

**ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN QUÍMICA COMO MEDIDA DE
LA REACTIVIDAD QUÍMICA.**

DIANA CAROLINA PULIDO SUÁREZ

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN QUÍMICA COMO MEDIDA DE
LA REACTIVIDAD QUÍMICA.**

Diana Carolina Pulido Suárez

**Propuesta de tesis para optar el título de:
Magister en Docencia de la Química**

**Directora
Sandra Sandoval Osorio
Magister en Educación**

**Línea de Investigación:
Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural.
Grupo Física y Cultura**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ 2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Advancing the Quality of Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 128	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado de maestría de profundización.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Estudio de la velocidad de reacción química como medida de la reactividad química.
Autor	Pulido Suárez, Diana Carolina
Director	Sandoval Osorio, Sandra
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2015. 101 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	VELOCIDAD DE REACCIÓN QUÍMICA, FENÓMENOLOGIA, REACTIVIDAD QUÍMICA, MAGNITUD, ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, RELACIÓN CONOCIMIENTO-LENGUAJE-EXPERIENCIA.

2. Descripción
Tesis de grado donde el autor pretende comprender los modos de conocer que exhiben los estudiantes durante la implementación de una ruta de aula centrada en la ampliación de la experiencia sobre el fenómeno de la reactividad química desde la comprensión de la magnitud velocidad de reacción y los factores que inciden en ella. Por lo tanto se hace necesario un análisis histórico crítico de la velocidad de reacción química, para entender esta como una magnitud química.

3. Fuentes
En el desarrollo de esta investigación fue necesario consultar varias fuentes bibliográficas, las más destacadas se mencionan a continuación: Arca M, Guidoni P, y Mazzoli P. (1990). Enseñar ciencia. Como empezar: reflexiones para una educación científica de base. Editorial Paidós. Barcelona Ayala, Malagón y Sandoval (2011). Construcción de magnitudes y organización de fenomenologías. Una propuesta para la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias. En el experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes (pp. 13-36).. Universidad Pedagógica Nacional Campbell, N (1920) Physics: The Elements. Cambridge University Press Duranti, A (1988/1992) "La etnografía del habla: hacia una lingüística de la praxis", en F. Newmeyer (1988/1992), pp. 253-273.

Guldberg, C.M. & Waage, P. (1962). (Traducido por Abrash, H.I.), Studies concerning affinity, Journal of Chemical Education, 63 (12) pp1044-1047.

Hacking, I (1996). Representar e intervenir, México, Paidós-UNAM, 1983

Piso, S; Domínguez, J; García, E & Fernández, R (2002) revisión de la investigación sobre enseñanza de la cinética química. ADAXE revista de estudios e experiencias educativas, 18: 171-190.

Porras (2013) La fenomenología de las reacciones químicas para caracterizar los modos de conocer y formalizar en química. Universidad Pedagógica Nacional.

Van't Hoff, J (1898) Leçons de chimie physique professées à l'Université de Berlin, dynamique Chimique. Traducido al frances por Corvis, M. Éditeur, libraire de S.M. le roi de suéde et de norvége. Paris

Waage, P., Gulberg, C. M., & Abrash, H. I. (1986). Studies concerning affinity. Journal of chemical education, vol. 63 (12) 1044.

4. Contenidos

El documento de investigación se organiza en siete capítulos. En el primero se realiza la contextualización del problema de investigación, aquí se expone los problemas, pretensiones, los referentes específicos y la metodología para abordar la investigación; en los capítulos dos y tres, se construyen las referencias teóricas que apoyan el trabajo de investigación; en el capítulo cuatro, se describe la revisión histórico crítica de la velocidad de reacción química y la comprensión de la velocidad de reacción química como una magnitud derivada experimental de la reactividad química; en el capítulo cinco, se expresa los modos de construir y formalizar la reacción química en la ruta de aula; en el capítulo seis se discuten las conclusiones de la investigación y las recomendaciones que surgen de este trabajo y finalmente en el capítulo siete se presenta la bibliografía que aportó a la elaboración de esta investigación como sustento teórico. Adicionalmente se cuenta con un anexo en el que se presenta la ruta de aula diseñada sobre la velocidad de reacción química desde la fenomenología de la reactividad química.

5. Metodología

Esta investigación es de carácter cualitativo, y retoma algunos elementos de la etnografía de la comunicación, propuesta por Dell Hymes (1972), en el que se pretende establecer relaciones entre los modos de observar, pensar, conocer y de hablar, en las construcciones explicativas de los estudiantes; al enfrentarse a un estudio fenomenológico como el de reacciones químicas. Siendo además este estudio etnográfico un estudio "en caso" procurando la particularidad y no la generalización; debido a que se pretende detallar el fenómeno, observar, describir; evitando los esquemas usuales de la enseñanza de la velocidad de reacción química como algoritmos matemáticos.

El desarrollo de la investigación se realiza en cuatro etapas distribuidas de la siguiente forma: Fase inicial, fase de diseño de ruta de aula, fase de desarrollo de la ruta de aula y validación, fase de análisis.

6. Conclusiones

A partir de la mirada fenomenológica, los análisis y consideraciones expuestos en esta investigación, se concluye en este texto, que la actividad experimental entendida como un componente estructurante de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química; permite enriquecer la comprensión de los fenómenos y conocimiento químico, en los que se establecen consensos dinámicos que posibilitan comunicar, proceder y pensar desde la química; además una manera de aprender a aprender la ciencia y no solo asegurar el aprendizaje de contenidos establecidos en el currículo.

En relación a la construcción que los estudiantes hacen sobre la velocidad de reacción química como una magnitud de la reactividad química, se percibe avance en los modos de comunicarse, hacer y conocer el fenómeno de la reacción química; al iniciar el proceso se contempla que el discurso de los estudiantes estaba centrado en la teoría atómica, pero se refleja que las palabras o términos que aluden a esta, carecen de la asignación de un significado; adicionalmente se encontró conformismo por aceptar las experiencias, sin comprenderlas, considerándolas impactantes pero sin indagar más allá de los fenómenos, dado que están acostumbrados a que el docente proporcione la información, esto reflejado en las pocas observaciones y descripciones. En el desarrollo de las actividades hay progreso en las expresiones de los estudiantes; el uso de la teoría atómica empieza a tener más significado, desde el punto de vista químico, a partir de la comprensión de ¿Cómo ocurren las reacciones químicas? Y ¿Cuánto tiempo duran las reacciones químicas?; se avizora también, más interés por la comprensión de las experiencias, entendiendo que el tiempo y velocidad de reacción química, permite caracterizar, organizar, medir y formalizar el fenómeno.

Se infiere que la enseñanza de la velocidad de reacción química no debe reducirse solo a las representaciones algorítmicas; sino generar comprensión a través de la experiencia sobre la reactividad química; siendo la velocidad de reacción química una forma de organizar el fenómeno. En la implementación de la ruta de aula se vislumbró que los estudiantes lograron formular sus propias expresiones matemáticas, partiendo de las actividades experimentales y comparación con la velocidad física; con esto denotando que aunque el enunciado es similar al usado en física, los fenómenos son muy diferentes; evitando de esta manera, el reduccionismo de la química en la física. Ya que suele suceder que desde el punto de vista ontológico se enseñe química desde postulados físicos, como sucede al describirse la formación de reacciones químicas como interacciones de electrones, que no dicen mucho de los comportamientos y naturaleza química.

En cuanto a la ruta de aula centrada en la ampliación de la experiencia sobre la reactividad química desde la comprensión de la magnitud velocidad de reacción y los factores que inciden en ella; se consideró para su diseño un análisis histórico crítico sobre la velocidad de reacción química como fundamento para la consolidación del pensamiento del investigador que proporcionó elementos para la propuesta del trabajo práctico en el aula y una modificación de la forma de enseñar la cinética química; además, se tuvo en cuenta criterios para facilitar las ordenaciones del fenómeno como: la representación, a través de gráficos cartesianos de los fenómenos, para sintetizar los registros y comparación con la velocidad física que permitió la formalización de la velocidad de reacción química como una magnitud.

Referente al análisis histórico crítico de la velocidad de reacción química, se destaca que puede comprenderse ésta como una magnitud de la reactividad química, debido a que surge como una forma de cuantificar las acciones químicas “afinidad química”; inicialmente considerando el interés de organizar las interacciones químicas, que se resumen, a través de tablas, que solo demuestra una tendencia, sin embargo fue una forma sistemática de recopilar las reacciones estudiadas hasta el momento; pero es con los estudios de Wilhelmy, Guldberg y Waage, y Van't Hoff que se determinan leyes empíricas para cuantificar el fenómeno, teniendo en cuenta el

tiempo y la pérdida o aparición de las sustancias. Por ende según las consideraciones de Campbell sobre la definición de magnitud en ciencias, es posible entender la velocidad de reacción química como una magnitud derivada experimental, una magnitud química; debido que a pesar de que surge de las comparaciones con la velocidad física; presenta una naturaleza propia de la química, inicialmente porque describe un comportamiento experimental de la interacción de reactivos, sin la necesidad de explicaciones fisicalistas; además que la estructura de la expresión de la velocidad de reacción química, presenta la particularidad de la modificación de las constantes de velocidad, variación que es consecuencia de la dependencia de la concentración con la velocidad de reacción química, que se describe como orden de reacción, que se determina experimentalmente.

Elaborado por	Diana Carolina Pulido Suárez
Revisado por	Sandra Sandoval Osorio

Fecha de elaboración del resumen	Tesis de Maestría de Investigación.	08	10	2015
---	-------------------------------------	----	----	------

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”. (Parágrafo 2. Artículo 42, Acuerdo 031 del 04 de diciembre de 2007 del Consejo Superior de la Universidad Pedagógica Nacional).

“... expresar el deseo de que podáis, dentro de vuestra generación, ser capaces de compararos con una vela; que seáis capaces, como ella de iluminar a quienes estén a vuestro alrededor como si fuerais luces; que en todos vuestros actos podáis justificar la belleza de una llama haciendo que vuestras acciones sean honorables y eficaces en el cumplimiento de vuestro deber para con los demás seres humanos” (Faraday, 2004) historia química de la vela

DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi camino, ser mi fortaleza y la guía en mi vida, a mis padres y hermana por brindarme una familia ejemplar de amor, unidad y fomentar en mi el aprecio por la educación, por su acompañamiento en este proceso formativo que decidí emprender, siendo un apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mis capacidades.

AGRADECIMIENTOS

Este ejercicio de reflexión y dialogo de la enseñanza de la cinetica química y el papel de la actividad experimental en el aula; fueron resultados de un trabajo de discusión y compromiso que asumi junto a Sandra Sandoval Osorio directora de este trabajo, quien apporto de forma significativa con sus ideas, su dedicación, colaboración y acompañamiento continuo. Tambien a los espacios de cuestionamiento generados en el grupo de investigación Física y Cultura.

A los lectores de esta investigación Yair Alexander Porras Contreras y Andrea Aristizabal por sus aportes y comentarios que contribuyeron a discusiones sobre el desarrollo de la investigación.

A Diego Andres Pelayo Barbosa por escuchar, conversar y sugerir, lo que permitio aclarar muchas ideas que eran confusas, ademas de su apoyo y amor incondicional.

A mis padres y hermana por ser los pilares de mi vida, por los valores inculcados, su amor, comprensión y su ejemplo de vida.

CONTENIDO

I. CONTEXTUALIZACIÓN PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
ANTECEDENTES	7
DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
OBJETIVOS	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
METODOLOGIA.....	13
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	13
Fases de investigación	14
II. LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL DESDE UNA MIRADA FENOMENOLÓGICA .	24
LA CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS EN EL AULA DE CLASE.....	25
MAGNITUD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMPO FENOMENOLÓGICO	27
III. LA DINÁMICA DE LOS PROCESOS COGNITIVOS (EXPERIENCIA, LENGUAJE Y CONOCIMIENTO).....	30
IV. ESTUDIO HISTORICO DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN QUIMICA EN LA AMPLIACIÓN DE LA REACTIVIDAD QUIMICA	32
COMPRENSIÓN DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN QUÍMICA COMO MAGNITUD DESDE LOS APORTES DEL ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO	52
V. DISCUSIÓN SOBRE LOS MODOS DE CONSTRUIR Y FORMALIZAR DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN EN LA RUTA DE AULA	58
VI. CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	98
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS	

CONTENIDO DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Fases de la investigación.....	14
Diagrama 2. Elementos para establecer una ruta de aula.....	19
Diagrama 3. Estructura dialéctica	31
Diagrama 4. Elementos primordiales desde la visión de Aristóteles	33

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Table des différens Rapports observés en Chimie entre différentes substances.	35
Ilustración 2. Tabla de las primeras columnas de las afinidades electivas.....	37
Ilustración 3. Proceso de inversión de la sacarosa en medio ácido.....	42
Ilustración 4. Representación gráfica cantidad de peróxido en relación a tiempo.....	46

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los momentos históricos del análisis histórico crítico de la velocidad de reacción química.	15
Tabla 2. Etapas de la ruta de aula.....	19

I. CONTEXTUALIZACIÓN PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la cinética química, frecuentemente, se reduce a la conceptualización de teorías o descripción de axiomas, lo cual repercute en la comprensión de los fenómenos que se abordan, por lo tanto los objetivos de enseñar esta temática no son claros, y por esto muchos docentes prefieren evitar involucrarla en los currículos del nivel secundario. Esto se percibe en el bajo número de investigaciones en este campo que se constata con la revisión documental en revistas científicas sobre enseñanza de la cinética química, elaborada por Piso, Domínguez, García & Fernández (2002), en la que se considera que su enseñanza está a la sombra del equilibrio químico, sobre la que se centra la mayoría de propuestas que retoman algunos elementos de la cinética.

En las investigaciones revisadas por Piso et al (2002) se identifica que en el campo de la enseñanza de la cinética química hay muy pocos autores que traten la problemática del aprendizaje y propongan secuencias para ello. Por ende es fundamental modificar la manera en la que se enseña y se entiende la cinética química, enfocándose en la comprensión de ¿Cómo ocurren las reacciones químicas?, para que pueda organizarse este fenómeno al responderse a las preguntas ¿Cuáles reacciones suceden más rápido y por qué? ¿Cuáles son los factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas?; para que de esta manera pueda formalizarse con representaciones algorítmicas que sintetizen los supuesto teóricos, pero que sean cognoscibles y se profundice en el fenómeno de la reacción química como un conjunto dinámico y no segmentando de unidades temáticas en las que no existe un vínculo o eje articulador.

Para alcanzar ésto es fundamental que se reconozcan los fenómenos que se implican en las teorías, es por esto que se tiene que involucrar en la enseñanza de la cinética química, momentos donde el sujeto distinga el fenómeno de la reactividad química y pueda cuestionarse sobre este, y se dé a la labor de construir los supuestos teóricos organizando, clasificando, midiendo, construyendo magnitudes y aparatos que miden las magnitudes.

En consecuencia, esta investigación está centrada en la comprensión de la cinética química, desde un análisis histórico crítico; que proporcione elementos para la proyección de la enseñanza de la cinética química; que posibilite en el estudiante, construir su conocimiento, a partir del acercamiento con los fenómenos indagados y organice las situaciones que se involucran en una

fenomenología; esto a través de la actividad experimental; pero no entendida como un escenario donde se comprueba la teoría, sino como estrategia integradora en la que se formalicen supuestos teóricos, elaborados en primer lugar por las vivencias del estudiante al confrontarse con el fenómeno; teniendo como punto de partida preguntas que lo induzcan al reconocimiento de las cualidades, y proporcionen la indagación y formulación de nuevas preguntas que modifiquen los modos de comunicar, actuar y pensar los fenómenos.

La actividad experimental es una de las prácticas más destacadas en el desarrollo de la química, debido a que en gran medida el experimento ha hecho parte del desarrollo teórico y conceptual, que aportará desde diversas perspectivas a la consolidación del conocimiento de los fenómenos químicos. Por consiguiente en el aula deben evitarse hacer del experimento un subordinado de la teoría. Los experimentos no deben ser solamente descriptivos o narrativos para reforzar el contenido de las teorías, sino que se debe avanzar hacia la caracterización de experimentos que involucren problemáticas y que tengan una riqueza conceptual en sí mismos, crear necesidades donde el experimento “hable” y se comunique, crear situaciones específicas donde la naturaleza se “despliegue” y muestre comportamientos, esto es, hacer de la experimentación una actividad humana (García & Estany, 2010, p.14). Es por esta razón que la práctica experimental debe estar encaminada a la articulación de la teoría con la experiencia, donde ninguna subyace a la otra, vinculándose el mundo de las ideas y el mundo sensible.

Por las consideraciones anteriores se hace indispensable adoptar una postura reflexiva y crítica sobre la actividad experimental y los supuestos teóricos; por consiguiente en este trabajo de investigación se toma como referente la filosofía experimental de I. Hacking (1996) y una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias del grupo de investigación Física y Cultura.

Para la construcción de fenomenologías en el aula de clase, se destaca la importancia de la recurrencia a la historia de las ciencias y un análisis histórico-crítico por parte de los docentes que sea un marco de referencia para la formulación de una manera propia de abordar los problemas de trabajo; evitando la estructura acabada y usualmente divulgada de los conceptos o teorías establecidas, se pretende, construir conocimiento a través de la confrontación con preocupaciones y elaboraciones con grupos o personas que manifiestan intereses coincidentes. (García, 2011, p. 89).

En esta investigación se realiza una secuencia de aprendizaje como una ruta de aula, retomando la revisión histórico crítica, que permita la ampliación de la experiencia, la formalización de la velocidad de la reacción química como una magnitud y los factores que inciden en la cinética de las reacciones, desde una perspectiva fenomenológica, que propenda a la comprensión de los supuestos

teóricos, y así se evite partir del reduccionismo tradicional algorítmico en la enseñanza de la velocidad de reacciones químicas. Además se hace una reflexión de la velocidad de reacción química como una magnitud organizadora del fenómeno de la reactividad química.

A partir de la ruta de aula experimental se pretende estudiar cómo los estudiantes construyen su conocimiento, desde el análisis de las actividades de formalización, experimentación y las relaciones que hacen de estas, dado que en esta investigación se considera que la enseñanza de la química no debe estar enfocada al desarrollo de productos como teorías, competencias o la adquisición de unos aprendizajes; se privilegia el fomentar en el estudiante la capacidad de asombrarse, observar, buscar explicaciones, establecer relaciones, debatir, compartir sus construcciones y seguir aprendiendo.

Para analizar las construcciones explicativas de los estudiantes se retoma a Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990), quienes consideran que nuestra forma de comprender y aprender se manifiesta en la correspondencia de la experiencia, lenguaje y conocimiento, es decir que a medida que se modifican los modos de proceder, se transforman los modos de hablar y los modos de pensar, estando siempre estos en una tensión y estableciéndose una dialéctica mutua. (Arcá, et al, 1990, p. 30); por esta razón se hace un estudio de los modos de expresarse del sujeto sobre los fenómenos en la ruta de aula y de esta manera aproximarse a los modos de pensar de los estudiantes.

En efecto el trabajo corresponde a una investigación de carácter cualitativo y que retoma la etnografía comunicativa, propuesta por Dell Hymes (1972), un estudio “en caso”, caracterizado por la particularidad, evitando la generalización. Se emplea para esta investigación instrumentos para recoger información como: grabaciones, escritos de estudiantes, documentos y textos científicos originales y fuentes secundarias.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se desarrolla en el marco de la línea de investigación: enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural del grupo de investigación Física y Cultura; centrándose en una perspectiva fenomenológica para la actividad experimental. Se tiene como propósito aportar a la comprensión del fenómeno de la reacción química, desde el estudio de la velocidad de reacción química y particularmente desde el análisis de su carácter de magnitud, lo cual permite la concreción del fenómeno y de los supuestos teóricos.

El fenómeno es un elemento constitutivo de la actividad experimental, por consiguiente para la concreción de supuestos teóricos, la práctica experimental tiene un papel fundamental en el estudio del fenómeno, pero a pesar de su importancia en la formalización y consolidación de teorías, existe un bajo número de investigaciones en este campo en la enseñanza de la química, ya que desde la influencia de los paradigmas de Kuhn y Popper en la filosofía de la ciencia; los científicos, filósofos, investigadores e historiadores, desde una perspectiva deductivista contemplan el conocimiento científico desde la teorización de todos los fenómenos, de tal manera que se va a fomentar la concepción de que la actividad más relevante de los científicos es “fabricar teorías”, y a esa elaboración debe subordinarse cualquier otra actividad. Tanto que relatar dicha actividad casi se podía reducir, en buena ley, a los procesos de elaboración y reelaboración de teorías que aparecieran como síntesis perfectas (Ferreiros & Ordoñez, 2002, p. 51). Además se atribuye el afán del científico de emplear expresiones matemáticas a los fenómenos, dejando en un segundo plano a la experimentación y observación.

De igual manera, estas visiones han predominado en los libros de texto de ciencias, asumiéndose el experimento como subsidiario de la teoría y solamente considerándosele para avalar lo que dice un modelo teórico (García & Estany, 2010, p. 9). Por consiguiente, se hace necesario evaluar y analizar las prácticas experimentales, revisar la estructura retórica y los aportes de la filosofía e historia de la ciencia, evitando las simplificaciones, ya que esto afecta en gran medida la enseñanza generando modelos mentales erróneos de los fenómenos y haciendo de la química un área tediosa de aprender.

Desde la perspectiva fenomenológica de la actividad experimental, se reconoce que es innecesaria y artificial la separación que se hace entre el mundo sensible y el mundo de las ideas y la rivalidad entre lo cualitativo y cuantitativo; pues es poco útil distanciar la teoría del experimento, ya que ni el experimento subyace a la teoría, ni la teoría al experimento; la relación que se presenta es dinámica.

La teoría contribuye en la elaboración de los experimentos y la reflexión sobre la experimentación conlleva a la consolidación de supuestos teóricos, a la organización, clasificación, medición, construcción de magnitudes como la velocidad de reacción química.

El fenómeno a abordar en la propuesta es la reacción química que es organizada y formalizada con el estudio de la velocidad de reacción como magnitud y los factores que intervienen en esta, de esta manera es posible comprender y ampliar la experiencia y el conocimiento de cómo suceden las reacciones químicas; generándose preguntas como: qué hace que unas reacciones sean más veloces que otras, cuáles condiciones alteran el comportamiento de velocidad de reacción, además al interpretarse la velocidad de reacción como una magnitud, es posible medirse las relaciones de afinidad entre las sustancias que interactúan en la reacción, siendo este uno de los principales interrogantes que llevo a los científicos a la formulación y principio del estudio de la cinética química, intentar medir la “afinidad química” entre las sustancias; término que en los libros y aulas de clase se ha abandonado; relegándolo a un nivel microscópico que carece de sentido químico.

