejidad de las investigaciones centrándose en el efecto del tipo de variables involucradas en estas. Dichos estudios intervienen en la comprensión conceptual de los fenómenos y la comprensión procedimental de las técnicas de investigación que confluyen en los procesos cognitivos.

De otro lado, Adey & Shayer (1994) citados por Uribe y Solarte, (2017), en Inglaterra, proponen un currículo cognitivo que consiste en la sustitución durante dos años, en lo posible cada quince días, de clase “normales” de la asignatura de ciencias (Orientadas hacia los contenidos del Currículo Oficial), por clases “especiales” orientadas hacia la Intervención del Desarrollo Cognitivo, las cuales usaban contextos científicos para los problemas cuyo abordaje activa el desarrollo intelectual.

Uribe & Solarte (2017) hacen referencia a la propuesta realizada en Inglaterra a mediados de los ochenta, titulada Aceleración cognitiva mediante la educación en ciencias (definida por la sigla CASE, acrónimo de Cognitive Acceleration through Science Education), la cual consiste en una secuencia modélica de actividades educativas científicas que perfeccionan las actividades didácticas destinadas a la enseñanza y aprendizaje de conceptos y habilidades científicas, secuencia que ha sido llamada *Thinking Science*. Estas actividades educativas científicas son adaptaciones que permiten su realización en las aulas de clase. Las evaluaciones positivas de este enfoque propuesto por el grupo CASE, para promover en el aula el desarrollo cognitivo se han aplicado en muchas instituciones educativas del mundo, el análisis de estas metodologías y los resultados de esas evaluaciones evidencian que el programa *Thinking Science* contribuye a mejorar significativamente el desempeño de los estudiantes y promueve el desarrollo del pensamiento formal.

Así mismo, Caamaño (2011) establece unos niveles de abstracción, los cuales podemos considerar como los niveles de aumento de complejidad de las investigaciones, dichos niveles establecen el grado de inclusión o de involucramiento de los estudiantes con el trabajo práctico.

Sin embargo, de acuerdo con Pozo (2009) durante el desarrollo de las prácticas experimentales o en nuestro caso los trabajos prácticos se aprende un conocimiento procedimental complejo y amplio, el cual aborda desde el aprendizaje de técnicas, procedimientos y destrezas manipulativas, hasta el desarrollo de estrategias de aprendizaje y de razonamiento, las cuales podemos considerar como las habilidades cognitivas de orden formal. Dichas habilidades cognitivas, corresponden a los esquemas de pensamiento que se desarrollan en el estadio de pensamiento formal, los cuales le permiten al estudiante dentro de su cognición, realizar las tareas interpretativas de los fenómenos que observa.

Ahora bien, el empleo y desarrollo de los esquemas de pensamiento permiten interpretar las teorías científicas de forma adecuada y son de gran valor en la enseñanza específica de la química. La química es la ciencia que estudia la estructura de la materia y sus reacciones, ciencia que es difícil de explicar dado que en ella se pretenden comprender fenómenos macroscópicos a partir de procesos sub-microscópicos (Sánchez, 2004). De igual manera, Izquierdo (2004) estima que, en general, la química es considerada difícil, ya que puede ser concreta, cuando se observan y analizan las sustancias o abstracta, dado que las explicaciones o análisis que se realizan de los fenómenos químicos se fundamentan en elementos conceptuales como el “átomo”, objeto de estudio que no puede ser percibido a simple vista. Además, Izquierdo (2004) menciona que la relación entre los cambios que se observan y las explicaciones no se hace evidente.

Es por tal motivo, que el desarrollo de las habilidades cognitivas juega un papel importante en la formación académica de los estudiantes; estas habilidades se desarrollan considerablemente en la adolescencia. Así mismo, la adolescencia es considerada por Piaget, citado por Pozo y Crespo (2009), como la etapa de las operaciones formales, etapa en la cual la inteligencia se demuestra a través del uso lógico de los símbolos relacionados con los conceptos abstractos. En esta misma etapa, los alumnos son capaces de llevar a cabo un razonamiento hipotético deductivo sobre los conceptos abstractos. Así, pues, estas habilidades cognitivas o habilidades de pensamiento formal son un mecanismo integrador del alumno a un ambiente social que le permite modificar, aprender conductas y conocimientos de una manera constructiva, interpretando el mundo que le rodea.

Así mismo, dado que el pensamiento formal es hipotético deductivo, los sujetos son capaces de construir conclusiones a partir de sus propias hipótesis y no sólo de una observación real. Por lo anterior que, el pensamiento formal es mucho más complejo que el pensamiento

concreto. Igualmente, permite también establecer relaciones y hacer interpretaciones para solucionar un problema. De ahí que, este tipo de pensamiento es el que se pretende desarrollar en la educación científica, dado que busca establecer leyes o principios que permitan entender y explicar el comportamiento y funcionamiento de la naturaleza. Ahora bien, para la escuela es de suma importancia desarrollar un pensamiento formal, pues solo este le permitirá al estudiante interpretar y utilizar de forma adecuada y eficiente los conocimientos científicos (Pozo & Crespo, 2009).

De igual manera, es importante mencionar que para el aprendizaje de la ciencia, el pensamiento formal es fundamental, ya que éste es considerado como una descripción psicológica del aprendizaje científico (Pozo y Gómez Crespo, 2009). Es por esto, que en las clases de química se hace necesario que durante los procesos de enseñanza y aprendizaje, el maestro tenga en cuenta el desarrollo del pensamiento formal, para que de esta manera el alumno adquiera un buen aprendizaje, desempeño, uso de los temas y conocimientos que construye.

Con todo y lo anterior, se observa que es necesario el desarrollo de un pensamiento formal o científico para la comprensión de los conceptos fundamentales y más importantes de la química. Del mismo modo, estos conceptos deben estar inmersos en un escenario adecuado para el desarrollo de los esquemas formales planteados por Piaget. Por tal motivo, el desarrollo de los trabajos prácticos con los estudiantes juega un papel relevante, pues al ser un escenario idóneo en donde ellos pueden desarrollar sus habilidades cognitivas, su implementación les permite a los estudiantes comprender los conocimientos y leyes de la química que necesitan aprender. Así mismo, durante dichos trabajos prácticos se logra construir con ellos no solo conocimiento procedimental, sino también los conocimientos conceptuales.

## 1.2 Antecedentes

En este apartado del estudio se revisarán y analizarán algunos de los antecedentes más significativos encontrados en la literatura, los cuales se han clasificado en cuatro ejes principales: la importancia de los trabajos prácticos en el aprendizaje de la química, las dificultades en el aprendizaje de la química, el aprendizaje y comprensión conceptual de la velocidad de reacción y, por último, los trabajos prácticos en la enseñanza y el aprendizaje de la velocidad de reacción. Así mismo, algunos de los antecedentes que se presentarán no solo responden a un único eje, sino que pueden corresponder a otros ejes más.

En relación a la importancia de los trabajos prácticos en el aprendizaje de la ciencia, en primera instancia encontramos la revisión realizada por Barberá & Valdés (1996), la cual estudia la eficacia del trabajo práctico en la educación en ciencias. En este trabajo se lleva a cabo una revisión bibliográfica (alrededor de cien referencias) de diferentes investigaciones y documentos, en donde determinan los posibles objetivos, resultados y usos de los trabajos prácticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, los autores plantean que a pesar de que a lo largo de la historia se han venido estableciendo una gran variedad de objetivos y propósitos del trabajo práctico en el laboratorio, una buena solución a los objetivos del trabajo práctico es la propuesta por Woolnough & Allsop (1985), en la cual establecen tres diferentes tipos de trabajos prácticos, los cuales responden a objetivos específicos. En este sentido, se proponen las experiencias, para el desarrollo de un conocimiento experiencial y tácito de los fenómenos naturales; los ejercicios, para el desarrollo de técnicas y destrezas prácticas; y las investigaciones, en las que los estudiantes emulan parte del trabajo de un científico y se enfrentan a problemas que deben resolver.

Así mismo, respecto a los resultados que se encontraron sobre el desarrollo de los trabajos prácticos en el laboratorio, los autores exponen cuatro que caracterizan el trabajo práctico desde una perspectiva holista y alternativa al trabajo experimental tipo receta de cocina. El primero, proporciona experiencia directa sobre los fenómenos, logrando que los estudiantes se enriquezcan de conocimiento tácito sobre los mismos y su confianza acerca de los sucesos y eventos de la naturaleza. El segundo, es permitirle contrastar la abstracción científica ya establecida con la realidad que ésta pretende describir. El tercero, es producir una familiarización de los estudiantes con tecnologías, para así desarrollar competencias técnicas. Y por último, en el cuarto se desarrolla el razonamiento práctico, el cual hace referencia a un comportamiento social e interpretativo.

Finalmente, la investigación presentada permite reconocer el papel e importancia y tipos de trabajo prácticos que se pueden desarrollar en el laboratorio escolar. Por tanto, abre un panorama en cuanto a los tipos de trabajos prácticos que se pueden desarrollar, dependiendo de las metas y objetivos de aprendizaje que el profesor plantee. Así mismo, de acuerdo con estos tipos el documento permite reconocer posibles resultados que se pueden alcanzar o desarrollar con el trabajo práctico en el laboratorio escolar.

En esta misma línea, se encuentra el trabajo de Caamaño (1992), en el que realiza una reflexión sobre los objetivos de los trabajos prácticos y plantea una propuesta para su diversificación. Así mismo, se defiende la necesidad de disponer de un esquema integrador de los diferentes tipos de trabajos prácticos, pero desde una perspectiva constructivista del aprendizaje.

Por tanto, uno de los primeros elementos de reflexión es la superación del modelo por descubrimiento por una concepción constructivista del aprendizaje. Esto se debe a que, se consideran de gran importancia las experiencias y el marco conceptual de referencia que poseen

los sujetos cuando construyen sus conocimientos o interpretaciones, elemento que no es tenido fuertemente en cuenta en el anterior modelo.

Además, se plantea la posibilidad de resolver problemas cotidianos a través de los trabajos prácticos, haciendo que la enseñanza de las ciencias sea más relevante para los estudiantes. De esta forma, se explica que el objetivo no es ilustrar o verificar los contenidos de aprendizaje, sino lograr que ellos mismos se involucren más en su aprendizaje y la construcción de su propio conocimiento.

Otro elemento importante para tener presente, son las dificultades que se presentan en la implementación de los trabajos prácticos de tipo investigativo dentro del currículo escolar. Una de estas es el poco tiempo y espacio curricular que se les da a los profesores para la aplicación de estas actividades. Así mismo, el autor expone los principales factores que pueden provocar la falta de desarrollo o implementación de dichos trabajos, entre los que se encuentran: las concepciones del profesor sobre los trabajos prácticos, una visión inductivista de la metodología de la ciencia, una visión atomística del aprendizaje, planteamientos o actividades que no especifican bien cómo se construye el conocimiento a través de ellas, investigaciones exclusivamente teóricas y planteamientos que no tienen en cuenta el punto de partida de la investigación.

El último elemento importante en consideración, plantea la necesidad de un esquema integrador de los diferentes tipos de trabajos prácticos, en el que los objetivos de cada tipo de trabajo práctico estén en coherencia con los procedimientos que se realizan dentro de ella. Por tanto, el autor engloba los objetivos de los trabajos prácticos en tres líneas: en relación a los hechos, conceptos y teorías; en relación a los procedimientos y en relación a las actitudes. Así mismo, establece los objetivos que se esperan en cada una de estas líneas. Por último, propone

cinco tipos de trabajos prácticos que permiten alcanzar dichos objetivos generales, pero cada una desde una forma de proceder diferente. En este sentido, se encuentran: las experiencias, los experimentos ilustrativos, los ejercicios prácticos, los experimentos para contrastar hipótesis y las investigaciones.

Finalmente, este estudio permite reconocer la importancia del desarrollo de trabajos prácticos desde una perspectiva constructivista y la necesidad de que dichos trabajos se relacionen con problemas cotidianos o reales. Así mismo, establece un panorama sobre las dificultades de la implementación de trabajos prácticos de tipo investigativo. Además, brinda un punto de referencia conceptual sobre los objetivos y tipos de trabajos prácticos que se pueden desarrollar en las aulas de clases.

En correspondencia con las dificultades en el aprendizaje de la química, se encuentra el trabajo de Ghassan Sirhan (2007), en el cual realiza un análisis de las investigaciones de las últimas décadas concerniente a las dificultades y limitaciones que presentan estudiantes de la educación media y superior en torno al aprendizaje de la química. Así mismo, propone algunos elementos a considerar que permitan superar dichas dificultades.

En este sentido, el autor enmarca las dificultades de aprendizaje de la química en cinco categorías, a saber: el contenido curricular, la sobrecarga de la memoria de trabajo, el lenguaje y la comunicación, los conceptos y, por último, la motivación. Por tanto, a manera general, se deduce que entre más abstractos y complejos sean los conceptos y contenidos que el estudiante debe aprender, como también si ellos están descontextualizados y poseen poca relevancia para la vida real, así mismo se presenta poco interés y motivación para el estudiante. Por otro lado, el autor expone que una inadecuada integración y diferenciación de los tres niveles de representación de la química, aumenta significativamente la complejidad de la misma en el

aprendizaje, pues al no ser consciente del nivel de representación en el que realiza sus análisis y reflexiones, se produce una sobrecarga en la memoria de trabajo del estudiante, lo cual obstaculiza su proceso constructivo del contenido y aumenta los problemas de aprendizaje que posiblemente ya posee respecto dicho contenido.

Por tanto, para esta investigación, dicho trabajo permite reconocer las principales dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la química. Así mismo, también sustenta algunas alternativas que pueden utilizar los profesores para mediar y superarlas. En este sentido, ofrece un contexto general de los principales problemas en el aprendizaje de esta disciplina en el que el desarrollo de los trabajos prácticos puede ayudar a su superación.

En concordancia con el aprendizaje y comprensión conceptual de la velocidad de reacción, se encuentra el trabajo realizado por Sánchez, Domínguez & García-Rodeja (2002), el cual presenta una revisión de tres décadas de las investigaciones presentadas sobre la enseñanza de la cinética química. Para ello, se revisan ochenta y cuatro artículos de las principales revistas científicas en el tema en cuestión. Con base en ellas, se realiza una clasificación en cuatro categorías principales: metodología de la investigación, evolución de los conceptos científicos, concepciones de los alumnos y propuestas didácticas.

De acuerdo a esto, la categoría de metodología de la investigación del presente trabajo aportan a esta investigación respecto a que los autores encuentran que las investigaciones realizadas en el campo se centran principalmente en diagnosticar las concepciones y dificultades de aprendizaje, en lugar de proponer alternativas que permitan su superación y evaluar su puesta en práctica en el aula de clases y en escenarios reales. Lo anterior evidencia la importancia de realizar investigaciones en este campo de acción en donde se evidencien y evalúen propuestas educativas en el aula de clase, para así reconocer las implicaciones que tienen dichas propuestas

educativas en el aprendizaje de la cinética química, situación que corresponde a parte del interés de la investigación a desarrollar en el presente trabajo.

Así mismo, ofrecen una amplia perspectiva sobre las concepciones alternativas que presentan los estudiantes en torno a la cinética química, elemento que se toma en consideración para la construcción de la propuesta a desarrollar. Igualmente, presentan cinco categorías de propuestas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la cinética química, en donde se encuentran: innovaciones metodológicas, uso de modelos y analogías, resolución de problemas, realización de prácticas experimentales y el uso de recursos educativos. Entre estas, se rescata para esta investigación el aporte que ofrecen las categorías de resolución de problemas y realización de prácticas experimentales, pues permiten no solo justificar la importancia de la realización y evaluación de propuestas educativas que presenten estas características, sino que brindan un panorama general sobre lo que se ha trabajado hasta el momento.

Respecto a los trabajos prácticos en la enseñanza y el aprendizaje de la velocidad de reacción, encontramos el trabajo realizado por Barrera (2013), el cual presenta una propuesta de aula con un componente experimental para la enseñanza de los factores que modifican la velocidad de reacción química. Este estudio, presenta como propósitos el involucrar a los estudiantes en su propio aprendizaje, proponer alternativas para las clases magistrales y las prácticas experimentales tradicionales, y por último, propiciar el desarrollo de la indagación, para la familiarización del estudiante con el trabajo científico.

La propuesta fue aplicada a una muestra de doce estudiantes de la localidad de Suba de Bogotá, Colombia, y de colegio de carácter privado. Así mismo, el grupo de estudiantes se dividió en cuatro equipos de trabajo, cada uno de tres estudiantes. Con base en estos grupos, se realizó la intervención, la cual seguía como guía de acción o presentaba como fases las

siguientes: planteamiento generador, predicción, deliberación, experimentación y conclusiones.

En este mismo sentido, se realizaron observaciones durante su aplicación de la propuesta.

De acuerdo a lo anterior, el proyecto arrojó como resultados que el empleo del planteamiento de problemas anima a los estudiantes a involucrarse en la dinámica del análisis, la interacción y la discusión. Así mismo, la metodología de trabajo con los estudiantes permanente, propició un contexto para ejercitar toda la gama de competencias comunicativas que tradicionalmente no se consideran. Igualmente, la propuesta posibilitó el proceso de confrontación y reestructuración, en la cual los estudiantes estiman las ideas de sus compañeros. Por último, se observó que al momento de construir las conclusiones del trabajo realizado, surgieron espacios para la retroalimentación de elementos conceptuales, actitudinales y procedimentales.

En esta misma línea, se concluyó que la metodología aplicada de la propuesta promovió en los profesores una postura de guía o facilitador en el proceso de enseñanza y aprendizaje, además, ayudó al fortalecimiento de la fundamentación disciplinar. Igualmente, por parte de los estudiantes fueron estimulados en involucrarse en su proceso formativo. Al mismo tiempo, permitió el contraste de las ideas que posee el estudiante, en donde confirman o falsean sus teorías, además de observar los fenómenos con los que trabajan, lo cual ayuda al desarrollo y utilización de sus estrategias mentales.

Finalmente, dicho trabajo permite reconocer el papel e importancia que puede jugar el desarrollo de prácticas experimentales en el aprendizaje del concepto de velocidad de reacción. Así mismo, ofrece un contexto general del estado actual de las prácticas experimentales en el contexto colombiano, y como ellas son necesarias de implementar para lograr en los estudiantes un mejor aprendizaje de dicha temática.

### **1.3 Definición y problematización del objeto de estudio**

En los últimos años, se han venido desarrollando estudios sobre cómo se deben orientar las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias (Caamaño, Carrascosa & Oñorbe, 1994; Gil et al., 1991; González, 1992; Hodson, 1992 y 1993; Tamir & García, 1992; Grau, 1994; Lillo, 1994; Watson, 1994). Esto, debido a que se ha analizado la importancia de tener en cuenta que la construcción de los conocimientos científicos en el aula plantean exigencias metodológicas y epistemológicas, en las cuales se debe prestar gran atención al trabajo desarrollado por el estudiante. En consecuencia, este enfoque ha producido un nuevo interés en las investigaciones sobre las prácticas de laboratorio, originando una reorientación para que ellas dejen de ser meras ilustraciones de los conocimientos y pasen a constituir actividades de investigación. Lo anterior, implica la necesidad de superar aquellas prácticas que consisten en recetas simplistas en las cuales el alumno es un agente pasivo.

De ahí, la importancia de que el estudiante sea el protagonista de su propio aprendizaje y que en él se pueda apreciar un cambio conceptual a lo largo del proceso. Por tanto, se requiere por parte del estudiante la apropiación de los objetivos propuestos, cuyo grado de consecución está determinado a través de acciones autónomas y eficaces, las cuales debe ser capaz de llevar a cabo. Además, implica también la capacidad para planificar y anticipar estas acciones, es decir, saber que debe hacer, qué conocimientos debe utilizar para llevar a cabo su objetivo, qué estrategias debe implementar, etc. En definitiva, significa enseñar a los alumnos a autorregular su propio aprendizaje.

Teniendo en cuenta este contexto, en este estudio se plantea:

#### **1.4 Pregunta de investigación**

¿Qué incidencia tiene el diseño de trabajos prácticos de laboratorio en la construcción del concepto velocidad de reacción?

## Capítulo II

### Referentes Teóricos

#### 2.1 Filosofía y enseñanza de las ciencias

##### 2.1.1 Epistemología y su relación con la enseñanza de las ciencias naturales

El propósito de este capítulo es explorar las relaciones entre la epistemología y la didáctica de las ciencias experimentales. Por lo tanto, se presentan en primer lugar, algunas aproximaciones al concepto de epistemología que son relevantes para comprender la construcción de la didáctica de las ciencias naturales como objeto de estudio.

La epistemología como disciplina es utilizada en la teoría del conocimiento científico, o para dilucidar problemas cuyos principales ejemplos eran extraídos de las ciencias (Ferrater, 1979). Esta palabra viene del griego *episteme* que significa conocimiento, y *logos* que significa estudio. De igual manera, la epistemología es considerada como la disciplina de la filosofía de la ciencia que se ocupa de la naturaleza, del origen y de la validez del conocimiento. Estudia también el grado de certeza del conocimiento científico en sus diferentes áreas, con el objetivo principal de estimar su importancia para el espíritu humano.

**2.1.1.1 La estructura de las revoluciones científicas.** Kuhn (1962) hace aportes epistemológicos relevantes a la pedagogía, cuando evidencia su concepto de paradigma. Explica que los científicos, guiados por un nuevo paradigma, adoptan nuevos instrumentos y buscan nuevos modelos y formas de resolución de los problemas de la disciplina. Menciona, además, que durante sus revoluciones, los científicos ven cosas nuevas y diferentes al mirar con instrumentos conocidos y en lugares en los que ya habían buscado antes. Es decir, los cambios de paradigmas hacen que los científicos vean el mundo de la investigación que les es propio, de manera diferente. Las transformaciones del mundo de los científicos están presentes también, según Kuhn, en el proceso de aprendizaje científico. Sin embargo, es importante destacar que el conocimiento, según el autor, no está fijado por la naturaleza del medio ni por la naturaleza de la ciencia, pero, si se encuentra determinado conjuntamente por el medio y por la tradición particular de la ciencia en la cual ha sido formado.

Los paradigmas pedagógicos son modelos de acción que abarcan la teoría y la práctica, además están orientados hacia la acción y la investigación en el aula. Adicionalmente, Kuhn (1962) distingue las siguientes etapas en la construcción de la ciencia y que son válidas, además, en la teoría del currículum y la didáctica:

- Pre-ciencia: Se caracteriza por el constante debate y el desacuerdo total sobre lo fundamental.
- Ciencia Normal: Es aquella ciencia que se apoya en la investigación aplicada, firme y concienzuda de la comunidad de científicos.
- Crisis: aparece cuando una anomalía o conjunto de anomalías es tan grave que afecta los fundamentos de un paradigma. Es en la crisis donde un paradigma compite con otro paradigma y uno de los dos pierde su estatus científico.

- **Revolución científica:** ante una situación de crisis generalizada surge un nuevo paradigma, que implica una ruptura cualitativa con el anterior y que está determinada por factores científicos, sociológicos, psicológicos y educativos.

En consecuencia, después de una revolución, el nuevo paradigma guía la actividad científica en sus diversos campos. Esto es lo que análogamente ocurre en el aula de clases cuando los estudiantes que llegan al aula de ciencias poseen unos conocimientos previos, poco elaborados, muy espontáneos, de sentido común y fuertemente vinculados con la oralidad cotidiana. Al contrario, cuando se producen procesos de conocimiento mediados por la tradición escrita científica y por el profesor o los pares más calificados, podría decirse que se produce un cambio de paradigma en el aprendizaje de los estudiantes.