Esta separación de la velocidad de reacción química con la reactividad química ha ocasionado que se reduzca su enseñanza solo a la descripción de expresiones axiomáticas que algunas veces no son muy claras para el estudiante, por lo tanto se propende mejorar los niveles de experimentación en la construcción de esta magnitud, desde el análisis histórico-crítico y la descripción de medida de Campbell (1920); debido a que en el aula de clase, no se hace una reflexión sobre la importancia de la magnitud química, tratándose sólo desde un enfoque cuantitativo, pero es relevante reconocer que las magnitudes y las formas de medida no son externas al fenómeno, sino que son producto de la comprensión de amplios campos fenoménicos. (Ayala, Malagón & Sandoval, 2011, p. 29), por lo tanto es fundamental en la experimentación lograr una relación bilateral entre los aportes cualitativos y cuantitativos en el estudio del fenómeno, así ampliando los modos de significar del estudiante sobre la velocidad de reacción química; partiendo de la observación, la organización del fenómeno, involucrando cualidades que permitan hablar sobre este, clasificar, relacionar y formalizar con magnitudes y medidas.

Igualmente esta investigación se centra en el estudio de la enseñanza de la magnitud velocidad de reacción química, porque este ha sido muy poco estudiado desde el componente didáctico, además la enseñanza del campo de la cinética química está algunas veces oculto en el estudio del equilibrio químico.

Adicionalmente en la revisión documental de Piso et al (2002) se encuentra que muchas de las investigaciones en el campo de la enseñanza de la cinética química no suelen tratar la problemática del aprendizaje. Suelen consistir en propuestas de analogías, problemas, métodos informáticos y muy pocos autores proponen secuencias de aprendizaje.

ANTECEDENTES

Las actividades experimentales son un campo importante en el ámbito de la didáctica de las ciencias porque permite observar, indagar y apropiarse del fenómeno estudiado por los científicos, que encaminan a la construcción de una teoría científica, elaboración de mediciones e instrumentos para comprender el pensamiento científico. Por lo tanto en este trabajo se realiza una propuesta que permita la comprensión de la magnitud de la velocidad de las reacciones químicas y los factores que modifican estos comportamientos, a partir de las construcciones y formalización de la experiencia. Es por esto que se hace necesario el reconocimiento de trabajos que presenten un enfoque similar que puedan orientar esta investigación en diferentes aspectos. A continuación entonces se realiza una descripción bibliográfica de estudios bajo esta perspectiva.

García, (2011) en la tesis doctoral “Las prácticas de laboratorio en los libros de texto y su influencia en el aprendizaje”, realizada en la Universidad Autónoma de Barcelona, pretendió identificar en los libros de física general la estructura retórica empleada en la presentación de las prácticas experimentales en la temática de electromagnetismo, en cuanto a su contenido y aportes en la historia y filosofía de las ciencias, estableciendo relaciones con las explicaciones de los estudiantes en formación docente sobre el fenómeno. Este trabajo se hizo bajo un enfoque cualitativo de carácter interpretativo, empleándose como instrumentos para la recolección y valoración de la información: cuestionarios con preguntas abiertas y cerradas, redes sistémicas, mapas conceptuales para estudiar la estructura del contenido de libros de texto y análisis histórico-crítico de libros y documentos originales. Se concluye en la investigación que los libros de texto presentan un discurso de transmisión con un marcado énfasis matemático y el papel de las prácticas experimentales son demostrativas y no se le reconoce una dinámica propia, lo que genera en los estudiantes aprendizajes memorísticos, de fórmulas y definiciones cargadas de información abstracta. Por lo tanto se sugiere el abordaje de los contenidos desde experimentos cualitativos con riqueza conceptual porque un docente en formación no solo debe saber leyes y teorías, si no el saber experimental.

Piso et al, (2002) en la investigación de tesis doctoral, titulada “revisión de la investigación sobre la enseñanza de la cinética química” realiza una observación de artículos en revistas de educación que se enfocan especialmente en la cinética química, allí se pone de manifestó que la enseñanza de en este eje temático es escasa y ha estado bajo la sombra del equilibrio químico. Se sugiere

dar la relevancia que la cinética química tiene para la comprensión de reacción química; además se propone el trabajo en la enseñanza de este contenido principalmente desde la visión del estudiante, teniendo como consideración la descripción de la problemática desde el testimonio de los educandos y la elaboración de unidades didácticas con fundamentos científicos y didácticos y la evaluación de estas en el aula.

Cunningham (2007) en su investigación "*applications of reaction rate*" considera que existen muchos estudios sobre cómo ayudar a los estudiantes a entender la velocidad de reacción, pero se dice muy poco acerca de cómo el estudiante gana comprensión encontrando su propio sentido de la velocidad de reacción; esa es la razón por la cual propone a sus estudiantes la indagación de una reacción química, orientando su comprensión sobre ésta y evalúa el impacto que tiene su intervención en los estudiantes y centra su discusión, a través de las siguientes preguntas: 1) ¿puede el estudiante identificar un cambio que es claramente químico, como oposición al físico, en naturaleza?; 2) ¿puede el estudiante identificar una reacción química cuya velocidad de aumento o disminución es de algún interés o importancia práctica?; 3) ¿puede identificar correctamente los reactivos y productos del cambio químico que ha seleccionado?; 4) ¿puede el estudiante clara y correctamente explicar el mecanismo por el cual identifica el factor (temperatura, concentración, superficie de área o presencia de un catalizador o inhibidor) la velocidad aumenta o disminuye en la reacción seleccionada? Y 5) ¿puede el estudiante efectivamente aplicar los estándares convencionales de la escritura inglés? Analiza con las categorías que los estudiantes son capaces de escribir sus comprensiones, pero para esto es necesario la ayuda, la revisión, evaluación y comunicación continua con el instructor. De esta manera es posible pensar al estudiante como promotor de su propio conocimiento, que da significado a su aprendizaje, desde el acercamiento con el contexto. Por este motivo es fundamental aproximar al estudiante, al estudio de los fenómenos, desde la experimentación para así construir supuestos teóricos, modos de hablar, proceder y conocer la ciencia química.

Quílez (2004) en su investigación "*A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions*". Hace una reconstrucción histórica del equilibrio químico, desde la afinidad química, retoma la construcción de tablas de afinidad, afinidades electivas, Berthollet, Guldberg y Waage. Resalta la idea del estudio histórico y filosófico de la química, por parte del docente, con el objetivo de diseñar estrategias de enseñanza para promover la reestructuración conceptual en los estudiantes, facilitando su comprensión de la naturaleza química. Además

considera el concepto de afinidad como una idea fundamental para el estudio de la ocurrencia de las reacciones químicas; en su planteamiento sugiere vincular al estudio histórico y filosófico, actividades experimentales que posibiliten apropiarse el conocimiento.

Rojas (2012) en la tesis de maestría en docencia de la química de la Universidad Pedagógica Nacional “Cinética y equilibrio químico, propuesta de intervención didáctica basada en aprendizaje por investigación”. Desarrolló e implementó una estrategia de intervención didáctica de la cinética y equilibrio químico, a partir del aprendizaje por investigación; en una población de estudiantes de grado decimo del colegio Alfonso Pabon Pabon, donde se realizó una secuencia didáctica que permitiera la consolidación de contenidos, a través de la experimentación y el estudio histórico-epistemológico, relacionándolo con el entorno circundante de los estudiantes con prácticas de estudio de los cultivos agrícolas. Realizó un seguimiento de los registros orales y escritos que permitieron construir una explicación de la consolidación del fenómeno por parte de los estudiantes; concluyéndose que la intervención didáctica promovió cambios de pensamiento causal lineal a uno multicausal, además se resalta que la práctica brindó un contexto adecuado para la observación, experimentación y la formalización.

Porras (2013) en el trabajo de investigación de Maestría en Docencia de la química “la fenomenología de las reacciones químicas para caracterizar los modos de conocer y formalizar en química” realizó una ruta de aula por medio de actividades experimentales para la comprensión de la experiencia en la fenomenología de las reacciones químicas, empleó la afinidad para la explicación de las reacciones químicas y su impacto en la formalización química en estudiantes de grado decimo de IE Antonio Nariño “la Yopalosa”. A partir de este trabajo se reconoce la importancia de emplear la afinidad química para la comprensión y concreción en la explicación del fenómeno de reacción química, posibilita formas de pensamiento más concretas y el uso de un lenguaje más apropiado para la explicación del fenómeno, reconociéndose el papel del experimento en el aula como un instrumento que permite la comprensión del fenómeno estudiado, evitándose la reducción de la actividad experimental no solo en la comprobación de la teoría científica.

Los trabajos de investigación anteriormente señalados, son un aporte fundamental en el desarrollo de esta investigación; pues se reconoce la necesidad de transformar la enseñanza de la química y la visión sobre la actividad experimental en el aula, donde se evite la reducción de estas a la

comprobación de la teoría. Reconociéndose la relación dinámica entre la teoría y la experimentación. Además se plantea el papel primordial que tiene el conocimiento de la historia de las ciencias y los análisis críticos que los docentes deberían hacer sobre esta historia, que permiten al educador una construcción propia del conocimiento que da criterios para proponer estrategias didácticas innovadoras en el aula. En las investigaciones de Rojas (2012) y Porras (2013), se presentan rutas de aula experimental para abordar fenómenos químicos, desde una perspectiva fenomenológica centradas en la experimentación y la formalización de las experiencias, que generen escenarios de producción de conocimiento, mediante relaciones dialógicas y consensos en el aula entre estudiantes y docente; siendo estos una guía para comprender como podría desarrollarse secuencias de actividades con el enfoque fenomenológico.

DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Enseñar química es uno de los retos al que se enfrentan los docentes de esta ciencia día a día; en especial si se indaga sobre la forma más adecuada que permita una comprensión y reflexión de los procesos que involucra la química. Esa es la razón por la cual, actualmente se cuestionan las metodologías para enseñar química, debido a que está centrada en una química, que abandona su identidad, reducida a la física y a los planteamientos matemáticos, que genere ideas de las entidades químicas como sustancias estáticas. Además se enseñan modelos y teorías en forma seccionada, que son difíciles de interpretar por los educandos y que no tienen relación con los fenómenos. Así, por ejemplo cuando se enseña cinética química se propende a enfocarse en la explicación de algoritmos y no existe un vínculo entre esta temática y el fenómeno de la reactividad química; haciendo que sea incomprensible e irrelevante el aprendizaje de la cinética química. Indiscutiblemente, el problema está en que nunca se da una visión de conjunto de las reacciones químicas, y sólo se presentan los aspectos que interesan en un momento dado (Piso et al, 2002, p. 178).

Hay que mencionar, además que los educadores privilegian la enseñanza de teorías, leyes y hechos desarrolladas por científicos, considerando la ciencia como acabada; imponiendo un discurso de conceptos a los estudiantes, que no asocia a su experiencia y termina siendo un parafraseo sin sentido, que genera una visión de la química como una ciencia idealizada.

Considerando lo anterior, es necesario replantear las formas en las que se enseña y se aprende la química, de tal manera que se involucren los fenómenos en el aula de clases y el estudiante recurra a estos para construir su conocimiento y desarrollar su discurso sobre lo que percibe, que genere procesos de formalización de los supuestos teóricos y proporcione mejores comprensiones sobre las identidades químicas.

Por ende, la intención de esta investigación es realizar una propuesta de intervención educativa, hacer una resignificación de lo metodológico, con el propósito de organizar experiencias que permitan la consolidación y comprensión del fenómeno de la reactividad química, desde la velocidad de reacción química como magnitud. De esta manera, hacer que la enseñanza de la velocidad de reacción química no se centre en la imposición de algoritmos y teorías, sino en el dialogo entre los sujetos en presencia de los objetos inteligibles.

El docente entonces, tiene que indagar sobre el conocimiento con el que el estudiante llega desde su experiencia cotidiana e identificar cómo construye y formaliza este sujeto a medida que su experiencia va cambiando.

Para la construcción de este propósito se hace necesario realizar una investigación de carácter educativo y científico articulado bajo la siguiente pregunta:

¿Qué modos de conocer exhiben los estudiantes durante la implementación de una ruta de aula centrada en la ampliación de la experiencia sobre la reactividad química desde la comprensión de la magnitud velocidad de reacción y los factores que inciden en ella? Esto implica preguntarse también sobre ¿Qué criterios deben considerarse para comprender la velocidad de reacción química como magnitud?

OBJETIVOS

Objetivo general

- Ampliar la experiencia acerca del fenómeno de la reactividad química desde la formalización de los factores que inciden en la velocidad de reacciones químicas como magnitud.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis histórico crítico de la velocidad de reacción química, que permita la comprensión de ésta como una magnitud química.
- Diseñar e implementar una secuencia de aprendizaje enfocada a la organización y formalización de la velocidad reacción como magnitud química.
- Establecer criterios de análisis de las construcciones explicativas que los estudiantes hacen de la velocidad de reacción como magnitud química.

METODOLOGIA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se busca la mediación entre el docente y estudiante, en la construcción de un campo fenomenológico. Donde el estudiante se auto-perciba como generador de supuestos teóricos; capaz de producir organizaciones, reagrupaciones, reordenaciones y relaciones entre cualidades, que den criterios para la formalización del fenómeno.

Esta investigación es de carácter cualitativo, y retoma algunos elementos de la etnografía de la comunicación, propuesta por Dell Hymes (1972), el énfasis en las interacciones comunicativas y sociales entre el estudiante y el maestro, en el aula de clase durante el proceso de enseñanza y aprendizaje. La etnografía del habla estudia lo que se logra por medio del habla y cómo esta se relaciona con- y se conforma sobre- determinados aspectos de la organización social y de las asunciones, valores y creencias que los hablantes tienen del mundo. Siendo una preocupación prioritaria, conocer el significado que posee el habla para los hablantes concretos en situaciones sociales específicas (Duranti, 1992, p. 253). Al respecto en esta investigación se establecen relaciones entre los modos de observar, pensar, conocer y hablar, en las construcciones explicativas de los estudiantes; al enfrentarse a un estudio fenomenológico de las reacciones químicas y la formalización de la velocidad de reacción como magnitud; analizando e interpretando ¿Cuál es el sentido del uso de expresiones en determinados contextos? ¿Cuál es la relación entre la interacción del habla, la experiencia y el conocimiento?

Por lo tanto, se interpreta el uso de expresiones en un contexto específico, en el que se describe cómo se emplean y qué función tienen en el desarrollo cultural y social del conocimiento; obviando la inferencia que algunos sociolingüistas hacen de las formas gramaticales, solo como una descripción de la variación de sus usos, quienes ignoran la relación con los modos de proceder en un contexto particular.

Siendo además este estudio etnográfico un estudio “en caso” que procura particularizar la generalidad; debido a que se pretende detallar el fenómeno, observar, describir; evitando los esquemas usuales de la enseñanza de la velocidad de reacción química como algoritmos matemáticos; en los que se universaliza unos supuestos teóricos y se reproducen en las aulas de clase; sin pormenorizar para lograr una mejor comprensión del fenómeno; desde la construcción propia del conocimiento, en relación a la experiencia. Además como señala Dell Hymes (1972), aunque se comparta una misma lengua o

reglas sociales; no existe homogeneidad lingüística y cognitiva, aunque se pertenezca a culturas análogas. Pues dependiendo del contexto particular se pueden encontrar diversidad de interpretaciones sobre el campo fenomenológico. Para el desarrollo de esta investigación se acude a técnicas de recogida de información como: grabaciones, escritos y la observación participante. Esta última considerando que la interpretación sintetiza, a final de cuentas, tanto el horizonte significativo del investigador como del sujeto investigado en una "fusión de horizontes" (Bertely, 2003, p. 7).

Fases de investigación

El desarrollo de la investigación se realiza en cuatro etapas distribuidas de la siguiente forma:

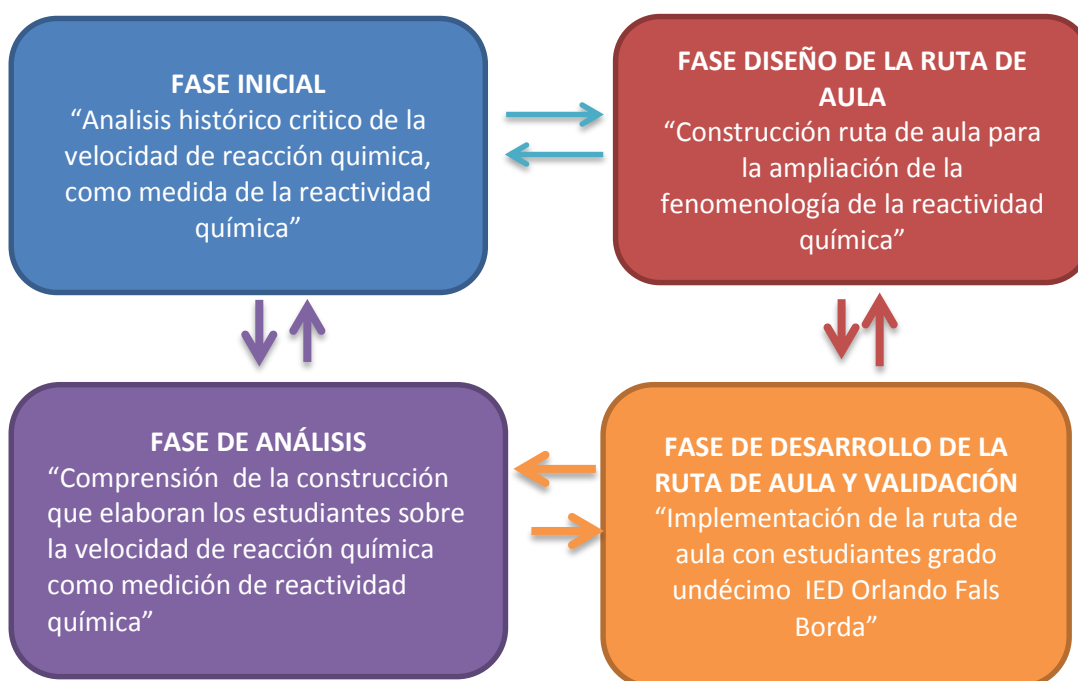


Diagrama 1. Fases de la investigación. Pulido, Diana (2015). Autora.

Fase Inicial

En esta primera fase se realiza una revisión bibliográfica para la elaboración de antecedentes y referentes conceptuales; para la formulación del problema y los objetivos de investigación.

En esta etapa se hace un análisis histórico crítico del estudio de la velocidad de reacción química y los factores que influyen en esta, se emplea fuentes primarias como Berthollet (1803), Berthelot y Gilles (1862), Berzelius (1845), Guldberg y Waage (1962), traducido por Abrash, Harcourt y Esson (1866), Lavoisier (1798), Van't Hoff (1896), Van't Hoff (1898) y Waage, Gulberg y Abrash (1986) y

Wilhelmy (1850) y fuentes secundarias Bensaude y Stengers (1997), Brock (1998), Grapi (2011), Levere (1971), Ostwald (1909) y Pardo (2002) ; siendo un referente para la elaboración de la ruta de aula experimental y la comprensión de la velocidad de reacción como una magnitud química; que permiten al docente abordar los fenómenos y teorías que subyacen en este proceso.

Para este análisis se tienen como referencia los siguientes momentos históricos: el estudio de la naturaleza antropomórfica, la afinidad química, primer modelo cuantitativo, la mecánica química y la termodinámica-cinética. Esta asignación se hace por las ideas centrales sobre las transformaciones químicas y la representación de velocidad química que se generaba en cada uno de estos momentos.

Tabla 1. Descripción de los momentos históricos del análisis histórico crítico de la velocidad de reacción química.

MOMENTO HISTORICO	PERSONAJES QUE CONSTRUYERON	PERSPECTIVA DE VELOCIDAD Y LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA REACCIÓN QUIMICA
Estudio de la naturaleza antropomórfica	Griegos, alquimistas y Aristóteles (1964) traducción del griego por Los Samaranch	Este primer momento se titula naturaleza antropomórfica, debido a la connotación que dan las escuelas filosóficas sobre las transformaciones de la materia, que propusieron explicaciones que se relacionan con cualidades humanas como odio, amor, matrimonio, divorcio. Además se destaca en este periodo los estudios de Aristóteles para el estudio cinético, pues él es el primero que menciona la palabra velocidad, aunque desde un sentido físico; además vincula las nociones que tiene del movimiento a la teoría de los elementos y explicó la transmutación de los elementos; aproximándose a la idea de las transformaciones de la materia; describe que cuando un elemento pierde sus cualidades transmuta. Aristóteles explicó que los elementos opuestos generan nuevos elementos.
La afinidad Química	Boyle, Newton, Etienne François Geoffroy, Bergman, Lavoisier, Berthollet (1803) Berzelius (1845)	Este momento es muy importante para el estudio de las reacciones químicas y la velocidad de reacción. Desde la afinidad química, se rechaza el animismo y se describe que las transformaciones son debidas a fuerzas de interacción de la materia, muchas de estas ideas sustentadas desde la propuesta de Newton sobre la materia conformada de corpúsculos. Por lo tanto en este momento se hace un énfasis en estudiar el ¿Cómo ocurren las transformaciones químicas?, se explica la acción química como una mayor tendencia entre unas sustancias a unirse con otras, es por esta razón que en este periodo se elaboran tablas para explicar las relaciones entre sustancias y organizar estos procesos. Posteriormente se

		reconoce que se presentan factores que modifican las transformaciones como las masas, la temperatura, la viscosidad, entre otras. Esto provoca entonces, un cambio radical de intentar comprender la ocurrencia de las reacciones químicas, no solo como una tendencia, sino como una fuerza en relación a. Por lo tanto se inicia una indagación sobre cómo cuantificar esas fuerzas de acción química.
Primer modelo cuantitativo	Wenzel y Wilhelmy (1850)	En el primer modelo cuantitativo se hace énfasis en cuantificar las fuerzas de acción química, por lo tanto se construyen experiencias que permitan medir esas relaciones. En este momento se considera que el tiempo en el que sucede el proceso químico es una forma de determinar la afinidad química y es Wilhelmy quien fórmula por primera vez una expresión matemática que representa la velocidad de reacción química en la inversión de la sacarosa en el polarímetro. Una de las principales facilidades que se tuvo en esta época fue el tipo de reacciones estudiadas, ya que se centraron en el estudio de reacciones químicas orgánicas, siendo estas un poco más lentas y permitiendo el estudio más detallado. Además también surge por el auge en la producción industrial.
La mecánica química	Berthelot y Gilles (1862), Harcourt, Esson (1866) Waage y Guldberg (1866) traducido por Abrash	Los aportes de Wilhelmy fueron muy poco reconocidos y asimismo generó muchos interrogantes porque su planteamiento teórico era muy escaso; en consecuencia varios científicos se interesaron en el estudio de los tiempos de las reacciones químicas; es por esto que empiezan a relacionar los procesos físicos con las transformaciones químicas, haciendo analogías entre los comportamientos de las sustancias con las leyes de la mecánica. Se hacen en este momento ecuaciones empíricas sobre comportamiento de reacciones químicas donde relacionan cantidad de producto formado y tiempo, a través de ecuaciones diferenciales. Se emplean gráficas y expresiones que representen la tendencia de los gráficos. También se postula la ley de acción de masas y volúmenes por Waage y Guldberg, como una magnitud de la afinidad química, que se relaciona con la velocidad de los procesos químicos.

Termodinámico y cinético	Van't Hoff (1898) y Arrhenius	En este se le da una perspectiva termodinámica a los procesos de la velocidad de reacción; Vant Hoff formula la ley de velocidad de reacción química partiendo de los postulados de la ley de acción de masas de Waage y Guldberg. Se da gran relevancia a las concentraciones en la reacción, propone un factor exponencial que depende los factores estequiométricos de la reacción, denominado molecularidad que es la primera expresión que denota los órdenes de reacción; además se describe que la velocidad es una manera de medir la afinidad química pues permite medir el trabajo de una reacción, aunque otra forma más clara de medición es el calor de la reacción. Finalmente se reconoce que existe una dependencia de la temperatura a la velocidad.
---------------------------------	-------------------------------	---

Fase de diseño de la ruta de aula

En esta etapa se construye la ruta de aula (anexo 1), con el objeto de ampliar el campo fenomenológico y la formalización de velocidad de reacción como una magnitud química. Esta ruta de aula está diseñada teniendo en cuenta el análisis histórico crítico elaborado que genera una imagen, representación y una reconstrucción del conocimiento científico que permite proponer fenómenos para el estudio en el aula; posteriormente se planea actividades experimentales relacionadas con las reacciones químicas entre ácidos y metales, al igual que lo hizo Wenzel en sus experiencias; y reacciones que también fueron analizadas por Van't Hoff, asimismo contextualizándolas con los procesos de lluvia ácida y los tiempos en los que transcurren en una reacción química y se tienen en cuenta también la identificación de las cualidades del fenómeno, la ordenación de las reacciones químicas según el tiempo de transformación, la identificación y caracterización de factores que alteran la velocidad de la reacción, la medición, construcción de gráficas, analogías y ampliación de la experiencia.

En consecuencia, la ruta de aula experimental (anexo 1) es propuesta para que se realice un diálogo entre estudiantes y docentes donde la teoría no se anteponga a la experiencia y el estudiante esté inmerso en la actividad de construcción de los supuestos teóricos. Al finalizar la ruta de aula se espera que los estudiantes hablen sobre el fenómeno de las reacciones químicas y de la velocidad de reacción como una forma de medir este fenómeno; elaboren y analicen gráficas, construyendo con estas los supuestos teóricos que implican la velocidad de reacción química; amplíen su experiencia sobre el fenómeno de las reacciones químicas y comprendan los factores que afectan la velocidad de reacción química.

Esta ruta de aula está enmarcada desde una perspectiva fenomenológica porque se renuncia a transmitir información y a explicaciones metafísicas que suelen hacerse en el aula de clase como ¿Por qué suceden las reacciones químicas?, sino a trascender desde la construcción de explicaciones del ¿Cómo suceden las reacciones químicas?, evitando que el objeto de estudio sea el concepto o teoría, si no la experiencia que se tiene del mundo y cómo esta varia al abocar al estudiante hacia experiencias nuevas que permitan la comprensión de fenomenologías, y una percepción del mundo desde lo que aparece, y de esta manera organizar las maneras de observar, así ampliándose la experiencia, para organizarla, medirla, generalizarla y formalizarla.

¿Qué se entiende por ruta de aula?

En esta investigación se emplea la ruta de aula como un modo de ordenar las actividades experimentales que fomenten la construcción de fenomenologías; la ruta de aula es una estrategia que surge del grupo de investigación Física y Cultura, en la línea enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural; esta consiste en una ruta de actividades experimentales propuestas por el docente investigador, quien tiene como base de diseño, el análisis histórico crítico de los fenómenos a estudiar, no para enseñar la historia, sino para resignificar y reconstruir sus conocimientos, dando elementos para encaminar al estudiante a la construcción de fenomenologías y la ampliación de la experiencia; a través de ruta de preguntas y experiencias que lo lleven a replantear lo que conoce, organice los fenómenos, describa, interprete, mida y formalice. En la ruta de aula se proponen espacios de dialogo y reflexión entre docente y estudiante sobre las actividades experimentales que oriente los modos de pensar, modos de hablar y proceder sobre el fenómeno. a continuación se ilustra los elementos claves para la construcción de la ruta de aula, se avizora en el (diagrama 2) procesos continuos de construcciones explicativas del fenómeno que generan una comprensión desde la articulación de la teoría y la experiencia.

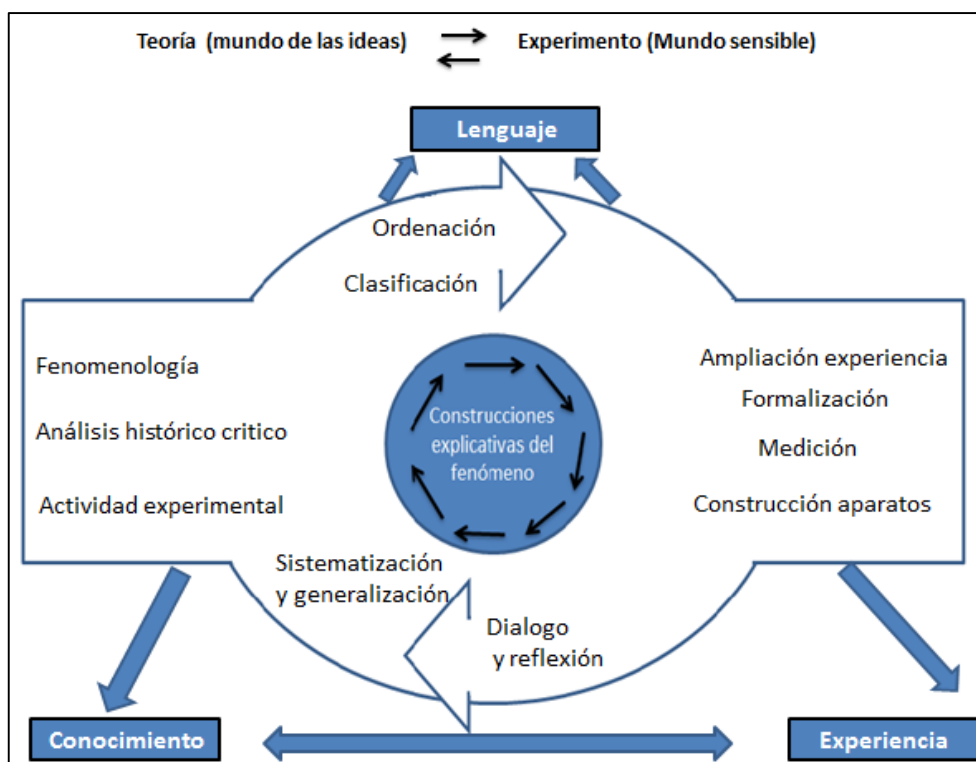


Diagrama 2. Elementos para establecer una ruta de aula. Pulido, Diana (2015). Autora.

Las actividades experimentales de la ruta de aula se organizan en cinco etapas, en la siguiente tabla se describen las intenciones de cada etapa y las actividades desarrolladas.

Tabla 2. Etapas de la ruta de aula

ETAPAS	OBJETIVO	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD
ETAPA 1	Aproximar a los estudiantes en el estudio fenomenológico de las reacciones químicas y la implicación que tiene la velocidad de reacción química.	El estudiante observara algunos fenómenos y reconocerá cuales son cambios químicos y físicos. Posteriormente se indaga sobre las condiciones que permiten reconocer las reacciones químicas, luego clasifica cuáles reacciones transcurren más rápidas y cuáles más lento, se cuestiona sobre a qué se debe este fenómeno y qué importancia tiene medir el tiempo en una reacción química.
ETAPA 2	Organizar, clasificar y analizar el fenómeno de las reacciones químicas en relación con los tiempos de reacción química.	Organización de fenómeno de reacción química, según el tiempo de reacción Esta actividad se realiza a partir de una lectura relacionada son la lluvia acida, que orienta al estudiante a cuestionarse sobre los efectos de la rapidez en la que pueden ocurrir las reacciones con ácidos en la naturaleza. Por ende se trabaja las reacciones presentadas de

		un metal en diferentes ácidos, en el que se indaga, el por qué se presentan diferentes velocidades de reacción ante el mismo metal, además se discute, que puede tenerse en cuenta en la reacción para cuantificar el tiempo en el que transcurre la reacción química. Comparar los tiempos de reacción, con la concentración química Se pide al estudiante medir la velocidad de reacción, teniendo en cuenta el desprendimiento de gas hidrogeno, de la reacción con el ácido y el metal elegido por los grupos de laboratorio. Por tanto propondrá una manera para capturar el hidrogeno y una forma de medirlo. Además se plantea variar las concentraciones de la reacción y determinar la velocidad de reacción en el transcurso del tiempo. En seguida, se grafica el desprendimiento de hidrogeno en el tiempo y se compara estas graficas en sus diferentes concentraciones y los procesos de formación de hidrogeno en las reacciones planteadas.
ETAPA 3	Discutir los comportamientos de las reacciones químicas que permitan la teorización de la velocidad de reacción química.	A partir de las gráficas construidas por cada uno de los grupos, se realizan exposiciones de los datos obtenidos y análisis de las diferentes gráficas, con el objetivo de hacer una discusión sobre el comportamiento de los diferentes metales con los ácidos, que permita la conceptualización de la velocidad de reacción química. Luego se hace una analogía de la velocidad física, que genere en el estudiante una concepción algorítmica de la velocidad de reacción química.
ETAPA 4	Reconocer que factores pueden alterar la velocidad de reacción química y relacionarlo con los procesos de lluvia acida.	Se interroga a los estudiantes sobre ¿Cuáles procesos químicos se observan en la erosión de una piedra caliza, debido a la lluvia acida? ¿Cómo varia la velocidad de reacción de los procesos de erosión de la piedra caliza? Se desarrolla la experiencia de la reacción de tiza (carbonato de calcio) y ácidos como el vinagre, jugo de limón, acido tartárico (vino

		tinto), gaseosa (ácido carbónico), ácido clorhídrico y sulfúrico se hace reaccionar una cantidad proporciones iguales de ácido y masas iguales de trozo de tiza. Se mide el tiempo de reacción. Posteriormente se hace el mismo procedimiento con la tiza pulverizada y se mide el tiempo de reacción y finalmente se hace este proceso aumentando la temperatura. Se grafican las experiencias anteriore, se comparan los procesos y describe lo que sucede en cada experiencia. Además se realiza una reflexión sobre los efectos de la lluvia acida en el tiempo, buscándose soluciones alternativas a estos procesos naturales.
ETAPA 5	Aplicar los conocimientos adquiridos teóricos y prácticos para la solución de una problemática social, ambiental, salud.	Se pide al estudiante que describa un proceso donde se involucre el estudio de la cinética química en una problemática de tipo social, ambiental, salud, entre otros, proponiendo una práctica para explicar esta y como puede solucionarse esta situación.

Fase de desarrollo de la ruta de aula y validación

En esta fase se realiza la implementación de la ruta de aula que incorpora actividades experimentales. Por lo tanto la validación de la investigación es a través de una triangulación, así se evita el sesgo personal del investigador, y propicia mayor rigurosidad en este proceso. Además se hace uso del dialogo continuo con los miembros del grupo de investigación, para la contrastación de ideas, que son un aporte significativo para el proyecto; también se realiza una revisión por parte de la docente Magister Liliana Rojas, cuyo trabajo de tesis es un antecedente para esta investigación y se desarrolló en el marco de esta línea de investigación; también se tiene en cuenta la comunicación con personas externas al proyecto propiciada por las sesiones de presentación de proyecto y de avance de investigación, donde en particular se cuenta con el evaluador de la investigación.

En el desarrollo de la ruta de aula, se hace seguimiento a través de registros escritos y verbales. El primero es registrado en un folio por grupos de práctica, en el cual los estudiantes describen, interpretan las actividades según las preguntas de discusión, adicionalmente las gráficas elaboradas por los estudiantes en las que esquematizan sus resultados. Los registros verbales se

hacen mediante grabaciones de audio y video, que permitan el análisis de las organizaciones realizadas por los estudiantes, sus modos de hablar, sobre la experiencia, que se articula a su modo de pensar y proceder. Adicionalmente se hace una observación participante por el investigador con el dialogo que aporta en la articulación de la experiencia, el lenguaje y conocimiento; para este registro se hacen notas escritas sobre los sucesos relevantes que se dan en el desarrollo de la investigación.

Contexto educativo

En esta investigación la ruta de aula se implementa con un grupo de estudiantes de grado undécimo, en la asignatura de química del Colegio Orlando Fals Borda IED; ubicado en la localidad de Usme. Esta población es idónea para la intención de este trabajo, debido a que se inicia las nociones conceptuales sobre cinética química, además de tener nociones sobre la química, física y matemáticas.

El grupo se compone de 32 estudiantes, cuyas edades oscilan entre 15 a 19 años. El trabajo se desarrolla en cinco grupos de 6 estudiantes, debido a la cantidad de materiales de laboratorio que se requieren, los montajes experimentales y evitando también el consumo de reactivos.

Fase de análisis

En esta fase se evalúa la incidencia de la ruta de aula experimental con el análisis de resultados obtenidos en las técnicas de recolección de información. En el análisis se hace énfasis en el uso del lenguaje y los códigos lingüísticos en contextos específicos, es decir las construcciones de frases que hace el estudiante al describir la experiencia e intentando comprender el significado que le da a la misma; puesto que se argumenta en la etnografía de la comunicación propuesta por Dell Hymes (1972) a pesar de que se pertenezca a una misma cultura los significados no son homogéneos.

Ademas se realiza una análisis secuencial en el que se otorga menos importancia al análisis de contenidos y mas a los procedimientos formales mediante los cuales se transmiten y se producen ciertas situaciones (Flick, 2004, p. 214) en el que se realiza reconstrucciones de la versión de los conocimientos y modos de hablar del fenómeno por parte de los estudiantes, interpretación de conversaciones en el aula y los escritos elaborados por los estudiantes. Como criterios de análisis de las construcciones explicativas que los estudiantes hacen, se proponen dos niveles en la revisión de los resultados.

1. **Nivel de análisis de los resultados en relación con los propósitos implicados en cada etapa de la ruta de aula:** En este análisis se interpretan los modos de expresarse y proceder de los estudiantes en relación a las experiencias de cada etapa de la ruta de aula. Identificando qué transformaciones se generan en la experiencia, lenguaje y conocimiento en el desarrollo de la ruta de aula. Para esto se tiene en cuenta los registros escritos y grabaciones. Se caracterizan los diferentes significados que se presentan al formalizarse el fenómeno.
2. **Nivel de organización y formalización de la velocidad como magnitud:** en este análisis se revisa las organizaciones y construcciones que los estudiantes hacen de la velocidad de reacción como magnitud química, y cómo esta le permite ampliar la experiencia y comprender el fenómeno de la reactividad química. En este criterio se tiene en cuenta la incidencia de la comparación de velocidad física con la velocidad de reacción química, para comprender el desarrollo matemático que el estudiante hace de la velocidad de reacción química, además la incidencia de las elaboraciones y representaciones gráficas sobre las experiencias.

II. LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL DESDE UNA MIRADA FENOMENOLÓGICA

Las prácticas de laboratorio son un componente necesario en la enseñanza de las ciencias, que proporciona una reflexión sobre la ciencia ligada a la naturaleza de los fenómenos que permite la correlación y concreción de los supuestos teóricos. Pero a pesar de ser las prácticas de laboratorio una herramienta didáctica muy útil en los procesos educativos, hay dificultades en el aprendizaje a través de la experimentación. Debido a que como señala Tobin (1987), los laboratorios son pura comprobación y confirmación de algo que ya está preestablecido, acompañado de una realización secuencial y sistemática de la práctica que se torna como un recetario para llegar a un resultado exacto, preciso, único y verdadero, otra de las falencias presentadas según Novak y Gowin (1984), se debe a que los alumnos actúan en el laboratorio porque simplemente en el recetario lo dice, pero no hay una explicación de fondo, del por qué se realiza de esta manera y no de otra, no tienen un propósito, no hay una comprensión en cuanto a la relación teórica, no hay objetividad frente a lo que se busca con la práctica.

Esta visión de las prácticas de laboratorio que se presentan en las aulas se debe principalmente a la falta de comprensión de los fenómenos naturales; porque los docentes no son educados para la experimentación; ya que se maneja en las facultades de educación en ciencias y en los libros de texto universitario un lenguaje más matemático de comprobación de leyes y teorías, donde se reduce la comprensión de la actividad experimental. El experimento conlleva según De Jong (1998) a la instrucción científica que se fundamenta desde una perspectiva transmisiva sobre el desarrollo del conocimiento.

Ferreiros y Ordoñez (2002) señalan que las tendencias teoretizantes emanan de la aristocracia de los físicos y las filosofías propias que analizan las ciencias que se fundamentaron en la lógica matemática, como ejemplo se encuentra el enfoque Kuhniano, donde se da una visión de ciencia más teoreticista, puesto que se da mayor relevancia al componente teórico, al considerarse que la experimentación está supeditada a los paradigmas, como una forma de articular la teoría, para que cada vez se asemeje a situaciones concretas, se percibe en los elementos conceptuales de los paradigmas y la carga teórica de la observación, como los trabajos posteriores, que abandonan ya cualquier reflexión explícita acerca del experimento, tuvieron en conjunto el efecto de ahondar en el teoreticismo imperante. (Ferreiros y Ordoñez, 2002 p. 53).

“La historia de las ciencias naturales se escribe ahora casi siempre como una historia de teorías. Hasta tal punto la filosofía de la ciencia se ha vuelto una

filosofía de la teoría que la misma existencia de observaciones o experimentos preteóricos ha sido negada” (Hacking, 1996, p. 178)

En consecuencia emerge una filosofía en ciencias que promulga la importancia de lo empírico en la consolidación de fundamentos conceptuales, en contraposición del teoreticismo, esta corriente filosófica fue llamada filosofía experimental; siendo uno de sus precursores Hacking (1996) con su obra “representar e intervenir”, hizo un análisis crítico con respecto a la poca atención que tanto positivistas como antipositivistas les prestan a las prácticas experimentales. Está dirigido a la conformación de un pensamiento que se declara en rebeldía contra el imperio de la teoría que había subsistido en la filosofía y en la historia de la ciencia (De Castro, 2004: 15)

La filosofía experimental pretende cambiar la perspectiva que se tiene de la práctica experimental, no sólo como la mera comprobación de teorías, si no como la exploración, caracterización de cualidades que permitan construir formalizaciones sobre el fenómeno. Puesto que se considera que una teoría proporciona un formalismo para darle cierto orden a los fenómenos, pero la teoría en tanto que se extiende más allá de los fenómenos no es ninguna indicación de una realidad subyacente (Hacking, 1996, p. 249). Por esta razón aquí se abordará el componente de la actividad experimental en la construcción de fenomenologías; la reorganización continua de procesos cognitivos en la experiencia, lenguaje y conocimiento; una reconstrucción histórico epistemológica de la magnitud de la velocidad de la reacción química, que propenda hacia la comprensión de esta como magnitud química; siendo estos los referentes que fundamentan el desarrollo de la investigación.

LA CONSTRUCCIÓN DE FENOMENOLOGÍAS EN EL AULA DE CLASE

La fenomenología es un movimiento filosófico fundado por Edmund Husserl, que se centra en el estudio de los fenómenos, no de los hechos y por fenómeno debe entenderse “lo que se muestra por sí mismo” aquello cuya realidad es precisamente la apariencia (Sartre, 1983); esto hace referencia a lo que se manifiesta a una conciencia como un estudiante, docente o persona, que tiene una estructura mental, una historia social, psicológica, personal, que hace que esta interprete, piense, entienda o actúe de una cierta manera y con ello construya un campo fenomenológico (Malagón, Ayala & Sandoval, 2013, p. 88); una construcción sin prejuicios, ni valoraciones, acudiendo al objeto, a partir de lo que percibimos, desde la experiencia, el fenómeno es la realidad y se muestra como es, sin agazaparse entre sus cualidades; realidad que la conciencia busca comprender.

Por ende desde la fenomenología como perspectiva para la comprensión de la actividad experimental, se pretende “volver a las cosas mismas” donde se entienda el experimento como la descripción, ordenación, clasificación y medición del fenómeno, que parte de los diversos modos de pensar el fenómeno, la integración de este con la conciencia y no de la imposición de la teoría, despojando el experimento como una comprobación de leyes y teorías; pues quien empiece su indagación por los hechos no logrará nunca hallar la esencia (Sartre, 1983); esa esencia no depende del objeto en sí mismo, sino es la manera percibida para cada conciencia del objeto. En el aula de clase, cuando se introduce a los estudiantes en prácticas de laboratorio como recetarios de cocina para la verificación de los contenidos vistos en el aula, se parte de hechos que no generan una experiencia con el fenómeno.