Los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de competencias en Ciencias Naturales y Educación Ambiental del Ministerio de Educación Nacional (1998), hacen referencia a que la actividad científica se encuentra en un proceso permanente de formulación de hipótesis y en la búsqueda minuciosa de explicaciones que conduzcan a un conocimiento más complejo, más sólido, más profundo de aquello que está siendo objeto de estudio.

De igual manera, se menciona que hacer ciencia, hoy en día es una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ni ordenadas, ni universales, sino procesos de búsqueda más reflexivos y flexibles que llevan a cabo hombres y mujeres inmersos en realidades culturales, sociales económicas y políticas muy diversas y en las que se producen intereses de distintos índoles.

Resaltan, además, los documentos del Ministerio de Educación Nacional para el área de las Ciencias Naturales, que el estudio de las ciencias debe de dejar de ser el espacio en el que se acumulan datos en forma mecánica, para abrirse a la posibilidad de engancharse en un diálogo

entre profesores y estudiantes que permita la construcción de nuevos significados. Por esta razón, es importante invitar a los educandos a realizar un análisis crítico del contexto en el que se realizan las investigaciones, así como de sus procedimientos y resultados.

**2.1.1.2 La noción de obstáculo epistemológico.** Otro de los autores en epistemología de las ciencias que ha tenido una gran influencia en la enseñanza de las ciencias es Bachelard (1948). Sus ideas resaltan la importancia de ofrecer una visión de la ciencia a través de la exposición de los aspectos históricos que han influido en la construcción del conocimiento. Partiendo de una Catarsis Intelectual, el modelo bachelardiano se basa en una idea de Cambio Científico, dentro del cual existen tres categorías en el marco de la epistemología:

- ***Obstáculos epistemológicos.***

Se trata de formas de pensar arraigadas, antiguas estructuras, tanto conceptuales como metodológicas, que pueden tener en el pasado un cierto valor, pero que en el momento dado obstaculizan el progreso del conocimiento científico. Estos obstáculos pueden reflejar la ideología dominante en una época determinada y, por tanto permiten describir perfectamente la relación ciencia, técnica y sociedad.

Bachelard (1948, 1973) señala, entonces, un problema que es de especial importancia para el maestro de ciencias naturales. Para él, todo obstáculo epistemológico, es como un fenómeno recurrente en la historia de la ciencia, el cual tiene como consecuencia en el proceso educativo convertirse en un obstáculo pedagógico. Así, por ejemplo, la dificultad que tuvieron los físicos en entender la teoría de la relatividad, con sus reinterpretaciones de los conceptos de espacio y tiempo, o la de los químicos al abandonar la teoría del flogisto, es equivalente en una

menor escala a la dificultad que tiene el educando en el proceso de introducción al mundo simbólico que representan las ciencias. Solo así se entiende cómo el proceso pedagógico es una recreación del proceso epistemológico original que dio paso al descubrimiento científico que se intenta impartir.

En efecto, estudiar epistemología dentro de la pedagogía brinda una ventana privilegiada al proceso mental-cognitivo por el que atraviesa el estudiante, lo que permite la sofisticación de las herramientas pedagógicas mediante las cuales el maestro despliega los elementos importantes de la teoría. Bachelard ilustra este punto con un ejemplo memorable:

En la educación, la noción obstáculo pedagógico también se desconoce. A menudo me ha sorprendido el hecho de que los profesores de ciencias, más incluso que los otros, si cabe, no comprenden que no se comprenda. Son pocos los que han profundizado en la psicología del error, de la ignorancia, de la irreflexión. Los profesores de ciencia imaginan que el espíritu empieza como una lección, que siempre es posible rehacer una cultura descuidada repitiendo una clase, que se puede comprender una demostración repitiéndola punto por punto. No han reflexionado en el hecho de que el adolescente llega a la clase de física con conocimientos empíricos ya contruidos: se trata pues no tanto de adquirir una cultura experimental, como de cambiar una cultura experimental.

(Bachelard, 1973, p. 191)

En definitiva, la epistemología no solo estudia soluciones para los problemas propios de la teoría y la filosofía de la educación, sino que también brinda una visión detallada del proceso que el maestro pretende agilizar para el agente cognitivo que es el estudiante. El estudiante, aquel que busca episteme (“conocimiento”), debe atravesar necesariamente por errores y obstáculos

pedagógicos comunes; la superación de estos depende de la eficacia de la labor del docente, del currículo, de la experimentación y del diálogo en el aula.

### • Rupturas epistemológicas

Según Bachelard, estas hacen referencia a las formas en que el conocimiento científico contradice las ideas o creencias que proceden de un conocimiento ante todo primario, intuitivo y de sentido común. De igual manera, se considera como ruptura epistemológica la que se produce entre dos concepciones científicas, tanto para un conocimiento dado, como para una metodología concreta. Toda ruptura implica la superación del correspondiente obstáculo. En este punto, (Mosquera, 2008) sostiene que las tesis constructivistas que fundamentan gran parte de la investigación y de la innovación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, consideran el aprendizaje de las ciencias como los cambios, muchas veces radicales y fuertes, respecto a ideas, representaciones, actitudes y prácticas previas, referidas en el lenguaje y en los esquemas de acción utilizados.

Se considera, en consecuencia, que el aprendizaje del cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias por parte del profesorado de ciencias sigue la misma ruta. De aquí la importancia de considerar las ideas docentes previas de los profesores como punto de partida para favorecer aprendizajes sobre la enseñanza de la ciencia entendidos como cambios didácticos.

### • Actos epistemológicos

Estos hacen referencia a los mecanismos por los cuales se van superando los obstáculos epistemológicos. Estos actos epistemológicos favorecen, por lo tanto, las rupturas con las

concepciones antiguas, provocando los cambios correspondientes y mejorando la visión científica que se posee de realidad (Cruz, 1998).

### **2.1.2 El papel de la experimentación en la construcción del conocimiento científico**

La filosofía de la ciencia siempre se ha preocupado por la relación existente entre la teoría y el experimento, pero siempre se ha querido establecer que existe una interdependencia del experimento y la teoría. Sin embargo, en la publicación del libro *La estructura de las revoluciones científicas* Kuhn (1962), sugirió que no hay dicha distinción entre la teoría y la observación, pues el contexto de justificación no puede separarse del contexto del descubrimiento. En este sentido, las ideas anteriores suscitaron nuevos enfoques en la filosofía de la ciencia, siendo uno de ellos la llamada filosofía de la experimentación.

De acuerdo a lo anterior, Hacking (1986) da un giro a la relación teoría y práctica experimental, confiriendo importancia al papel de la experimentación. Dicho giro hacia el estudio de la práctica, en filosofía de la ciencia, obliga a que los temas de racionalidad, objetividad, verdad y mundo dejen de ser tratados desde la teoría y a que se redefinan nuevos problemas filosóficos, promoviendo una nueva imagen de la ciencia. Hacking da a la práctica experimental igual nivel de importancia que a la teoría, a fin de devolverle la riqueza y la complejidad que la teoría le despojó en un momento dado. Por otro lado, destaca la importancia de la observación, atribuyéndole un lugar propio en la actividad científica. Para este filósofo de la ciencia, la observación científica desde la filosofía experimental no puede entenderse en un único sentido; se presenta de diversas formas, tiene diversas relaciones con la teoría y ninguna de ellas implica inferencias entre datos observacionales y entidades teóricas, como se ha considerado tradicionalmente por el enfoque historicista de la filosofía de la ciencia.

En definitiva, para Hacking, la observación es la habilidad que tiene el experimentador de identificar un dato interesante durante la medición de un fenómeno. En la observación se produce la articulación entre el sujeto y la práctica experimental, cuando el investigador lleva a cabo la manipulación de equipos, aparatos, ajustes y funcionamiento de los montajes, reconociendo el momento en que los datos aporten una información nueva, una señal, un fenómeno. De ahí, la importancia que cobra la observación en la identificación de fenómenos en la práctica experimental.

Por otro lado, Hacking establece una clara diferencia entre la observación y la experimentación. Esta última es considerada para él como una actividad mucho más compleja. La experimentación da cuenta de los fenómenos y, por lo general, un informe observacional es un reporte parcial del proceso de creación del fenómeno. De igual manera, los datos que se obtienen se hacen a lo largo del proceso de la investigación.

Experimentar es crear, producir, refinar y estabilizar fenómenos (Hacking, 1996). En la práctica experimental es donde se genera el conocimiento y la facultad de transformar el mundo. Sin embargo, en esta práctica cobra vital importancia el reporte parcial del proceso, mediante la toma de datos que van dando cuenta de los fenómenos durante el proceso. Los datos son realmente lo observable de la práctica experimental. Son el resultado de experimentos particulares y la existencia de estos se hace posible dependiendo del contexto o medio experimental donde son generados, y su existencia puede ser perecedera, ya que se pueden mejorar las condiciones de precisión de los instrumentos, las variables utilizadas y así los datos antiguos pasan a ser reinterpretados, archivados, ignorados o destruidos, para dar paso a nuevos datos.

Hacking, citado por Ferreiros & Ordoñez (2002), indica que la experimentación es clasificada en dos grupos, el primero, explica cómo son estudiadas las variables de un fenómeno. Esto se puede hacer de dos maneras; cuantitativamente si es a través de un valor numérico dado por un instrumento o cualitativamente cuando se analizan las propiedades del fenómeno.

El segundo grupo, hace referencia a la realización de la experimentación, la cual puede ser exploratoria si se construyen explicaciones sobre un instrumento o fenómeno, por medio de la modificación premeditada de las variables que intervienen, dando lugar a que se pueda emplear en cualquier momento. De igual manera, la experimentación puede ser guiada, si se elaboran diseños experimentales y reflexiones sobre una teoría totalmente constituida.

De aquí se infiere que las relaciones entre lo teórico y lo experimental son variantes, de ahí que cualquier experimento guiado puede ser de uso exploratorio, esto debido a que la variante exploratoria es usada en las etapas iniciales de un saber. Por lo tanto, se admite pensar en una interacción entre lo guiado y lo exploratorio.

Entonces, es importante considerar que la nueva imagen de ciencia está encaminada hacia una relación entre la teoría y el experimento mucho más trascendente y con una mayor riqueza conceptual. Los historiadores y filósofos de la ciencia han mantenido una relación de dependencia del experimento a la teoría, pero las nuevas corrientes filosóficas apoyan la importancia de “La vida propia” que posee la experimentación en la construcción de la ciencia.

### **2.1.3 Modelo cognitivo de la ciencia, la actividad científica y la ciencia escolar.**

Como se ha visto anteriormente, las ciencias permiten una manera de pensar y de interpretar determinados fenómenos e intervenir en ellos mediante una serie de conocimientos teóricos y prácticos, estructurados. El modelo cognitivo de la ciencia (MCC) (Giere, 1988;

1999), señala que el proceso por el cual se construyen estos conocimientos no es diferente del de otras elaboraciones humanas con las cuales se da significado a los conocimientos que se desean controlar. El conocimiento científico tiene como característica singular que está al alcance de todos aquellos que desean conocer el funcionamiento del mundo que les rodea y cómo intervenir en este funcionamiento.

Así pues, los modelos son representaciones mentales, son objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta con cierta aproximación a las definiciones que hacemos de las cosas (Giere, 1999). Esto quiere decir que las relaciones que se dan entre los modelos teóricos y la realidad son de similitud, no de correspondencia y se establecen a través de “Hipótesis teóricas” (Giere, 1988; 1999). Las hipótesis teóricas hacen afirmaciones sobre los fenómenos, guiándose por los modelos y en ese sentido, pueden ser verdaderas o falsas, además de tener una base empírica.

Estos modelos teóricos y las hipótesis teóricas se articulan, como lo plantea (Uribe, 2000), en una familia o un grupo de modelos teóricos y un grupo de hipótesis teóricas, en las que para poder comprender el significado de estos términos, utiliza lo propuesto por Giere. Los modelos teóricos se encuentran expresados en el lenguaje matemático, pero esto no quiere decir que únicamente los modelos se constituyan en ecuaciones matemáticas o expresiones algebraicas, sino que tienen un referente físico, esto quiere decir, que debe ser visible la relación epistémica de la similitud entre el modelo teórico y su referente físico. Un ejemplo de esto son dos gemelos, que aunque los dos sean semejantes, ninguno es idéntico al otro, haciendo que el modelo tenga similitudes con el referente, pero en ningún caso, son lo mismo.

No obstante, Uribe (2000) se cuestiona el porqué del cambio de una teoría a otra y esto lo clarifica por medio de los pensamientos de Giere. Las consecuencias de una teoría son las

hipótesis teóricas, estas hipótesis se caracterizan por ser de carácter verdadero o falso, como ya se dijo anteriormente, y el cambio de teoría a teoría está dado por la hipótesis teórica más satisfactoria. Cuando se acepta que un modelo es la mejor representación de un proceso, pero a esto se le suma otra forma de ver dicho proceso, los científicos implementan una estrategia de decisión para efectuar o no el cambio del modelo. Esa estrategia de decisión no está regida por la veracidad de las hipótesis, sino que los científicos comparan las probabilidades relativas de que el modelo pueda desarrollarse, ligado a que también pueda probarse de manera experimental.

Al hablar del modelo cognitivo de la ciencia, no es más que una representación cognitiva que hace referencia a una representación mental; que es colectiva. Esto se debe a que funciona a modo de esquemas compartidos que pertenecen a la comunidad científica como un todo. Estas representaciones cognitivas están dadas por los modelos teóricos; que son lo mismo que las teorías científicas. En la parte cognitiva, el sujeto debe estar en la capacidad de representar dichas teorías.

Los nuevos modelos de ciencias destacan el aspecto humano, tentativo y constructivo y han permitido la fundamentación de numerosas propuestas didácticas y de formación del profesorado de tipo constructivista.

Las ciencias cognitivas, área del conocimiento en la que convergen diversas disciplinas como: las neurociencias, la lingüística y la psicología cognitiva, han contribuido a este nuevo modelo de racionalidad científica, el cual se le ha denominado “Modelo Cognitivo de la Ciencia”. Desde este punto de vista, la ciencia es el resultado de una actividad cognitiva, como lo son también los aprendizajes. De aquí que, los conceptos y métodos de las ciencias cognitivas pueden ser tan útiles para el diseño de la ciencia escolar como lo son para la elaboración de un modelo de conocimiento científico.

Ahora bien, si las ciencias son resultado de la actividad humana compleja, su enseñanza no puede serlo menos: debe ser concebida como una actividad, debe tener una meta, un método y un campo de aplicaciones adecuados al contexto escolar, conectando los valores de los alumnos y el objetivo de la escuela, que es la construcción de conocimientos y la evolución de los mismos.

Se debe, por tanto, diseñar una epistemología escolar, que reconozca la normatividad de algunos conocimientos como punto de partida para la comprensión de su entorno, pero que promueva, además, la creatividad en la elaboración de argumentos y de aplicaciones para que los conocimientos adquieran sentido y proporcionen además autonomía de los educandos.

**2.1.3.1 Cambios de las concepciones en la enseñanza de las ciencias.** Con base en los fundamentos epistemológicos descritos anteriormente, surge en la década comprendida entre 1970 y 1980 que, los estudiosos de la didáctica de la ciencia ponen en discusión el modelo de enseñanza fundamentada en la transmisión-recepción (Ausubel, Novak & Hanesian, 2000). Para Ausubel, Novak y Hanesian (2000) hay que establecer una distinción fundamental entre el aprendizaje significativo y el aprendizaje por repetición. De acuerdo con estos autores, tanto dentro del aula como fuera de ella, el aprendizaje verbal significativo constituye el medio fundamental para la adquisición de grandes cuerpos de conocimiento. En contraste, el aprendizaje por repetición es representativo de escasas tareas reales dentro de los salones de clase.

Por otro lado, el concepto de aprendizaje significativo se refiere a los aspectos complejos del aprendizaje verbal, a la comprensión y resolución de problemas, fases presentes a lo largo del desarrollo de las clases. En este sentido, Ausubel establece la distinción entre distintos tipos de

aprendizaje, de acuerdo a dos dimensiones: la dimensión *aprendizaje por recepción– descubrimiento*, y la dimensión *aprendizaje repetitivo-significativo* (Cubero, 2005).

La dimensión de aprendizaje por *aprendizaje por recepción–descubrimiento* se refiere a la naturaleza de los procedimientos de enseñanza utilizados. En esta dimensión, los contenidos del aprendizaje ya sean procedimientos, conceptos, definiciones, etc., son recibidos a través de los textos, de la oratoria del profesor y de otros medios. En estos eventos, el alumno no elabora los contenidos que va a aprender, dado que los recibe como productos ya elaborados de acuerdo con unas situaciones de aprendizaje y unos materiales específicos. Este, es el llamado aprendizaje por *recepción*. Por otro lado, en el aprendizaje por *descubrimiento*, la información que se pretende que los alumnos asimilen no se les da directamente, sino que ellos mismos son los que deben llegar a expresar verbalmente un conocimiento que no se les ha dado como material elaborado.

Ahora bien, en la dimensión *aprendizaje repetitivo-significativo*, hace referencia a las estrategias que emplea el alumno para la adquisición del conocimiento. El aprendizaje repetitivo, es considerado aquel basado en un procedimiento mecánico, donde el mecanismo para que los contenidos sean retenidos, es a partir de la repetición de los mismos. Consecuentemente, los conocimientos que se han alcanzado quedan relacionados por asociaciones arbitrarias. Al contrario, en el aprendizaje significativo se crean asociaciones no arbitrarias entre los nuevos contenidos y los conocimientos con que ya cuentan los alumnos.

Ausubel citado por Cubero (2005), expone que la teoría del aprendizaje significativo parte del supuesto de que la información de que disponemos las personas está organizada y estructurada, de forma que los conocimientos no se almacenan aleatoriamente, sino que guardan

un orden lógico. En consecuencia, se establecen relaciones lógicas y significativas entre los contenidos conceptuales que se aprenden.

Por tanto, el acto de comprender significativamente, implica un cambio en este orden y la elaboración de nuevos significados. Así, es claro que la adquisición de significados conlleva al desarrollo de procesos cognitivos que requieren de la actividad del alumno, es decir, este debe estar implicado activamente en la experiencia del aprendizaje. Sin embargo, muchas de las prácticas de la enseñanza de las ciencias naturales se han centrado en el aprendizaje memorístico de procesos, fórmulas, conceptos, entre otros.

**2.1.3.2 La actividad educativa científica en el aula.** Ahora bien, como el eje central de este trabajo de investigación es el diseño de prácticos de laboratorio por parte de los estudiantes, se hará referencia a continuación de la conceptualización y diversidad existente de que hay de estas y los respectivos propósitos en la construcción del conocimiento.

Existen diversas posturas sobre el uso de los prácticos de laboratorio. A continuación se exponen las principales posiciones a favor y se presentarán aquellas que representan desacuerdos o ideas críticas respecto al uso intensivo del trabajo de laboratorio en la educación científica.

La actividad educativa científica materializa las relaciones entre el conocimiento científico, el conocimiento escolar, el conocimiento del estudiante, el conocimiento del profesor y se realiza a través de la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, prácticas determinadas con base en el conocimiento didáctico y su correspondiente teoría del conocimiento pedagógico. El eje central en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias gira en torno a estos elementos y es por esto que el problema educativo de la ciencia sólo se puede entender como un problema del conocimiento. Este conocimiento está dado por la ciencia objeto de enseñanza, aprendizaje y

evaluación, los conceptos de la ciencia que tiene el educador, los conceptos de ciencia que los estudiantes previamente tienen antes de ser formalmente enseñados, la interrelación entre los conceptos de las ciencias que el maestro enseña y los conceptos previos que tienen los estudiantes y finalmente la evaluación de los conceptos enseñados por el educador y aprendidos por el estudiante (Zambrano, 2004).

En la actividad educativa científica del aula se llevan a cabo las prácticas de laboratorio, las cuales constituyen una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias, ya que permiten una multiplicidad de objetivos: la observación e interpretación de fenómenos que son objeto de estudio en las clases de ciencias, el contraste de hipótesis en los procesos de modelización de la ciencia escolar, el aprendizaje en el manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y, en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia (Hofstein & Kind, 2012).

Sin duda, el trabajo práctico y, en particular, la actividad de laboratorio, establece un evento diferencial propio de la enseñanza de las ciencias. Hace casi trescientos años que John Locke propuso la necesidad de que los estudiantes realizaran trabajo práctico en su educación, y a finales del siglo XIX ya formaba parte fundamental del currículo de Ciencias en Inglaterra y Estados Unidos.

Actualmente, en la concepción del aprendizaje de las ciencias que recopila principios de psicología educativa, de la filosofía y epistemología de las ciencias, los objetivos y propósitos del trabajo práctico continúan para muchos sin ser precisados. Así que, cuando se pregunta a muchos profesores sobre la base que fundamenta la creencia de que el trabajo práctico es una herramienta imprescindible en la enseñanza de las ciencias naturales, se sigue encontrando gran

variedad de respuestas, muchas de ellas simples y elementales enmarcándolo en una enseñanza por descubrimiento (Lynch, 1987; Miguens & Garret, 1991; Tobin, 1986) y otras respuestas que no tienen una relación directa con la enseñanza de las ciencias, sino por ejemplo, enfatizan que el trabajo práctico promueve el trabajo cooperativo y la discusión entre iguales (Head, 1982).

Hodson (1992), establece una clasificación en seis categorías las respuestas dadas por los profesores, específicamente relacionadas con la enseñanza de las ciencias acerca de los objetivos de los trabajos prácticos:

- Para motivar, ya que estimulan el interés y son entretenidas.
- Para mejorar el aprendizaje del conocimiento científico.
- Para desarrollar actitudes científicas.
- Para enseñar las técnicas del laboratorio
- Para adiestrar en el método científico.
- Para desarrollar la capacidad de llevar a cabo investigaciones científicas y obtener experiencia de ello.

La mayor parte de estos objetivos, han sido cuestionados en muchas investigaciones que se han llevado a cabo sobre trabajos prácticos en los últimos años. Por ende, se puede decir que casi todos los trabajos publicados desde los años ochenta hasta hoy sobre este tema, resaltan básicamente los aspectos negativos del trabajo práctico que se realiza en la enseñanza de las ciencias, desde el punto de vista de los objetivos planteados como desde el grado de su consecución.

Hodson (1993), plantea que el trabajo práctico debe proporcionar un aprendizaje significativo. De otro lado, Novak (1978) discute esta situación en el contexto del aprendizaje por descubrimiento, concluyendo que el trabajo práctico no tiene que ver con el aprendizaje

significativo; no obstante, esta conclusión fue poco valorada al ser entendida como una condena al trabajo de laboratorio en favor de una pedagogía de transmisión oral, cuando en realidad sus intenciones eran la reexaminación de la calidad y de los objetivos del trabajo práctico que se llevaba a cabo en la enseñanza de las ciencias.

De igual manera, Kirschner (1992) plantea revisar los planteamientos que propone Novak. En su trabajo, discute que el error esencial de los currículos centrados en los procesos de las ciencias es que suponen que aprender ciencias puede ser equivalente al proceso de investigación científica; una idea que es discutible y que para Kirschner representa un error conceptual causante de efectos muy perjudiciales en la enseñanza de las ciencias, esto debido a que se asume que el contenido pedagógico de la experiencia de aprendizaje es idéntico a la estructura sintáctica de la disciplina que se estudia; es decir se confunden bases psicológicas y epistemológicas de enseñar ciencias, no se hace una distinción entre hacer ciencia, aprender ciencias y aprender sobre las ciencias.

Se supone que la práctica de las ciencias es la mejor forma de enseñarlas, y por lo tanto de aprenderlas, pero la realidad evidencia que es demasiado simplista asumir que una teoría de educación puede destilarse a partir de una filosofía de las ciencias.

Existen amplias diferencias entre el científico y el aprendiz de ciencias. Anderson (1976), establece la relación entre el científico, el acto de hacer ciencia y las ciencias mismas. Este autor indica que el científico es siempre un teórico, ya que de otra forma sería incapaz de interpretar los resultados que obtiene. Los currículos prácticos en la enseñanza se han esforzado en proporcionar a los alumnos experimentos que les permiten la verificación de los principios científicos, experimentos donde siempre surge el resultado correcto si se siguen adecuadamente las instrucciones. Esta forma de entender el trabajo práctico no sólo no enseña la estructura

sintáctica de la disciplina, sino que refuerza la visión empirista de los estudiantes y presenta las ciencias como cuerpos de conocimientos verdaderos e inmutables, además los estudiantes no se motivan por este tipo de prácticas de laboratorio, ya que les producen apatía y aburrimiento hacia las ciencias y el trabajo científico.

Kirschner concluye que, si bien las prácticas no son particularmente útiles para suministrar a los estudiantes conocimiento sobre la estructura sustantiva de las disciplinas científicas, si pueden ser utilizadas para introducirlos en la estructura sintáctica del conocimiento científico. Para ello propone tres motivos para realizar el trabajo práctico en el laboratorio, que él define como válidos y novedosos, los cuales son:

a) Desarrollar destrezas específicas, para lo que se proponen los ejercicios, y en los que las simulaciones educativas pueden dar muy buen rendimiento.

b) Instruir sobre el enfoque académico del trabajo científico, para lo que propone la realización de investigaciones, incluyendo algunas de las muchas tareas que realiza un científico cuando resuelve problemas:

- Estudiar una situación y concientizarse de que existe una situación por resolver.
- Definir claramente el problema.
- Buscar estrategias de resolución para el problema.
- Evaluar las estrategias alternativas planteadas.
- Especificar o elegir la estrategia que considera valiosa.
- Resolver el problema.
- Evaluar la solución y estudiarla para determinar si con ella aparece un nuevo

problema.

c) Facilitar a los estudiantes la posibilidad de que tomen experiencia de los fenómenos, mejorando su conocimiento tácito.

Cabe señalar, que de todas las investigaciones que se han venido realizando en los últimos años sobre los objetivos asignados al trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias, se puede decir que existe una marcada tendencia a plantear objetivos ligados a la particularidad experimental de las ciencias, abogando por el abandono de otros fuertemente arraigados, como la motivación, la comprobación de la teoría o el desarrollo de destrezas cognitivas de nivel alto, que se han mostrado inabordables a través del trabajo de laboratorio de los estudiantes. En algunos de los trabajos que se han publicado se fundamenta una propuesta alternativa, se confirma la necesidad de producir tipos específicos de prácticas para cumplir cada uno de los objetivos planteados, quizás en un intento de clarificar algunos aspectos que se han mostrado extraordinariamente complejos en su análisis. Eso sí, todos los estudios finalizan reconociendo la necesidad del trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias y reclamando una mayor dedicación a la investigación de este tema crucial en la educación científica.

**• *La diversidad de prácticas de laboratorio.***

Existe una gran variedad de métodos de aplicación de prácticas de laboratorio, los cuales es importante analizar, ya que ellos se aplican dependiendo de las características y propósitos a alcanzar, a su vez a las reformas en los currículos y las distintas transformaciones en las teorías pedagógicas debido a las formas tradicionales de enseñanza. Esto ha llevado al replanteamiento de nuevas concepciones en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias.

Antes de dar a conocer esta diversidad de prácticas, se hace necesario mencionar que la concepción de práctica de laboratorio en la que se inscribe este trabajo tiene una visión

constructivista de enseñanza y aprendizaje por investigación, basándose en el supuesto de que las personas y comunidades construyen “esquemas conceptuales” para explicar los fenómenos; situación que coloca al que aprende en el centro del proceso de aprendizaje. Se retoman elementos como las ideas que tienen los estudiantes sobre los fenómenos o situaciones, la construcción activa de esquemas desde la psicología cognoscitiva, el aprendizaje como cambio conceptual y metodológico y quien aprende construye activamente significados.

A continuación, se plantearán diversas formas de abordar las actividades prácticas en el laboratorio y sus respectivas características:

**De descubrimiento (Autónomo):** desde la perspectiva del aprendizaje por descubrimiento, el punto central de interés de los trabajos prácticos es el desarrollo de habilidades procedimentales, en donde éstas surgen al permitirles a los estudiantes estar en situaciones en donde practiquen y realicen ciencia. Así mismo, las prácticas realizadas bajo este modelo se caracterizan por tener una visión empírico-inductivista de la ciencia, en la cual no se plantea un procedimiento elaborado o específico que les permita a los estudiantes procedimentalmente analizar y reflexionar el fenómeno u objeto que estudian. Por el contrario, el procedimiento a realizar pareciera que se deja totalmente al libre albedrío y sin una guía del docente, que les permita orientar en cierta medida las decisiones, análisis y reflexiones que toman. Igualmente, no se plantea un problema concreto a resolver, el cual sirva como punto de partida y objetivo de la práctica a realizar (Cruz & Peña, 2013).

Al respecto, Hodson (1990) realiza una crítica al aprendizaje por descubrimiento, en la cual expone que ésta posee fuertes problemas filosóficos, al mostrar una idea distorsionada del trabajo y métodos de la ciencia. También, éste presenta un problema pedagógico, pues el modelo resulta inviable para el aprendizaje, pues sin una guía que oriente de cierta forma las reflexiones

e interpretaciones de los estudiantes, se funda el escenario para la creación de ideas e interpretaciones distorsionadas o erróneas de la ciencia. Así mismo, respecto al trabajo práctico realizado a la luz de este modelo, Hodson plantea que sin un marco conceptual y objetivos claros, resulta inviable que los estudiantes puedan construir interpretaciones y conocimientos, pues no tienen las herramientas conceptuales para tal fin. Igualmente, sin objetivos claros a obtener u observar, resulta muy complejo que los estudiantes puedan reconocer que es lo que tienen que observar y cómo hacerlo.

**De enfoque del proceso:** este modelo surge como una consecuencia de la introducción del método científico en la enseñanza de las ciencias y como alternativa al anterior modelo. En éste, se continúa prestando principal interés al desarrollo de habilidades y técnicas procedimentales de la ciencia y la indagación científica, pero en esta ocasión siguiendo una serie de pasos y procesos específicos llamados “método científico”. Igualmente, el aprendizaje conceptual sigue estando relegado, situación que genera una desconexión entre la teoría y la práctica, elementos que en el trabajo científico están en una relación proporcional.

No obstante, a pesar de que el modelo centra su interés en el desarrollo de habilidades procedimentales y de indagación científica, al realizarse las actividades experimentales de forma genérica y descontextualizada, los estudiantes son incapaces de integrar y relacionar aquellas habilidades en situaciones reales o problemas específicos en donde se requiere que las apliquen (Cruz & Peña, 2013). En este sentido, aquellas habilidades que se pretenden desarrollar son ineficientes o los estudiantes no son capaces de utilizarlas cuando se enfrentan a un fenómeno problema real o hipotético, pues siempre fueron aprendidas de forma descontextualizada y sin reconocer como éstas son aplicadas a escenarios específicos.

**De transmisión-recepción:** en este modelo, se considera el trabajo práctico como un complemento de las clases magistrales, las cuales poseen como objetivo la comprobación de las teorías, leyes y/o conceptos aprendidos previamente. Igualmente, se posibilita el aprendizaje de técnicas y procedimientos manipulativos y de medición, que permitan el aprendizaje de técnicas específicas de trabajo en el laboratorio, como el pipeteo, destilación, etc. Así mismo, estas prácticas se caracterizan por ser principalmente orientadoras, en donde el estudiante simplemente debe seguir la serie de pasos previamente establecidos y registrar los datos obtenidos, sin posibilidad de realizar deducciones, interpretaciones o una discusión entre pares y con el profesor de aquello que se observa, pues estos elementos no son un punto de interés. En este sentido, el trabajo práctico resulta netamente rutinario, impidiendo la construcción de conocimientos significativos y contextualizados para los estudiantes (Cruz & Peña, 2013). En esta misma línea, Gómez & Penna (1988), Joan & Sánchez (1985), Robinson (1979), Stewart (1988) y Tobin (1990) en sus trabajos, han manifestado las dificultades, limitaciones y la poca significación pedagógica que poseen este tipo de prácticas para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, pues dadas sus características no permiten que los estudiantes aprendan gran parte de lo que realmente significa el trabajo, práctica y naturaleza de la ciencia. Por el contrario, este tipo de prácticas permiten que se generen interpretaciones distorsionadas de la naturaleza de la ciencia.

**Académico:** En este modelo, a diferencia de los anteriores, el trabajo práctico se desarrolla en escenarios contextualizados de la vida cotidiana, lo cual permite que aquellos contenidos que se quieren aprender se relacionen directamente con fenómenos o situaciones de la vida real. Así mismo, se plantean objetivos claros y concretos a alcanzar mediante dicha práctica, en donde el conocimiento procedimental y conceptual no está dissociado. Igualmente, durante el

desarrollo de la práctica se estimula la construcción de hipótesis, análisis y síntesis de la información, dialogo entre pares y registro sistemático de los datos (Cruz & Peña, 2013).

**Investigativo:** Este tipo de trabajos prácticos, son los que están más relacionados con la construcción de visiones positivas y reales de la naturaleza de la ciencia. Esto se debe a que, el trabajo se fundamenta en la construcción de una solución a un problema que resulta del análisis de una situación específica. En este sentido, los estudiantes deben de determinar cuál es el problema a resolver de una situación problemática de la vida cotidiana, real o hipotética; y en base a ello, construir con ayuda del profesor sus propias hipótesis y procedimientos. Así mismo, el procedimiento experimental diseñado debe de permitirles resolver dicho problema al comprobar las hipótesis que han planteado (Cruz & Peña, 2013).

Por otra parte, la realización de estas prácticas permite un progreso cognitivo en los estudiantes al ayudarles en el desarrollo de sus habilidades de razonamiento y del pensamiento hipotético deductivo (Pozo & Crespo, 2009). Como también, genera una visión de la naturaleza de la ciencia en donde la teoría y la práctica no está dissociada (Cruz & Peña, 2013).

De igual manera, (Caamaño, 2009), indica que los trabajos prácticos constituyen una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias, por permitir una multiplicidad de objetivos: la familiarización, observación e interpretación de fenómenos, el contraste de hipótesis, el manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos - prácticos y, en definitiva la comprensión procedimental de la ciencia. También, este autor propone cuatro tipos de trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias:

**Experiencias:** destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos.

Por ejemplo, observar diferentes tipos de hojas, comprobar el tacto de unas rocas, observar

lombrices u hormigas en un terrario, sentir la fuerza de una goma elástica al estirarla, ver el cambio de color en una reacción química, oler un gas, observar las imágenes que forman diferentes tipos de lentes, observar el golpeo del oleaje contra un acantilado, observar estratos y pliegues en el campo, etc.

**Experimentos ilustrativos:** destinados a ilustrar un principio o una relación entre variables. Suponen normalmente una aproximación cualitativa o semi-cuantitativa al fenómeno. Por ejemplo, observar la relación entre el aumento de la presión y la disminución del volumen de un gas (ley de Boyle), comprobar cómo aumenta la capacidad erosiva de una corriente de agua al incrementarse la pendiente, observar la relación de proporcionalidad directa entre voltaje y la intensidad de corriente en determinados materiales (ley de Ohm), observar el efecto de la luz en el crecimiento de las plantas etc. Muchos de ellos son utilizados por el profesorado como experiencias demostrativas o ilustrativas.

**Ejercicios prácticos:** diseñados para aprender determinados procedimientos o destrezas o para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría. Tienen un carácter especialmente orientado (ejercicio). Según donde se ponga en énfasis en estas actividades, se puede distinguir entre ejercicios prácticos:

- Para el aprendizaje de procedimientos o destrezas: énfasis en el aprendizaje de destrezas:
    - Prácticas: realización de medidas, tratamiento de datos, técnicas de laboratorio.
- Así, determinar el punto de fusión, realizar una preparación para ver al microscopio, medir direcciones y buzamientos con una brújula, etc.

- Intelectuales: observación e interpretación, clasificación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, control de variables. Así como la interpretación de mapas geológicos la clasificación de mapas geológicos, la clasificación de conchas en grupos, etc.

- De comunicación: planteamiento de un experimento por escrito, realización de un informe de una salida al campo.

- Para ilustrar la teoría: se pone énfasis en la determinación experimental de propiedades y en la comprobación de leyes o relaciones entre variables, con objeto ilustrativo de la teoría y con enfoque dirigido. Por ejemplo, determinar experimentalmente la relación volumen – temperatura de un gas, establecer la zonación de organismos en la zona interna real.

**Investigaciones:** diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de problemas, familiarizarse con el trabajo científico y aprender en el curso de estas investigaciones, las destrezas y procedimientos propios de la indagación. Según el tipo de problemas que resolver, las investigaciones pueden ser:

- Para resolver problemas teóricos, es decir, de interés en el marco de una teoría (así, ¿qué relación existe entre la presión y el volumen de un gas?, ¿cómo podemos determinar la carga eléctrica de un ión?, ¿los sedimentos se depositan siempre en capas horizontales?, ¿se transmite ligado al sexo un gen de la mosca *Drosophila*?).

El problema puede proceder de una hipótesis o predicción realizada en el desarrollo de un modelo teórico con el que se pretende interpretar un fenómeno (por ejemplo, el modelo cinético - corpuscular de los gases, o el de la transmisión hereditaria de caracteres).

- Para resolver problemas prácticos, generalmente en el contexto de la vida cotidiana. El énfasis se pone en la comprensión procedimental de la ciencia, es decir, en la planificación y realización de investigaciones, no dirigidas especialmente a la obtención de conocimiento

teórico. Ello no significa que su percepción y planificación no conlleve una determinada carga conceptual.

Por ejemplo, ¿qué material de un grupo compuesto por varios abriga más?, ¿qué detergente de un grupo compuesto por varios es el más eficaz?, ¿cómo pueden detectarse adulteraciones en los alimentos? Este tipo de investigaciones pueden conectarse más fácilmente con aspectos CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) del currículo. (Caamaño, 2009, pp. 197-198).

En la presente investigación se llevan a cabo prácticas de laboratorio que corresponden a lo que Caamaño denomina investigaciones, ya que estas implican procedimientos prácticos, procedimientos intelectuales (Procesos cognitivos y técnicas de investigación) y procedimientos de comunicación.

Los procedimientos prácticos o experimentales suponen la realización de medidas, manipulación de instrumentos y uso de técnicas de laboratorio o de campo. Los procesos intelectuales pueden ser cognitivos o técnicas de investigación. Aquellos denominados cognitivos son aquellos que están implicados en la construcción del conocimiento (observar, interpretar, plantear hipótesis, extraer conclusiones, etc.). Las técnicas o estrategias de investigación son tácticas que se adaptan en el diseño y la realización de una investigación experimental (idear métodos de medida de las variables, controlar las variables, repetir medidas, recoger y representar gráficos, realizar cálculos, etc.). En cuanto a los procesos de comunicación, implican destrezas de comunicación oral y escrita, tales como la planificación, la realización de informes, la argumentación, etc.

## **2.2 Constructivismo, conocimiento y cambio conceptual**

### **2.2.1 El constructivismo en el aula.**

Desde el punto de vista constructivista, la actividad experimental juega un papel muy importante en el proceso de enseñanza aprendizaje, si se orienta de manera cuidadosa e intencionada a permitir que las ideas previas que tienen los estudiantes evolucionen a conceptos más elaborados y cercanos a los científicos (Tamayo, 2009; Tamayo & Sanmartí, 2007). Por esta razón, es importante que a la hora de llevar a cabo prácticas y actividades de laboratorio con los estudiantes se analice lo que el estudiante sabe, lo que debe saber y lo que se pretende con la experiencia, en función de la construcción de los conceptos y del logro de aprendizajes profundos. De ahí que se hace necesario resaltar en este trabajo el valor que tiene el constructivismo como una alternativa para facilitar el aprendizaje de las ciencias naturales.

La epistemología del conocimiento científico (Bachelard, 1938, Kuhn, 1962, Lakatos, 1978, Feyerabend, 1981 y Toulmin, 1977) aportó los fundamentos filosóficos para comprender el proceso de construcción de la metodología de la investigación en las ciencias naturales. Con base en estos presupuestos epistemológicos se propuso en los años ochenta una nueva aproximación a la enseñanza en el aula por parte de una comunidad de investigadores en la disciplina emergente “Didáctica de las Ciencias Experimentales” (Gil, Carrascosa & Terrades, 2000).

En la búsqueda de alternativas para la enseñanza, se derivaron trabajos desde fundamentos psicológicos como los llevados a cabo por Inhelder & Piaget (1955). Dichos trabajos, han influido en los planes de estudio y currículos de las diferentes áreas del conocimiento especialmente, permiten el desarrollo del proceso intelectual desde estadios de desarrollo concreto y formal, abstracción lógica y formalización por parte de quien aprende. Piaget resalta la importancia de las bases biológicas del proceso del conocimiento y, afirma que

la inteligencia es una prolongación de las acciones del sujeto sobre las cosas. Finalmente, de todo ello se desprende el carácter constructivo del conocimiento, ya que las ideas de objeto y realidad y las nociones fundamentales de causalidad, espacio y tiempo son construidas en el curso del desarrollo ontogenético.

Es importante mencionar que, desde el punto de vista Piagetiano, el desarrollo o aprendizaje está relacionado con la construcción de diversas operaciones que se van formando en la estructura cognitiva del individuo y que generan diversos estadios evolutivos.

**2.2.1.1 El pensamiento formal y el aprendizaje de la ciencia.** Muchos autores, entre ellos Halpern (1996), Millar & Lubben (1996), han emprendido diversos intentos para conceptualizar, en términos de procesos psicológicos, el uso del pensamiento científico y su enseñanza. Pero, es sin duda alguna, la teoría de Piaget la más elaborada sobre los fundamentos psicológicos. Piaget, plantea cuatro fases o estadios distintos cualitativamente en el desarrollo cognitivo. En este trabajo, se hará referencia al periodo que plantea Piaget correspondiente al de operaciones formales, dado que es el que corresponde a la adolescencia y que se encuentra más estrechamente relacionado con el aprendizaje de la ciencia.

Piaget, citado por (Flavel, 1998), menciona que una de las características más relevantes del desarrollo del pensamiento formal, es la capacidad de poseer un pensamiento hipotético y reversible, el cual posibilita la interpretación de sucesos e información, y al establecer comparaciones con aquellos conocimientos que ya posee, plantea nuevas hipótesis que le permiten dar una mejor solución a los problemas planteados, estableciendo relaciones y llevando a cabo una evaluación del proceso que le permite decidir por su respectiva respuesta.

De la misma manera, la teoría Piagetiana propone una serie de estadios que tratan de explicar cómo se desarrollan las capacidades de razonamiento en los individuos, alcanzando su máximo desarrollo en el estado Formal. Dicho periodo del pensamiento permite un razonamiento de orden hipotético deductivo en el individuo, lo que facilita la relación no solo con lo concreto (contacto directo con los hechos, objetos o fenómenos) sino también desde las interpretaciones, conocimientos, relaciones o hipótesis, relaciones que se han construido con el propósito de solucionar un problema. Entonces, las operaciones formales se basan en un lenguaje o sistema de símbolos, mediante el cual se representan los objetos, más que en los objetos mismos. El lenguaje químico es un ejemplo de este sistema de simbolización. Es de esta forma que, la naturaleza del pensamiento formal es de carácter proporcional, ya que las explicaciones que se realizan se centran más en lo posible que en lo tangible. Este llamado carácter proporcional evidencia que el pensamiento formal se apoya en un código o lenguaje simbólico, sin cuyo dominio será muy difícil, sino imposible, comprender la ciencia, ya que estaremos limitados a razonar sobre objetos reales y no sobre sistemas simbólicos.

Por consiguiente, esta habilidad que se desarrolla en el estado formal, es de gran importancia en la formación de los alumnos en el ámbito educativo, dado que este tipo de pensamiento es el característico de la ciencia, la cual pretende establecer leyes o principios que posibilitan explicar y entender el funcionamiento y comportamiento de la naturaleza. Cabe mencionar entonces que, aunque la ciencia explique muchas de sus teorías y leyes a partir de fenómenos concretos, todas sus interpretaciones y explicaciones pasan a ser de carácter general, lo cual permite interpretar algunos de todos los comportamientos posibles que adquiere la naturaleza en determinados fenómenos. Es por eso que, para la escuela es de suma importancia

desarrollar el pensamiento formal, pues sólo éste le permitirá al estudiante interpretar y utilizar de forma adecuada y eficiente los conocimientos científicos (Pozo & Crespo, 2009).

Por tanto, aquellas habilidades cognitivas de alto nivel que le permiten al individuo poder interpretar la información que adquiere, permitiéndole resolver los problemas cotidianos y científicos son denominados los esquemas de pensamiento formal. Estos ocho esquemas son propuestos por Inhelder & Piaget (1955) y son los siguientes:

- Las operaciones combinatorias, aquí el sujeto lleva a cabo combinaciones posibles entre variables con el objetivo de lograr o alcanzar un determinado efecto. Estas operaciones responden a las combinaciones entre las variables y al control de variables.

- Las proporciones, cuyo uso permite le permiten al individuo cuantificar las relaciones entre dos series de datos o entre dos variables y percibir cómo estas se afectan entre sí.

- La coordinación de dos sistemas de referencia: este esquema permite la interpretación de situaciones en las cuales interactúan dos sistemas.

- La noción de equilibrio mecánico, que implica la comprensión del principio de igualdad entre dos acciones opuestas dentro de un sistema dado, entre dos variables o fenómenos.

- La noción de probabilidad, le permite al sujeto crear mentalmente situaciones posibles, de las cuales deduzca posibles respuestas a diversas situaciones problema.

- La noción de correlación, permite determinar la existencia de la relación causal, vinculando o relacionando la proporción y la probabilidad.

- Las compensaciones multiplicativas precisa del esquema de proporción para desarrollar la proporcionalidad inversa entre dos variables.

- Las formas de conservación que van más allá de la experiencia, establece leyes de la conservación sobre no observables, es decir aquellas que no tienen ningún apoyo perceptivo.

De otro lado, Lev Vigotsky (1997) reconocido a mediados de los ochenta por sus posiciones psicológicas y aportes en la educación, se centró en procesos culturales y sociales que están orientando el desarrollo psicológico del niño. La teoría socio-cultural de Vigotsky (1997), al igual que la de Piaget, resalta la participación activa del estudiante en su ambiente pero, mientras Piaget describió la mente individual en su interpretación e integración de la información acerca del mundo, Vigotsky consideró el crecimiento cognitivo como un proceso conjunto e indicó que los estudiantes son los responsables de su propio aprendizaje y son quienes construyen el conocimiento y nadie puede reemplazarlos en esa tarea y que para ello necesitan de un mediador que oriente esta actividad con el fin de que todo aquello que construyan se aproxime a algo que representan los contenidos como saberes culturales. Estas actividades compartidas ayudan a los estudiantes a interiorizar las modalidades de pensamiento y conducta y hacer propios sus usos y costumbres. Vigotsky también puso especial énfasis en el lenguaje, no sólo como expresión de conocimientos e ideas sino como un medio para aprender y pensar a cerca de nuestro mundo.

### **2.2.2 Los niveles de representación**

La química tiene por objeto de estudio la composición, estructura, propiedades y transformaciones de la materia. Las teorías y conceptos que se han construido en ella, sin embargo, presentan un alto nivel de abstracción, debido a la poca proximidad de estos con el mundo tangible. De ahí que, Johnstone (1982) en su investigación estima que el marco conceptual de ella está formada por tres niveles de representación: el sub-microscópico, el macroscópico y el simbólico. De ahí que, estos niveles son el espacio donde se representa, se interpretan y trabajan los fenómenos, teorías y conceptos de la química. De ahí que, estos tres

niveles de representación están en interacción y comprenden una organización que permite explicar y comprender los fenómenos químicos.