Para estudiarse el fenómeno es necesario crear condiciones donde se confronte a diferentes situaciones, que permitan en la conciencia nuevos significados, formalizándose en la construcción de magnitudes y medidas que permitan comprender el fenómeno, evolucionándose y modificándose los modos de pensamiento sobre este; Por lo tanto, para trabajar desde el reconocimiento del fenómeno en el aula Malagón et. al (2013) proponen una visión fenomenológica de la actividad experimental enfocada en:

1. **La construcción y comprensión de fenomenologías:** se puede construir una visión sobre el fenómeno desde la experiencia, pero es necesario algunas veces intervenir en esta experiencia sensible para organizar y concretar el campo fenomenológico, en este proceso es fundamental la práctica experimental, ya que permite la interacción entre la comprensión de la experiencia sensible y la formalización del fenómeno.
2. **La ampliación de la experiencia:** Se construyen relaciones, lenguajes que permitan a la experiencia sensible, intervenir sobre los fenómenos, para que pueda ser comprensible para la conciencia y de esta manera pueda modificar su modo de proceder, hablar y comunicar.
3. **La construcción de formas de hablar del fenómeno.** Uno de los principales indicativos de la comprensión del fenómeno, es la capacidad de poder comunicarse sobre lo que acontece en el fenómeno, por lo tanto para hacerse esto se emplea el lenguaje como referente y cada vez que se reconoce más el fenómeno, los procesos lingüísticos van desarrollándose y transformándose. El lenguaje no solo implica la aproximación a axiomas matemáticos, si no a representaciones gráficas, signos, palabras; entre otros.

4. La concreción de supuestos conceptuales. A partir de la comprensión del fenómeno, el estudiante en la actividad experimental, tendrá que desde un enfoque fenomenológico, iniciar un proceso de conceptualización de los hechos evaluados en el fenómeno; por lo tanto reconstruirá sus significados, tendrá criterios para plantear inconvenientes conceptuales y podrá diseñar ideas de instrumentos que permitan cualificar el fenómeno.

Desde la perspectiva fenomenológica, se pretende transformar el pensamiento de la actividad experimental en el aula, reconociéndose como un proceso que permite la construcción de fenómenos en el estudiante, apropiándose de la experiencia, y de esta manera intervenir para identificar las relaciones, ordenaciones, clasificaciones, logrando formalizar el fenómeno midiéndolo y estableciendo magnitudes. Con esto transformar la percepción sobre el experimento en el aula y eliminar la idea de que la teoría antecede a la experiencia, sino lograr la interrelación entre el mundo sensible con el mundo de las ideas, que vincule lo cualitativo con lo cuantitativo; ya que muchas veces los docentes al introducir estas experiencias a la clase se preocupan más por lo cuantitativo.

En el proceso de formalización de fenomenologías se inicia con la observación, la atribución de cualidades, sus relaciones y organización, que conllevan a la construcción de unidades, aparatos de medida y teorización del fenómeno (como la asignación de magnitudes) de esta manera correlacionando el experimento con la teoría; además de la ampliación del lenguaje para explicar el fenómeno.

MAGNITUD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMPO FENOMENOLÓGICO

En el estudio de las ciencias se emplean relaciones cuantitativas como las medidas y magnitudes para la formalización de los fenómenos, siendo referentes importantes en la comprensión y formalización del fenómeno; la correlación entre la experiencia y la construcción de medidas y magnitudes, permite reconocer que el experimento es un espacio donde no es posible aislar los componentes cualitativos y cuantitativos; pero en el aula se presentan dificultades en las actividades experimentales, que son evidentes en una clara separación entre el mundo sensible con el mundo de las ideas, debido a que estas prácticas son empleadas para comprobar la teoría, dando mayor relevancia al componente cuantitativo, contemplándose poca relación de estas magnitudes con la comprensión del fenómeno, reflejado en la baja comprensión de las magnitudes, de su utilidad y significado; y se emplean en las aulas de clase mediciones y magnitudes, haciéndose muy poco énfasis en la comprensión

desde el campo fenomenológico y muchas veces terminan siendo números sin un sentido claro.

Por lo tanto es fundamental realizar una reflexión sobre lo que se entiende por magnitud y cómo puede formalizarse la construcción de estas desde un componente fenomenológico. Las magnitudes son una consecuencia de la organización de las cualidades desde las que se ha caracterizado el fenómeno (Malagón et. al, 2013, p. 97), las cualidades o propiedades son atributos que permiten estudiar el fenómeno, organizarlo, diferenciarlos y clasificarlo, lo que permite consolidar magnitudes; estas cualidades se van reconociendo en el estudio del fenómeno.

La magnitud se caracteriza según Helmholtz (1887) por presentar un criterio de comparación y un criterio de aditividad, el primero hace referencia a relaciones de igualdad y desigualdad en la comparación con otros similares; el segundo describe la magnitud como una combinación que posibilita la unión aditiva. Para Campbell (1920), algunas magnitudes no cumplen con los dos parámetros propuestos por Helmholtz; por ende clasifica las magnitudes como fundamentales y derivadas; las primeras se refieren a una magnitud independiente, que cumple tanto con el criterio de comparación, como el de aditividad, como.: la masa, la longitud y el tiempo; y las magnitudes derivadas, donde el criterio de comparación no es directo, requiere de otras cualidades para definirse, como: la temperatura es un magnitud que depende del trabajo que ejercen un gas o líquido para dilatarse; la velocidad depende del movimiento, la densidad de la flotación de los cuerpos.

La magnitud tiene un doble carácter. De una parte, tiene un carácter cualitativo, por cuanto hace referencia a una cualidad del sistema considerado. Y, de otra, tiene un carácter cuantitativo, pues a la luz de un cierto procedimiento, la cualidad considerada es susceptible de ser pensada y detectada en grados o intensidades (Ayala et. al, 2011, p.50) por lo tanto para construir y formalizar la magnitud desde la fenomenología es relevante examinar, comprender el fenómeno y las cualidades que se interrelacionan, para lograr consolidar las formas de medir el fenómeno y la elaboración de supuestos teóricos, que amplían el campo fenomenológico y la comprensión de las dificultades que pueden presentarse en la concreción del fenómeno.

A partir de este referente conceptual es importante iniciar el proceso de comprensión de la magnitud de velocidad de reacción química, como una magnitud diferente a la magnitud física de la velocidad; partiendo desde la idea de que los dos son producto de fenómenos diferentes, la velocidad de reacción química surge como una forma de medir la reactividad química y la velocidad

física, el movimiento de un cuerpo y su trayectoria. Desde la clasificación de Helmholtz (1887) las dos magnitudes, no cumplen con los criterios de comparación y aditividad, en la en la velocidad de reacción química, no puede hablarse de aditivo, ya que las sustancias tienen una composición y comportamientos diferentes y los resultados no pueden generalizarse; al describirse que no puede sumarse las velocidades de reacción en dos momentos, ya que no indica una velocidad de reacción total; y el criterio de comparación solo se cumple si se establecen semejanzas entre las reacciones químicas, en las relaciones estequiométricas, temperatura, concentración, superficie de contacto; de esta manera sería posible hablar de comparación. En consecuencia, Campbell (1920) considera que existen algunas magnitudes que no cumplen con estos criterios, y categoriza que estas pueden catalogarse como magnitudes derivadas; es por ello que la velocidad de la reacción química igualmente que la magnitud física de velocidad según Campbell son magnitudes derivadas, debido a que no presenta una relación directa, sino dependiente, por ejemplo en la velocidad de reacción química, depende de concentración y masas de las sustancias involucradas en la reacción química.

Por lo tanto para una mayor comprensión de la magnitud de la velocidad de reacción química, se hace necesario el estudio de su historia, su surgimiento y los fenómenos involucrados y empleados para la concreción de esta magnitud; que proporcione información que permita caracterizar esta magnitud como una magnitud química, además sea un apoyo para el desarrollo de la secuencia de actividades experimentales, enfocadas a la enseñanza de la velocidad de reacción química desde el experimento.

III. LA DINÁMICA DE LOS PROCESOS COGNITIVOS (EXPERIENCIA, LENGUAJE Y CONOCIMIENTO)

En la enseñanza de las ciencias es necesario estudios enfocados en la estructura de la retórica, que aborden en el aula los modos de hablar y de pensar de los estudiantes, posibiliten las construcciones propias del conocimiento por parte de los estudiantes, evitando la memorización y repetición de los discursos del educador, por los estudiantes y la enseñanza segmentada por módulos o capítulos, en los que no se presentan conexiones.

Por lo tanto, se expresa aquí la importancia de reconocer los procesos cognitivos que se desarrollan en el estudiante al iniciar nuevos procesos de aprendizaje, además de hacer consciente al estudiante sobre las estructuras de su propio aprendizaje. Por lo tanto es fundamental en el aula crear escenarios de producción de conocimiento, mediados por relaciones dialógicas y de interlocución, sobre la actividad experimental y la articulación con los supuestos teóricos, que permitan así el reconocimiento de las elaboraciones de conocimiento de los estudiantes; haciendo del educando un participante de su aprendizaje y no un ente externo a este proceso.

La pretensión es entonces, realizar una ruta de aula en la cual los estudiantes puedan construir su conocimiento al enfrentarse al fenómeno y el discurso que el estudiante aprende no sea impuesto por el docente, sino que sea capaz de generar los supuestos teóricos, a partir de sus vivencias y la discusión con el otro, enseñando al estudiante no solo conceptos, sino una manera de seguir aprendiendo; en la que aprenda a observar, a interrogarse, a proponer, dialogar, crear fenomenologías y formalizar su conocimiento. Por lo tanto esta secuencia de aprendizaje está enfocada hacia el cómo aprende el estudiante desde una mirada fenomenológica y por esto es necesario interpretar qué tipo de construcciones hace el estudiante.

En relación con esto se retoman los esquemas cognitivos de Arcá, Guidoni y Mazzoli (1990) en los que se describe que nuestras formas de aprender y comprender las ciencias son visibles en la dinámica del conocimiento, el lenguaje y la experiencia, pues no se interioriza un conocimiento si no se dispone de un lenguaje para hacerlo, no se puede hablar de algo de lo cual no tenemos ninguna experiencia y no se puede construir un lenguaje a partir de algo que desconocemos (García, 2011, p.92). El error que se comete es considerar estos elementos como procesos individuales o jerarquizados, como se hace frecuentemente en la enseñanza de las ciencias, en las que se considera las actividades experimentales separadas de la teorización; haciendo del

conocimiento pasivo de representaciones y aprendizajes superfluos.

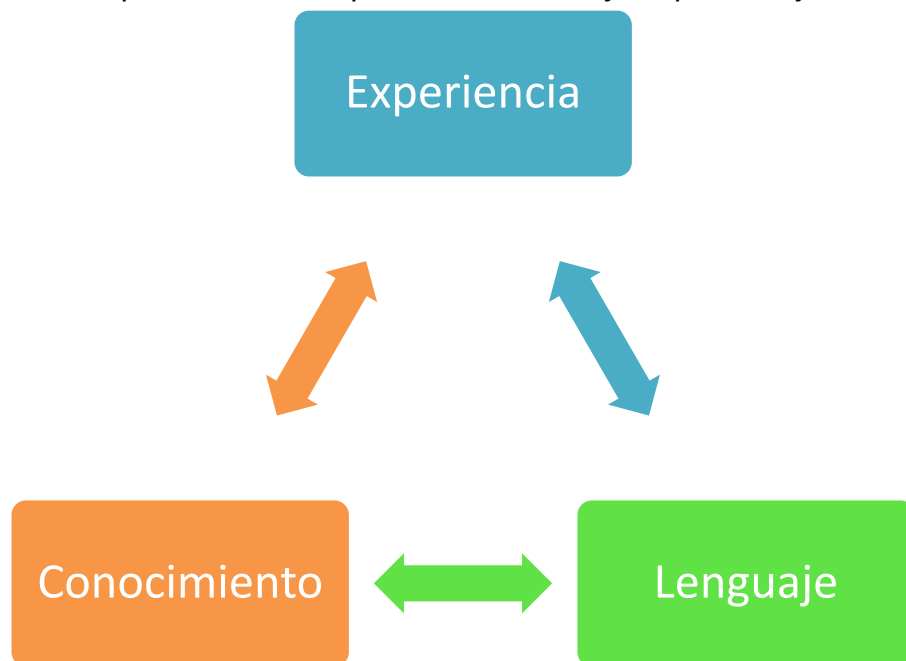


Diagrama 2. Estructura dialéctica planteada por Arcá, Guidoni y Mazzoli, (Arcá et al, 1990, P. 26).

La triada planteada por Arcá et al (1990), que se expresa en el diagrama 3, la estructura retórica, un esquema donde se entiende el aprendizaje de las ciencias como un proceso dinámico, en el que se articulan para transformar los pensamientos al involucrarse a nuevas experiencias. Por ende desde esta visión el conocimiento no puede considerarse como peldaños o niveles, sino una agrupación de la experiencia, el lenguaje y el conocimiento. Donde la enseñanza científica se reconozca y encuentre criterios con los que proceder, organizando el territorio mismo, criterios para comenzar a conectar entre si y luego comprender como construir, complejizando cada vez más la comprensión (Arcá et al, p. 25). De esta manera procurando ir a las cosas mismas, a partir de la experiencia propia y no quedarse en construcciones elaboradas por otros.

Por ende se analizan los modos de expresarse y de proceder para aproximarse al modo de conocer del estudiante, interpretar como es capaz de dirimir las cuestiones que se presentan del fenómeno, formalizar desde su percepción y observación, dándole un lenguaje que se amplía al modificarse la experiencia y al resignificarse los conocimientos.

IV. ESTUDIO HISTORICO DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN QUIMICA EN LA AMPLIACIÓN DE LA REACTIVIDAD QUIMICA

La cinética química es una rama de la química que estudia la velocidad en la que transcurren las reacciones, surge como interrogante sobre el fenómeno de reacciones químicas y su cualidad de cambio de identidad de las sustancias, que tiene como patrón la concentración de los reactivos y productos durante su transformación, y el tiempo como un componente determinante, en el que se enfatiza sobre los factores que aceleran o alteran el proceso de la reacción. Este estudio emerge como una solución a la medición de la afinidad química, que por mucho tiempo en la historia de la química tuvo relevancia, debido al interés por comprender el cómo suceden las reacciones químicas e intentar dar valores numéricos a las fuerzas que producen las reacciones químicas y los factores que alteran los tiempos de cambio. Además esto también tuvo mayor auge cuando se empleó los compontes teóricos y experimentales a las industrias, siendo una forma de mejorar los procesos de producción. Un ejemplo de este uso fue los estudio de Wilhelmy en la producción de bebidas alcoholicas, donde se unifica lo empírico y lo científico, para reconocer, organizar y formalizar la velocidad de reacción química como una magnitud de las fuerzas o acciones químicas e identificar los factores que intervienen en la reacción y alteran el tiempo de transcurso de estas.

Por lo tanto para abordarse el estudio de la velocidad de reacción química como la entendemos hoy en día, es importante construir una análisis histórico critico de algunos momentos que consolidaron el estudio de la cinética química; Este tipo de análisis, le permite al maestro elaborar una imagen de los fenómenos relacionados con los planteamientos científicos que le interesa abordar en el aula y darle una significación a los mismos, también valorar los aportes de los autores estudiados y, por último, le posibilita generar estrategias didácticas adecuadas para abordar en el aula el fenómeno en cuestión (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013, p. 34)

Por lo tanto, se aborda la velocidad de reacción química como magnitud de las acciones químicas desde los siguientes momentos: el estudio de la naturaleza antropomórfica, la afinidad química, primer modelo cuantitativo, la mecánica química, la termodinámica y cinético. Cada uno de estos momentos se destaca debido a los intereses que se marcaron en cada una de las épocas para el estudio de la cinética de reacciones químicas.

El estudio de la naturaleza antropomórfica

El estudio antropomórfico es una de las primeras visiones en el desarrollo histórico de las reacciones químicas y una primera idea de la cinética de estas. Su carácter antropomórfico se debe a que se relacionaba las transformaciones de los materiales con cualidades humanas como el amor y odio, por eso los cambios de las sustancias se presentaba por las diferencias entre los materiales o la relación entre ellos, Empédocles (c. 444 a.c) describía que cuando aparecía una transformación los elementos se casaban y cuando se descomponía había un divorcio. Hipócrates (c. 468 a.c) consideraba que se presentaban uniones cuando había un parentesco o principio común. J.C Barchusen en 1698 introduce la palabra “*affinitas*” como explicación del hecho, ya que los elementos se unían debido a la afinidad entre estos (Mellor, 1904). Los alquimistas tenían dos ideas sobre la transformación de los materiales, la primera se derivaba de los pensamientos Griegos como una fuerza causada por sentimientos de amor y odio; la segunda idea era que la afinidad de los materiales surge como la similitud de los materiales. Los alquimistas y griegos no presentan avances significativos de las velocidades de reacción. La única idea que se tiene sobre velocidad de reacción se debe a Aristóteles, quien consideró que la velocidad es sinónimo cuando la preparación para una transformación ha ocurrido (Justi & Gilbert, 1999, p. 293)



Diagrama 3. Elementos primordiales desde la visión de Aristóteles. Coronado (2002)

Aristóteles en la teoría de los elementos, establece un cuadrado de sustancias que considera cuerpos primarios (Diagrama 3); en esta teoría explica las transformaciones y relaciona este comportamiento de los elementos con los movimientos rectilíneos intrínsecos en cada elemento, por ejemplo el fuego y el aire se relacionan con el movimiento hacia arriba, y la tierra y el agua con movimiento hacia abajo. Para Aristóteles la materia es dinámica, para él los

elementos tienen movimientos de generación, corrupción, destrucción y descomposición; transmutación unos a otros, denomina que estas relaciones no son eternas y permite la combinación con otros elementos. Adicionalmente Aristóteles en el proceso de transmutación de la materia también tiene en cuenta las cualidades de los elementos como: Caliente para el fuego, lo seco para la tierra, lo húmedo para el aire y lo frío para el agua; lo que le lleva a describir que la combinación se da entre elementos opuestos, o por la pérdida de una cualidad del elemento que provoca su destrucción, como se describe en un texto de Aristóteles.

“en los elementos consecutivos existe una cualidad idéntica y otra contraria; luego es también evidente que la generación adviene, en unos casos, al transformarse un elemento en otro por la destrucción de una cualidad, mientras que en otros casos, ocurre por la transformación de dos elementos en uno en virtud de la destrucción de más de una cualidad” (Aristóteles, 331b35, citado en Coronado, 2002, p 5)

La afinidad química

Este momento se caracteriza por el estudio de la afinidad química, de esta manera distanciando la idea de transformaciones debidas a los atributos humanos; que era el eje central de los estudios antropomórficos y se aleja del animismo, entendiendo la interacción de la materia como tendencias de las sustancias, donde se reconocen dos concepciones diferentes a la antropomórfica: la afinidad electiva y afinidad mecánica, la primera no admite la existencia de corpúsculos, por lo tanto se hace énfasis en la palabra afinidad para designar las relaciones que presentan las sustancias, cuantificándose las experiencias sobre las sustancias, a través de tablas de afinidad química como las de Geoffroy y Bergman.

El segundo enfoque se fundamenta en considerar la materia formada por corpúsculos, pensamiento postulado por Newton donde intenta involucrar sus conocimientos sobre fuerza de gravedad; algunos representantes de este enfoque fueron: Berthollet con la teoría de acción de masas y Berzelius.

La visión de afinidad es influida en el siglo XVIII, a los aportes realizados por Boyle, Newton y otros personajes; los cuales denotaron que la materia se conforma de partículas diminutas y atribuyeron las acciones químicas a la acción recíproca de las partículas diminutas, introduciéndose ideas como la acción entre distancias de las partículas, las cuales provocaban transformaciones químicas que se debía a la fuerza de atracción entre las partículas.

Por ende el significado de “afinidad” fue modificado por los químicos de esta época teniendo en cuenta los postulados de la naturaleza corpuscular de Newton y los estudios experimentales sobre transformaciones químicas de la materia que se conocían hasta el momento. Los químicos entonces empiezan a sintetizar su conocimiento en unas tablas de afinidad en las que se representa de una forma cuantitativa la reactividad entre sustancias. Una de las tablas más famosas fue la de Etienne François Geoffroy (1672-1731), elaborada en el año 1718, la cual se expone a continuación.

TABLA DE LAS DIFERENTES RELACIONES EN QUÍMICA ENTRE DIFERENTES SUSTANCIAS

~	⊖	⊕	⊕	▽	⊖	⊕	SM	△	♀	♂	♀	♂	♂	♂	♂
⊖	2	♂	△	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖	⊖	♂	♂	♂	♂	♂	♂
⊕	♂	♀	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕	♂	♂	♀	PC	♀	♂	♂	♂
▽	♀	♂	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	♀	♂						
SM	♂	♀	▽		⊕		⊕	♂	♀						
	♀	♂	♂		△			♂	♀						
			♀					♂	♀						
			♂					♀	♂						
	⊖							⊖							

~ Esprits acides.
 ⊖ Acide du sel marin.
 ⊕ Acide nitreux.
 ⊕ Acide vitriolique.
 ♀ Sel alcali fixe.
 ♂ Sel alcali volatil.
 △ Terre absorbante.
 SM Substances metalliques.
 ♀ Mercure.
 ♂ Regule d'Antimoine.
 ⊖ Or.
 ♂ Argent.
 ♀ Cuivre.
 ♂ Fer.
 ♀ Plomb.
 2 Etain.
 ♂ Zinc.
 ♂ Pierre Calaminaire.
 ♀ Soufre mineral. {Principe.
 △ Principe huileux ou Soufre
 ♂ Esprit de vinaigre.
 ♀ Eau.
 ⊖ Sel. {denta
 ♀ Esprit de vin et Esprits ar

Ilustración 1. Table des différens Rapports observés en Chimie entre différentes substances. par M. Geoffroy l'aîné, Mém. de l'Académie, (1718), 202-212. Extraído de textos clásicos de la historia de la química. Extraído de textos clásicos de la historia de la química. [www.uv.es \(http://www.uv.es/~bertomeu/material/clasico/geoffroy.htm\)](http://www.uv.es/~bertomeu/material/clasico/geoffroy.htm)

La tabla de Geoffroy contenía 16 columnas con sustancias, representadas con los símbolos alquímicos. Las columnas se encabezaban por la sustancia que era el punto de referencia en los cambios químicos, el orden de las columnas se relacionaba con la afinidad que tenían las sustancias para presentar cambios químicos con la que encabezaba la columna y presentan mayor afinidad las

sustancias que se encontraban en la parte superior de la tabla, las cuales no podían ser desplazadas por las que se encontraran debajo de estas; disminuyendo la afinidad al decrecer la posición en la columna.

Las reacciones de desplazamiento relacionadas con las ocho primeras columnas pertenecen a operaciones químicas que implican la disolución de sustancias en soluciones ácidas, conocidas genéricamente como reacciones por vía húmeda. Las operaciones químicas que suponen combinaciones y re combinaciones de sustancias a temperaturas elevadas –por ejemplo, a la temperatura de fusión– conocidas genéricamente como reacciones por vía seca, están asociadas a las reacciones de desplazamiento visualizadas desde la novena a la decimoquinta columnas. La última columna representa soluciones acuosas, es decir, por la vía húmeda (Grapí, 2011, p. 76) Por lo tanto las reacciones químicas que se trabajaban en aquella época eran las de formación de sales en soluciones ácidas, separaciones metalúrgicas y combinación de metales en aleaciones.