Los niveles de representación propuestos por Johnstone son:

a) Nivel de representación sub-microscópico: aquí los individuos hacen representaciones abstractas, interpretando y explicando el comportamiento y propiedades de la materia por medio de un conjunto de modelos teóricos como son el átomo, las moléculas, los iones, los orbitales, los enlaces, etc. Es decir, en este nivel de representación se trabaja con aquellos conceptos que implican un nivel sub-microscópico de la materia, que no es apreciable por el ojo humano y de esta manera la materia sub-microscópica pretende predecir, comprender y explicar la materia macroscópica.

b) Nivel de representación simbólico o representativo: en este nivel, los sujetos representan y comunican por medio de símbolos aquellos comportamientos, propiedades y transformaciones de la materia. Es así que, en este nivel se logra simbolizar y cuantificar los fenómenos químicos a través de representaciones y símbolos como gráficos, analogías, ecuaciones, modelos analógicos, etc.

c) Nivel de representación macroscópico: este nivel hace referencia a las representaciones mentales adquiridas a través de la experiencia sensorial directa. Su construcción es basada en la información proveniente de los sentidos, apoyada en las propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles. Entonces, a través del sistema sensorial los sujetos pueden representar, interpretar y comprender la materia. Por esta razón, esta interpretación es limitada, por lo que es en este nivel en donde realmente se extrapolen todos aquellos modelos teóricos que se han construido de forma que permitan explicar la materia, sus transformaciones y propiedades.

### **2.2.3 El cambio conceptual**

Desde la década de los 60, con los estudios realizados por Ausubel (1963,1968) se ha visto una creciente y fuerte importancia del papel que juegan las concepciones alternativas o ideas previas que poseen los estudiantes durante su proceso de construcción de conocimiento. Esto se debe a que principalmente los estudiantes basan sus explicaciones e interpretaciones de los fenómenos y conceptos científicos en relación a lo que ellos ya conocen o a aquellas teorías o modelos explicativos que poseen, sin importar que tan desarrolladas estén. En este sentido, desde la década de los 80 se dio un fuerte movimiento en la investigación en la didáctica de las ciencias en lo concerniente al proceso en como el nuevo conocimiento se relacionaba con el viejo conocimiento, surgiendo la teoría del cambio conceptual.

Dicha teoría, expone que existe un conflicto entre la teoría vigente (conocimiento o formas explicativas del sujeto) y la contra evidencia (fenómeno, hecho o conocimiento nuevo) generada. En este sentido, la contra evidencia o el nuevo fenómeno que se presenta no es posible de ser explicado o comprendido con los elementos conceptuales que posee el sujeto hasta ese momento, generando la necesidad de reestructurar y modificar las teorías o conocimientos que se poseen por unos que permitan generar una explicación o comprensión satisfactoria de dicho fenómeno.

Con base en esto, uno de los principales autores de la teoría el cambio conceptual es Posner et al. (1982) en donde propone un modelo explicativo del cambio conceptual, el cual fue muy importante en la década de los 80 (Moreira & Greca, 2003). Dicho modelo, expone cuatro principios comunes para que se pueda generar el cambio conceptual en el proceso de aprendizaje (Posner et al., 1982; pp. 214):

- *Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes.* Es muy poco probable que el estudiante o un científico, en su defecto, cambien sus concepciones sobre un fenómeno, evento, teoría o concepto, a menos que sean conscientes de que ya no es suficiente realizarle pequeños cambios a sus formas explicativas, siendo necesario una nueva forma de entender y explicar tal fenómeno o concepto.

- *Una nueva concepción debe de ser inteligible.* El sujeto debe ser capaz de entender dicha nueva forma explicativa, para así comprender a cabalidad de qué forma este nuevo campo explicativo permite comprender mejor el mismo fenómeno que aquel que es insuficiente.

- *Una nueva concepción debe parecer inicialmente plausible.* El nuevo campo teórico explicativo debe de resolver y explicar a cabalidad no solo el nuevo evento o fenómeno presentado, sino que también debe de permitir comprender y explicar los otros fenómenos y conceptos que poseía su predecesor. En este sentido, este nuevo campo teórico debe de ser una versión mejorada del anterior.

- *Una nueva concepción debe de sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.* El nuevo campo teórico debe de poder ser y presentar nuevos objetos de estudio en el campo de las ciencias.

Sin embargo, el modelo de cambio conceptual propuesto por Posner (1982) presenta un gran problema, pues este propone al cambio conceptual como un reemplazo de una concepción por otra dentro de la estructura cognoscitiva del sujeto, situación que presenta grandes limitaciones, pues se ha evidenciado que muchas de las concepciones alternativas, ideas previas o erróneas que poseen los sujetos son muy resistentes al cambio. Así mismo, se ha encontrado que dependiendo del contexto y la situación los sujetos pueden optar por utilizar una concepción

alternativa que poseen o aquel conocimiento nuevo que se suponen han aprendido (Moreira & Greca, 2003).

En este sentido, una nueva opción que se propone para superar dicha dificultad, es repensar el cambio conceptual no como un reemplazo de concepciones, sino como aprendizaje significativo de un nuevo fenómeno, concepto u hecho (Moreira & Greca, 2003). En consecuencia, lo que se propone es que la relación se aprendizaje entre el nuevo conocimiento y el viejo conocimiento, no se considere como un reemplazo del uno por el otro, sino que a través de la experiencia, el análisis y la reflexión del fenómeno, el sujeto reestructure, resignifique, mejore y evolucione sus concepciones a una concepción e interpretación más compleja y eficiente. De esta forma no existe una sustitución de concepciones, sino una evolución y desarrollo de las mismas, en donde es el mismo estudiante el que decide y reestructura su pensamiento e interpretación.

### **2.3 Estudio de la cinética química**

En este trabajo se hace una revisión bibliográfica por parte del docente investigador sobre la problemática de la enseñanza y aprendizaje de la cinética química. (Sánchez, 2002) menciona el trabajo de Justi & Gilbert (1999) sobre como ha ocurrido la evolución histórica de las diversas teorías surgidas respecto del concepto de velocidad de reacción, desde antes del siglo XVI. De igual manera menciona que se toman como fundamento epistemológico los programas de investigación de Lakatos, como fundamento ontológico los modelos, entendidos como representaciones de una idea, objeto, evento que unen las abstracciones de la teoría con la experiencia del mundo, y en un tercer fundamento que viene dado por el contenido. De igual manera, menciona que se distinguen los siguientes modelos, propuestos históricamente, que los

autores denominan: antropomórfico, de afinidad corpuscular, primer modelo cuantitativo, modelo mecanístico, termodinámico, cinético y del estado de transición. Campbell (1974) medita sobre la diferencia existente entre la velocidad de reacción y el equilibrio, la importancia de los factores energéticos, fundamentalmente la energía de activación; la teoría de colisiones, los mecanismos de reacción, el funcionamiento de las enzimas o la reversibilidad de las reacciones.

De otro lado, el concepto de energía de activación fue definido por Truhlar (1978) y Pacey (1981) distingue la energía de activación de Arrhenius, la energía de activación en el cero absoluto, la entalpía de activación, el umbral de energía y otros. Por otro lado, Hansen y Raines (1990) discuten sobre los factores que influyen en la velocidad de reacción.

La cinética química, es el área de la química encargada del estudio de la velocidad o rapidez con que ocurre una reacción química. La palabra cinética sugiere movimiento o cambio correspondiente a la velocidad de una reacción, o velocidad de reacción, que es el cambio de la concentración de un reactivo o producto con respecto al tiempo (M/s).

En general, se expresa mejor la velocidad de reacción en función del cambio de la concentración respecto al tiempo, de tal manera que en la reacción:  $A \rightarrow B$ , se puede expresar como,  $velocidad = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$  o  $velocidad = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$ , donde  $\Delta[A]$  y  $\Delta[B]$  son los cambios de concentración (molaridad, M) en un determinado periodo de tiempo,  $\Delta t$ . La concentración de A disminuye durante el tiempo mientras que la concentración de B incrementa, por lo que  $\Delta[A]$  es una cantidad negativa mientras que  $\Delta[B]$  corresponde a una cantidad positiva, respectivamente.

La velocidad de reacción es una cantidad positiva, de modo que es necesario un signo menos en la expresión de la velocidad para que la velocidad sea positiva. Estas velocidades son promedios porque están calculadas en un intervalo de tiempo.

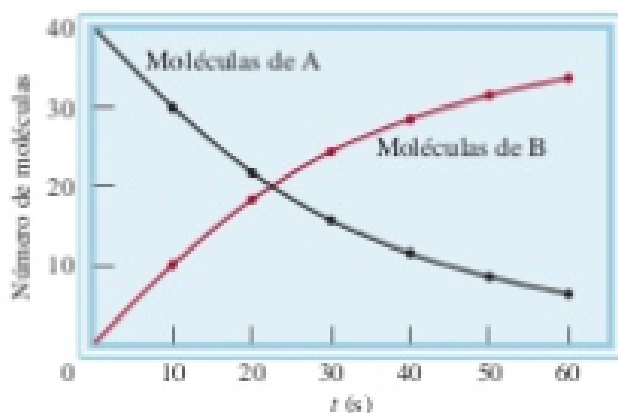


Figura 1. Número de moléculas A y B

En este apartado, nuestro objetivo no es sólo comprender cómo se determinan las velocidades a las que se llevan a cabo las reacciones, sino además considerar los factores que regulan estas velocidades.

### 2.3.1 Factores que incluyen en las velocidades de reacción:

Antes de examinar los aspectos cuantitativos de la cinética química, como la forma de medir velocidades de reacción, analicemos los factores fundamentales que influyen en la velocidad de las reacciones. Debido a que en las reacciones se rompen y se forman enlaces, su rapidez depende de la naturaleza de los reactivos mismos. Hay, no obstante, cuatro factores que permiten modificar la rapidez con la que ocurren reacciones específicas:

**2.3.1.1 El estado físico de los reactivos.** Para que reaccionen, es necesario que las moléculas con los reactivos choquen entre sí. Cuanto más fácilmente chocan las moléculas con otras, con tanta o mayor rapidez reaccionan. La mayor parte de las reacciones que se estudia son homogéneas: en ellas participan gases o disoluciones líquidas.

Si los reactivos están en fases diferentes como cuando uno es un gas y otro un sólido, el área de contacto limita la reacción. Por lo tanto, las reacciones en las que intervienen sólidos tienden a avanzar más aprisa si se aumenta el área superficial del sólido. Por ejemplo, un medicamento en forma de tableta se disminuye en el estómago y está en el torrente sanguíneo con más lentitud que el mismo medicamento en forma polvo fino.

**2.3.1.2 La concentración de los reactivos.** Casi todas las reacciones químicas se llevan cabo con más rapidez si se aumenta la concentración de uno o más de los reactivos. Por ejemplo, la lana de acero arde con dificultad en el aire, que contiene 20% de  $O_2$ , pero se enciende con llama blanca y brillante en oxígeno puro. A medida que la concentración aumenta, la frecuencia de colisión de las moléculas aumenta, y esto origina velocidades mayores.

**2.3.1.3 La temperatura a la que se lleva a cabo la reacción.** La velocidad de las reacciones químicas aumenta con la temperatura. Es por esto que se refrigeran los alimentos perecederos como la leche. Las reacciones bacterianas que originan la descomposición de la leche se llevan a cabo con rapidez mucho mayor a temperaturas más bajas de un refrigerador. El aumento de temperatura incrementa la energía cinética de las moléculas. Al moverse con mayor rapidez, las moléculas chocan con más frecuencia y también con mayor energía, lo que origina velocidades mayores.

La presencia de un catalizador. Los catalizadores son agentes que aumentan las velocidades de reacción sin transformarse. Influyen en los tipos de colisiones (el mecanismo) que dan lugar a la reacción. Los catalizadores desempeñan un papel crucial en nuestra vida. La

fisiología de casi todas las especies vivientes depende de las enzimas, unas moléculas de proteína que actúan como catalizadores e incrementan la velocidad de ciertas reacciones bioquímicas.

En el nivel molecular, las velocidades de reacción dependen de las colisiones entre moléculas, es por esto que debe hacer referencia a la teoría de las colisiones en la cinética química.

**2.3.1.4 Teoría de las colisiones en la cinética química.** La teoría cinética molecular de los gases establece que las moléculas de los gases chocan con frecuencia unas con otras. Por tanto, se define que las reacciones químicas son el resultado de las colisiones entre las moléculas de los reactivos. El término de la teoría de las colisiones la cinética química, se espera que la rapidez de una reacción sea directamente proporcional al número de colisiones moleculares por segundo o a la frecuencia de las colisiones moleculares:

$$velocidad \propto \frac{\text{número de colisiones}}{s}$$

Esta relación explica la dependencia de la velocidad de reacción con la concentración.

Al considerar una reacción de moléculas de A con moléculas de B para formar un producto, suponiendo que cada molécula del producto se forma a partir de la combinación directa de una molécula de A con una molécula de B. Si se duplica la concentración de A, el número de colisiones de A-B también se duplicaría, puesto que para cualquier volumen determinado existiría el doble de moléculas de A que podrían chocar con las moléculas de B. Por lo tanto, la velocidad aumentaría por un factor de 2. De igual manera, al duplicar la concentración de las moléculas de B, la velocidad aumentaría el doble. Entonces, la ley de la velocidad puede expresarse como:

$$velocidad = k[A][B]$$

La teoría de las colisiones es intuitiva, pero la relación entre la velocidad y las colisiones moleculares es más compleja. Según la teoría de las colisiones siempre hay una reacción cuando chocan las moléculas de A y B. Sin embargo, no todas las colisiones implican o garantizan que la reacción se lleve a cabo.

Cualquier molécula en movimiento posee energía cinética: entre más rápido se mueva mayor será su energía cinética. Una molécula que se mueve rápidamente no se romperá en fragmentos por si misma; para llevarse a cabo la reacción esta debe chocar con otra molécula. Cuando las moléculas chocan, parte de su energía cinética se convierte en energía vibracional. Cuando la energía cinética inicial es grande, las moléculas que chocan vibrarán tan fuerte que se romperán algunos de los enlaces químicos. Esta fractura del enlace es el primer paso hacia la formación del producto. Si la energía cinética es pequeña, las moléculas prácticamente rebotarán intactas. En términos cinéticos, se dice que existe una energía mínima de choque por debajo de la cual no habrá cambio alguno después del choque. Si esta energía no está presente las moléculas permanecen intactas y no habrá cambios por la colisión.

Suponemos que para que ocurra una reacción, las moléculas que chocan deben tener energía cinética total igual o mayor que la energía de activación ( $E_a$ ), que es la mínima cantidad de energía que se requiere para iniciar una reacción química. Cuando las moléculas chocan, forman complejo activado denominado también estado de transición, que es una especie transitoria formada por las moléculas de los reactivos como resultado de una colisión, antes de que formen el producto (Chang, 2010).

Cuanto mayor es la frecuencia de colisión, tanto más grande es la velocidad de reacción. Para que una colisión desemboque en reacción, no obstante, debe incurrir con la suficiente

energía para alargar los enlaces hasta una longitud crítica, y con la orientación idónea para que se formen enlaces nuevos en los lugares apropiados. (Brown, Lemay, Bursten & Burdge, 2004)

### **2.3.2 Concepciones de los alumnos**

De acuerdo con la revisión bibliográfica se encuentran las siguientes concepciones alternativas referentes a la cinética química y a otros aspectos relacionados:

- Los alumnos no entienden que en las reacciones ocurre una ruptura y formación de enlaces y que de esto depende el tiempo de la reacción y la cuantificación de partículas en un momento dado. Para algunos alumnos una reacción implica la transformación de unos átomos en otros o el desplazamiento físico de un compartimiento a otro, Mary Nakhleh (1992) concluyó esto a partir de la realización de una investigación en el conocimiento conceptual de la química de los estudiantes de todos los grados de la escuela secundaria basándose en un modelo en el que estos construyen sus propios conceptos (modelo cognitivo de aprendizaje), los grafican y generan sus propios significados en función de sus antecedentes, actitudes, capacidades y experiencia (Nakhleh, 1992).
- Incapacidad para diferenciar velocidad y extensión, Banerjee desarrolló en 1991 un test escrito para diagnosticar conceptos erróneos en diferentes áreas de equilibrio químico, la prueba fue realizada a 162 estudiantes de pregrado y 69 maestros de la escuela de química, los resultados revelan malentendidos generalizados entre estudiantes y profesores en áreas relacionadas con la predicción de las condiciones de equilibrio, la velocidad y la aplicación de principios de equilibrio a la vida cotidiana (Banerjee, 1991).
- Algunos estudiantes confunden la energía de activación con la temperatura, Gorodetsky y Gussarsky aplicaron tres diferentes métodos de evaluación para examinar el

manejo del concepto “equilibrio químico” en los estudiantes, una prueba de rendimiento escolar, una prueba de conceptos erróneos enfocada en 8 ideas centrales del concepto equilibrio químico y la clasificación libre de 18 conceptos relacionados con el equilibrio químico (mapeo de la estructura cognitiva), se concluyó que el método es de gran utilidad en el intento de analizar la comprensión de los estudiantes y los conceptos erróneos de la materia científica de una gran población (Gorodetsky & Gussarsky 1986).

- Se considera que la velocidad de una reacción aumenta con el tiempo, confirmándolo con reacciones como la cinta de magnesio en ácido diluido. Esta concepción se traslada a un sistema que se acerca al equilibrio, Hackling y Garnett en 1985 entrevistaron 30 estudiantes del año 12 del oeste de Australia, sus respuestas fueron codificadas en varias categorías de conceptos erróneos identificados, los conceptos erróneos más importantes revelados por este estudio fueron:

1. La velocidad de la reacción aumenta con el tiempo a partir de la mezcla de los reactivos hasta que se establezca el equilibrio

2. Existe una relación aritmética simple entre las concentraciones de reactivos y productos en el equilibrio químico

3. Cuando un sistema está en equilibrio y se realiza un cambio en sus condiciones, la velocidad de la reacción favorecida aumenta pero la velocidad de la otra reacción disminuye.

Las proposiciones para la evaluación se basaron en la reacción entre el óxido nítrico y el cloro para la formación de cloruro de nitrosilo (Hackling & Garnett 1985).



- La creencia de que una reacción química transcurre en dos compartimientos separados, para reactivos y productos, conceptos relacionados con la energía son difíciles de asimilar para

los alumnos, principalmente el principio de conservación de esta, Johnstone Mac Donald y Webb concluyeron en base a una investigación realizada a alumnos que estudiaban el tema del equilibrio químico para el certificado escoces de educación en química de grado superior y para el certificado de estudios de sexto año, evaluando sus dificultades conceptuales, para los estudiantes de grado superior el enfoque del equilibrio de reacción se basó en el concepto de tasas de reacción iguales y opuestas, mientras que a nivel de sexto grado se empleó un enfoque termodinámico basado en el concepto de energía libre de Gibbs. Los estudiantes mostraron una tendencia a confundir la entropía y la energía cinética, aproximadamente tres de cada cuatro alumnos consideran que cuando la constante de equilibrio es igual a uno la mezcla consiste en 50% de reactante y 50% de producto, estas ideas erróneas son posibles consecuencias de una cobertura muy superficial de estos temas en sus planes de estudio, los maestros no se esfuerzan por hacer la termodinámica más comprensible para sus alumnos (Johnstone et al. 1977).

- En cuanto a los catalizadores, la pre-concepción que tienen es que estos aumentan la proporción de los productos.

Storey (1992) revisa en libros de texto y encuentra algunos pre-conceptos sobre enzimas, que trata de corregir en su artículo. Citamos algunos ejemplos: las reacciones enzimáticas son equilibrios; las enzimas no alteran el equilibrio, simplemente hacen que se alcance antes; son sustratos del enzima tanto los reactivos como los productos.

## **Capítulo III**

### **Hipótesis, Objetivos y Metodología de la investigación**

En esta parte del trabajo, se hace una presentación de la hipótesis de la investigación, los objetivos a desarrollar, una descripción del objeto de estudio y se explican las herramientas metodológicas de recolección y análisis de datos. Además, se presentan los referentes teóricos – metodológicos que han orientado el trabajo de campo, los cuales constituyen una conexión entre la investigación-acción y los estudios de caso. Por otro lado, la recolección de la información y su respectivo análisis, se hace mediante la teoría fundamentada (Straus & Corbin, 2002).

De igual manera, se exponen los criterios para la selección de los sujetos de estudio y las estrategias metodológicas con las que se documentan sus puntos de vista. Este estudio por su carácter cualitativo-interpretativo, se organiza en dos momentos: uno descriptivo y otro interpretativo.

#### **3.1 Hipótesis**

En esta investigación se plantea como hipótesis que, el diseño y desarrollo de los trabajos prácticos de tipo investigativo en la enseñanza y aprendizaje del contenido de velocidad reacción química ayudan al desarrollo del pensamiento formal; a articular y diferenciar los tres niveles de representación; a superar algunas dificultades de aprendizaje y a comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas.

## **3.2 Objetivos**

### **3.2.1 Objetivo General.**

- Analizar y describir la incidencia que tiene el diseño de trabajos prácticos de laboratorio en la construcción del concepto de velocidad de reacción.

### **3.2.2 Objetivos específicos**

- Verificar cómo mediante el diseño de trabajos prácticos de laboratorio se favorece en los estudiantes los procesos de planificación, recolección de la información, análisis, interpretación y comunicación científica.

- Indagar cómo los alumnos, en los intentos de volver a pensar y reelaborar sus ideas y puntos de vista, construyen los conceptos ,elaboran explicaciones y predicciones.

## **3.3 Metodología de la investigación**

La investigación llevada a cabo articula tres elementos de la investigación cualitativa: la investigación acción, el estudio de casos y la teoría fundamentada.

### **3.3.1 La investigación-Acción**

La metodología de investigación acción que se utilizará en esta investigación está ubicada en la práctica educativa. Desde este plano, la finalidad primordial de la investigación acción no es la acumulación de conocimientos sobre la enseñanza, sino, principalmente aportar información que oriente la toma de decisiones y los procesos de cambio para el mejoramiento de la misma (Eliot, 1993).

En la investigación acción se pretende propiciar un cambio social, transformar la realidad y que las personas tomen conciencia de su papel en el proceso de transformación. Así mismo, el conocimiento se construye por medio de la práctica y no está fuera de los propios actores, estableciéndose además una reflexión sobre las condiciones de acceder a un nuevo conocimiento y mejorar así la práctica educativa.

El presente trabajo, puede ser concebido como una investigación-acción ya que hace una reflexión en el quehacer docente y por lo tanto es su objeto prioritario de investigación; dada la problemática en la enseñanza de las ciencias, respecto a las prácticas de laboratorio impartidas por el maestro que llevan a la memorización, la actitud pasiva del estudiante y la falta de creatividad. Por ello, el docente debe ser inquieto y hábil en la búsqueda de nuevas formas de abordar las problemáticas de las prácticas de laboratorio, debe desarrollar propuestas didácticas, sobre nuevos métodos que despierten el interés en los estudiantes y pueda generarse así un aprendizaje significativo.

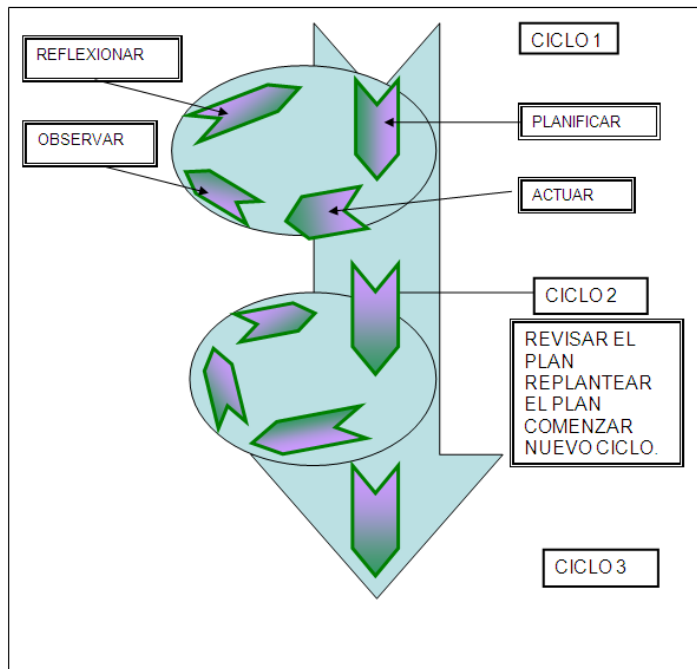
Igualmente, se asume el rol de profesor investigador de la práctica docente, con el objeto de mejorar el proceso de enseñanza y ayudar en el aprendizaje de los alumnos, buscando que el estudiante “Aprenda a hacer”, construyendo los conceptos a través de sus diseños, de sus inquietudes y de sus experiencias. Entonces, el diseño de las prácticas de laboratorio juega un papel importante en el desarrollo de habilidades que permiten la construcción del conocimiento.

Por otro lado, los estudiantes que llevaron el proceso adoptaron una postura activa, para así reflexionar sobre su aprendizaje (metacognición) dinámico, basado en la exploración de los problemas planteados, en su experimentación y, en la construcción y afianzamiento de conceptos.

**3.3.1.1 El concepto de ciclo.** Un aspecto importante en la investigación–acción es el concepto de ciclo. McKernan (citado en Vargas, 2013), menciona que la investigación–acción se desarrolla por ciclos que tienen como característica la similitud entre ellos. Así mismo, se parte de un problema que ha sido revelado en la práctica previa, se confronta con una hipótesis como herramienta, la cual se presume ayudará a mejorar la situación problema, se detallan y analizan los efectos de la ejecución del plan de acción (además de las dificultades encontradas, etc.) y se redefine el problema inicial, con el objeto de articular teoría y práctica. En la figura 1, se muestra un modelo del proceso de investigación–acción basado en el concepto de ciclo. El modelo de McKernan, indica que en el ciclo se identifica una situación problema que requiere mejora. En esta etapa, se identifican las limitaciones internas (situadas en el aula de clase) y externas (en la comunidad) que impiden el progreso y se colocan en orden de prioridad. La revisión de la situación, debería promover hipótesis o conjeturas que funcionarán como ideas estratégicas, consideradas de gran importancia para estudiarse en la práctica. Las hipótesis propuestas, como su nombre lo indica, no pretenden funcionar como “soluciones correctas”.

El segundo ciclo de acción (y los ciclos posteriores), agrupa la experiencia y pasos del primer ciclo de acción, para producir lo que McKernan precisa como: “una situación revisada de la situación”, la cual comienza justo en el marco temporal representado por el Ciclo 2 del modelo. Lo más importante en este segundo ciclo de acción, es que permite la redefinición misma del problema de investigación original, como consecuencia de la acción tomada en el periodo temporal (Ciclo1). Algunos aspectos importantes que son derivados de esta estructura de ciclos, es, por una parte, que permiten mejorar el currículum por medio de la solución de problemas concretos de la práctica educativa, utilizando a los profesores como trabajadores de la investigación. De otra parte, se establece una relación entre acción y teoría, como entidades

indisolubles. De este modo, cada ciclo avanza sobre el anterior y el conjunto puede verse como una espiral. esto se muestra en la figura 2.



*Figura 2. Modelo de investigación acción de McKernan: un modelo del proceso temporal*

Fuente: McKernan, 1999 , citado en Vargas, 2013

### 3.3.2 El estudio de caso

El estudio de caso, es una investigación empírica que se orienta normalmente sobre un grupo de personas, un individuo representativo de un grupo, una organización u organizaciones o sobre un fenómeno actual, dentro de un contexto natural y en profundidad, usando múltiples fuentes de evidencia. El resultado de este tipo de estudios, es la descripción holística del grupo que incorpora tanto las visiones de los miembros del grupo y las percepciones del investigador, así como las interpretaciones del funcionamiento del grupo.

Por su parte (Stake,2007) plantea que los casos pueden ser intrínsecos, instrumentales o colectivos:

a. Los casos intrínsecos, son aquellos en los que el caso está dado por el objeto, la problemática o el ámbito de indagación, como cuando un docente decide estudiar los problemas de relación que uno de sus estudiantes tiene con sus compañeros o cuando se ha de evaluar un programa. Aquí el interés se centra exclusivamente en el caso a la mano, en lo que podamos aprender de su análisis; sin relación con otros casos o con otros problemas generales.

b. Los instrumentales, se distinguen porque se definen en razón del interés por conocer y comprender un problema más amplio a través del conocimiento de un caso particular. El caso es la vía para la comprensión de algo que está más allá de él mismo, para iluminar un problema o unas condiciones que afectan no sólo al caso seleccionado sino también a otros.

c. Los colectivos, al igual que los anteriores poseen un cierto grado de instrumentalidad, con la diferencia de que en lugar de seleccionar un solo caso, estudiamos y elegimos una colectividad de entre los posibles. Cada uno es el instrumento para aprender del problema, que en conjunto representan.

Los casos en educación, los constituyen individuos y programas. El caso puede ser un grupo de alumnos, un aula, una persona, una institución o un programa. También, el caso puede ser algo complejo o algo específico, Stake(1995), define el caso como un sistema integrado o, repitiendo las palabras de Louis Smith (1979): “*Un sistema Acotado*”.

**3.3.2.1 La entrevista en profundidad.** La entrevista en profundidad, es uno de los instrumentos de mayor relevancia en la recogida de datos en los estudios de caso. Existen dos tipos de entrevista: estructurada y semiestructurada. La estructurada tiene en cuenta las categorías establecidas a priori y con un conjunto de preguntas abiertas fijado de antemano, mientras que la entrevista semi-estructurada si bien parte de un guión o bosquejo previo, es flexible en su desarrollo y presenta las características de una conversación informal (Tezanos, 1998). La entrevista no estructurada, concebida como conversación, es un dato primordial para el científico social que enriquece, renueva y ensancha las concepciones de conocimiento e investigación en las ciencias Sociales (Kvale, 1996).

Los informes de los trabajos prácticos, la evaluación y la entrevista fueron valorados y codificados por la investigadora, revisando minuciosamente los datos que estos aportaban. Esta valoración se hizo desde una perspectiva formativa y no cuantitativa, es decir a los estudiantes se les informó que sus resultados no representaban una calificación punitiva, sino que sería para construir unas formas de pensamiento que hicieran aportes a la enseñanza de las ciencias.

### **3.3.3 Teoría Fundamentada**

Corbin y Strauss utilizan el término “teoría Fundamentada” a una teoría que se deriva de los datos recopilados de manera sistemática y analizados por medio de un proceso de investigación. En la aplicación de este método se establece una estrecha relación entre: la recolección de datos, el análisis y la teoría que surgirá de los mismos.

La teoría fundamentada incluye tres aspectos fundamentales: La descripción, el ordenamiento conceptual y la teoría.

- La descripción: hace referencia al uso de palabras para expresar imágenes mentales de un acontecimiento, un aspecto del panorama, una escena, una experiencia, sensación o emoción; dicho relato es llevado a cabo por la persona que realiza la descripción.

- El ordenamiento conceptual: es la organización y en algunas ocasiones la clasificación de los datos, de acuerdo con un conjunto selectivo y especificado de propiedades. En este ordenamiento conceptual, los investigadores tratan de dar sentido a sus datos de acuerdo con un esquema de clasificación y una vez se realiza esto, los datos son organizados en categorías.

- La teoría: es un conjunto de conceptos que han sido bien desarrollados, vinculados por medio de oraciones de relación, las cuales al estar juntas establecen un marco conceptual integral que puede ser usado para explicar o predecir fenómenos.

Construir una teoría es un trabajo que implica no sólo intuir ideas (conceptos), sino también formularlos en un sistema lógico, sistemático y explicativo (Straus & Corbin, 2002). Teorizar es el acto de construir un esquema explicativo, a partir de los datos recolectados, estableciendo relaciones entre los conceptos por medio de oraciones

### **3.4 Fases de la presente investigación**

#### **3.4.1 Descripción del contexto de la investigación y planificación**

El Colegio Alemán, en donde se llevó a cabo este proceso de investigación, está ubicada en la ciudad de Cali, es de carácter privado y cuenta con los programas de Bachillerato internacional, los cuales ofrecen un diseño curricular que representa un desafío mayor que los modelos tradicionales, que puede dar lugar a una participación intelectual y emocional mucho más profunda en el aprendizaje. Dichos programas del Bachillerato Internacional permiten a los

estudiantes comunicar sus ideas, resolver problemas, establecer relaciones entre los conceptos, ideas y situaciones que se les presenten en la cotidianidad. Además, proporciona una enseñanza basada menos en la cantidad de datos memorísticos y que, al contrario, estimula el pensamiento crítico y una comprensión más profunda.

En estos programas, se utilizan los datos y habilidades como herramientas para alcanzar una mayor apropiación de los contenidos disciplinares, de los contenidos trans-disciplinares y de las cuestiones interdisciplinarias, fomentando así una base sólida en el conocimiento.

En el caso de una disciplina específica, como la química, en el bachillerato internacional se combina el conocimiento del discurso de la disciplina con la adquisición de habilidades prácticas y de investigación. Mediante el estudio del discurso de la disciplina, los estudiantes deberán tomar conciencia de la forma como trabajan los científicos y como son sus estrategias de comunicación. Los alumnos tienen la oportunidad de diseñar sus investigaciones, recolectar datos, adquirir técnicas de manipulación de equipos y reactivos, controlar variables, analizar resultados, colaborar en algunos casos con sus pares, evaluar y comunicar sus experiencias.

### **3.4.2 Acción**

El primer ciclo de este trabajo, ocurrió en el desarrollo del programa de química de grado undécimo con 8 estudiantes, cuyas edades oscilan entre los 16 y 17 años de edad en un estrato económico de nivel 4, 5 y 6. Aquí, se abordaron con los estudiantes diversos trabajos prácticos, llevados a cabo por parte del profesor investigador con el fin de que los alumnos desarrollaran habilidades y destrezas en la toma de mediciones, recolección de datos, técnicas de laboratorio y control de variables. De igual manera, se enfatizó en la elaboración de tablas y gráficos con los educandos y en el análisis e interpretación de los mismos.

También, se preparó a los estudiantes para que ellos fueran capaces de predecir fenómenos, antes de ser observados y que una vez llevados a la experimentación, fuesen capaces de hacer un análisis detallado de los mismos. Así mismo, se promovió la creación de conflictos conceptuales cuando las experiencias previstas no respondían a las expectativas de los alumnos. Se discutió con ellos sobre actividades de clase con nuevas ideas, en contextos experimentales diferentes. Además, cabe mencionar que durante todo el proceso se destacó el uso de un lenguaje científico en los informes previos (lenguaje objetivo, formulación de hipótesis, explicación de variables, etc.), que los alumnos presentaban como parte de todo el desarrollo del proceso.

El docente es un orientador y el alumno es quien construye su conocimiento diseñando el experimento a partir del planteo por parte del docente de una situación problema orientada a los factores que afectan la velocidad de reacción en una reacción química. En el anexo 1, se presentan los criterios que deberían ser tenidos en cuenta por los estudiantes para el diseño, obtención y procesamiento de datos, conclusión y evaluación de los trabajos prácticos alusivos al problema planteado.

Una vez el docente dio a conocer el trabajo a realizar, cada estudiante debió llevar a cabo las siguientes fases en su proceso:

**3.4.2.1 Identificar el problema a resolver.** Conceptualizarlo y reformularlo, para decidir cuáles eran las variables que deberían ser investigadas. En esta fase, inicialmente el docente planteo el problema abierto que comprendía variables independientes en las que el alumno elegía la que resultase adecuada para su trabajo práctico.

Durante este periodo, los alumnos consultaron reacciones que podían llevar a cabo, reconocieron las variables dependientes (medidas), independientes (manipuladas) y controladas (constantes). Para ello fueron necesarias 2 horas de clase.

**3.4.2.2 Diseñar.** Decidir qué método debía emplear, cuáles son las variables dependientes, independientes o controladas. Es decir, los estudiantes redactaron un plan de trabajo que debía ser conocido por el docente antes de llevarse a cabo la experimentación, para ser analizado y discutido.

En el diseño del método, el alumno debía describir paso a paso lo que se llevaba a cabo indicando los materiales, equipos, reactivos, procesos, tiempos, la precisión con la que debían realizarse las medidas. El trabajo práctico planificado por el estudiante debía prever la obtención de datos que fuesen suficientes para dar solución a su pregunta de investigación y para poder valorar la fiabilidad de los datos.

El tiempo llevado a cabo en este proceso fue de 4 horas de clase.

**3.4.2.3 Experimentación, obtención y procesamiento de datos.** Aquí el alumno lleva a cabo su método planeado, realiza la experiencia, recoge datos brutos, lleva a cabo el procesamiento de los datos, elabora tablas, cálculos y gráficos. Además, juega un papel importante el desempeño del estudiante frente a las diversas situaciones que se le presentan en la práctica, las variaciones que se iban dando teniendo en cuenta los resultados, el análisis del experimento, la aplicabilidad de los materiales y equipos de laboratorio. La relación existente entre la hipótesis y los contenidos conceptuales de la práctica.

En este proceso los alumnos trabajaron cerca de 8 horas de clase. Es importante mencionar que como se debía hacer repetitividad en los procesos, los alumnos asistieron en una jornada adicional un día sábado para la toma de datos. (4 horas)

**3.4.2.4 Análisis de resultados y conclusiones.** Valorar los resultados obtenidos, revisando los posibles inconvenientes presentados, analizando los resultados obtenidos con la fundamentación teórica. El análisis podía incluir la comparación entre diferentes gráficas o la descripción de las tendencias que mostraban las gráficas. De igual manera, el alumno debía sugerir modificaciones reales o mejoras, para reducir los errores que se presentaron en el método sugerido para la solución de su pregunta.

El tiempo para el desarrollo de este trabajo fueron 3 horas de clase.

**3.4.2.5 Comunicación.** Implica la entrega del informe escrito, teniendo en cuenta los criterios establecidos desde que se planteó el problema sobre los factores que afectan la velocidad de reacción.

### **3.4.3 Observación (recolección de datos)**

Dado el volumen tan grande de información generada en el proyecto (en especial los ocho informes de investigación presentados y las pruebas de conocimiento), y la necesidad de triangular esta información con una entrevista en profundidad, se decidió seleccionar tres estudiantes, a modo de “casos” significativos, para el análisis de la información recogida para estos estudiantes usando la metodología de Strauss y Corbin (teoría fundamentada). Cabe mencionar que se escogieron estos tres estudiantes teniendo en cuenta el rendimiento académico que presentaban, alumno de alto rendimiento, alumno de rendimiento intermedio y alumno con un rendimiento más bajo. Con estos tres estudiantes se llevó a cabo: el estudio de sus diseños del trabajo práctico, una evaluación escrita para conocer y reconocer como se ha construido el

concepto de velocidad de reacción y una entrevista en profundidad, para verificar y comprobar actitudes (temores, resistencias, motivaciones) y conocimientos adquiridos.

Cabe mencionar que en esta investigación no se lleva a cabo un análisis de las pre-concepciones que presentan los estudiantes, dado que el concepto de velocidad de reacción es un concepto nuevo para los alumnos y lo que se plantea es que el estudiante construya el concepto a partir de los procesos cognitivos implicados en su trabajo práctico llevado a cabo mediante de la resolución de un problema sobre el fenómeno en cuestión. Así pues, un aprendizaje realmente significativo precisa de actividades problemáticas mediante las cuales los estudiantes puedan cuestionar constantemente sus propias ideas y poner a prueba, en diferentes contextos, los nuevos conocimientos que se vayan introduciendo.

#### **3.4.4 Reflexión: “construcción teoría fundamentada con base a datos obtenidos”.**

En este ciclo del trabajo, se llevó a cabo la selección y análisis de los datos, tomando como referencia la teoría fundamentada (Straus & Corbin, 2002). En esta forma de análisis, la teoría resultante se deriva de los datos que fueron recopilados de una manera metódica y mediante un proceso de análisis sistemático, ésta es justificada y validada por los mismos datos. Para comprender mejor la forma como se trabaja a partir de la teoría fundamentada, es necesario mencionar algunos puntos clave en relación, principalmente encontramos el ordenamiento conceptual y la teorización.

El ordenamiento conceptual, hace referencia al ordenamiento de los datos en conceptos o etiquetas que, al agruparlos y analizarlos, dan como resultado la construcción de las categorías, las cuales se diferencian entre ellas de acuerdo a sus propiedades y dimensiones. Por otro lado, la teorización es el proceso de construir la teoría o generalizaciones naturalistas que permitirán

sacar inferencias y explicaciones sobre el fenómeno de estudio. En este sentido, durante esta etapa se determina la categoría central, la cual es la categoría que responde directamente al problema de investigación, se construyen relaciones conceptuales entre las categorías y la categoría central, y finalmente, se construye la teoría o generalizaciones naturalistas.

## **Capítulo IV**

### **Resultados y Análisis**

#### **4.1 Resultados y análisis de los datos**

Las fuentes de datos tomadas fueron: los informes de los trabajos prácticos diseñados, las evaluaciones aplicadas y las entrevistas en profundidad, de los tres estudiantes seleccionados para el estudio de caso. Por tanto, ya que a partir de estas tres fuentes de información se puede emplear una triangulación por fuente, la cual consiste en verificar la información y compararla (Okuda & Gómez-Restrepo, 2005), se logra darle validez y calidad a la investigación. Esta triangulación, permitió la búsqueda de patrones convergentes al problema, para poder desarrollar una interpretación global del fenómeno en cuestión.

Así pues, para las entrevistas se transcribió la información que estas contenían. Seguidamente, para realizar el proceso de descripción se procedió a construir un relato narrativo el cual contuviera dicha información de forma ordenada. Por otro lado, los documentos de los trabajos prácticos de los estudiantes se organizaron en un solo documento que permitiera ver la continuidad de los tres casos y facilitara de esta forma su posterior análisis. Finalmente, para las evaluaciones se realizó el mismo procedimiento del caso anterior.

Con base en estos datos, se procedió a darles sentido e interpretarlos mediante la teoría fundamentada, en donde se comenzó a realizar el ordenamiento conceptual de la información y posteriormente la teorización.

## **4.2 El ordenamiento conceptual**

El ordenamiento conceptual consistió en la sistematización y análisis de la información recolectada, mediante la codificación de los eventos más representativos, narrados por los estudiantes en los informes de los trabajos prácticos, en las entrevistas que fueron transcritas y en las evaluaciones aplicadas. Posterior a esto, se creó un sistema de categorías para llevar a cabo la categorización de los códigos o etiquetas resultantes del punto anterior, por último constatar y obtener la categoría axial.

### **4.2.1 Codificación abierta**

Teniendo en cuenta (Strauss & Corbin, 2002), para la codificación, los datos se descompusieron en ideas, acontecimientos o actos discretos que fueron consideradas unidades de análisis. Dichas unidades de análisis, podían ser un párrafo, una idea, una frase que representaba un evento muy importante. Con base en éstas, se comenzaron extraer los conceptos que representaran dichas ideas, acontecimientos, situaciones, etc. En este sentido los acontecimientos que eran comunes entre sí se nombraban bajo el mismo código o concepto, aunque pertenecieran a unidades de análisis diferentes.

Cabe mencionar, que un concepto o código, es un fenómeno, situación o evento al que se le ha puesto una etiqueta, o sea resulta ser una representación abstracta de dicho fenómeno, en donde el investigador de acuerdo al interés o problema en resolver identifica cuales son los datos significativos (Strauss & Corbin, 2002). Estos acontecimientos fueron considerados factores importantes para analizarlos en el marco conceptual de referencia en la presente investigación.

Para la agrupación de los diversos factores en un mismo concepto, se reconocieron las características que los hacían similares en cuanto a los eventos que representaban. El concepto entonces, resulta ser una palabra que resume todo el significado del evento que representa.

### ***Categorización.***

Debido al proceso de codificación, se encontró una gran cantidad de conceptos, los cuales fueron seleccionados, teniendo en cuenta el propósito de la investigación. Una vez llevado a cabo esta fase, se procedió a crear las categorías, teniendo en cuenta la teoría fundamentada (Strauss & Corbin, 2002). Por tanto, la categorización es un ordenamiento de los conceptos bajo un nivel de abstracción mayor.

En este caso particular, se construyeron dos categorías: la primera correspondiente al diseño, desarrollo y reflexión de la práctica y la segunda correspondiente a la comprensión conceptual de la velocidad de reacción. Cabe mencionar, que cada categoría es diferente una de otra en cuanto a sus propiedades y dimensiones, pues abarcan conceptos diferentes, esto no significa que no exista un puente de comunicación entre ellas, sin que cada una pierda su identidad.

A continuación, se ilustran las categorías extraídas de las fuentes documentales, para posteriormente llevar a cabo el proceso de construcción, explicación y teorización de la categoría central y las generalizaciones naturalistas.

*(Ver Tabla 1)*

Tabla 1. Categoría diseño, desarrollo y reflexión de la práctica con sus subcategorías

| <b>Categoría 1</b>                                   | <b>Subcategorías</b>                  | <b>Caso 1</b> | <b>Caso 2</b> | <b>Caso 3</b> | <b>Frecuencia ocurrencia</b> |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|
| <b>Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica</b> | Construcción de la pregunta           | 5             | 8             | 10            | 23                           |
|                                                      | Selección y manejo de variables       | 31            | 25            | 34            | 90                           |
|                                                      | Procedimiento                         | 20            | 9             | 9             | 38                           |
|                                                      | Técnicas. Manipulación y organización | 63            | 27            | 32            | 122                          |
|                                                      | Reflexión y conclusiones              | 24            | 8             | 10            | 42                           |
| <b>TOTAL</b>                                         |                                       | <b>143</b>    | <b>77</b>     | <b>95</b>     | <b>315</b>                   |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. Categoría comprensión conceptual de velocidad reacción con sus respectivas subcategorías.

| <b>Categoría 1</b>                                            | <b>Subcategorías</b>                                           | <b>Caso 1</b> | <b>Caso 2</b> | <b>Caso 3</b> | <b>Frecuencia Ocurrencia</b> |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|
| <b>Categoría comprensión conceptual de velocidad reacción</b> | Manejo de esquemas de pensamiento.                             | 94            | 72            | 72            | 238                          |
|                                                               | Niveles de representación.                                     | 41            | 25            | 28            | 94                           |
|                                                               | Manejo conceptual y superación de dificultades de aprendizaje. | 64            | 44            | 41            | 149                          |
| <b>TOTAL</b>                                                  |                                                                | <b>199</b>    | <b>141</b>    | <b>141</b>    | <b>481</b>                   |

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.2 Codificación Axial

La codificación axial, corresponde al proceso mediante el cual se establece una relación entre las categorías y sus subcategorías. Se denomina “Axial” porque la codificación ocurre alrededor del eje de una categoría, y enlaza las categorías en cuanto a sus propiedades y dimensiones (Strauss & Corbin, 2002). Así pues, en la codificación los fenómenos fueron analizados a través de conceptos y después categorías, que permitieron reagrupar los datos de acuerdo al objeto de estudio. La categoría axial corresponde a aquella que en los datos represente la frecuencia más repetitiva y que este en relación directa con el tema principal de la investigación. Así mismo, es aquella categoría a la cual se le pueden adscribir o incluir otras categorías, convirtiendo a la primera en la central y a las otras en subcategorías. De esta forma, se establecen las categorías principales del objeto de estudio y las subcategorías que las conforman.