Geoffroy nombra su tabla como “*Table des différents rapports observés entre différentes substances*”, evitando el termino de afinidad que se relacionaban con el renacimiento y las ideas newtonianas de fuerza de atracción, lo que era criticado por los cartesianos; por esto emplea la palabra (*rapports*) relaciones.

La tabla de relaciones de Geoffroy produjo gran impacto en el XVIII, lo que hizo que muchos químicos se dedicaran a la elaboración de tablas de transformaciones químicas, una de las más destacadas después de la de Geoffroy, fue la diseñada por el sueco Torbern-Olof Bergman (1735-1784), la cual publicó en su obra *Disquisitio de Attractionibus Electivis* en 1775, basándose en la afinidad química orientada desde el enfoque Newtoniano, en el que se considera que las combinaciones de las sustancias se debían a las *afinidades electivas*, que obedecían a la naturaleza de las sustancias involucradas en la transformación. La determinación de estas afinidades se realizaba en términos relativos a partir de la interpretación del resultado de reacciones de desplazamiento. Por ejemplo, si una sustancia A reaccionaba con otra BC, dando como resultado las sustancias AB y C, se concluía que la afinidad A sobre B era mayor que la que poseía C. esta interpretación encontraba aplicación en las reacciones entre ácidos, bases y sales (Pardo, 2002, p. 104). Denotándose que las reacciones química se producen solo en un sentido, que depende de la afinidad de las sustancias.

A continuación se expone la tabla de Bergman la cual consta de 49 columnas que se conforman de 27 ácidos, 8 bases, 14 metales y otras sustancias, organizándose alrededor de 30,000 cambios químicos. En la imagen solo se ilustran las 34 primeras columnas.

TABLA AFINIDADES ELECTIVAS DE BERGMAN

Ilustración 2. Tabla de las primeras columnas de las afinidades electivas de Torbern-Olof Bergman (1775). Tomado de Grapi, P (2011) La visualización del cambio químico las tablas de afinidades del siglo XVIII. Universitat Autònoma de Barcelona. Mètode. N° 69

Posteriormente, la química de Lavoisier crea un lenguaje riguroso para la química, empezándose a reconocer términos como “elemento”, lo que genera la búsqueda de las transformaciones químicas y una organización más detallada de la materia. A pesar de sus investigaciones Lavoisier no realiza un trabajo exhaustivo sobre la afinidad de las sustancias. Él en su trabajo experimental percibe los efectos que causa el calor sobre la afinidad de la materia, y describe que se presenta mayor atracción entre algunas sustancias en presencia de mayor temperatura que con otros componentes; este es un inicio en el reconocimiento de los factores que alteran una reacción química y pueden afectar su velocidad, como es la variación de la temperatura, en el siguiente fragmento se observa una descripción de Lavoisier sobre este fenómeno.

“Por otra parte el oxígeno, aunque tiene casi igual afinidad con el hidrogeno que con el carbono a la temperatura habitual en que vivimos, no sucede lo mismo a un calor rojo, antes bien desampara entonces al hidrogeno para unirse con el carbono, y formar ácido carbonico.me servirá muchas veces de la expresión calor rojo, aunque no expresa un calor bien determinado, es muy superior al del agua hirviendo” (Lavoisier, 1798, p. 93)

Lavoisier no logra un avance muy significativo en el estudio de las afinidades; es con el francés Berthollet (1748- 1822) con quien se inicia un estudio minucioso sobre estas. Berthollet define a la afinidad química como una acción química, que depende de condiciones experimentales y propiedades de las sustancias como la cohesión y la elasticidad, además adiciona que estas acciones químicas, también dependen de la masa química de los reactivos; estos postulados se deben a su experiencia como director de una refinería de nitrato de potasio para la fabricación de pólvora, donde debía obtenerse nitrato de potasio puro, a través de la recristalización de la sustancia, Berthollet observa una anomalía a medida que se aumenta la concentración de nitrato, pues reconoce que se disminuye la capacidad para disolver el nitrato. Además en su viaje a Egipto junto a Napoleón, amplía sus inquietudes sobre las acciones químicas, al observar la formación de sosa en la orilla de los lagos salados de Egipto, siendo esto inverso a los planteamientos de las afinidades electivas desarrolladas en el laboratorio donde la sosa (carbonato de calcio) y el cloruro cálcico reaccionaban para formar sal y caliza (carbonato cálcico). (Brock, 1998, p. 136). Estos acontecimientos hicieron reestructurar los pensamientos que Berthollet tenía sobre las afinidades electivas; replanteando que las altas concentraciones de sales hacían que se formara la reacción inversa, trabajada en el laboratorio. A pesar de que los postulados de Berthollet están fundamentados en la química Newtoniana, se opone a la concepción de que las reacciones sean completas y a que las circunstancias físicas (concentración, temperatura) se definan como “lo que permite” o “lo que obstaculiza” la acción

propiamente de las afinidades. La afinidad, por lo tanto, solo es un factor más entre los factores que intervienen en la reacción. La cual ya no tiene un sentido natural, sino un sentido que depende de un conjunto de condiciones. (Bensaude y Stengers, 1997, p. 65).

Por lo tanto describe la importancia de la masa química en la acción química, pues podía ser una cualidad más potente que la afinidad electiva. Esto abre un nuevo horizonte al estudio de las reacciones químicas, el de equilibrio químico.

En el momento de la afinidad química, la cinética química empieza a estructurarse, creándose la preocupación del estudio de las propiedades físicas de las sustancias y como intervienen estas en el transcurrir de una reacción química; empleándose diferentes instrumentos y magnitudes como la masa, el tiempo, el calor, la polaridad, volumen, cambios de coloración; dando una aproximación a la medición de la afinidad química.

Otro de los avances es reconocer la afinidad corpuscular para el desarrollo de la cinética, en la exploración de los cambios químicos, donde se considera la magnitud del tiempo, como un factor determinante del proceso químico. Uno de esos estudios lo desarrolla el alemán Berzelius, quien compara algunas de las acciones químicas de Graham sobre el fosforo hídrico

“si se toma carbón bien calcinado o arcilla cocida y después de enfriados dentro del mercurio se le pone en contacto con el gas de fosforo hídrico, absorben una pequeña cantidad sin hacerle perder la propiedad de inflamarse espontáneamente: pero pasada media hora o una hora, esta se halla destruida, un carbón, cuyo volumen no exceda de 1750 o 1760 del gas basta las más de las veces para que desaparezca en cinco minutos la inamabilidad espontanea” (Berzelius, 1845, p. 185)

Además Berzelius, se inquieta por el estudio de la cinética siendo uno de los primeros en considerar el término de catalizador

“Por lo tanto, se ha demostrado que muchos órganos, simple o compuesto, en forma sólida o disuelta, poseen la propiedad de ejercer una influencia en los cuerpos compuestos muy diferentes de la afinidad química convencional, con lo que causan en el cuerpo de una conversión de los componentes, sin participar con sus componentes.

Se trata de una nueva fuerza tanto en la naturaleza inorgánica y orgánica de causar actividad química, que puede muy bien ser más extendida de lo que se pensaba anteriormente, y cuya naturaleza aún está oculta para nosotros. Yo llamo a la nueva fuerza catalizador. No es de ninguna manera mi creencia de que debe ser declarada independiente la capacidad de las relaciones electroquímicas de la materia: por el contrario. Sólo puede asumir que es un tipo especial de manifestación de estos. Mientras su interrelación puede permanecer oculta, sin embargo, facilitar nuestra investigación para regar provisionalmente como una fuerza propia. y será asimismo facilitar a nuestros procedimientos para nosotros dar un nombre ahora. Por lo tanto, con el fin de hacer uso de una derivación bien conocido en la química. Voy a llamarla la

fuerza catalizadora de los cuerpos, y llamaré su catálisis de descomposición, tal como se utiliza el análisis de palabras para indicar la separación de los componentes de los órganos, en virtud de la afinidad química convencional. La fuerza catalítica parece consistir esencialmente de la propiedad que los cuerpos, por su mera presencia, y no por su afinidad, son capaces de despertar afinidad que están inactivas a esta temperatura. (Berzelius, 1850, p. 55)

A partir de estos estudios, se puede resaltar el interés de identificar cómo se generan las reacciones químicas que conllevan a la idea de la afinidad, en vez de intentar dar explicaciones del porque suceden estos cambios. Además se inicia una ordenación de las sustancias que al interactuar son más reactivas que otras, partiendo de la observación del fenómeno, ideándose como criterio las distancias entre partículas y su fuerza, de aquí se puede interpretar que se inicia una primera aproximación al estudio de las velocidades; desde los fundamentos de Newton, Berthollet que se sustentan en la comprensión de las reacciones desde la afinidad, comparando así procesos químicos, estudiando la cualidad de la transformación de la masa; además con Berzelius se evidencia su preocupación por los efectos que alteran una reacción, denominando esto como fuerza catalítica.

Primer modelo cuantitativo

En el primer modelo cuantitativo se hace énfasis en el estudio más detenido de la velocidad de reacción, como una manera de cuantificar la afinidad química, la acción química entre sustancias. Aunque con las tablas de afinidad se había alcanzado describir que sustancias al estar en contacto eran más activas; en el primer modelo cuantitativo se emplea la matemática, haciendo descripciones más detalladas, no solo como tendencias, si no buscando una mejor ordenación de los procesos químicos; también influido por el pensamiento positivista de la época.

En un libro sobre afinidad, publicado en 1771 Wenzel (1740-1793), describe una forma de medir las fuerzas químicas, explicando la fuerza entre sustancias, a través de su movimiento, haciendo una analogía mecánica; si un cuerpo se mueve más rápido que la fuerza que actúa sobre este, entonces esta es mayor; por ende cuando una reacción se produce más rápidamente, su afinidad será mayor. Este principio lo sustentó con la medición de tiempo de disolución de diferentes metales con iguales áreas, para que las superficies fueran las mismas, emplea formas cilíndricas de los metales en ácidos; a través de estas mediciones, Wenzel reconoce que los ácidos actúan más agresivamente si la concentración aumenta, además la velocidad es proporcional a la concentración. (Ostwald, 1909, p. 253) A partir de sus estudios se inicia una nueva manera de estudiar las reacciones químicas y su afinidad; esto fue de gran contribución para los trabajos de Berthollet en la formulación de la ley de las masas.

Trascurrieron aproximadamente 80 años, después de los estudios de Wenzel para que se diera importancia a la velocidad de reacciones químicas, debido a que los estudios de Wenzel fueron muy poco controversiales en la época, además existe muy pocas publicaciones sobre su investigación. Solo es hasta 1850 con Ludwig Ferdinand Wilhelmy (1812-1864), físico y matemático, perteneciente al círculo de jóvenes físicos de Berlín al igual que Beetz, E. du Bois-Reymond, V. Brücke, Clausius, v. Feilitzch, Halske, Heintz, H.V Helmholtz, G. Kaesten, Knoblauch, Krönig, Werner v. Siemens, G. Wilhelmy era un hombre adinerado, con interés por la ciencia y la compra de aparatos científicos interesantes, dentro de sus adquisiciones un polarímetro, el cual le permitió el estudio de la reacción de inversión de la sacarosa bajo la acción catalítica de los ácidos. Empleando el polarímetro para revisar hasta que momento la reacción se lleva a cabo, toma como variables el tiempo de configuración de determinados azúcares en presencia de un ácido, llega con esto a la conclusión que el cambio del azúcar sacarosa a fructosa en el tiempo, es proporcional a la concentración de azúcar, ácido y a la variable de temperatura. (Wilhelmy, 1850, p. 8)

En el texto escrito por Wilhelmy 1850 *“Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der sauren auf den Rohrzucker stattfindet”* (por la ley según la cual la acción del ácido se lleva a cabo sobre el azúcar de caña), hace la descripción sobre el estudio de la inversión del azúcar de caña (sacarosa), donde emplea términos matemáticos, comprendiendo el comportamiento de sus experimentos en forma algorítmica y expresa la pérdida de azúcar en términos de tiempo de la siguiente manera:

$$-\frac{dZ}{dT} = MZS,$$

Ecuación 1

Donde dZ indica la pérdida de azúcar de caña en el tiempo, M es el valor medio de la infinitamente pequeña cantidad de unidades de azúcar que se cambian durante el tiempo por la acción de la cantidad de ácido presente, S es la concentración de ácido, siendo la reacción independiente del ácido. De esta manera con los conocimientos matemáticos y químicos de Wilhelmy, plantea una expresión matemática para expresar la pérdida de azúcar en un intervalo de tiempo, de esta manera reconociendo la acción química que se genera entre los componentes de la reacción. Adicionalmente Wilhelmy identifica la temperatura como una variable a tenerse en cuenta en los procesos de medición de la pérdida de azúcar en el tiempo, pues generaba modificaciones en su investigación y en su publicación hace énfasis en la temperatura, haciendo mediciones a diferentes temperaturas.

Aunque no se da una clara visión de la velocidad de reacción; el tiempo se convierte en un elemento indispensable en la química; se inicia el estudio de la cinética química. A continuación se ilustra la reacción estudiada por Ludwig Ferdinand Wilhelmy.

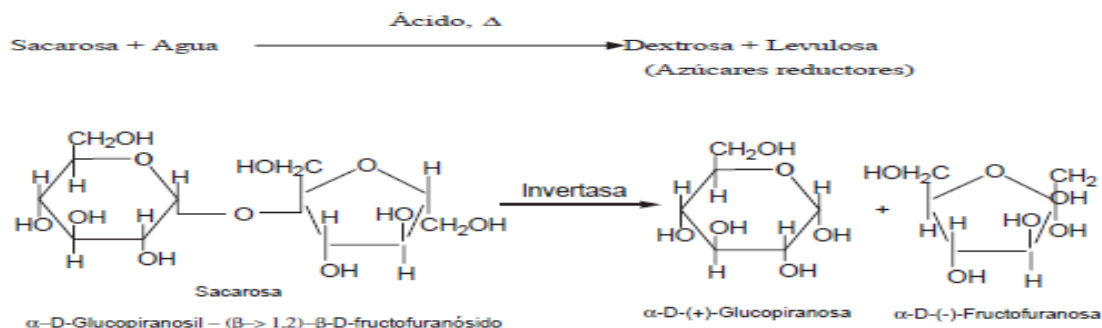


Ilustración 3. Proceso de inversión de la sacarosa en medio ácido

La discusión sobre la velocidad de reacción como una forma de medir la afinidad química tardó mucho tiempo de Wenzel a Wilhelmy, principalmente por los intereses de investigación de los diferentes periodos de la historia en los que se encontraban, otra de las razones del tiempo tan prolongado entre estos dos científicos, es las reacciones en estudio, las técnicas e instrumentos, Wenzel se centra en reacciones inorgánicas que son demasiado rápidas y no permiten la medición de forma detallada; Wilhelmy con la reacción de la inversión de la sacarosa, pudo ser más minucioso con su estudio, porque esta es una reacción orgánica, que suele ser más lenta; por ende es a partir del estudio de las reacciones orgánicas y el interés por acelerarlas que surgen nuevas preguntas que permiten ampliar el campo de estudio de la velocidad de reacción química.

Desde el primer modelo cuantitativo, se considera el tiempo de una reacción como una manera de medir las fuerzas de afinidad entre las sustancias, siendo esta la pregunta central que Wenzel se planteó para el desarrollo de sus experiencias; aunque Wilhelmy no expresa en términos de afinidad química la medición de la reacción de la azúcar de caña, en la forma en que menciona, expresa esta como una ley de acción del ácido en el azúcar, implícitamente reconoce que, la medición de la velocidad de reacción proporciona una información sobre las fuerzas que actúan en el proceso de cambio químico.

Mecánica química

El estudio de la velocidad de reacción química, se empezó a desarrollar con Wilhelmy pero el componente teórico que el propuso fue muy reducido, dejando muchos interrogantes sobre la influencia del tiempo en las reacciones químicas,

para medir la acción de las identidades químicas, por lo tanto algunos científicos se interesaron por los tiempos de duración de los procesos químicos; a este momento histórico se denomina aquí como el periodo de la mecánica química, el cual se caracteriza por una gran influencia de la física; donde se trata de establecer algunas analogías entre reacciones químicas y las leyes de la mecánica.

Es de esta manera, que científicos como Berthelot y Saint Gilles (1862) en su estudio de formación de éteres, a partir de alcohol y ácidos, realizan una descripción del proceso teniendo en cuenta variables como el tiempo, la temperatura y la aparición del éter durante la reacción, variando los ácidos, para determinar la velocidad relativa de la afinidad entre los ácidos con el alcohol; lo que los llevó a proponer ecuaciones matemáticas diferenciales similares a las desarrolladas en física que pueden aplicarse a los procesos químicos como la reacción que transcurre entre ácidos y alcohol; en la ecuación plantea la formación del éter en relación al tiempo; descrita a continuación.

$$dy = K \left(1 - \frac{y}{l} \right)^2 dx, \quad \text{Ecuación 2.}$$

En la ecuación 2, la (y) indica la formación de éter, (x) el tiempo en el que transcurre el proceso, K una constante que depende de la naturaleza de los líquidos y la temperatura del sistema, el factor $(1 - y/l)^2$, se determina a partir de la suposición que el ácido A, en el tiempo de reacción, desaparecerá y se ira formando éter, expresándose como $A = (1-y)$, lo mismo sucede con el alcohol B, que se describe en términos del transcurso de B durante la reacción $B = (1-y)$. Además en la ecuación se expresa un valor (l) que indica los límites de la reacción, debido a que este proceso es reversible; se detalla que A y B, empiezan a formarse cuando la reacción transcurre a la inversa, al reaccionar el éter con agua, la acción entre el ácido y el alcohol se vuelve inactivo.

El algoritmo expresado por Berthelot y Saint Gilles; tiene una fuerte tendencia física, pero difiere al describir *“En définitive notre équation exprime que la quantité d'éther produite a chaque instantest proportionnelle au produit á chaque instantest proportionnelle au produit des masses actives qui sont en présence”* (Berthelot y Gilles, 1862, p. 112) que se refiere a un proceso de transformación que implica la interacción entre identidades químicas, cuyos comportamientos químicos son diversos y particulares; por ende no puede cuantificarse como distancias definidas de un punto a otro; es por esto que atribuyen el término de masas activas, las cuales dependen del producto de las masas que están

involucradas en la acción química, haciendo énfasis en los procesos reversibles y describiendo que la velocidad de la reacción está en relación a las masas activas, sustancias en acción, reconociendo que la magnitud de movimiento, es muy diferente a la velocidad química, debido a que el comportamiento de una sustancia puede variar según su naturaleza, ya que en las experiencias varían las temperaturas y describen que el proceso es más rápido, pero la reacción es independiente de la temperatura, el proceso depende de la naturaleza de la sustancia, aunque las reacciones generen productos de características similares.

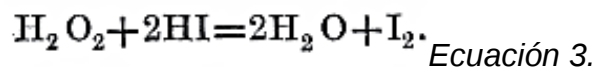
En relación a lo anterior Berthelot y Gilles (1862), en su experiencia estudian la afinidad del alcohol con ácidos acético, butílico, valérico y benzoico; se describe que los datos numéricos de interacción determinados con las ecuaciones planteadas, permiten dar una idea de la velocidad relativa en la que se presenta la afinidad entre los ácidos y el alcohol, se refiere al termino relativo, puesto que las reacciones implican procesos irreversibles, que no posibilitan una descripción clara del orden de afinidad, debido a que no se estudia una reacción en términos de un proceso completo. A continuación se ilustra los datos obtenidos por Berthelot y Gilles.

Acide acétique.....	1,00
Acide butyrique.....	0,39
Acide valérique.....	0,22
Acide benzoïque.....	0,023

Aunque existió un avance relevante de Wilhelmy por el estudio cinético de las reacciones, es evidente que sus estudios carecieron de un fuerte componente teórico, es a partir de Berthelot y Gilles que se da un sustento conceptual más claro de la velocidad de reacción y los procesos de equilibrio químico. Abriendo el camino a otros científicos para el estudio dinámico de las reacciones químicas; sin embargo se evidencian varias dudas sobre los procesos de velocidad de reacciones químicas; porque se estudia partiendo de reacciones irreversibles.

En el auge de reconocer la acción química de las sustancias en las diferentes reacciones químicas, para cuantificar estos procesos, surgen estudios nuevos como los de Harcourt y Esson (1866) y Guldberg y Waage. Los primeros Harcourt un químico Londinense, quien trabajó con el matemático Esson, estudiantes de la Universidad de Oxford; centraron su estudio en la transformación química de oxidación del ácido yodhídrico con peróxido de hidrógeno, y ácido oxálico con permanganato de potasio; teniéndose como referentes de la reacción los cambios de coloración donde se emplea almidón como un indicador, para la reacción de formación de yodo por la acción entre el ácido yodhídrico y el peróxido de hidrógeno, siendo evidente en la formación

una coloración azul en el proceso químico y en la segunda reacción desarrollan un montaje que permite evidenciar la formación de dióxido de carbono.



Ecuación 3.

El diseño experimental elaborado por Harcourt y Esson es muy meticuloso, midiendo gota por gota lo que posibilitó hacer una descripción más detallada de la transformación química en el tiempo; emplean para el análisis y construcción teórica de su experiencia, la representación del proceso de desaparición de los reactivos en gráficas en relación al tiempo, haciendo mediciones del proceso con ecuaciones que representaran la gráfica. En la reacción del peróxido encontró una tendencia logarítmica, como la que se muestra a continuación, en esta se representa la cantidad de peróxido en la observación, el tiempo en minutos y calcula el intervalo de tiempo que dura cada experimento. A partir de la relación logarítmica de desaparición propone la siguiente ecuación que tiene la estructura de la función logarítmica para el proceso de velocidad de reacción química del proceso químico del peróxido:

$$y' = ye^{-a(t'-t)}$$

Ecuación 4.

Donde y' corresponde a la cantidad de peróxido que ha reaccionado en la solución al transcurrir el tiempo, y la sustancia activa $(t'-t)$ un intervalo de tiempo en el que ha disminuido de y a y' ; e la base logarítmica de Napierian. Esta ecuación representa la relación logarítmica que se expresa en la siguiente gráfica; en esta ilustración hallan la duración de cada experimento, en variaciones de cantidad de peróxido fijas en una unidad (1), en relación al tiempo; se expresa que en los primeros intervalos de tiempo la cantidad de peróxido en reaccionar es muy rápida y al finalizarse la reacción, la duración de reacción es más lenta; por lo tanto es relevante la relación logarítmica realizada en este experimento; pues es claro que la relación de reacción en este caso no es lineal.

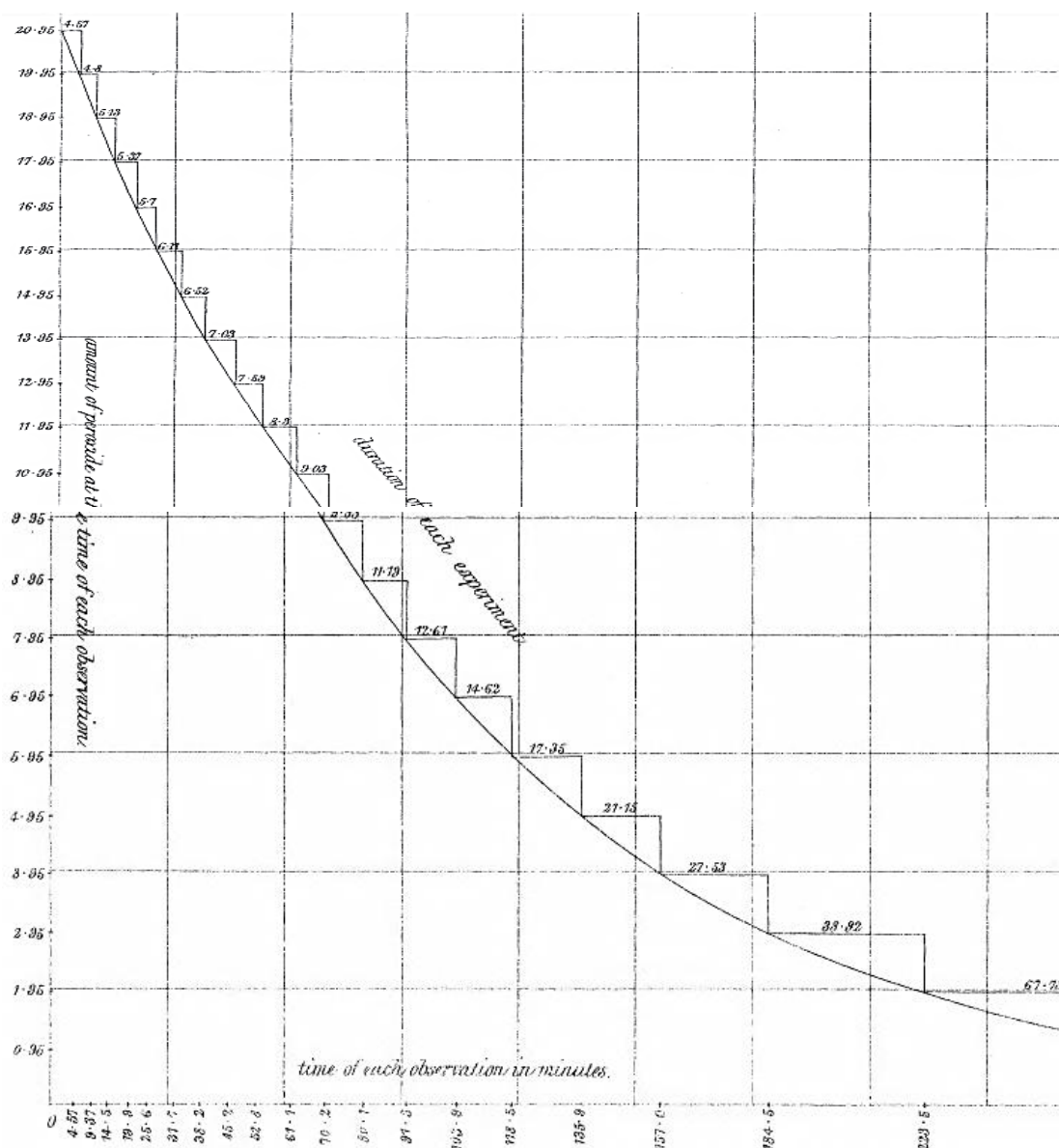


Ilustración 4. Representación gráfica cantidad peróxido en relación a tiempo. Extraído de textos original (Harcourt & Esson, 1866).

Harcourt & Esson (1866), proponen con sus experimentos y formulación teórica, la ley de conexión entre el cambio químico y las cantidades; en la que considera que esas variaciones de cambio son dependientes de la cantidad de sustancia, el volumen de la solución y condiciones como temperatura. Se destaca los avances para el estudio de la velocidad de reacción realizado por Harcourt & Esson (1866) principalmente por el componente teórico y matemático. Además de involucrar el análisis gráfico de los procesos químicos. Aunque su estudio generó más interrogantes, debido a que las preposiciones matemáticas sólo eran válidas para la reacción del peróxido y el yoduro, además de las diversas variaciones por ser una reacción con un comportamiento logarítmico.

Además de Harcourt & Esson (1866), durante el mismo periodo de tiempo, presentaban trabajos en relación al estudio de las velocidades de reacciones químicas, Guldberg (1836-1902) y Waage (1833-1900), profesores de matemáticas aplicadas y química respectivamente, quienes también presentaban un vínculo familiar como cuñados ; ellos trabajaron en el postulado de la acción de masas, retomando algunos elementos propuestos por Berthollet.

A través de la ley de acción de masas y acción volumen describen que existe una relación directa entre las masas activas con la fuerza química, adicionalmente esta acción es inversa al volumen, de esta manera describió la velocidad de reacción química como una forma de medir la afinidad química, pues a partir de esta se podían hallar valores cuantitativos; describiéndose además que las reacciones más rápidas eran aquellas reacciones completas. Consideran también la velocidad como una magnitud de las fuerzas de las diferentes sustancias.

“por primera vez una expresión cuantitativa de la magnitud de estas fuerzas de las diferentes sustancias, la siguiente pregunta es encontrar las leyes por las que las circunstancias exteriores (por ejemplo, temperatura y solubilidad) modifican estas fuerzas, y sólo entonces uno estar en una posición para poder calcular de antemano el resultado de la acción de las fuerzas químicas para las condiciones” (Waage y Guldberg, 1986).

Aunque la velocidad de reacción surge desde un componente físico, se empieza a evidenciar que las reacciones tienen algunas particularidades, lo que hace que se empiece a desligar los axiomas físicos a la química, una de las primeras son las masas activas en una reacción, comprendidas desde las masas que actúan en la reacción como lo plantea Waage y Guldberg. Pero a pesar de la importancia de sus postulados, tuvo muy poca acogida en la sociedad científica; los enunciados de Waage y Guldberg, hoy se aplican para los procesos de equilibrio químico, pues de manera intuitiva sus estudios tuvieron mayor relación con los procesos de equilibrio químico, adicionalmente con su postulado matemático se determinó la constante de equilibrio. Solo hasta que Van't Hoff retomaran los aportes de Waage y Guldberg; se inició nuevamente la discusión sobre las velocidades de reacción química.

En el periodo de la mecánica química, se hicieron aportes importantes para la velocidad de reacción química, que permitieron su estudio desde diversas dinámicas de la reacción química; formulando diversas expresiones algorítmicas que permitieran medir las fuerzas químicas, reconocidas como afinidad química, empleando la matemática diferencial y empleando la velocidad física como una analogía para comprender las fuerzas químicas; generando nuevas alternativas

para representar los procesos como las gráficas de cantidad de sustancias que aparecen o desaparecen en intervalos de tiempo.

Termodinámica y cinética

Desde esta perspectiva se evidencia una fuerte tendencia a relacionar la velocidad de reacción química con el calor y trabajo de una reacción química, siendo esta una manera de medir al igual que los calores de reacción las fuerzas químicas o la afinidad química que seguía indagándose, para explicar cuantitativamente la relación dinámica y mecánica que sucede en una reacción química entre las sustancias. Asimismo distanciándose de la propuesta de mecánica química; unificando y replanteándolo desde la termodinámica.

Surgen postulados como los de Jacobous Van't Hoff (1852- 1911), matemático y químico. La primera en la universidad de Leiden y química en Bonn con Augusto Kekulé y Carlos Adolfo Wurtz; Van't Hoff en 1901 ganó el premio nobel de química, reconocimiento por su trabajo de las leyes de la cinética química y las leyes que gobiernan la presión osmótica de las disoluciones (Garritz, 2001, p. 215), centro sus estudios en la comprensión de los procesos cinéticos y equilibrios de reacción, termodinámica, además del interrogante que aún se presentaba sobre la afinidad química.

Van't Hoff en los libros *Leçons de chimie physique professées à l'Université de Berlin*, *dynamique Chimique* (1898) y *studien zur chemischen dynamik*, *etudes de dynamique chimique* (1896) formula los supuestos teóricos que rigen la velocidad de reacción química; retoma el estudio de Waage y Guldberg, sobre la acción de masas activas y volúmenes, desarrolla un componente teórico donde diferencia el equilibrio de una reacción y la formulación de la velocidad de reacción química; indica que la ley de acción de masas es referente a fenómenos de reacciones en equilibrio, debido a que se presenta una igualdad, que solo se podría presentar en el equilibrio, donde las velocidades directa e inversa, son iguales. Esta relación se deduce de una forma simple por consideraciones cinéticas, si se iguala las dos velocidades opuestas, se causa el estado de equilibrio. Partiendo de esta afirmación deduce la constante de equilibrio como el cociente de las constantes de velocidad de reacción.

“La vitesse de réaction paraît dépendre de la différence des valeurs d’une certaine fonction de la concentration des deux corps ou systèmes de corps qui se transforment de l’un en l’autre; l’égalité de ces deux valeurs est la condition de l’équilibre. La vitesse est proportionnelle à la différence en question, pourvu que d’autres facteurs n’interviennent pas pendant la transformation” (Van’t Hoff, 1898, p. 185) “La velocidad de reacción parece depender de la diferencia de los valores de una cierta función de la concentración de los dos cuerpos o sistemas del cuerpos que se transforman uno en el otro; la igualdad de estos dos valores es la condición de equilibrio. La

velocidad es proporcional a la diferencia en cuestión, siempre que otros factores no intervengan durante el proceso" (traducido por la autora)

Adicionalmente, de la relación de velocidad de reacción con el equilibrio de las reacciones; Van't Hoff (1898) explica que existe una concomitancia entre el trabajo de una reacción y la velocidad de la reacción química, denota que si el trabajo es nulo en una reacción, la velocidad lo será igualmente, además el trabajo de la reacción indica el signo de la velocidad, es decir si se presenta un trabajo negativo, su velocidad también tendrá este valor, esto indica que la reacción procede hacia la dirección del trabajo de producción; acorde con lo enunciado por Van't Hoff, es posible considerar que la velocidad es una forma de predecir la relación de afinidad química o fuerza impulsiva (expresión que emplea Van't Hoff para referirse a afinidad) de las sustancias involucradas en una reacción química, puesto que el trabajo generado por una reacción química se deriva de la fuerza de interacción entre las identidades químicas.

Lo anterior es evidente al referirse sobre las fuerzas mecánicas y fuerzas eléctricas producidas en la reacción química, como métodos que posibilitan medir la fuerza impulsiva (afinidad); en el siguiente fragmento Van't Hoff hace alusión a cómo se puede medir la afinidad, explica que para esto es necesario suministrar una fuerza medible opuesta a la fuerza impulsiva, describe que cuando una transformación presenta formación de gas como la estudiada por Tammann Nerst, en la que el ácido sulfúrico reacciona con zinc produciéndose hidrógeno, describe que la fuerza de presión en el incremento del volumen, permite medir la afinidad, debido a que el desprendimiento de gas es formado por el trabajo que se genera en la reacción química, esta fuerza mecánica, puede entenderse entonces como la fuerza opuesta a la que hace mención Van't Hoff.

Un moyen très convenable en général pour mesurer la force impulsive qui produit une réaction, consiste à introduire une force mesurable s'opposant à cette réaction; on peut l'augmenter peu à peu jusqu'à ce qu'elle arrête la réaction, tandis qu'un accroissement plus grand amènerait une transformation inverse. Si la transformation est accompagnée d'une augmentation de volumen, on pourra trouver dans la pression la force antagoniste dont on a besoin et mesurer mécaniquement la force impulsive, autrement dit l'affinité. (Van't Hoff, 1898, p. 176) Una forma muy conveniente para medir el impulso general de una fuerza de reacción, es introduciendo una fuerza medible opuesta a la de la reacción; aumentando poco a poco hasta que se detenga la reacción, mientras que a un mayor aumento el proceso sería más rápido provocando una transformación inversa. Si la transformación se acompaña por un incremento en volumen, se pueden encontrar como antagonista a la fuerza de presión, la cual es una medida de la fuerza de impulso mecánica, es decir, afinidad" (traducido por la autora).

Partiendo de la discusión planteada por Van't Hoff se reconoce que la velocidad de reacción química es una manera de medir la afinidad química. Pues si una reacción tarda más tiempo en reaccionar, es debido a la acción química, adicionalmente reconoce que la velocidad de reacción depende de dos fuerzas

la impulsiva (la afinidad química) y la retardante. La fuerza retardante puede interpretarse como los factores que alteran la velocidad de una reacción química como la temperatura, la viscosidad, el medio en que la reacción tiene lugar. Es por esto que Van't Hoff señala en el siguiente fragmento que estas fuerzas deben considerarse por separado, pues la fuerza descrita como retardante hace que varíen los datos de velocidad, modificarse por las diferentes condiciones que pueden presentarse en una reacción química, pero la tendencia, de que una reacción sea más rápida en comparación a otra en las mismas condiciones, permite organizar en cual hay mayor fuerza impulsiva o afinidad química. Cuantificándose y comparándose la afinidad química con valores aproximados de velocidad a condiciones equivalentes.

“Le fait qu’une réaction a besoin d’un certain temps pour s’accomplir démontre qu’à côté de la cause qui la produit, et que nous nommerons la “forcé impulsive” (treibende Krraft) ou “l’affinité”, il y a une “forcé retardatrice” (Hemmung), qui entre en jeu. Ces deux forces doivent être examinées séparément, mais nous pouvons dire des maintenant que la forcé retardatrice est de nature très variée, tandis que la forcé impulsive, pour un état donné des corps, est tout à fait déterminée. La forcé retardatrice peut provenir, par exemple, de l’éloignement matériel des corps agissants, ou bien de la viscosité du milieu où se produit la réaction. La forcé impulsive dépend de l’état actuel du corps ou du système des corps et de la voie qui conduit à l’équilibre final; elle peut s’expliquer par des considérations tout à fait générales” (Van’t Hoff, 1898, p. 175). El hecho de que una reacción necesite más tiempo para llevarse a cabo demuestra la causa que la produce, y la llamamos la “fuerza impulsiva” (treibende Krraft) o “afinidad”, no hay un “fuerza retardante” (Hemmung) que surja de esta. Estas dos fuerzas deben ser consideradas por separado, ya que la fuerza retardante es muy variada en la naturaleza, mientras que la fuerza impulsiva, está determinada por el estado de los cuerpos. La fuerza retardante puede surgir, por ejemplo, de la lejanía del cuerpo material actuando, o la viscosidad del medio donde se produce la reacción. La fuerza impulsiva depende del estado actual del cuerpo o sistema de cuerpos y la vía que conduce al balance final. (Traducido por la autora)

Aunque Van't Hoff considera que la manera más adecuada de expresar la afinidad es en relación con el calor, que es equivalente al trabajo de la reacción; describe algunas relaciones entre el trabajo y la velocidad, siendo también una manera de medirlo aunque teniendo diversas condiciones estándar, pues varía al alterar parámetros de la reacción. Es por esta razón que se interesa por el estudio de la influencia de la temperatura sobre la constante de velocidad de reacción, proponiendo según los experimentos postulado una relación con la segunda ley de la termodinámica de Kelvin-Planck, comparando los procesos de equilibrio térmico con los procesos de equilibrio químico, reconociendo que existe una reacción que debe absorber calor y la otra el proceso contrario, postula entonces en la siguiente expresión matemática una relación de influencia de temperatura, en la que considera una correlación entre la constante de velocidad y el calor de reacción, el cual también formula como afinidad química. K constante de velocidad, q calor de transformación, T temperatura, B una constante y A afinidad química. Después esta expresión es retomada por Svante Arrhenius, siendo reformulada y conocida hoy en día como la ecuación de

Arrhenius, describiendo en esta los procesos de barrera energética o energía de activación.

$$\frac{d \log K_1}{dT} - \frac{d \log K_{ii}}{dT} = \frac{q}{2T^2} \quad \text{ó} \quad \frac{d \log k}{dT} = \frac{A}{T^2} + B \quad \text{Ecuación 5.}$$

Uno de los principales aportes de Van't Hoff en la cinética química, es la ley de la velocidad, donde resalta la relación de masas en una reacción, intentando abarcar todo el sistema de la reacción; por lo tanto clasifica a las reacciones según las relaciones estequiometrias de los reactivos, empleando la palabra molecularidad, teniendo en cuenta el número de moléculas o átomos necesarias para la acción química; por lo tanto, las reacciones que contiene una sola molécula o átomo en los reactivos la denomina (unimolecular), para una relación de dos (bimolecular), en una relación de tres en reactivos (trimolecular) y más de tres (polimolecular); ya que para Van't Hoff la velocidad depende de los valores de concentración de los sistemas de cuerpos que se transforman; a pesar de que su teoría se centra en la termodinámica, también tiene una visión cinética, ya que se refiere a la fricción interna, la orientación de los movimientos y el intercambio entre los átomos; en el momento de transformación química.

Por lo tanto, Van't Hoff, formula la siguiente expresión sobre la ley de la velocidad de reacción general, representando con la letra "C" la concentración, k la constante de velocidad, t el tiempo y el exponente n indica el factor estequiométrico de los reactivos en la reacción.

$$-\frac{dC}{dt} = kC^n \quad \text{Ecuación 6.}$$

Para una reacción de tipo unimolecular como la de $AsH_3 = As + 3H$.

$$-\frac{dC}{dt} = kC, \quad \text{Ecuación 7.}$$

Para una reacción de tipo bimolecular puede ser:

$$-\frac{dC}{dt} = kC^2, \quad -\frac{dC_1}{dt} = kC_1C_2, \quad \text{Ecuación 8.}$$

Para una reacción de tipo trimolecular, puede ser:

$$-\frac{dC}{dt} = kC_1C_2C_3, \quad \text{Ecuación 9.}$$

Con estas expresiones Van't Hoff abre el camino al estudio de los órdenes en una reacción química; como un producto de la importancia que presenta las concentraciones en la velocidad de reacción, ya que como lo expresa Van't Hoff la velocidad de una reacción parece depender de la concentración y al tener en

cuenta los factores estequiométricos, tiene en cuenta estas relaciones de masas y concentraciones, al igual que Waage y Guldberg.

COMPRENSIÓN DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN QUÍMICA COMO MAGNITUD DESDE LOS APORTES DEL ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO

En el estudio de la ocurrencia de las reacciones químicas, que se propuso desde el siglo XVI, a partir de la comprensión de la afinidad química entre las sustancias, se pretendió reconocer la forma de medir y cuantificar la preferencia de las sustancias a formar reacciones químicas con unas entidades químicas y con otras no; para describir como se generan las acciones químicas; se deja a un lado los pensamientos antropomórficos de la materia. Por lo tanto la primera representación para la cuantificación de la afinidad química se realizó con la construcción de tablas de afinidad como las propuestas por Geoffrey y Bergman, aunque estas tablas muestran una inclinación de unas sustancias hacia otras, siendo muy enriquecedores en su componente experimental, no representaban más que una tendencia, sin dar una explicación concisa sobre las transformaciones químicas.

Como resultado de esto, se generaron diversas interpretaciones al fenómeno de la reactividad química, como la de Newton donde relaciona la transformación química con la atracción gravitacional de los cuerpos, que dependían del tamaño y las distancias entre partículas; a partir de este planteamiento, se empieza a generar discusiones de la afinidad química como una fuerza de combinación.

La consideración de la afinidad química como una fuerza material, hace que muchos científicos se cuestionen sobre cómo medir esas fuerzas de combinación y formalizar una magnitud que dé cuenta de este proceso; para responder a estas inquietudes surgen dos vertientes opuestas, la cinética y la termodinámica; la primera pretende medir la afinidad teniendo como criterio la duración de las reacciones químicas, a través de la velocidad de desaparición o aparición de los reactivos o productos, centrándose en la pregunta ¿Cuánto duran las reacciones químicas, las más veloces son más afines? y la termodinámica considerando como medida de afinidad el calor de reacción, rigiéndose por la pregunta ¿Cuáles reacciones libera más calor, la mayor producción de calor es un indicativo de mayor afinidad?. Aquí se trata de explicar la velocidad de reacción como magnitud, por consiguiente se describirá los diferentes aportes que permiten sustentar esta idea.

La medición de afinidad química por medio de la velocidad de reacción fue sustentada por científicos como Berthollet (1803), Wenzel (1771), Wilhelmy (1850), Guldberg y Waage (1866). Wenzel (1771) propone en un libro sobre

afinidad, una forma de medir las fuerzas químicas, explicando la fuerza entre sustancias, a través de su movimiento, haciendo una analogía mecánica; si un cuerpo se mueve más rápido que la fuerza que actúa sobre este, entonces esta es mayor; por ende cuando una reacción se produce más rápidamente, su afinidad será mayor. Este principio lo sustentó con la medición de tiempo de disolución de diferentes metales con iguales áreas, para que las superficies fueran las mismas, emplea formas cilíndricas de los metales en ácidos; a través de estas mediciones, Wenzel reconoce que los ácidos actúan más agresivamente si la concentración aumenta, además la velocidad es proporcional a la concentración. (Ostwald, 1909, p. 253) ; después Wilhelmy (1850) formula una expresión matemática para describir la pérdida de reactivo en el tiempo; pero es hasta Guldberg y Waage (1866) que se considera la velocidad de reacción como una magnitud química de la afinidad química, postulando las leyes de acción de masas y volúmenes; y expresándola en la ecuación de afinidad química en términos de velocidad de reacción, integrándose conceptos de la mecánica física a las transformaciones químicas; donde sugieren que las velocidades podían ser proporcionales a las fuerzas químicas; desde esta mirada puede interpretarse que la velocidad de reacción química permite cuantificar la reacción, a través de la rapidez en la que ocurre el proceso, entre más rápido es el desarrollo de la reacción, es posible, decir que es más afín una sustancia en relación a otra con un comportamiento más lento, pero es fundamental establecer una correspondencia estequiometría, para hacerse dicha comparación en condiciones similares de presión, volumen, estado de agregación y temperatura. Debido a que estos son factores que pueden alterar los procesos cinéticos, considerando que se existen factores que alteran el resultado, por lo tanto debían empezarse a estudiar. .