Dentro de este contexto, se lograron establecer dos categorías que agrupaban los conceptos más relevantes. La primera corresponde al: Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica y la segunda, a la Comprensión conceptual de velocidad de reacción.

**4.2.2.1 Categoría: *Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica.*** Esta categoría, nos permite evidenciar cómo durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, el alumno tiene la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de un problema, en este caso específico sobre la velocidad de reacción. A continuación, se establece la relación de esta categoría con cada una de las subcategorías que la conforman.

La subcategoría ***construcción de la pregunta***, representa y contabiliza los momentos en los que el estudiante durante el proceso de aprendizaje delimita el problema, plantea una

hipótesis (predicción) a la luz de una variable independiente y otra dependiente que el mismo ha seleccionado. En este sentido, los estudiantes plantean una pregunta de investigación referente al concepto de velocidad de reacción, en donde de acuerdo a sus propios intereses establecen y delimitan las variables a estudiar y sus relaciones dentro del fenómeno. Por consiguiente, los códigos extrajeron los momentos en donde los estudiantes exponían la pregunta problema y explicaban el proceso de construcción de la misma.

En el proceso de diseño, se facilitó al estudiante el planteamiento del problema a resolver. En esta etapa de **construcción de la pregunta**, el estudiante llevó a cabo la delimitación del problema, hizo una revisión bibliográfica de los fundamentos teóricos e hizo un enunciado preciso de la misma. En el diseño, el alumno fue capaz de abordar las investigaciones de una manera independiente, mostrando iniciativa y fue capaz de reconocer la naturaleza del problema que se ha propuesto.

La segunda subcategoría hace referencia a la **selección y manejo de variables**, de ahí que la hipótesis planteada en la construcción de la pregunta o problema debe proponer la relación entre dos o más variables o, por lo menos, un elemento de explicación racional para la observación esperada, cuya base se va a investigar experimentalmente. Así mismo, se deben mencionar otras variables capaces de afectar el resultado, aun en el caso de que no se les vaya a investigar específicamente. Por tanto, los conceptos extraídos comprenden los momentos en que los estudiantes identifican las variables dependientes, independientes y aquellas que se podían controlar.

El control de variables, es una habilidad de gran importancia, dado que permite la interpretación de las relaciones de causa y efecto. Este hecho, le permite al educando prepararse para la vida y resolver problemas que se le presenten su cotidianidad.

La tercera subcategoría, hace referencia al **procedimiento**, es decir al diseño de un método realista y apropiado para el control y medida de las variables clave. En esta etapa, el alumno describió un método que indica las disposiciones experimentales y las técnicas de medición que empleó. De igual manera, planificó los instrumentos de medida a utilizar y las condiciones del experimento. En el procedimiento, el alumno verifica si el método planteado es factible, de no ser así, debe replantear otro método que le permita la recolección de datos. Por lo tanto, el concepto de ésta categoría corresponde a los momentos en los que el estudiante describe su método, planifica los materiales e instrumentos, y lo verifica.

La cuarta subcategoría hace referencia a las **técnicas, manipulación y organización**, correspondiente al proceso en el trabajo práctico, es decir a la habilidad que el estudiante va desarrollando en la obtención y registro exacto de los datos. Dicha obtención y registro, comprende los datos brutos cualitativos y cuantitativos. Los datos cualitativos, tales como observaciones escritas o dibujos, se definen como aquellas observaciones que impresionan los sentidos (color, cambios de estado, etc.) o se estiman (más caliente, más frío, etc.), mientras que los datos cuantitativos comprenden las mediciones reales.

De igual manera, la manipulación debe llevar al alumno a estar atento en la exactitud y precisión durante la aplicación del método propuesto en el desarrollo de la práctica. Una vez se haya realizado el método, teniendo en cuenta las técnicas y manipulación determinada en el problema a analizar, se debe pasar al análisis de los datos brutos. Es decir los estudiantes demuestran que son capaces de transformar los datos brutos y presentarlos mediante de forma adecuada para ser evaluados. En otras palabras, el estudiante hace una organización de la información obtenida incluyendo diversas posibilidades (tratamiento estadístico de los datos,

cálculos, conversión de datos tabulados en gráficas, etc.). Por tanto, los conceptos serán los momentos en donde se manifiesta lo anterior.

Finalmente, la quinta subcategoría, corresponde a la **reflexión y análisis**, relacionada con el análisis que el alumno hace referente a los resultados obtenidos, a la evaluación del método empleado, a la auto-revisión que puede hacer sobre el método diseñado, los equipos y materiales, las condiciones, las variables planteadas, la distribución del tiempo, los errores en la manipulación, entre otras. Toda esta evaluación del diseño, desarrollo y reflexión de la práctica, le permite al alumno emitir conclusiones basadas en las interpretaciones de sus resultados, comparando los mismos con la fundamentación teórica. Por tanto, los códigos de esta subcategoría corresponden a dichas conclusiones y reflexiones que el estudiante manifiesta.

Por todo lo anterior, la combinación de estas subcategorías nos permite concebir la categoría ***Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica***, como aquella que le posibilita al estudiante a lo largo del proceso plantear una pregunta de investigación, seleccionar las variables pertinentes a su problema, plantear un método que le permita recolectar los datos, adquirir técnicas de manipulación, hacer un análisis, analizar los resultados obtenidos y, evaluar y comunicar sus resultados. En esta categoría, se evidencia el desarrollo de habilidades necesarias para trabajar independientemente en su propio diseño, y para reflejar como se llevan a cabo las investigaciones científicas en la comunidad.

**4.2.2.2 Categoría.** Comprensión conceptual de la velocidad de reacción. Esta categoría reúne y relaciona las características, dimensiones y propiedades de las subcategorías que la conforman, para así poder explicar de forma más general nuestro fenómeno de estudio.

En este sentido, se centra principalmente en establecer como a través del desarrollo de los esquemas de pensamiento, la comprensión y diferenciación de los tres niveles de representación de la química y, el manejo conceptual y la superación de dificultades de aprendizaje; elementos que al ser contruidos y relacionarse dentro de un proceso de enseñanza y aprendizaje mediado por el profesor, se logra una comprensión conceptual adecuada de la velocidad de reacción.

En primer lugar, la subcategoría *manejo de esquemas de pensamiento*, se centra en representar y contabilizar como durante el proceso de aprendizaje, el estudiante mediante el uso y desarrollo de los esquemas de pensamiento logra extraer y seleccionar información del objeto de análisis, relacionar dicha información con la que ya posee en su memoria y en consecuencia construir una interpretación. En este sentido, los esquemas de pensamiento son los que le permiten a los sujetos manipular, operacionalizar, seleccionar y analizar la información para así construir una interpretación, o en otras palabras son las herramientas cognitivas que usa la mente del sujeto para comprender un objeto de estudio.

Así mismo, esta subcategoría comprende como conceptos los ocho esquemas de pensamiento propuestos por Piaget (Pozo & Crespo, 2009). Por tanto, cuando en un evento, situación, fenómeno, etc., se observaba el uso y desarrollo de un esquema de pensamiento en específico, este se representaba como un código y por consiguiente se aumentaba la frecuencia de la categoría. Vale la pena aclarar que en algunos casos, de un mismo evento, situación o fenómeno se podía extraer varios conceptos.

En segundo lugar, la subcategoría *niveles de representación*, se centra en ilustrar y contabilizar como durante el proceso de aprendizaje el estudiante mediante la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, logra comprender como los fenómenos, conceptos y leyes químicas se aplican o se significan desde el nivel submicroscópico, simbólico y macroscópico. En este sentido, el estudiante al analizar la velocidad de reacción, comprende cómo este conocimiento químico se comporta y percibe en el plano macroscópico (mundo real percibirle), como se comprende y significa en el plano submicroscópico (mundo no perceptible, átomos y moléculas) y como se representa simbólicamente a través de las ecuaciones químicas, lo cual le permite operacionalizar el fenómeno. Por tanto, esta subcategoría comprende como conceptos el nivel submicroscópico, el nivel macroscópico y el nivel simbólico de la química (Johnstone, 1982).

En tercer lugar, la subcategoría *manejo conceptual y superación de dificultades de aprendizaje*, se centra en representar y contabilizar cómo durante el proceso de aprendizaje, el estudiante manifiesta una superación de dificultades de aprendizaje y la comprensión adecuada del concepto de velocidad de reacción y de los conceptos asociados al mismo. En este sentido, cuando el estudiante realiza análisis, reflexiones e interpretaciones de los fenómenos y conceptos asociados a la velocidad de reacción, éstos están en coherencia con los propuestos por la ciencia. En donde, logra integrar y relacionar de manera adecuada los conceptos de la química. Por tanto, esta subcategoría representa y contabiliza los momentos en los cuales los estudiantes a través de los procesos de enseñanza y aprendizaje, han logrado construir interpretaciones sobre la velocidad de reacción, coherentes a las propuestas por la comunidad científica.

En este sentido, esta subcategoría comprende como conceptos las explicaciones conceptuales que realiza el estudiante, en relación a conceptos, fenómenos o leyes de la química

como: la misma velocidad de reacción, la teoría de colisiones, la estequiometría, las leyes de los gases, la conservación de la materia, etc. Por tanto, cada vez que el estudiante realizaba una explicación referente a algún concepto que estuviera en relación o fuera necesario para luego comprender la velocidad de reacción, ésta se contabilizaba como un concepto para la subcategoría. Vale aclarar que en una misma explicación, se podían extraer varios conceptos.

Finalmente, la integración y relación de estas tres subcategorías nos permite construir la categoría Comprensión conceptual de velocidad de reacción, la cual se centra en representar y contabilizar como estos tres elementos durante el proceso de aprendizaje permiten lograr que el estudiante alcance una comprensión conceptual del concepto de velocidad de reacción. En este sentido, durante dicho proceso, los esquemas de pensamiento son las herramientas cognitivas que le permiten al sujeto operacionalizar la información, la diferenciación e integración de los tres niveles de representación le facilita determinar el campo y nivel representacional en donde se realizará su análisis e interpretación, y el manejo conceptual le otorga los conocimientos teóricos previos necesarios para relacionarlos con la información nueva que extrae, para así construir una interpretación y comprensión del objeto de estudio. Por tanto, la articulación de estos tres vértices son los que generan la comprensión conceptual de la velocidad de reacción. Así la frecuencia de la categoría será la suma de las frecuencias de sus partes.

#### **4.3 Teorización: Codificación selectiva**

En esta parte de la investigación, es necesario refinar la teoría, por medio de la construcción de las generalizaciones naturalistas, las cuales surgen del análisis llevado a cabo con los datos obtenidos. De ahí que, se hace necesario realizar el proceso de codificación selectiva. De acuerdo con la teoría fundamentada (Strauss & Corbin, 2002), este proceso consta

de tres etapas internas: la integración, la determinación de la categoría central y el refinamiento de la teoría o construcción de las generalizaciones naturalistas con sus respectivas explicaciones.

**a. Integración:** se procede a determinar, encontrar o descubrir a través de la interpretación y del análisis, cómo los conceptos están relacionados (Categorías y subcategorías) y se procede a encontrar puentes de comunicación que existen entre los datos cuantitativos y cualitativos.

**b. Determinación de la categoría Central:** La categoría central, también conocida como medular, representa el tema central de la investigación. Esta debe poder integrar o recoger las otras categorías, sin dejar de desconocer la independencia de las mismas. La categoría central presenta un poder analítico, debido a que le otorga la capacidad de reunir las categorías para formar un todo explicativo, permitiendo de esta forma crear a partir de dichas relaciones las generalizaciones naturalistas.

**c. Refinamiento de la teoría:** Esta etapa consiste en la construcción de las generalizaciones naturalistas. Estas son frases integradoras que dan la posibilidad de explicar una parte o todo el fenómeno de estudio. De igual manera, estas generalizaciones aparecen al establecer relaciones entre la categoría central con otra categoría, construyendo así un enunciado, el cual permite recoger lo fundamental o esencial de ambas categorías y explicar parte del fenómeno que ellas abarcan.

A continuación se presenta la generalización naturalista producto de las relaciones establecidas entre las categorías codificadas.

Con base en el estudio que se llevó a cabo en el Colegio Alemán, se puede argumentar que los trabajos prácticos en el laboratorio escolar contribuyen entre otros aspectos al desarrollo del pensamiento formal; a articular y diferenciar los tres niveles de representación; a superar

algunas dificultades de aprendizaje, así como a manejar y a comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas.

Esta generalización emerge del análisis interpretativo global de la información recogida sobre el desempeño de los estudiantes, cuando se aplicaron los tres instrumentos y la integración de las dos categorías encontradas en los datos, la categoría “*Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica*” y “*Comprensión conceptual de la velocidad de reacción*”. Ambas categorías representan una parte distinta de nuestro fenómeno de estudio. La primera representa todo lo referente al aprendizaje de los procedimientos de construcción del conocimiento científico mediado por el trabajo práctico en el laboratorio escolar y la segunda lo referente al aprendizaje de la velocidad de las reacciones. Sin embargo, a pesar de que ambas representan fenómenos diferentes, su integración y por consecuencia la generalización naturalista, que es el producto de la misma, nos permite representar y analizar todo el proceso de enseñanza y aprendizaje que ocurre durante una clase en el laboratorio escolar, pues aquí no solo se desarrollan “experimentos”, sino que se construyen saberes escolares.

En este orden de ideas, la generalización propuesta más atrás, expone la importancia e incidencia del trabajo práctico para el desarrollo cognitivo, en cuanto a los esquemas de pensamiento formal; la articulación y diferenciación de los tres niveles de representación de la química, al momento de que el estudiante analiza, interpreta y reflexiona los conceptos, fenómenos y leyes de la química; y finalmente, expone como el trabajo práctico ayuda a la comprensión conceptual del concepto de velocidad de reacción. Es por tal motivo, que seguidamente cada uno de los tres puntos anteriores se desarrollaran secuencialmente, para luego construir una conclusión que englobe todo lo anterior.

La primera idea nos expone, cómo el desarrollo de los trabajos prácticos en el laboratorio escolar son un medio que le permiten a los estudiantes desarrollar sus esquemas de pensamiento formal, elemento cognitivo clave para el desarrollo del estudiante. Vale la pena recordar que, dado el alto grado de abstracción de muchos de los conceptos, leyes, fenómenos, etc. de la ciencia, y la necesidad de construir un pensamiento hipotético deductivo para el análisis y comprensión de lo anterior, el desarrollo de los esquemas de pensamiento en los estudiantes resulta ser una condición más que necesaria, pues son éstos los que les permitirán realizar lo anteriormente mencionado.

Lo anterior se debe a que los esquemas de pensamiento son las herramientas cognitivas que utiliza cualquier sujeto al momento de realizar cualquier tipo de interpretación, pues durante dicho proceso primero se extrae y selecciona la información más relevante del fenómeno de estudio; segundo, se retoma información, los conocimientos y las experiencias almacenadas en la memoria permanente, las cuales estén en relación con dicho fenómeno; y por último, en la memoria de trabajo el sujeto comienza a construir relaciones entre la información nueva y la vieja, consecutivamente crea relaciones conceptuales, y finalmente, mediante dichas relaciones se comienza a crear una idea, hipótesis o inferencia que dé, una posible explicación o interpretación a dicho fenómeno de estudio. Por tanto, es durante todo este complejo proceso que, los esquemas de pensamiento juegan el papel de herramientas cognitivas que permiten extraer, seleccionar, relacionar la información y construir ideas; en otras palabras, son los medios que utilizan los sujetos para manipular y manejar la información. Lo anterior, lo podemos evidenciar en las siguientes viñetas:

Tabla 3. Viñetas 1

| Viñetas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Codificación                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Determine la velocidad de formación de dióxido de carbono cuando el ácido nítrico reacciona a una velocidad de <math>2,00 \times 10^{-3} \text{ mol cm}^{-3} \text{ s}^{-1}</math>.</p> <p>Teniendo en cuenta la siguiente reacción:</p> $\text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{HNO}_{3(aq)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{Ca}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p>Podemos notar que por cada 2 moles de ácido nítrico que desaparezca aparece un mol de dióxido de carbono entonces la velocidad de desaparición del ácido nítrico es el doble de la aparición del <math>\text{CO}_2</math> consecuentemente la velocidad de aparición del dióxido de carbono es la mitad de la del ácido:</p> $V_{\text{aparición } \text{CO}_2} = \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{HNO}_3]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/cm}^3 \cdot \text{s}$ $V_{\text{aparición } \text{CO}_2} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mol/cm}^3 \cdot \text{s}$ <p>(EV.E1.1.D<sup>1</sup>)</p> | <p>Manejo conceptual</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Control de variables</p> <p>Proporcionalidad</p> <p>Coordinación de dos sistemas de referencia</p> |
| <p>Se espera que la velocidad de reacción sea mayor entre mayor sea la concentración inicial del ácido clorhídrico, ya que la probabilidad de choque entre partículas de los reactivos es mayor. (TP.E1.1<sup>2</sup>)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>Proporcionalidad</p> <p>Probabilidad</p> <p>Correlación</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Manejo conceptual</p>                                        |
| <p>La velocidad de una reacción es proporcional a la concentración de uno de los reactivos. La razón para esta relación puede residir en el hecho de que para que 2 elementos o compuestos reaccionen es necesario que choquen entre sí. Debido a esto, si hay mayor cantidad de choques en cierto tiempo, habrá de igual manera mayor formación de productos y por extensión mayor velocidad de reacción. Por lo que si se aumenta la concentración, la velocidad de reacción aumenta, pues la cantidad de moles crece –o el espacio de éstas se reduce– y un choque entre los reactivos se vuelve más probable, conllevando al cambio descrito (TP.E1.30).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>Proporcionalidad</p> <p>correlación</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Manejo conceptual</p> <p>Conclusión</p>                                          |

<sup>1</sup> La Codificación de cada una de las fuentes de documentales se estableció de la siguiente manera: la primera letra corresponde al tipo de fuente documental a utilizar (Entrevista, Trabajos prácticos y Evaluación). En este caso, como la fuente de datos es una evaluación se utiliza la sigla EV. La siguiente sigla hace referencia al estudiante uno, dos o tres, luego el número de la pregunta y seguidamente la subpregunta.

<sup>2</sup> En Este caso, TP corresponde a trabajo práctico, seguido por el número del estudiante (E1) y luego a la unidad de análisis de la que se extrajo, en este caso corresponde a la primera de las hipótesis.

De acuerdo a las anteriores viñetas, podemos observar cómo los estudiantes mediante los esquemas de la proporcionalidad, coordinación de dos sistemas de referencia, probabilidad y correlación, entre otros; logra, en cada uno de los tres casos, construir una idea que le permita explicar el fenómeno de estudio. En el primer caso, se observa que el estudiante primero determina la proporcionalidad de cada uno de los reactivos y productos de la reacción, para luego establecer relaciones entre dichos elementos y así generar la relación proporcional que desea encontrar (la velocidad de desaparición del ácido nítrico es el doble de la aparición del  $\text{CO}_2$ ). En el segundo caso, el estudiante construye una inferencia intuitiva del comportamiento del fenómeno, en la cual se logra observar como determina una posible relación proporcional y como ésta es determinada por la probabilidad de choques entre partículas, lo cual denota un pensamiento que maneja el esquema de la probabilidad.

Finalmente, el estudiante construye una interpretación, con muchos más argumentos a favor, en la cual primero establece una relación proporcional entre la concentración de los reactivos y la velocidad de reacción, para luego explicar o argumentar su interpretación. En consecuencia, en cada uno de los casos logramos evidenciar el papel que juegan los esquemas de pensamiento para la construcción de conocimientos, ideas e interpretaciones, ya sea antes, durante y/o después de entrar en contacto con un fenómeno.

Por lo anterior, el trabajo práctico en el laboratorio resulta ser una estrategia y un medio eficaz para alcanzar el desarrollo de estos esquemas de pensamiento, pues, durante todo el proceso de trabajo en el laboratorio, los estudiantes se ven enfrentados a un problema que deben resolver en el cual se encuentran unas variables dependientes e independientes que limitan y determinan los resultados y análisis del fenómeno de estudio. En este sentido, se crea un escenario concreto donde el estudiante de manera vivencial entra en contacto, tanto con las

variables del fenómeno, como con la información que se pueden extraer de ellas mismas. Así mismo, cuando el estudiante es capaz de seleccionar, extraer, relacionar variables e información y construir unas ideas o hipótesis sobre el fenómeno y problema a resolver, él se vale directamente de sus esquemas de pensamiento para realizar los procesos anteriores, los cuales también son cognitivos, o mejor dicho se llevan a cabo dentro de la cognición del sujeto. En este sentido, a pesar de que vivencialmente se presencia que el estudiante puede seleccionar y manipular variables, cognitivamente también está realizando este proceso, creando en consecuencia relaciones conceptuales, conocimientos e información que luego será almacenada para la creación de una hipótesis o explicación al respecto. Lo anterior lo podemos evidenciar en las siguientes viñetas:

**Tabla 4. Viñetas 2**

| Viñetas                                                                                                                                                                                      | Codificación                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Variable independiente: Temperatura del agua (1.0, 25.0 y 75.0 °C) en que se va a disolver la tableta de Alka – Seltzer, porque es el que va a modificar la velocidad de la reacción.</i> | Control de variables            |
| <i>Variable dependiente: La velocidad de la reacción, la cual va a ser medida a través del tiempo transcurrido al liberarse cada 10 mL de CO<sub>2</sub>, hasta completarse 100 mL.</i>      | Selección y manejo de variables |
| <i>Variables controladas:</i>                                                                                                                                                                |                                 |
| <i>Masa del Alka – seltzer porque siempre se van a emplear 1,7 g.</i>                                                                                                                        |                                 |
| <i>El volumen de agua, porque será de 50 mL.</i>                                                                                                                                             |                                 |
| <i>El área de superficie, porque siempre va a ser una tableta sólida.</i>                                                                                                                    |                                 |
| <i>Volumen de CO<sub>2</sub> producido en la reacción. (TP.E2.6)</i>                                                                                                                         |                                 |

... continua Tabla 4

| Viñetas                                                                                                                                                             | Codificación         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <i>Cálculo de velocidad: se va a calcular la velocidad puntual ocurrida en cada reacción dada a diferentes temperaturas.</i>                                        | Control de variables |
| Volumen                                                                                                                                                             | Niveles de           |
| $Velocidad = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$                                                                                                                  | representación       |
| Tiempo                                                                                                                                                              | Manejo               |
| 10,0ml                                                                                                                                                              | conceptual           |
| $Velocidad = \frac{10,0\text{ml}}{2,13\text{s}} = 4,69\text{ ml/s}$                                                                                                 | Selección y          |
| 2,13s                                                                                                                                                               | manejo de            |
| <i>Se necesita calcular la incertidumbre porcentual para saber la incertidumbre de la velocidad. La incertidumbre porcentual se calcula de la siguiente manera:</i> | variables            |
| $Inc\text{ertidumbre Porcentual} = \frac{Inc\text{ertidumbre}}{Valor\ medido} * 100\%$                                                                              | Técnicas,            |
| <i>Se va a calcular la incertidumbre porcentual en cada momento del volumen</i>                                                                                     | manipulación y       |
| $Inc\text{ertidumbre Porcentual del volumen} = \frac{0,5}{10,0} * 100\% = 5\%$                                                                                      | organización         |
| $Inc\text{ertidumbre Porcentual del tiempo} = \frac{0,17}{2,13} * 100\% = 7,98\%$                                                                                   |                      |
| $Velocidad = \frac{10,0}{2,13} = 4,7 \pm 13\%$                                                                                                                      |                      |
| $Velocidad = \frac{5}{7,78} = 0,6 \pm 13\%$                                                                                                                         |                      |
|                                                                                                                                                                     | (TP.E2.12)           |

Con base a las anteriores viñetas, se evidencia que el trabajo práctico, por lo menos en los casos estudiados en este estudio, se convierte en una herramienta eficiente para el desarrollo de los esquemas de pensamiento. Esto se debe, a que al enfrentarse los estudiantes a un problema que deben de resolver mediante la información que recolectan, las inferencias y conclusiones que construyen, se desarrolla un gran trabajo cognitivo dentro de la mente de los estudiantes, pues para construir sus ideas, seleccionar información, relacionarla y generar conclusiones y explicaciones, los estudiantes se valen de sus esquemas de pensamiento como las herramientas

que les permiten realizar dichos procesos cognitivos. En este sentido, los problemas que se resuelven mediante los trabajos prácticos, son uno de los contextos idóneos para el desarrollo del pensamiento.