Posteriormente Van't Hoff (1898) formula la ley de la velocidad de reacción química y reconoce que la unidad de la velocidad parece depender de la concentración, por ende emplea el término de molecularidad como el exponente de la concentración; relaciona este con procesos termodinámicos como el trabajo indicando que el signo de la velocidad de reacción química describe la orientación del trabajo de la reacción, pero discrimina la velocidad química como magnitud de la afinidad debido a las diversas variables que se deben tener en cuenta, lo considera una posible forma de medirla teniendo parámetros iguales de comparación entre las reacciones, por lo tanto postula la ecuación sobre la influencia de la temperatura en la constante de velocidad de reacción química, retomando la segunda ley de la termodinámica de equilibrios térmicos y adaptándolo a los procesos químicos; esta expresión algorítmica compara la constante de velocidad con el calor de transformación de reacción; este calor es igual a la afinidad, es por esto que podría describirse que al medir la velocidad de reacción a diferentes temperaturas, podría obtenerse el valor de calor de reacción o afinidad, pues se evidencia que aunque la velocidad cambie al variar

la temperatura, la afinidad química no variara. Esta ecuación fue posteriormente modificada por Arrhenius y es la que actualmente se emplea para hallar la energía de activación, que la consideraba como energía de barrera.

En consecuencia, puede reconocerse la velocidad de reacción como una magnitud que mide la afinidad química. Mellor (1904) en el libro "Chemical Statics and dynamics" describe que puede medirse la fuerza química o afinidad por dos métodos el estático y el dinámico. En el dinámico clasifica a la velocidad química como una posible medida, si se tiene condiciones físicas iguales, pues reconoce la dificultad de la variación de la velocidad con las diferentes circunstancias. Pero denota "Es necesario hacer hincapié en el hecho de que no hay que decir "la velocidad de una reacción química es una medida de la afinidad química" porque la velocidad es modificado por un gran número de circunstancias accidentales" (Mellor, 1904, p. 29)

En contraste a lo señalado por Mellor (1904) y en relación con los postulados de Campbell (1920 y 1921), sobre la medición, en la que se concibe la idea de "medir como la atribución de números a propiedades, para representarlas" (Campbell, 1921, p.109); esta definición posibilita entender la velocidad de reacción química como una magnitud, debido a que desde su desarrollo histórico surge como una forma de medir la afinidad química, que a pesar de que no indique valores exactos y que son variables por los diversos factores que alteran la reacción química, genera una forma de representar y organizar el fenómeno de la reactividad química; que Mellor (1904) clasifica como una medición dinámica, puesto que no es posible estandarizar; pero reconoce en su libro los trabajos de Wenzel y Wilhemy en el intento de cuantificar la afinidad química.

Además desde la categorización que hace Campbell (1920) sobre las magnitudes en ciencias, como: magnitud fundamental y derivada; es posible considerar magnitudes que dependan de una cualidad para ser medidas, que propicie la ordenación de fenómenos, como las magnitudes derivadas; sino que dependan de las condiciones externas, que a pesar de ello, propicie la ordenación de fenómenos; por ejemplo para la magnitud de densidad pueden variar los resultados, por la presión, temperatura, la masa y el volumen; pero en condiciones similares es viable describir cual cuerpo es más o menos denso en relación con otro cuerpo.

En relación con lo anterior, se puede clasificar a la velocidad de reacción química como una magnitud derivada. La magnitud derivada se caracteriza por ser dependiente de otras magnitudes fundamentales o derivadas para ser medidas; además algunas de estas no satisfacen los criterios de aditividad e igualdad, el primero hace referencia a la unión aditiva de atributos que son comparables

entre si y el segundo describe relaciones de igualdad y desigualdad en la comparación de una cualidad particular, como las magnitudes fundamentales; empero no es un indicador de que no sea medible, sino que para este tipo de magnitudes es necesario la proposición de leyes numéricas que generen un orden; La ley numérica, se entiende como una representación algorítmica, fracción, integral o función, que se propone según las observaciones y la experiencia, y permite organizar de forma numérica el fenómeno. Por ejemplo “si tomo como medida de la densidad de una sustancia el cociente de su peso por su volumen, hallo un número que está fijado de un modo definido y cuyo orden representa el orden de densidad” (Campbell, 1920, p. 131). Lo que no sucede, por ejemplo con la dureza de un material, pues solo puede describirse cualitativamente que material es más duro que otro, pero no hay una expresión o ley numérica que organice, si no que se asignan números arbitrarios a los cuerpos y no es viable describir ¿Cuánto más duro es un cuerpo que otro?, y por lo tanto no se considere la dureza como una magnitud.

Para la magnitud de la velocidad de reacción química desde su desarrollo histórico, se contempla el interés por formulaciones que generen un orden numérico para la reactividad química. Inicialmente Wilhelmy (1850) hace una proposición de la ley numérica al relacionar la pérdida de azúcar en el tiempo; retomando la misma relación en fracción que para la velocidad física; la ley diferencial de Berthelot y Saint Gilles (1862); la ecuación logarítmica obtenida de gráficos por Harcourt y Esson (1866); las relaciones de concentración de (Waage y Gulberg, 1986); la ley de la velocidad de reacción química de Van't Hoff (1898). Por lo tanto desde esta perspectiva es posible reconocer que se ha pretendido la formulación de leyes numéricas que posibiliten criterios de orden para la medición de la afinidad química.

Adicionalmente, Campbell (1920) considera que las leyes numéricas son experimentales y siempre dejarán una ligera incertidumbre y que muchas de las leyes experimentales son producto de la interpolación y extrapolación de observaciones, que se obtienen de gráficos en los que se sintetizan las experiencias.

“Parece imposible entonces admitir que las magnitudes derivadas y fundamentales difieren al igual que las ideas y conceptos hipotéticos. La imposibilidad es aún más confirmada por la observación de que las magnitudes derivadas se pueden medir por proceso puramente experimental por medio de gráficos. En algunos se tiene en cuenta el proceso involucrado en el dibujo de los gráficos, y la medición de las magnitudes derivadas por medio de ellas.” (Campbell, 1920, p. 328) (Traducido por la autora)

Para la velocidad de reacción química es evidente que muchas de sus leyes numéricas surgen de la graficación, como fue realizado por Harcourt y Esson (1866) y la ley de velocidad de reacción química de Van't Hoff; además de la asociación de variables que permiten el orden numérico de la reactividad química; de esta manera comprendiendo que la magnitud de velocidad de reacción química es experimental.

En cuanto a la unidad de la velocidad de reacción química, para Campbell (1920) la unidad de magnitudes derivadas “varía según las unidades con las que se miden las magnitudes fundamentales, lo que indica que la unidad de una magnitud derivada, esta en función de las unidades fundamentales” (Campbell, 1920, p. 370), por lo tanto puede deducirse que la unidad de la velocidad de reacción química, dependerá de las unidades de concentración y tiempo, que se empleen en la determinación experimental de la velocidad de reacción química.

También describe que las constantes de la magnitud derivada pueden variar según el sistema y si la ley numérica lo indica “La afirmación de que la constante puede cambiar cuando cambia el sistema puede ser expresado con mayor precisión. Si un conjunto de sistemas se puede encontrar de forma que todos ellos se caractericen por una ley de una forma dada, es decir, por una relación uniforme que consiste en la misma relación física expresada por una función matemática de la misma forma.” (Campbell, 1920, p. 342). La ley de la velocidad de reacción química es una forma muy concisa para ejemplificar la premisa de Campbell; la constante de velocidad de reacción química varía al igual que sus unidades, según la dependencia de la concentración de los reactivos y las condiciones externas del sistema, en vista de que depende del orden de reacción química, pero esta consideración es demarcada en la ley de velocidad de reacción química y a pesar de la variación de la constante en sus unidades; la unidad de la velocidad de reacción química, dependerá de la concentración en relación al tiempo.

Por lo tanto, la manera más adecuada de distinguir la velocidad de reacción química es como una magnitud derivada experimental; y no como concepto o teoría; por motivo de, que desde su desarrollo histórico surge como una manera de medir la afinidad química; en la que se postulan diferentes leyes empíricas, por los diferentes científicos, hasta alcanzarse la ley de velocidad de reacción química que propicia un orden numérico para organizar el fenómeno de la reactividad química; a pesar de los diversos factores que alteren la velocidad de reacción química, que sería una de las condiciones que deben controlarse al momento de comparar reacciones químicas.

Ahora surge la pregunta, de si es posible considerar la velocidad de reacción química como una magnitud propia de la química; sin duda puede afirmarse que si es una magnitud química; debido a que su formulación es experimental y posibilita comprender el comportamiento de la reactividad química y no requiere de teorías fisicalistas para su comprensión; además a pesar de que surgió de una comparación con la velocidad física; se observa que presenta diferencias muy marcadas; la ley de velocidad de reacción química exhibe una dependencia de las sustancias participantes en la reacción, en relación a su concentración. Presentando también una particularidad inherente al indicar unidades diferentes de la constante de velocidad de reacción química, resaltando la relación de reactividad de las identidades químicas en la reacción química.

Es de destacar también, que el estudio de la velocidad de reacción química permite el cambio de concepción de la afinidad química como una tendencia, relacionándola con magnitudes físicas, considerando la afinidad química como una identidad material. Asimismo comprender, organizar y formalizar el fenómeno de la reactividad química.

V. DISCUSIÓN SOBRE LOS MODOS DE CONSTRUIR Y FORMALIZAR DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN EN LA RUTA DE AULA

1. Nivel de análisis de los resultados en relación con los propósitos implicados en cada etapa de la ruta de aula.

Etapa 1		
Objetivo: Aproximar a los estudiantes en el estudio fenomenológico de las reacciones químicas y la implicación que tiene la velocidad de reacción química.		
Actividad 1		
Experiencias o preguntas orientadoras	Descripción estudiantes	Análisis de los registros en relación a los propósitos de la etapa
Experiencia clasificación procesos químicos y físicos	Qué cambios observan los estudiantes en los cambios químicos “Formación de vapor” “la reacción infla la bomba” “Cambio de color” “se descompone el zinc” “formación de burbujas” “formación de energía” ¿Qué cambios se presenta en cambio físico? “se divide en dos” “se derrite” “cambia de tamaño” “cambio de estado”	Los estudiantes clasifican de forma correcta los tipos de transformación química y física. Algunas de las dificultades están en reconocer procesos donde hay cambios físicos y químicos al mismo tiempo como al encender la vela. Muchas de las clasificaciones las hacen por ideas que en años anteriores se han enseñado pero no hay justificaciones respecto con lo que ocurre. Por ejemplo todos los estudiantes explican que los cambios de estado, son un cambio físico, pero su argumento es deficiente para explicar porque se da esa categorización a este fenómeno.
¿Qué características permiten describir que se presenta una	“La temperatura” “La liberación de calor, exotérmico”	Los estudiantes explican diferentes características que permiten reconocer que hay una reacción química, algunos estudiantes los relacionan con los fenómenos que se

reacción química?	“El cambio de estado” “La cantidad” “ La producción de gas” “Producción de burbujas” “Desaparición del metal” “Cambios de color” “La densidad” “Al utilizar un reactivo y formar un producto”	presentaron en la experiencia”; los cambios de coloración, la desaparición del metal, producción de burbujas”, haciendo uso de un lenguaje que es propio de su experiencia cotidiana; que posibilita explicar los fenómenos de la reacción química. Se destaca que los estudiantes, en su descripción, consideren “la liberación de calor, los cambios de temperatura”, además usan términos como exotérmico. Esta observación del fenómeno vincula la experiencia de la reactividad química como proceso dinámico. Pero también se evidencia que algunos estudiantes tienden a anteponer la teoría, empleando términos de forma errada; se les dificulta describir lo observado y asociarlo con la teoría; esto refleja que muchas de las explicaciones de los estudiantes son memorísticas. Por ejemplo cuando el estudiante explica que en una reacción química, una de las cualidades es la densidad, se le pide explicación de cómo lo puede reconocer en la práctica, el estudiante no logra justificar su idea. Otro ejemplo es cuando describe que “Al utilizar un reactivo y formar un producto” esta afirmación derivaba de un componente conceptual, que no asocia a la experiencia. A partir de esto se identifica que el estudiante está acoplado a respuestas acertadas, y siente temor a responder de forma incorrecta, por lo tanto recurre a ideas preconcebidas de su formación escolar y las retoman sin relación con el fenómeno.
--------------------------	---	---

Ordenación de las reacciones químicas, teniendo en cuenta su tiempo de reacción	“1. Corrosión del clavo 2. Permanganato y glicerina 3. Botella azul 4. Dilución del metal 5. Inflar globo con vinagre y bicarbonato 6. Encender vela” (grupo 1) 1. Corrosión del clavo 2. Dilución metal 3. Botella azul 4. Permanganato y glicerina 5. Inflar globo con vinagre y bicarbonato 6. Encender vela (grupo 2, 3) 1. Corrosión del clavo 2. Botella azul 3. Dilución metal 4. Permanganato y glicerina 5. Inflar globo con vinagre y bicarbonato 6. Encender vela (grupo 4 y 5)	Los estudiantes obtuvieron organizaciones que variaron unas de otras, pero encontraron similitudes en las reacciones más rápidas y lenta. La reacción de combustión de la vela, la categorizan como la más rápida pues depende del contacto del pabito con el fosforo y es inmediato que se observa la formación de la llama; y como el más lento la corrosión del clavo, debido a que tardo días. Las organizaciones intermedias fueron más variables en los grupos, se pidió explicación de lo que pensaban los estudiantes sobre estas variaciones entre los grupos. Algunos describieron que dependía de la cantidad de sustancia que tomo cada grupo, la temperatura, las concentraciones y que la clase de elementos y compuestos son diferentes. Los estudiantes con esta experiencia se dieron cuenta que era muy complejo hacer una organización general si no existían las mismas condiciones para todos los grupos en las reacciones químicas; pero reconocen que pueden existir reacciones muy rápidas y muy lentas.
¿En qué tiempo sucede cada una de las reacciones químicas? ¿Qué factores influyen	“Cambio temperatura” “Su estado físico” “Cantidad de sustancia”	Los estudiantes consideran el cambio de temperatura como un factor que influye en la rapidez de la reacción, el estado, la cantidad de sustancia que se emplea, siendo más rápido para los estudiantes el que tiene más

en la rapidez de la reacción?	“La unión entre las sustancias”	sustancia; y la unión entre las sustancias (con esta expresión el estudiante se refiere a los enlaces que se forman).
¿Qué cambios pueden medirse en cada una de las reacciones químicas en el transcurso del tiempo?	“Hasta cuando la bomba no se sigue inflando” “Cuando se apaga la llama” “Cuando la vela se quema toda” “Cuando ya no enciende más” “Cuando la granalla de zinc desaparece” “En su composición” “El cambio de color”	En las respuestas los estudiantes se refieren a la medición del transcurso de una reacción solo como un proceso donde existe un inicio y su final. Para los estudiantes no se puede medir momentos intermedios de las reacciones. Además se vuelve a presentar en esta pregunta explicaciones de un nivel micro a un nivel macro cuando se refiere a la composición, pero no hay una comprensión y explicación clara de lo que realmente se refiere.

En esta primera etapa se pretendía que los estudiantes se aproximaran al estudio fenomenológico de las reacciones químicas y la implicación que tiene la velocidad de reacción química. En esta experiencia se percibe que algunos estudiantes hacen uso del lenguaje cotidiano y la experiencia sensorial para darle una explicación a los fenómenos relacionados con la reactividad química; organizan también el fenómeno percibiendo que existen reacciones muy rápidas y muy lentas y que este puede ser una cualidad para clasificar los procesos químicos; también identifica que tienen que generarse condiciones similares para clasificarlas, como las cantidades que se someten a la reacción, el grosor y estado de las sustancias; describen también parámetros que permiten medir el transcurso de tiempo de una reacción química; hacen además presunciones sobre variables que alteran el tiempo de las reacciones químicas.

Se manifiesta en esta experiencia que el estudiante está habituado a un proceso de aprendizaje de las ciencias de forma muy teórica, esperando explicaciones dadas por el docente; y cuando se confronta a un fenómeno se le dificulta describir, observar y relacionar la teoría con la experiencia. Adicionalmente retoma en su discurso ideas de su formación escolar en ciencias pero no hay justificaciones claras y concisas en su discurso sobre el fenómeno, evidenciándose en su modo de hablar desconocimiento, esto es una forma de

reconocer que no hay una comprensión de los contenidos, y su modo de pensar sobre los fenómenos de la reacción química es algo ambiguo.

Etapa 2		
Objetivo: Organizar, clasificar y analizar el fenómeno de las reacciones químicas en relación con los tiempos de reacción química.		
Actividad 2		
Experiencias o preguntas orientadoras	Descripción estudiantes	Análisis de los registros en relación a los propósitos de la etapa
Ordenen las reacciones de mayor a menor tiempo de reacción	Metal con ácido sulfúrico “Magnesio Zinc Aluminio”(grupo 1,2 y 3) Metal con ácido clorhídrico “Magnesio Aluminio “después de 1 hora no ha terminado la reacción” Zinc “después de 1 hora no ha terminado la reacción” (grupo 4) “Magnesio Zinc Aluminio “después de 1 hora no ha terminado la reacción” (grupo 5)	Los estudiantes logran establecer una ordenación del comportamiento de la reacciones químicas de metal (Mg, Zn y Al) con el ácido, teniendo como parámetro la desaparición del metal, reconocen que se presentó el mismo orden para todos los metales con los ácidos; pero identifican que la reacción del ácido sulfúrico con los metales es mucho más rápida que la del ácido clorhídrico con los metales.

Explique porque razón se presenta este orden, ¿Qué hace que el metal reaccione más rápido con un ácido que con los otros?	“estado de oxidación, grosor de los metales y composición” (grupo 1) “la razón por la que reacciona mas rapido es la electronegatividad y las propiedades del metal” (grupo 2) “por su composición química, la resistencia, estado de oxidación, la resistencia del metal hacia el acido, el comportamiento de cada elemento y/o compuesto según su numero atomico, la reacción con el oxígeno (ambiente) (grupo 3) “por composición química, el acido tiene mas atracción hacia unos metales que otros” (grupo 4) “por el orden de la tabla periodica, por el grosor del metal” (grupo 5)	Se evidencia que los estudiantes dan explicaciones del comportamiento de las reacciones, haciendo alusión a los conceptos relacionados con enlaces químicos (estado de oxidación, electronegatividad, numero atómico), de esta manera generando un modo de pensar el fenómeno, que surge de ideas atómicas, debido a la reducción de la enseñanza de la química, desde una perspectiva física, en el que se describe las reacciones como intercambio de electrones entre los átomos. Esta experiencia, por lo tanto posibilita que el estudiante reconozca el fenómeno y empiece a dar sentido a la teoría atómica desde un punto de vista químico. Comprendiendo que la experiencia no surge de la teoría, sino existe una relación conjunta entre experiencia y teoría. Es destacable que el “grupo 5”, identifica que existe una organización donde el fenómeno de las reacciones químicas, tiene una correspondencia con la organización de la tabla periódica. Aunque los otros grupos emplean términos relacionados con propiedades periódicas, este grupo hace la descripción más concisa. De esta manera se percibe que los estudiantes empiezan a interiorizar y comprender la teoría que era un poco alejada de sus vivencias. El grupo 4, emplea un término más antropomórfico “atracción hacia” pero esto no indica que le estén dando una cualidad humana a las sustancias, por el contrario manifiesta con esta descripción la transposición didáctica errada que algunas veces se hacen en el aula de clase empleando términos que no corresponden a comportamientos de la materia. Es
--	---	--

		interesante destacar que con esta justificación los estudiantes presentan una concomitancia con el pensamiento de las afinidades electivas, en la que se describía que los cuerpos presentan una tendencia más hacia unas sustancias que hacia otras. El grupo 3 emplea la expresión “resistencia del metal hacia el ácido”, aquí se avizora que el modo de pensar de los estudiantes se relaciona con términos de una fuerza que hay entre las sustancias, idea que se asimila a lo descrito desde el momento de la afinidad química. Los estudiantes hacen también énfasis en la composición, propiedades de las sustancias, contemplándose que para el estudiante existe una comprensión de que las sustancias presentan una identidad que las hace únicas e inherentes, de esta manera establecer que la rapidez de la reacción depende de la naturaleza de las sustancias. Además reconocen otros parámetros como la superficie de contacto que afecta la velocidad de la reacción; al usar la expresión “el grosor de los metales”, debido a que el tamaño y forma de los metales no era igual en todos los casos, a pesar de que se buscó que el aspecto fuese muy similar entre los metales.
Como han observado a pesar de que se hace reaccionar a un metal con diferentes ácidos y se	“Afinidad electrónica” (grupo 1 y 2) Resistencia (grupo 3)	Los grupos 1,2 y 5 nombran a la característica que hace única la reacción como propiedades periódicas; la percepción de los estudiantes es influida por las organizaciones y construcciones preexistentes, asociando con la teoría

generan productos similares, se evidencia que los tiempos de reacción son diferentes ¿Cómo podría denominar esa característica que hace única la reacción?	Compatibilidad (grupo 4) Electronegatividad (grupo 5)	atómica que empieza a tener mayor sentido desde el reconocimiento del fenómeno. Los grupos 3 y 4 retoman un lenguaje cotidiano para caracterizar al fenómeno, “resistencia y compatibilidad” con estas expresiones suponen que depende de fuerzas de interacción, similar a lo expresado por los científicos sobre la afinidad química.
Si se alteran las condiciones del experimento variara el tiempo de reacción (concentración, masa, temperatura). Justifique su respuesta y de un ejemplo que permita sustentar su idea.	“La sobresaturación podría afectar la reacción de los elementos” “Si se tiene un trozo de zinc más grande la reacción será más lenta” (grupo 1) “Si se altera la temperatura cambiaría la velocidad teniendo en cuenta la acción del calor como un catalizador” (grupo 2) “Si aplicamos un catalizador tal como lo es el fuego este va a ocasionar que los elementos reaccionen más rápido, ya que hay un incremento en el movimiento de las partículas” (grupo 3) “si la masa del metal aumenta la reacción va a hacer más lenta” (grupo 4 y 5)	Los estudiantes suponen con estas afirmaciones que la variación de algunas condiciones, si puede alterar el tiempo de reacción; los estudiantes hacen énfasis en la masa y el tamaño del metal, debido a que en sus experiencias han observado que afecta los resultados de medición de un grupo a otro. Otras de las condiciones que consideran pueden alterar son los cambios de temperatura, debido a que en su experiencia circundante es visible que la variación de temperatura acelera procesos; además en sus explicaciones el “grupo 3” asocia la teoría cinético molecular de los gases, señalando que “la temperatura ocasiona un incremento en el movimiento de las partículas”. En las expresiones algunos estudiantes usan la palabra “catalizador”, al parecer reconocen que existen sustancias que aceleran reacciones, pero es aparente que existe una mal interpretación, ya que consideran el calor como un catalizador.