Por otro lado, vale la pena resaltar que al realizarse gran parte del trabajo de forma concreta, se ahorra mucho recurso cognitivo en la memoria de trabajo, posibilitando y dando mayor espacio a que se realicen procesos de relacionar información, síntesis de la misma y construcción de explicaciones, ideas o hipótesis; los cuales son difíciles de realizarse en escenarios netamente deductivos o hipotéticos. Es por esta y las anteriores razones, que gran parte del trabajo práctico en el laboratorio escolar es un medio idóneo para el desarrollo de los esquemas de pensamiento.

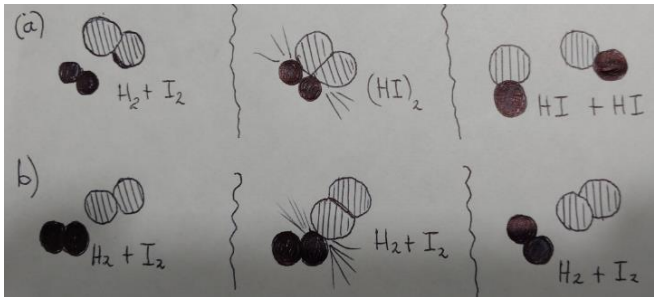
Por todo lo anterior, se logra reconocer que el trabajo práctico, en los casos estudiados, es una herramienta eficiente en el desarrollo de los esquemas de pensamiento, pues crea escenarios de trabajo concreto con los fenómenos y al requerir que se realicen procesos mentales que conlleven a la construcción de ideas, hipótesis, conclusiones y explicaciones, los esquemas de pensamiento de los estudiantes se ven fuertemente involucrados, lo cual los pone en ejercicio y desarrollo.

En cuanto a la segunda idea de la generalización, esta evidencia que el desarrollo de los trabajos prácticos en el laboratorio escolar es un medio que les permite a los estudiantes articular y diferenciar de los tres niveles de representación de la química. Así mismo, gran parte de la información que se obtiene de los procesos experimentales o del trabajo práctico y conceptual, se ve reflejada a través de los diferentes niveles de representación; por tal motivo, este elemento resulta ser clave durante dicho trabajo.

Lo anterior se debe a que la articulación y diferenciación de los tres niveles de representación es un elemento muy importante en las clases de química, pues es el que le permite a los estudiantes determinar qué tipo de conceptos, leyes, símbolos, conocimientos, etc., son los más indicados de utilizar al momento de analizar un determinado fenómeno u objeto de estudio. En otras palabras, es el que contextualiza conceptualmente al estudiante. Así mismo, al ser consciente el estudiante o lograr determinar exitosamente cuáles son los conocimientos que requiere utilizar y cuál es el tipo de información que debe extraer del fenómeno, los procesos mentales que recuperan información de la memoria permanente y los que almacenan información en la memoria de trabajo, resultan más eficientes.

Igualmente, dado que los esquemas de pensamiento son los encargados del manejo, selección, manipulación e interpretación de la información; su empleo resulta también ser un poco más eficiente, pues gracias a lo anterior, estos se centran directamente en la información realmente necesaria de procesar, en vez de gastar recursos cognitivos en información innecesaria, la cual derivaría de los otros niveles de representación. En consecuencia, al ser consciente el estudiante del nivel de representación en el que debe centrar su análisis sobre el fenómeno u objeto de estudio, evita que se sobrecargue su memoria de trabajo con información irrelevante por el momento, pues al no ser consciente de dicho nivel, la mente del estudiante se llena de información que solo es posible de interpretar en los otros niveles, lo cual gasta recurso cognitivo y sobrecarga la memoria de trabajo con información innecesaria. Lo anterior lo podemos evidenciar en las siguientes viñetas:

Tabla 5. Viñetas 3

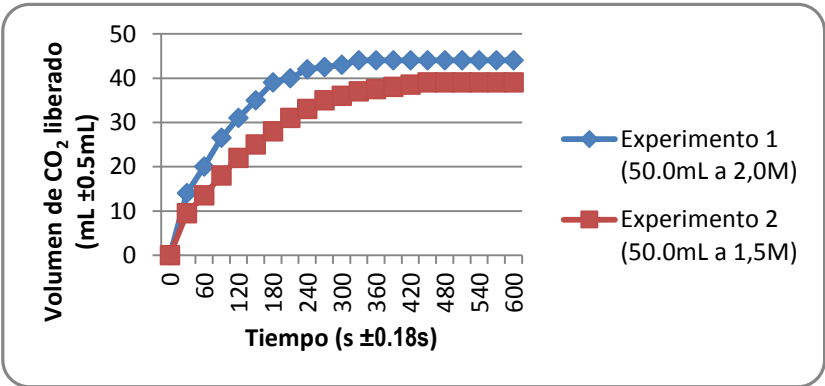
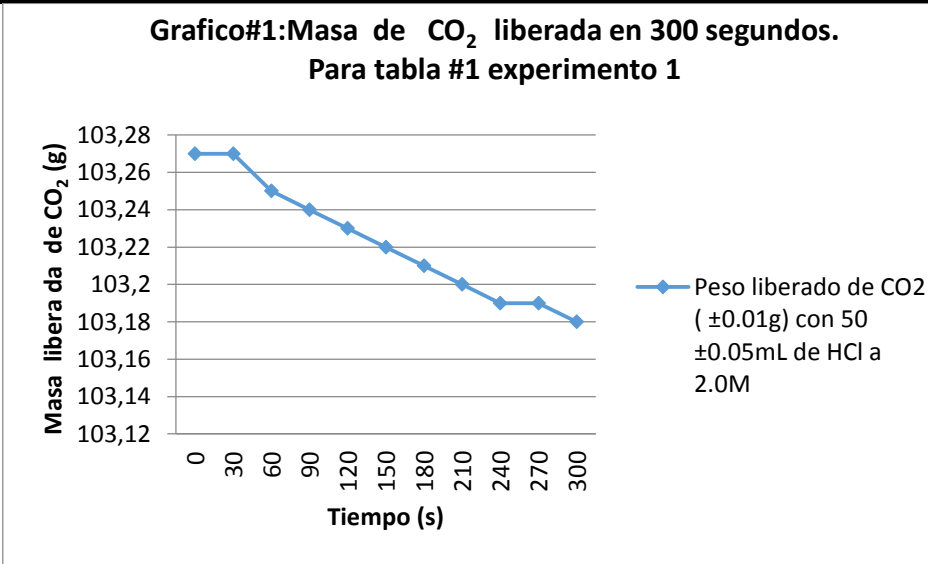
| Viñetas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Codificación                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Explique, en términos de la teoría de las colisiones, qué pasaría con la velocidad si la reacción transcurriera a 50°C.</i></p> <p><i>Rta/. Según la teoría de colisiones, las moléculas de una sustancia (reactivos) requieren alcanzar una energía mínima de activación que permita que las reacciones transcurran hacia productos, de esta forma, las moléculas colisionan a diferentes energías cinéticas permitiendo la transferencia de energía entre si y así lograr colisiones efectivas, al aumentar la temperatura en la reacción, el calor imprimido en las moléculas permite que estas alcancen la energía de activación más rápidamente que a temperaturas menores, y generen un aumento en la cantidad de colisiones efectivas para la formación de productos. Por lo tanto, un aumento en la temperatura generaría un aumento en la velocidad de reacción. (Ev.E3.1.C)</i></p> | <p>Manejo conceptual</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Proporcionalidad</p> |
| <p><i>Explique, en términos de la teoría de las colisiones, qué pasaría con la velocidad si la reacción transcurriera a 50°C.</i></p> <p><i>Rta/. Si la reacción transcurre a una temperatura muy elevada esto incrementa la frecuencia de colisiones ya que las moléculas poseerían mayor energía cinética en consecuencia esto incrementaría la velocidad de la reacción ilustremos esto con un esquema:</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Manejo conceptual</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Proporcionalidad</p> |
| <p><i>En el primer caso (a) representamos una reacción que posee la energía cinética suficiente para que sus moléculas choquen entre sí en la orientación correcta y se generen los productos; en el segundo caso las moléculas reaccionantes no poseen la energía suficiente para para chocar entre sí en consecuencia los productos no se forman. (EV.E1.1.C).</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                   |

Con base en las anteriores viñetas, se evidencia cómo los estudiantes mediante la articulación y diferenciación de los niveles de representación logran construir sus ideas y/o

explicaciones, utilizando los elementos conceptuales que requieren para cada nivel. En este sentido, en la primera viñeta se observa que el estudiante ha alcanzado una diferenciación de los tres niveles de representación, pues la idea o explicación que construye lo centra en el plano submicroscópico de la materia, integrando elementos conceptuales propios de este nivel. Por otro lado, en la segunda viñeta se evidencia que no solo ha alcanzado una diferenciación e integración de estos niveles, sino que también sabe cómo integrarlos de forma que logre construir una explicación mucho más elaborada. Lo anterior se debe a que, primero explica el fenómeno de estudio desde el plano sub-microscópico de la materia, integrando eficientemente los elementos conceptuales propios de dicho nivel para luego ilustrar su explicación mediante un gráfico que simboliza o representa dicho fenómeno. En este sentido, el estudiante no solo explica el mismo fenómeno desde dos niveles diferentes, sino que los integra de forma que se complementen y logren que su idea sea más fácil de interpretar y quede mejor explicada.

En consecuencia, durante trabajo práctico en el laboratorio escolar, constantemente se extrae y requiere información que se ve representada en diferentes niveles de representación, pues por ejemplo los datos productos de un experimento pueden ser representados simbólicamente de diversas formas, ya sea en tablas, esquemas, ecuaciones, entre otras. Igualmente, se construyen ideas, conclusiones y explicaciones, las cuales se realizan en el plano sub-microscópico de la materia, o en otras palabras, dichas explicaciones se refieren a un fenómeno sub-microscópico que se deduce del macroscópico. Así mismo, se construyen y se trabaja con datos e información que aluden al plano macroscópico de la materia. Por tanto, durante todo el trabajo práctico los estudiantes articulan y diferencian los tres niveles de representación de la química, pues son estos los que les permiten dar sentido a la información e interpretaciones que extraen y construyen. Esto lo podemos evidenciar en las siguientes viñetas:

Tabla 6. Viñetas 4

| Viñetas                                                                                                                                                                                                                                                 | Codificación                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>• Gráfica #1: Volumen de CO<sub>2</sub> liberado en relación al tiempo en los experimentos 1 (50mL de HCl a 2.0M) y 2 (50mL de HCl a 1.5M).</p>  <p>(TP.E1.15)</p> | <p>Control de variables</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Manejo conceptual</p> <p>selección y manejo de variables</p> <p>técnicas, manipulación y organización</p> |
| <p><b>Grafico#1: Masa de CO<sub>2</sub> liberada en 300 segundos.</b><br/><b>Para tabla #1 experimento 1</b></p>  <p>(TP.E3.13)</p>                                  | <p>Control de variables</p> <p>Niveles de representación</p> <p>Manejo conceptual</p> <p>selección y manejo de variables</p> <p>técnicas, manipulación y organización</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| La energía cinética se refiere a la velocidad de reacción, que es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo (M/s). En este caso nuestro se nos presentó la velocidad de reacción en (mL/s). La velocidad de reacción se refiere al número de colisiones moleculares por segundo o a la frecuencia de colisiones moleculares. Así se explica la relación de dependencia de la temperatura en la velocidad de la reacción. Como observamos en la gráfica #1 y la gráfica #2, el mayor tiempo requerido para liberar el dióxido de carbono fue en la disolución del agua a 1,0°C y el menor tiempo ocurrió con el agua a 75,0°C. Por lo tanto es la reacción del Alka-seltzer en el agua a 75°C la más rápida, puesto que el aumento de temperatura es un factor que favorece al incremento en la velocidad de la reacción. Según la teoría de colisiones a mayor temperatura las moléculas chocan más rápidamente y con mayor fuerza, ya que su energía aumenta, esto al producirse más colisiones. Para que una colisión sea exitosa sus colisiones deben tener la energía de activación necesaria para que ocurra la reacción. (TP.E2.18) | Proporcionalidad<br>probabilidad<br>Control de<br>variables<br>Niveles de<br>representación<br>Manejo conceptual<br>selección y<br>manejo de<br>variables<br>reflexión y<br>conclusión |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

De acuerdo a las anteriores viñetas, se evidencia cómo los estudiantes, gracias al trabajo práctico en el laboratorio escolar, desarrollan la articulación y diferenciación de los niveles de representación; para así lograr construir sus ideas y/o explicaciones, utilizando los elementos conceptuales que requieren para cada nivel. En este sentido, en la primera y segunda viñeta se observa que los dos estudiantes exitosamente representan simbólicamente la información extraída del experimento, construyendo una gráfica que les permita, no solo observar desde otra perspectiva el fenómeno de estudio, sino que además dicha gráfica represente o permita hacer visible comportamientos y características del fenómeno que en el plano macroscópico no es posible de visualizar, en su caso concreto relaciones proporcionales en la velocidad de reacción. Por lo tanto, el manejo de este nivel de representación les permite adquirir información y relaciones conceptuales que desde el plano macroscópico de la materia son intangibles o abstractos.

En cuanto a la segunda viñeta, evidenciamos cómo el estudiante articula y diferencia el plano simbólico y sub-microscópico de la materia para construir su interpretación del fenómeno

macroscópico que está percibiendo, por lo que a través de la información que obtiene del mundo macroscópico, el estudiante representa esta información de forma simbólica de modo que pueda evidenciar y extraer información que hasta el momento no es visible, y así construir una interpretación o idea acerca del fenómeno o comportamiento de la materia que está sucediendo, el cual ocurre en el plano sub-microscópico. En este sentido, dicha diferenciación y articulación de la información que se extrae desde ambos niveles, le permite generar a los estudiantes un conocimiento articulado y global de los fenómenos químicos, desde los cuales construye sus conocimientos conceptuales. En última instancia, gracias a dicha articulación y diferenciación se logra alcanzar aprendizajes conceptuales mucho más generales y completos.

Con base en lo anterior, se logra reconocer que el trabajo práctico en el laboratorio escolar, en los casos estudiados, es una herramienta muy importante en el desarrollo y manejo de los tres niveles de representación de la química. Lo anterior se debe a que, como ya hemos visto, el laboratorio crea un escenario de trabajo concreto con los fenómenos, del cual los estudiantes deben extraer la información más representativa del fenómeno, para luego trabajar con ella en los otros dos niveles. En este sentido, una vez el estudiante ha extraído la información que le resulta relevante, es menester del laboratorio exigirle al estudiante que la reinterprete, tanto en el plano submicroscópico, como simbólico. En consecuencia, el estudiante se ve en la necesidad de integrar y reorganizar sus conocimientos e información adquirida para construir una interpretación del fenómeno que presencié, a nivel molecular y atómico, o en otras palabras que explique a nivel sub-microscópico la causa de lo presenciado. Así mismo, tanto dicha explicación requiere que se represente o ilustre a través de fórmulas, gráficas, tablas, etc., también la información que ha extraído debe de ser representada de estas formas, pues así será mucho más fácil de trabajar con ella. En definitiva, este tipo de enfoque sobre el trabajo en el

laboratorio escolar constantemente les exige a los estudiantes que trabajen desde los tres niveles, logrando así una articulación y diferenciación de los mismos, como también en la construcción de conocimientos más coherentes y complejos.

En cuanto a la tercera idea, queda claro que el diseño de los trabajos prácticos en el laboratorio escolar permite superar algunas dificultades de aprendizaje, manejar y comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas, en este caso específico. El proceso de diseño del practico abarca una serie de etapas, como son el planteamiento de un problema, la propuesta de un experimento o método le que permite dar solución al mismo, el manejo de variables, la manipulación de instrumentos, la recolección, procesamiento e interpretación de datos, la evaluación y elaboración de conclusiones basadas en todo el proceso llevado a cabo.

Durante todo este proceso el alumno aprende los contenidos escolares, en este caso, sobre la velocidad de las reacciones químicas, gracias a un proceso de construcción personal. Es decir, el alumno elabora una representación personal del concepto objeto del aprendizaje. Esta representación parte de un conocimiento de la cotidianidad que se relaciona con el nuevo conocimiento, encontrándole así un significado fundamental. Así pues, este proceso activo le permite reorganizar su propio conocimiento y lo enriquece poco a poco con todo lo que experimenta, analiza y discute. El aprendizaje es obtenido mediante una actividad mental intensa, en la cual el mismo estudiante reconoce los propios procesos que lleva a cabo e identifica sus productos cognitivos o cualquier cosa relacionada con ellos. En este proceso también se da cuenta de las dificultades que presenta. Esta capacidad meta-cognitiva, es un atributo del pensamiento humano que se vincula con la habilidad del mismo para conocer lo que sabe, planificar estrategias para procesar información, tener conciencia de sus propios

pensamientos durante el proceso de la solución de problemas, para reflexionar y evaluar la productividad de su propio funcionamiento intelectual. Lo anterior, se deja ver claramente en la siguiente viñeta obtenida en las entrevistas:

Tabla 7. Viñeta obtenida de las entrevistas

| Viñetas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Codificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lo primero era que una vez que ya se tenía la reacción, en mi caso era el bicarbonato de calcio más el ácido clorhídrico produce la sal, el agua y el CO <sub>2</sub> . Una vez tenía esa reacción, pues simplemente había obviamente que escribir los reactantes y los productos que nos daría. Una vez que ya tenía lo totalmente necesario para solo llevar a cabo la reacción, uno piensa en cómo podría facilitar el trabajo si uso “este o este” material. Digamos que en vez de usar un vaso de vidrio (Precipitados), uso una probeta para tomar medidas más exactas; y luego había que pensar en cómo voy a medir la velocidad de reacción, en mi caso era por la cantidad de volumen del gas liberado, que se genera en cierta cantidad de tiempo y una vez tenía eso, pensar que materiales necesito para poder hacer eso (EN.E1.4 <sup>3</sup> ). | Reconocimiento de un lenguaje científico.<br>Comprensión de reacciones.<br>(Niveles de representación)<br>Componentes de una reacción y ecuación química<br>Recursos y materiales a utilizar que permitan precisión y exactitud<br>(Diseño)procedimiento<br>Técnicas procedimentales<br>Relaciones entre el volumen del gas liberado en función del tiempo.<br>(Relación de unidades) |

Ahora bien, es necesario mencionar que el objeto de estudio de la cinética química es la medida e interpretación de las velocidades de reacción, es decir la información que, a través de la experimentación, se obtiene por parte de los estudiantes la base cuantitativa en la que se basan todas las teorías sobre la reactividad química. Al mismo tiempo, emergen conceptos relacionados

<sup>3</sup> Para este caso, EN corresponde a entrevista, E1 a estudiante uno y el último corresponde al número de la pregunta en la que se encuentra la unidad de análisis.

a la velocidad de reacción como son el concepto de reacción química, en donde las sustancias al reaccionar unas con otras sufren transformaciones, en cuanto al rompimiento y formación de nuevos enlaces, en donde para ello necesitan de cierta energía denominada energía de activación. De igual manera, los alumnos deben reconocer teóricamente en que consiste la teoría de colisión, esto desde las observaciones macroscópicas para tratar de entender lo que sucede a nivel sub-microscópico.

Por tanto, el alumno construye el concepto de velocidad de reacción cuando establece la relación de la variación de una concentración en función de la variación del tiempo en el que ocurre la reacción, o en el cambio de volumen de un gas producido en la reacción en función del tiempo, o la pérdida de masa producida en función del tiempo. Esta construcción, es basada en todo el escenario que ha sido creado por el mismo durante el trabajo práctico en el laboratorio, donde selecciona variables, organiza la información, realiza gráficos y analiza sus resultados. Simultáneamente, el alumno debe reconocer que existen unos factores que afectan la velocidad de reacción tales como son la temperatura, la concentración, la naturaleza de los reactivos y el uso de catalizadores. Dependiendo de su pregunta problema, utilizará uno de estos factores como variable independiente para demostrar el efecto de este en la velocidad de reacción. En este sentido, el trabajo práctico en el laboratorio escolar, le permite superar algunas dificultades de aprendizaje, manejar y comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas, pues durante el mismo, el estudiante pone en juego los conocimientos y habilidades que posee, para así desarrollarlas y mejorarlas conforme realiza el trabajo práctico. Lo anterior, lo podemos evidenciar en la siguiente viñeta:

**Tabla 8. Viñeta de Práctica en el laboratorio escolar**

| Viñetas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Codificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Profesor: ¿En qué crees que te ayudó el práctico de laboratorio, para construir el concepto de velocidad de reacción? El haber tenido la posibilidad de experimentar y de usted mismo diseñar, ¿Le permitió tener la construcción de ese concepto mucho más profundo?</p> <p>Estudiante: Más que profundidad de conocimientos, el práctico lo que dio fue perspectiva, porque antes de hacer el práctico con la teoría que teníamos en clase, yo sabía que a mayor concentración, mayor velocidad y por eso sabía más o menos que esperar de los resultados pero lo que yo no sabía era que tanto “cargue” produce la diferencia en la concentración. Me acuerdo que hacerlo como a 5 molar la reacción tomó como el 45%, pero a 1 molar o un poco menos tomó como 20 segundos. Eso sí fue algo que aprendí, pues yo sabía desde antes que a mayor concentración del reactivo, mayor velocidad, pero no sabía que tanto iba a aumentar la velocidad; entonces en ese sentido, el práctico si me ayudó a tener un punto de comparación en cuanto a cómo afecta la concentración en la velocidad de reacción (EN.E1.11).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Relación teoría y práctica<br/>(VISIONES DE LA CIENCIA)</p> <p>Proporcionalidad<br/>Relación entre teoría-práctica.<br/>Proporcionalidad<br/>Manejo conceptual</p>                                                                                                                                                                                         |
| <p>Profesor: De los siguientes conceptos describe cuáles fueron los que te dieron mayor grado de dificultad y por qué. Puedes enunciarlos de mayor a menor dificultad: Temperatura, Concentración, Tamaño de partícula (Superficie de área), Energía de Activación, Naturaleza de los reactivos, Teoría de Colisiones, Complejo activado.</p> <p>Estudiante: El complejo activado sería el más complicado y luego energía de activación, los demás eran más o menos sencillos de entender. El complejo activado era más que todo por que tocaba imaginarse el estado intermedio que tiene la molécula, es decir, no es ni el producto final, y no el reactivo. Ahí lo complejo era que aunque era tan inestable, era la más importante, porque a partir de ahí empezaba la reacción por sí misma y había que aplicarle más energía. La energía de activación porque uno siente que entre más energía eso tiene que funcionar pero o por qué se necesita más energía, entonces eso era para mí complicado de entender.</p> <p>El concepto de temperatura en cuanto a velocidad de reacción es que a mayor temperatura mayor velocidad de reacción y al igual que la concentración se puede explicar por la teoría de colisiones que dice: que para que las moléculas reaccionen, necesitan chocarse y tener cierta energía de activación. Entonces la temperatura aumenta el nivel de las partículas, hace que las colisiones sean más probables y además, hacen que la energía por medio de las partículas sea mayor. La colisión que ocurra tenga mayor posibilidad de que ocurra la energía de activación necesaria.</p> <p>En cuanto a concentración es lo mismo, también aumenta la cantidad de colisiones por cierta cantidad de tiempo, porque como hay más, es más probable que choquen</p> | <p>Conservación de propiedades no observables.<br/>Niveles de representación<br/>Química<br/>Manejo conceptual<br/>Manejo conceptual<br/>Relación teoría-práctica.<br/>Proporcionalidad<br/>Manejo conceptual<br/>Conservación de propiedades no observables<br/>Niveles de representación<br/>Noción de probabilidad<br/>Correlación<br/>Coordinación de</p> |

|                                                                                         |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| entre sí y que reaccionen.                                                              | dos sistemas de   |
| Tamaño de partícula, es superficie de área, entre mayor área tenga cualquiera de los    | referencia        |
| dos reactivos, es más probable que choquen entre ellos y más rápido va ser la           |                   |
| reacción.                                                                               |                   |
| Con respecto a la naturaleza de los reactivos es intrínseco y propio de cada reacción y |                   |
| como es propio de cada reacción es más complicado explorar para casos que uno no        |                   |
| conozca, Entonces por eso, no me acuerdo tanto (EN.E1.13).                              |                   |
| Por más que se parezca las velocidades de reacción no es constante ya que al            | Proporcionalidad  |
| reaccionar los reactivos estos van escaseando y después de un tiempo la probabilidad    | Probabilidad      |
| de reacción va disminuyendo lo que causa que la reacción vaya estabilizándose (Ver      | correlación       |
| gráficas #1, 2, 3, 4). La velocidad de una reacción es inversamente proporcional al     | Control de        |
| tamaño de partícula de uno de los reactivos. (Ver gráfico #1, 2 y 4). Esto sucede ya    | variables         |
| que al aumentar la probabilidad de choque aumenta de igual manera la velocidad de       | Niveles de        |
| reacción de reactivos lo que significa que aumenta la velocidad de reacción; y al       | representación    |
| disminuir el tamaño de partícula de uno de los reactivos, aumentamos la cantidad de     | Manejo conceptual |
| moles en el mismo espacio y de igual manera aumentamos la probabilidad de que           | Reflexión y       |
| estas partículas colisionen con las partículas del otro reactivo que lo acoge. La       | conclusión        |
| velocidad máxima de reacción se alcanza cuando inicia la reacción (ver tabla #4) ya     | Proporcionalidad  |
| que hay mayor cantidad de reactivos y por lo tanto mayor probabilidad de reacción.      | inversa           |
| La mínima velocidad de reacción se está acabando la reacción (ver tabla #4) ya que      | Probabilidad      |
| al haber menos cantidad de reactivos la probabilidad de reacción es menor               | correlación       |
| (TP.E3.21).                                                                             | Control de        |
|                                                                                         | variables         |
|                                                                                         | Niveles de        |
|                                                                                         | representación    |
|                                                                                         | Manejo conceptual |
|                                                                                         | Reflexión y       |
|                                                                                         | conclusión        |
|                                                                                         | Proporcionalidad  |
|                                                                                         | inversa           |
|                                                                                         | Probabilidad      |
|                                                                                         | correlación       |
|                                                                                         | Control de        |
|                                                                                         | variables         |
|                                                                                         | Niveles de        |
|                                                                                         | representación    |
|                                                                                         | Manejo conceptual |
|                                                                                         | Reflexión y       |
|                                                                                         | conclusión        |

De acuerdo a las anteriores viñetas, se evidencia como los estudiantes gracias al trabajo práctico en el laboratorio escolar desde la concepción de enseñanza de las ciencias que hemos explorado en este estudio, y en los casos estudiados, los alumnos desarrollan y reconstruyen sus conocimientos respecto a la velocidad de las reacciones. En este sentido, en la primera viñeta se observa que durante el trabajo práctico, el estudiante logra relacionar el conocimiento conceptual con los fenómenos que percibe. Dicho en otras palabras, logra darle significado al conocimiento teórico que posee en el mundo macroscópico o real. Así mismo, no solo contextualiza sus saberes, sino que además los reconstruye y resignifica gracias a la puesta en función o práctica que le permite el trabajo práctico en el laboratorio. En cuanto a la segunda viñeta, se puede evidenciar como el estudiante desarrolla e integra conocimientos que posee para lograr generar interpretaciones del experimento que está realizando. Finalmente, en la tercera viñeta, se observa la construcción teórica que ha logrado realizar un estudiante como producto del trabajo práctico que ha realizado.

En definitiva, se observa que el trabajo práctico en el laboratorio escolar es una herramienta muy importante que permite superar algunas dificultades de aprendizaje, manejar y comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas. Esto es debido a que, durante todo el proceso de trabajo del laboratorio el estudiante tiene que poner en juego aquellos conocimientos conceptuales que posee o está desarrollando, situación que le permite reconstruir sus conocimientos, validarlos y ponerlos a prueba. De esta forma, conforma se van desarrollando los trabajos prácticos y el análisis de los fenómenos y experimentos, los estudiantes construyen y reconstruyen sus saberes.

## Conclusiones

A lo largo de este trabajo de investigación, se presentó como problema: ¿Qué incidencia tiene el diseño de trabajos prácticos de laboratorio en la construcción del concepto velocidad de reacción? Por tanto, para poder determinar el grado de incidencia o la importancia del diseño y desarrollo de los trabajos prácticos para el aprendizaje del concepto de velocidad de reacción, se analizaron tres estudios de casos, en donde en cada uno se llevó a cabo un análisis cualitativo de los evidencias y datos extraídos de su proceso de aprendizaje, basado en nuestro propósito de investigación, el diseño y desarrollo de los trabajos prácticos.

En este sentido, con base a toda la fuente documental, datos y análisis de ellos, se construyeron dos categorías que representaban el fenómeno de estudio, a saber: Diseño, desarrollo y reflexión de la práctica y comprensión conceptual de la velocidad de reacción. Sin embargo, dichas categorías no explican de forma directa nuestro fenómeno de estudio, sino que son una abstracción del mismo, por lo que fue necesario construir una generalización naturalista la cual si permitiera explicar nuestro objeto de estudio. Es por tal motivo, que se construyó la generalización naturalista, la cual fue: “Los trabajos prácticos en el laboratorio escolar ayudan al desarrollo del pensamiento formal; a articular y diferenciar los tres niveles de representación; a superar algunas dificultades de aprendizaje, manejar y a comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas”. Dicha generalización es un constructo o idea general del fenómeno de estudio y que explica *grosso modo* el mismo, aunque es la construcción teórica posterior, la que realmente permite explicar a profundidad nuestro objeto de estudio. Por tanto, se puede considerar que la generalización naturalista abarca tanto el nombre de la misma o idea general y su constructo teórico.

De acuerdo con lo anterior, es la generalización naturalista la que ofrece una respuesta directa y coherente al problema de investigación planteado. Por tanto, se rescata de ella primero que, se reconoce que el trabajo práctico permite el desarrollo de los esquemas de pensamiento, pues crea escenarios de trabajo concreto con los fenómenos y al requerir que se realicen procesos mentales que conlleven a la construcción de ideas, hipótesis, conclusiones y explicaciones, los esquemas de pensamiento de los estudiantes se ven fuertemente involucrados, lo cual los pone en ejercicio y desarrollo, un aspecto que, como se ha mencionado a lo largo del trabajo, es indispensable para que los estudiantes logren comprender e interiorizar eficientemente los conocimientos, leyes, fenómenos y conceptos de la química.

Segundo, el trabajo práctico ayuda al desarrollo y manejo de los tres niveles de representación de la química. Esto se debe a que, como ya hemos visto, el laboratorio constantemente le exige a los estudiantes que trabajen desde los tres niveles logrando así una articulación y diferenciación de los mismos, como también la construcción de conocimientos más coherentes y complejos, ya que, crea un escenario de trabajo concreto con los fenómenos (nivel macroscópico), estimula la necesidad de construir interpretaciones desde el nivel sub-microscópico y requiere que se represente o ilustre a través de fórmulas, gráficas, tablas, etc., los conocimientos e información adquirida, para luego construir una interpretación del fenómeno investigado.

Y tercero, permite superar algunas dificultades de aprendizaje, manejar y comprender conceptualmente la velocidad de reacción en las reacciones químicas, debido a que, durante todo el proceso de trabajo del laboratorio el estudiante tiene que poner en juego aquellos conocimientos conceptuales que posee o está desarrollando, situación que le permite reconstruir sus conocimientos, validarlos y ponerlos a prueba. De esta forma, mientras se implementa el

trabajo práctico, se analizan los fenómenos y experimentos, los estudiantes construyen y reconstruyen sus saberes.

Por todo lo anterior, se concluye que el trabajo práctico en el laboratorio escolar tiene una gran incidencia en el aprendizaje de la química, más precisamente en el del concepto de velocidad de reacción, pues le ayuda al estudiante a desarrollar los esquemas de pensamiento que necesita para la construcción de dicho conocimiento; le permite articular y diferenciar los tres niveles de representación, elemento conceptual que necesita construir para poder generar sus interpretaciones e ideas respecto al concepto en cuestión; y finalmente, es un escenario idóneo para la construcción y manejo conceptual de la velocidad de reacción.

### Referencias Bibliográficas

- Adey, P. S., & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards. Cognitive intervention and academic achievement*. London : Routledge
- Anderson, O. (1976). *The experience of science: a new perspective for laboratory teaching*. Nueva York, EEUU: Teaches Colleges Press.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology. A cognitive view*. New York, USA: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, USA: Grune & Stratton.
- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, H. (2000). *Psicología educativa. Un punto de vista cognositivo*. 13 ed. Mexico: Editorial Trillas.
- Bachelard, G. (1973). *Epistemología*. Barcelona, España: Anagrama.
- Bachelard, G. (1948). *La formación del espíritu Científico*. Buenos Aires, Argentina: Siglo veintiuno
- Bachelard, G. (1938). *La formación del espíritu científico (Trad. 14 ed.)*. México: Siglo XXI.
- Banerjee, A. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), 487-494. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069910130411> [Accessed December 3, 2017].
- Barberá, O. & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión. *Investigación y Experiencias Didácticas*, 14 (3), 365-379.

- Barrera, J. (2013). Enseñanza de los factores que afectan a la velocidad de reacción: Una propuesta de aula desde el aprendizaje activo. *Horizonte Pedagógico* 15(1), 174-180.
- Brown, T.; Lemay, E.; Bursten, B. & Burdge, J. (2004). Química: La Ciencia Central. 9 ed. México: Pearson, pp.525-527. ISBN 970-26-0468-0
- Caamaño, A. (2011). Los trabajos prácticas en física y química: Interpretar e investigar. En Ametller, J., et al. (2011). *Didáctica de la física y la química* Barcelona, España: Graó, pp. 143-167
- Caamaño, A. (2009). *Enseñar ciencias*. Barcelona, España: Graó.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. *Aula de Innovación Educativa. Revista Aula de Innovación Educativa*, 9, 61-68.
- Caamaño, A.; Carrascosa, J. & Oñorbe, A. (1994). Los trabajos prácticos en las ciencias experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 2, 4-5.
- Campbell, D. (1974). Evolutionary epistemology. En Schilpp, P. (ed), *The philosophy of Karl R. Popper* (pp. 412-463). LaSalle: Open Court.
- Cruz, G. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: Una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 323-330.
- Cruz, A. & Peña, D. (2013). *Las prácticas de laboratorio como mediador pedagógico en la construcción de conocimiento científico escolar* (Tesis de pregrado). Santiago de Cali: Universidad del Valle

- Cubero, R. (2005). *Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona, España: Grao.
- Chang, R. (2010) Química. 10 ed. México: McGraw-Hill. p. 582-583
- Elliot, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Morata
- Ferrater, M. (1979). *Diccionario de filosofía, Vol. II (E-J)*. Barcelona, España: Ariel
- Feyerabend, P. (1981). *Philosophical papers*. Cambridge, EEUU: Cambridge University Press.
- Flavel, J. H. (1998). *Psicología Evolutiva de Piaget* (4ta ed.) Traducción Marie Thérèse Cevasco. Barcelona, España: Paidós.
- Ghassan, Sirhan. (2007). Learning difficulties in chemistry: an overview. *Journal of turkish science education*. 4(2), 2-20.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago, EEUU: University of Chicago Press.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias*, 63-70.
- Gil, D., Carrascosa, J. & Martínez-Torregrosa, J. (2000). *Una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. En F. J. Perales & P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 11-34). Alcoy: Marfil.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. & Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en educación secundaria*. Barcelona, España: ICE-HORSORI.

- Gómez, P. & Penna, T. (1988). Proposta de uma disciplina com enfoque na metodologia da física experimental. *Revista de Ensino de Física*, 10, 19-40.
- González, E. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las ciencias*. 10(2), 206-211.
- Gorodetsky, M. & Gussarsky, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation. *European Journal of Science Education*, 8(4), 427-441.
- Gott, R., Welford, G. & Foulds, K. (1988). *APWIS. The assessment of preactical work in science*. Oxford: Blackwell.
- Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 27-35.
- Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. México D.F, México: Paidós.
- Hackling, M. & Garnett, P. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *Europea Journal of Science Education*, 7(2), 205-214.
- Halpern, D. (1992). *Sex differences in cognitive abilities, part 2*. Michigan, EEUU: University of Michigan.
- Head, J. (1982). What can psychology contribute to science education? *School Science Review*, 63(225), 631-642.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

- Hodson, D. (1992). Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1, 115-144.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science, *School Science Review*, 71(256), 33-40.
- Hofstein, A. & Kind, P. (2012). Learning in and from science laboratories. En Barry, F., Kenneth, T. & Campbell, McRobbie., *Second International Handbook of Science Education* (pp. 189-207). New York, EEUU: Springer.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1955). De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Barcelona: Paidós
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelar. *The journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115-136.
- Joan, F. & Sánchez, J. (1985). Evolución experimentada en la enseñanza que se imparte en un laboratorio de física a nivel universitario. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 54(8).
- Johnstone, A. (1982). Macro and Micro Chemistry. *In School Science Review*. 64(277), 377-379.
- Johnstone, A., Mac Donald, J. & Webb, G. (1977). Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, 14(6), 169-171.
- Justi, R. & Gilbert, J. (1999). A cause of ahistorical science teaching: use of hybrid models. *Science Education*, 83(2), 163-177.
- Kirschner, P. (1992). Epistemologia, practical work and academic skills in science education. *Science and education*, I, 273-299.

- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kvale, S. (1996). *InterViews. An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. London: Sage.
- Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes*. New York: EEUU: Cambridge University Press.
- Lillo, J. (1994). Los trabajos prácticos de las ciencias naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 47-56.
- Lynch, P. (1987). Laboratory work in school and universities: Structures and strategies still largely unexplored. *The Australian Sciences Teacher Journal*, 31-39.
- Miguens, M. y Garret, R. (1991). Prácticas en la Enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 229-236.
- Millar, R. & Lubben, F. (1996). Investigative work in science: the role of prior expectations and evidence in shaping conclusions. *Education*, 3(13), 28-34.
- Moreira, M. & Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315.
- Mosquera, C. (2008). Perspectivas contemporáneas de la investigación en didáctica de las ciencias naturales. En Mosquera, C., *Primer Congreso Nacional: Socialización De Experiencias De Educación En Ciencias Básicas*. Colombia.
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry. Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.

- Novak, J. (1978). An alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Studies in Science Education*, 5, 1-30.
- Okuda, M. & Gómez-Restrepo. (2005). Métodos de investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 14(1), 117-124.
- Pacey, P. (1981). Changing conceptions of activation energy. *Journal of Chemical Education*, 58(8), 612-614.
- Posner, G. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pozo, J. & Crespo, M. (2009). *Aprender y Enseñar ciencias*. 6 ed. Madrid, España: Morata.
- Robinson, M. (1979). Undergraduate laboratories in physics: two philosophies. *American Journal of Physics*, 47(10), 859-862.
- Sánchez, J. Domínguez, J. & García-Rodeja, E. (2002) Revisión de la investigación sobre enseñanza de la cinética química. *Revista de Estudios & Experiencias Educativas*, 18, 171-190.
- Sánchez, M. (2004). La investigación sobre el desarrollo y la enseñanza de las habilidades de pensamiento. *Revista electrónica de investigación educativa*, 4(1), 128-159.
- Stake, R. E. (2007). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Stewart, B. (1988). The surprise element of a student-designed laboratory experiment. *Journal of Chemical Science teaching*, 17(4), 269-270.
- Storey, R. (1992). Textbook errors & misconceptions in biology: Cell physiology. *The American Biology Teacher*, 54(4), 200-203.

- Strauss, E. & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Traducida por Eva Zimmerman de Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Tamayo, A. (2009). *Didáctica de la Ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias*. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas.
- Tamayo, A & Sanmartí, N. (2007). Higvolution of the Respiration Concept fromthe Perspective of Giere's Cognitive Sciencie Model. *Internarional Journal of Sciencie Education*, 29(2), 215-248.
- Tamir, P. & García, M. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de la ciencias*, 10(1), 3-12.
- Tezanos, A. (1998). *Una Etnografía de la etnografía. Aproximaciones Metodológicas para la enseñanza del enfoque cualitatito- interpretativo para la investigación social*. Bogotá: Ediciones Antropos.
- Tobin, K. (1990). Research in science laboratory activities in persuit of better questions and answer to improve learning. *School Science and mathematics*, 90(5), 403-421.
- Tobin, K. (1986). Secondary sciencie laboratory activities. *European Journal of Sciencie Education*, 8, 199-211.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana, I el uso colectivo y evolución de los conceptos*. Madrid, España: Alianza editorial.
- Truhlar, D. (1978). Interpretation of activation energy. *Journal of Chemical Education*, 55, 309-311.

- Uribe, C. & Solarte, M. C. (2017). Educar Mentes para Pensar. *Desarrollo del pensamiento científico en el aula*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Uribe, C.(2000).*Una metodología de " Análisis de Objetivos Procedimentales", para los guiones de laboratorio en la licenciatura de Físicas* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas), 67-68.
- Vargas, A. (2013). Revisión entre iguales, escritura académica e identidad en la formación docente universitaria. Recuperado de:  
<http://repositori.upf.edu/handle/10230/21234>.
- Vigotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona, España: Crítica.
- Watson, J. (1994). Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 2, 57-65.
- Woolnough, B. (1991). Practical science as a holistic activity. *Practical science. The role and reality of practical work in school science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zambrano, A. (2004). La Actividad educativa científica en el aula. *Tendencias del pensamiento educativo Científico*, p. 24-25.

## **Anexos**

### **Anexos A. Los factores que afectan la velocidad de reacción: diseño-obtención y procesamiento de datos- conclusión y evaluación**

**DEUTSCHE SCHULE CALI-KOLUMBIEN**

**CODIGO DE COLEGIO: 001465**

**ASIGNATURA: QUIMICA**

**NOMBRE DEL (LA) ESTUDIANTE: \_\_\_\_\_**

**INVESTIGAR LOS FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE REACCIÓN:  
DISEÑO-OBTENCION Y PROCESAMIENTO DE DATOS- CONCLUSION Y  
EVALUACIÓN**

#### **CONDICIONES DE TRABAJO:**

- a. Teniendo en cuenta el conocimiento previo sobre los factores que afectan la velocidad de reacción, usted deberá hacer el diseño y la ejecución de la investigación de uno de estos factores y será evaluado (diseño, obtención y procesamiento de datos, conclusiones y evaluación).
- b. Seguir las instrucciones y tener especial cuidado con el manejo de los reactivos y el equipo seleccionado, así como la eliminación de los desechos y toda la seguridad relacionada con la práctica.
- c. Elaborar el informe de laboratorio teniendo en cuenta todos los criterios solicitados, para entregarlo en la fecha estipulada por la maestra, indicando los efectos del experimento sobre el medio ambiente.

## Anexos B. Criterios de Evaluación interna. Organización del Bachillerato Internacional (2011)

### Diseño

| Niveles/puntos         | Aspecto 1                                                                                                                       | Aspecto 2                                                                | Aspecto 3                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Definición del problema y selección de variables                                                                                | Control de las variables                                                 | Desarrollo de un método de obtención de datos                                   |
| <b>Completamente/2</b> | Enuncia un problema o pregunta de investigación concretos e identifica las variables pertinentes.                               | Diseña un método que permite controlar eficazmente las variables.        | Desarrolla un método que permite obtener datos pertinentes y suficientes.       |
| <b>Parcialmente/1</b>  | Enuncia un problema o una pregunta de investigación de forma incompleta o sólo identifica algunas de las variables pertinentes. | Diseña un método que permite controlar, en cierta medida, las variables. | Desarrolla un método que permite obtener datos pertinentes pero no suficientes. |
| <b>No alcanzado/0</b>  | No enuncia un problema o una pregunta de investigación ni identifica variables pertinentes.                                     | Diseña un método que no permite controlar las variables.                 | Desarrolla un método que no permite obtener datos pertinentes.                  |

NIVEL DE LOGRO \_\_\_\_\_ VALOR NUMÉRICO \_\_\_\_\_

JUSTIFICACIÓN

**Obtención y procesamiento de datos**

| Niveles/puntos         | Aspecto 1                                                                                                                                                                         | Aspecto 2                                                                         | Aspecto 3                                                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Registro de datos brutos                                                                                                                                                          | Procesamiento de datos brutos                                                     | Presentación de los datos procesados                                                                          |
| <b>Completamente/2</b> | Registra los datos brutos apropiados, tanto los cuantitativos como los cualitativos asociados, e incluye unidades de medida y márgenes de incertidumbre en los casos pertinentes. | Procesa los datos brutos cuantitativos correctamente.                             | Presenta los datos procesados de forma apropiada y, en caso pertinente, incluye los errores e incertidumbres. |
| <b>Parcialmente/1</b>  | Registra los datos brutos apropiados, tanto los cuantitativos como los cualitativos asociados, pero con algunos errores u omisiones.                                              | Procesa los datos brutos cuantitativos, pero con algunos errores u omisiones.     | Presenta los datos procesados de forma apropiada, pero con algunos errores u omisiones.                       |
| <b>No alcanzado/0</b>  | No registra datos brutos cuantitativos apropiados o los datos brutos son incomprensibles.                                                                                         | No procesa los datos brutos cuantitativos o comete errores graves al procesarlos. | Presenta los datos procesados de forma inapropiada o incomprensible.                                          |

**NIVEL DE LOGRO** \_\_\_\_\_ **VALOR NUMÉRICO** \_\_\_\_\_

**JUSTIFICACIÓN**

## Conclusión y evaluación

| Niveles/puntos         | Aspecto 1                                                                                                     | Aspecto 2                                                                                       | Aspecto 3                                                                              |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Formulación de conclusiones                                                                                   | Evaluación de los procedimientos                                                                | Mejora de la investigación                                                             |
| <b>Completamente/2</b> | Enuncia una conclusión y la justifica, basándose en una interpretación razonable de los datos.                | Evalúa los puntos débiles y las limitaciones.                                                   | Propone mejoras realistas en relación con las limitaciones y puntos débiles señalados. |
| <b>Parcialmente/1</b>  | Enuncia una conclusión basándose en una interpretación razonable de los datos.                                | Señala algunos puntos débiles y limitaciones, pero no los evalúa o su evaluación es deficiente. | Sólo propone mejoras superficiales.                                                    |
| <b>No alcanzado/0</b>  | No enuncia ninguna conclusión o la conclusión se basa en una interpretación de los datos que no es razonable. | Señala puntos débiles y limitaciones que no son pertinentes.                                    | Propone mejoras que no son realistas.                                                  |

NIVEL DE LOGRO \_\_\_\_\_ VALOR NUMÉRICO \_\_\_\_\_

JUSTIFICACIÓN