¿Cómo se altera la masa de metal inicial en el transcurso de la reacción química?, según su observación.	“el metal ha perdido masa de forma efervescente” (grupo 2) “Al, no se desintegro debido al poco movimiento que genera su reacción” “Zn, durante toda la reacción libera hidrogeno en estado gaseoso que hace que ocurra una desintegración lenta” “Mg, reacciona violentamente o más rápido lo que ocasiono que el Mg se desintegrara en un menor tiempo a comparación con los demás” (grupo 3) “Zn, es efervescente y se desaparece” “Al, no hubo ninguna reacción, pero salieron burbujas” “Mg, se desapareció y formaron burbujas” (grupo 4) “este se evapora o disminuye su masa” (grupo 5)	Los estudiantes identifican que al transcurrir el proceso químico el metal va desapareciendo, se aprecia que los estudiantes comprenden que la desaparición del metal no es igual en todos los metales, algunos grupos consideran diferenciar cada uno de los comportamientos de pérdida de masa, hacen una descripción de lo que sucede en cada uno de los metales. En las expresiones del grupo 3 se avizora que los estudiantes interpretan que la velocidad de las reacciones es proporcional al movimiento generado en la reacción y que es perceptible en la liberación del hidrogeno, es interesante como los estudiantes empiezan a manifestar sus propias explicaciones del fenómeno de la reactividad química. En las descripciones del grupo 2, 4 y 5 se percibe que los estudiantes consideran que la pérdida de masa del metal, es debida a que escapa en forma de burbujas, efervescente o evaporándose, pero no lo consideran como uno de los productos de la reacción, aquí se percibe que a pesar de que los estudiantes son capaces de clasificar de forma adecuada los cambios químicos de los físicos, por las características dadas por los docente. Su organización carece de argumento al explicar el fenómeno, es por esto que recurre a la experiencia sensorial y relaciona estos procesos con procesos de cambios de estados de agregación, a pesar de que sabe de antemano que estos son debidos a cambios físicos. Con esto se puede considerar que el estudiante no

		comprende que de las reacciones pueden surgir productos en estados gaseosos.
En este tipo de reacción química que otros parámetros se pueden tener en cuenta para medir el tiempo en que transcurre la reacción.	“cuando el metal se ha disuelto totalmente” “fin de la liberación de los gases” (grupo 2) “Acabar el metal, liberación de gases, variación color, volumen” (grupo 3) “que ya no se genere más burbujas, que se genere la sal” (grupo 4)	Los estudiantes detallan que existen otros parámetros que pueden considerarse a la hora de medir el tiempo de la reacción estudiada, no solo la pérdida del metal, si no la liberación del gas; además el grupo 3 y 4 manifiestan la aparición de otro de los productos de la reacción, las sales generadas de los metales respectivos; aunque no es muy apreciable, pero esta descripción hace que el estudiante reconozca la formación de otros productos, que son más claros que la formación del hidrogeno, para el estudiante debido a que es sólido y de un color diferente al metal. Además el estudiante logra comprender que en un mismo sistema se pueden presentar los reactivos y productos, al mismo tiempo, como sistemas dinámicos; no como se representa en las ecuaciones donde una sustancia entra y otras salen; como procesos separados.
Actividad 3		
De los gráficos obtenidos entre la reacción del metal y el ácido ¿Cómo es la tendencia de formación de H ₂ en el tiempo?	“la tendencia se demora un poco, luego el hidrogeno se libera rápidamente para luego disminuir su reacción” (grupo 1) “La tendencia ser lineal en la liberación de hidrogeno” (grupo 3)	A los estudiantes se les complica el análisis gráfico, es por esto que muchos grupos no logran describir la tendencia de formación de hidrogeno en el gráfico. La mayoría de grupos tiende a detallarlo como lo hace el grupo 1 que precisa que la reacción al principio es rápida pero luego se va haciendo más demorada. El grupo 3 es el único que lo asocia con una tendencia gráfica,

		caracterizándolo como una función lineal. En consecuencia es importante destacar que en enseñanza de la cinética química, el docente generalmente explica con gráficos las diversas tendencias de los comportamientos cinéticos de las reacciones químicas, pero no se percibe que el estudiante muchas veces no comprende la formalización y síntesis de información en las gráficas, es por esto que en la enseñanza es fundamental empezar con la graficación de datos obtenidos por los estudiantes, de esta manera proporcionar que el estudiante formalice los fenómenos.
Al variarse la concentración de la reacción del metal y ácido esta tendencia permanece ¿Por qué considera que sucede esto? Justifique su respuesta.	“porque son los mismos reactivos, la velocidad varía dependiendo de la concentración del ácido” (grupo 1) “a menor concentración, menor disolución y liberación de hidrogeno” (grupo 2) “se mantiene la tendencia dado que son los mismos compuestos y el que tenga diferentes concentraciones no las altera” (grupo 3)	En las afirmaciones de los estudiantes se percibe que comprenden que la velocidad se ve alterada por la variación de la concentración, pero este cambio es independiente de los reactivos pues siguen siendo los mismos. Por ende la tendencia similar. Además desde la experiencia percibe que al disminuir la concentración la reacción se hace más lenta.
Si se compara las gráficas de las reacciones de metal- HCl y metal-H₂SO₄, en el tiempo ¿Qué similitudes y diferencias	“varían porque son distintos compuestos con comportamiento químicos distinto, el ácido sulfúrico reacciona más rápido en comparación con el ácido clorhídrico, porque cada compuesto reacciona de	Los estudiantes al comparar el comportamiento de las reacciones de los metales con los dos ácidos, reconocen que cada reacción es particular y es evidente en la rapidez y lentitud de formación del producto de gas de hidrógeno.

encuentra? ¿Por qué las gráficas varían tanto?	una forma distinta en un tiempo indicado para la formación del hidrogeno” (grupo 1) “la concentración es la misma para los ácidos, una diferencia es que el ácido clorhídrico es más rápido que el ácido sulfúrico” (grupo 3)	En el grupo 1 su experiencia ha incidido en la ampliación del fenómeno de la reactividad al percibirse que en su modo de hablar reconoce la formación de productos en la liberación del hidrogeno. Asimismo los estudiantes consideran el tiempo de duración de las reacciones químicas como una manera de organizar y clasificar el fenómeno de la reactividad química que permite reconocer la tendencia que presenta las reacciones.
--	---	---

En la segunda etapa de la ruta de aula se propuso organizar, clasificar y analizar el fenómeno de las reacciones químicas en relación con los tiempos de reacción química; a través de dos actividades experimentales centradas en el fenómeno de reacciones químicas de metales con ácidos, vinculándolo a los procesos de lluvia ácida, para que el estudiante considere relevante y pueda aplicarlo a fenómenos cotidianos.

En consecuencia, en la actividad experimental 2 los estudiantes emplean el tiempo de reacción como criterio para organizar el fenómeno de la reactividad, esta ordenación propicia que el estudiante pueda percibir que las sustancias presentan identidades químicas que las hace únicas, empero los productos generados sean muy similares en las reacciones, cada reacción tiene un comportamiento diferente; también empiezan a correlacionar esta ordenación con la organización de la tabla periódica y las propiedades periódicas; comprendiendo lo que han teorizado sobre el enlace y apropiándolo en términos químicos y no solo físicos como suele enseñarse en las aulas de clase. Los estudiantes en esta experiencia distinguen que en la reacción química se presenta interacción entre las sustancias o fuerzas que denominan “resistencia, compatibilidad, afinidad electrónica, electronegatividad”, similar a lo considerado por los científicos sobre la afinidad química, como la acción química responsable de las transformaciones químicas.

En la experiencia 2, se encontró que aunque el estudiante puede clasificar de forma correcta los cambios químicos de los físicos, como fue evidente en la actividad 1, en su modo de expresarse sobre la reacción química de los metales y el ácido, aun no hay claridad de los procesos, la mayoría de estudiantes usan expresiones como “el metal pierde masa de forma efervescente” o “el metal se

evapora”, además en este tipo de reacciones para el estudiante no es claro la formación de un producto gaseoso como el hidrogeno. Por esto en la actividad 3 se hace énfasis en la formación del gas en la reacción del ácido y metal para que lo consideren como un producto de la reacción y como otra manera de medir el tiempo de reacción química.

En la actividad experimental 3, los estudiantes avizoran otra manera de medir la rapidez de la reacción, teniendo como criterio la medición del volumen del hidrogeno liberado en la reacción del ácido con los metales, al ampliarse su experiencia el estudiante comprende que el metal no efervesce, si no que se forma un gas que es uno de los productos de la reacción, adicionalmente reconoce que con este método es posible medir diferentes intervalos de la reacción de una forma más precisa y le posibilita hacer una organización más clara.

En las experiencias de la actividad 2 y 3 el estudiante logra identificar que el tiempo de las reacciones químicas pueden alterarse por factores como variación de la concentración del ácido, además que la superficie de contacto es determinante también en el proceso, haciendo énfasis en el grosor del metal, al diferenciar su experiencia con la de sus compañeros, ya que aunque en la actividad se pretendía tener condiciones similares de tamaño y forma, al igual que lo hizo Wenzel en su experiencia en dilución de metales, no es fácil lograr formas de metal iguales; pero esto favoreció a que el estudiante reconociese este como una factor que altera la rapidez de la reacción química.

En esta etapa se percibe que el estudiante al ampliarse la experiencia del fenómeno, empieza a reconocer diferentes elementos, complejizado su conocimiento sobre la reactividad química, recurre a las teorías químicas aprendidas en clase, pero le empieza a dar un mayor sentido químico, por ejemplo: la teoría atómica. Además se hace más evidente las inseguridades conceptuales en el estudiante como la de clasificación de cambios químicos y físicos; empleando su experiencia sensorial para poder justificar lo que se presenta del fenómeno como el burbujeo, considerándolo como una evaporación del metal; que al hacerse énfasis en la formación del gas en la experiencia de la actividad 3, el estudiante empieza a comprender el fenómeno de las reacciones químicas como procesos dinámicos donde pueden interactuar en un mismo sistema reactivos y productos y no como se simboliza en las ecuaciones químicas donde se consideran como sustancias que no pueden estar juntas, si no son unas entrantes y otras salientes, cada una separada de la otra.

Etapas 3		
Objetivo: Discutir los comportamientos de las reacciones químicas que permitan la teorización de la velocidad de reacción química.		
Actividad 4		
Experiencias o preguntas orientadoras	Descripción estudiantes	Análisis de los registros en relación a los propósitos de la etapa
De la relación de las gráficas a y b, qué diferencias hay en el movimiento, el movimiento en los dos casos es constante. Justifique su respuesta.	“La grafica a no es constante porque tiene la misma distancia. La grafica b es constante ya que la distancia recorrida en una hora se mantiene” (grupo 1) “la diferencia es que la distancia al igual que el tiempo es más amplia en la figura b, esto influye en el tiempo y la distancia de cada uno” (grupo 2) “La grafica b es constante ya que su tiempo es igual, lo mismo la distancia, el valor que aumenta es siempre el mismo. La grafica a no es constante debido a que la distancia no es la misma, cada vez que el tiempo aumenta” (grupo 3) En la gráfica b el movimiento es contante dado que la distancia es proporcional al tiempo, sin embargo en la gráfica a se tiene una aceleración que hace que los intervalos de distancia sean distintos y a menudo más largos” (grupo 4) “no ya que en la a su recorrido si es constante (60Km/h) mientras	En la respuesta a esta pregunta se observó que los estudiantes, hacen una primera revisión de las gráficas, como resultado de ello, no encuentran diferencias entre las gráficas, y se hace necesaria la intervención del docente, que invita a revisar las proporciones de las distancias recorridas en el tiempo, al identificar que en el grafico b, existe una constante de movimiento en un mismo intervalo de tiempo. Pueden entonces los estudiantes reconocer que existe diferencia en las gráficas, en relación a su movimiento, detallan que en una de las gráficas hay variaciones de movimiento al transcurrir intervalos iguales de tiempo y en la otra es constante. En este tipo de ejercicio se vislumbra que es fundamental el trabajo de análisis grafico en el aula, por este motivo es relevante la elaboración

	que en la b los intervalos de recorrido varían” (grupo 5)	de graficas con datos que surjan de su experiencia; pues de esta manera puede asociar los términos que se involucra y se le hace más familiar lo que pretende representarse. La mayoría de descripciones de los estudiantes al inicio fue una lectura de datos, valores de las variables, rótulos, posteriormente al realizarse la mediación del docente con los estudiantes se logra que los estudiantes puedan leer dentro de los datos, haciendo una comparación de cantidades, en consecuencia la mayoría de explicaciones de los estudiantes se realizan al describir que en uno el comportamiento es constante mientras que en el otro no. El grupo 4 es el único que hace una extrapolación, cuando relaciona con conceptos como aceleración y denota que en una de las gráficas no hay aceleración y en la otra si la hay.
Si en física existe la velocidad como una magnitud que permite comprender el movimiento físico ¿Cómo representaría algorítmicamente los procesos de velocidad en reacciones químicas, si en física es una	$V = \text{metal} / \text{tiempo}$ $V = \text{cantidad H liberado} / \text{tiempo}$ (Grupo 1) $V = \text{masa metal} / \text{tiempo}$ $V = \text{liberación Hidrogeno} / \text{tiempo}$ (Grupo 2)	Los estudiantes proponen expresiones algorítmicas para representar la velocidad de reacción química, teniendo como referencia la velocidad física; para ello se dialogó con los estudiantes sobre cómo se extrae de la gráfica de movimiento la expresión de velocidad distancia sobre tiempo, de esta manera

relación de distancia en un tiempo?	V=Reacción/tiempo V=liberación volumen hidrogeno/tiempo (Grupo 3) V=masa/tiempo (negativo) V=mL hidrogeno/tiempo (positivo) (Grupo 4) V= - masa/tiempo V= + volumen/tiempo (Grupo 5) En la discusión con el grupo se llevó al siguiente consenso Reactivos V= - masa/tiempo o V= - moles/tiempo Productos V= + masa/tiempo o V= + moles/tiempo	establecen que es una relación de la variable independiente con la variable dependiente. Para proponer la expresión de velocidad en términos químicos, se retomaron las gráficas elaboradas por los estudiantes en sus experiencias en las actividades 2 y 3. A partir de sus actividades experimentales previas, todos los estudiantes proponen dos tipos diferentes de ecuaciones que representaran la velocidad de reacción química. Algunos estudiante como el grupo 4 y 5 tienen en cuenta las unidades de medida que se emplearon en las experiencias, como masa y volumen, para construir la expresión de la velocidad química, además de los signos que le dan una dirección al proceso, percibiendo que representan la desaparición de del metal y formación del hidrogeno como producto. Los grupos 1, 2 y 3 generan ecuación para las dos experiencias, teniendo en cuenta las unidades, entendiéndose que existe más claridad en la expresión de la práctica de liberación de hidrogeno como producto, empero en la desaparición del metal su algoritmo es más confusa, un grupo la anuncia como reacción y otro como metal.
-------------------------------------	---	---

		Como se pretendía una representación general, se produjo una discusión con los estudiantes y docente, partiendo de las formulas propuestas por los grupos; concluyéndose que es necesario distinguir entre los procesos de reactivos y productos, entonces se emplean los signos para considerar la dirección del proceso y en las dos expresiones se contempla que pueden relacionarse en unidades de cantidad, que podrían manifestarse en la magnitud de masa. Adicionalmente se considera la conversión del volumen de hidrogeno a moles según las relaciones de los gases ideales. Siendo las moles la forma más idónea para representar la cantidad de masa en los dos procesos.
A partir de los gráficos obtenidos en las experiencias de los fenómenos de reacción química y al compararlos con las gráficas de movimiento en física ¿Cuál considera son las semejanzas y diferencias entre los dos procesos cinéticos?	Diferencias “Las ecuaciones utilizadas” “Unidades de medida” “en la química no se pueden medir distancias y en física si” “la física mide distancias y la química mide cantidades” “en física se mide la distancia de un punto a otro mientras en química no es posible” Semejanzas “ambas se miden con tiempo”	Debido a que se hace una comparación entre la velocidad física y velocidad de reacción química, es necesario interrogar al el estudiante reconozca cuales son las semejanzas y diferencias, evitando que se haga una copia de las expresiones, sin que exista una reflexión e interpretación del proceso. Los estudiantes consideran que aunque existe similitud en la formulación, no son lo mismo pues una mide

	“se establecen signos + y -, en física se da un desplazamiento hacia atrás y adelante en cuanto a química la desaparición y aparición de sustancias” “son semejantes en la medida que los dos tratan de medir un comportamiento ya sea físico o químico en un determinado tiempo”	distancias, la otra cantidad y el comportamiento de sustancias al referirse a la aparición y desaparición de las identidades químicas. Esto permite entrever que establecen las dos medidas como separadas, atribuyendo un significado a la velocidad de una reacción química, que surge del fenómeno de la reactividad química.
Cuando varia la velocidad como se denomina en los casos de la cinética física, como piensas se puede relacionar este en la cinética química.	“cuando varia la velocidad del tiempo en física se le llama aceleración y en química cuando una reacción cambia su velocidad podría denominarse como alteración del cambio de reactivo a productos”	Con esta pregunta se avizora que los estudiantes al intentar relacionar la aceleración de un proceso físico con lo que podría significar esto en química, hacen una descripción en la que se identifica que se puede provocar alteraciones en la reacción química, es decir existen reacciones en las que su velocidad puede variarse o darse una relación constante. Se revisa con los estudiantes los gráficos, elaborados en las experiencias y se encuentra que en los procesos químicos hay variaciones, si se compara el tiempo y la cantidad de sustancia en reacción, percibiendo que es más rápido al inicio de la reacción y al finalizarse se hace más lenta; por ende para este comportamiento, los estudiantes sustentan que es algo inherente de la reacción química,

		puesto que no había variaciones en los parámetros externos como aumento de concentración, temperatura. Esto posibilita dimensionar sobre el orden de reacción, pero no se ahonda aquí; pero es un sustento que permitiría abordar esta conceptualización.
En física se pueden medir dos tipos de velocidad, la velocidad instantánea que consiste en determinar la velocidad en un punto o en un instante específico, en un punto determinado de su trayectoria. La velocidad promedio, se define como la longitud del trayecto por el tiempo total para recorrerlo. De las experiencias tratadas en el laboratorio, se podría hablar en química de velocidad química instantánea y promedio. Explique cómo podría medirse una velocidad instantánea y una velocidad promedio en química.	“la velocidad promedio sería desde el inicio hasta el final se sacaría un promedio, como en la dilución del magnesio” (descripción velocidad promedio) “cuando hubo liberación de hidrogeno se pudo determinar el tiempo en ciertas concentraciones de ácido” (descripción velocidad instantánea)	Los estudiantes reconocen que si es posible comparar las expresiones de las velocidades físicas, con los fenómenos químicos, en relación a velocidades promedio e instantáneas. En la descripción de la velocidad promedio ejemplifican con la experiencia de la desaparición de la gragea del metal, identificando una relación promedio al reconocer el inicio y finalización del proceso. Pero se manifiesta una poca comprensión en la velocidad instantánea el enunciado no es muy coherente, expresando algo de confusión, a pesar de esto detalla que la experiencia de la liberación de hidrogeno, le facilita medir diferentes momentos de la reacción. Aunque el estudiante logra considerar de qué manera se puede medir una velocidad promedio e instantánea, ningún grupo decide expresar sus ideas, por medio de expresiones algorítmicas.

Actividad 5		
¿Qué efecto tiene el cambio de concentración en la rapidez de la reacción química?	“con mayor concentración de HCl, más rápido se deshace el zinc” (grupo 1) “la reacción es más rápida si la concentración es más alta y también depende de los reactivos” (grupo 3) “cuando hay una mayor concentración se produce una reacción más rápida en unos casos determinados” (grupo 5)	Al realizarse las exposiciones los estudiantes empiezan a comparar sus experiencias y hacerse ordenaciones de las reacciones más rápidas y más lentas, entre los metales y los ácidos; comparándose también las gráficas obtenidas y sus tendencias; determinan que las gráficas de un mismo metal con un mismo ácido a diferentes concentraciones, si se eliminaran los datos, forman una línea similar; es por esto que con los estudiantes se infiere que la tendencia es la misma, indicando que la concentración altera la velocidad pero no la afinidad que existe entre las identidades químicas que hacen parte del proceso químico, por consiguiente cada reacción y sus interacciones son únicas, a pesar de que se observen reacciones con productos similares. Aunque por ejemplo en la pregunta 3 de la actividad se evidencia que para todos los estudiantes no es clara esta relación, pues su mirada se centra
¿Para cuál metal es más rápido el proceso y para cuál el más lento? ¿en que puede incidir el tiempo de reacción en los diferentes metales?	“es más rápido el Mg porque sus propiedades físicas y químicas permiten la liberación de energía, formando enlaces más rápidos, el más lento es el Al porque sus propiedades físicas y químicas en su número de electrones” “la reactividad de cada metal, la electronegatividad” (grupo 1) “el Al es el más lento y el Mg es el más rápido en reaccionar y todo esto depende de sus propiedades físicas y químicas” (grupo 3)	
¿Cómo es la tendencia en las gráficas para el mismo metal en las diferentes concentraciones?	“todos dan lineal, no varía la tendencia, solo la velocidad porque se trata del mismo ácido y el mismo metal” “la tendencia es variante ya que depende directamente de la concentración del ácido y las características de este”	

		aun en la variación de las concentraciones. En la pregunta uno, todos los estudiantes señalan que al aumentarse la concentración del ácido, aumenta la velocidad de reacción, haciéndola más rápida; aunque el grupo 5 hace la acotación de que esta afirmación es posible solo en determinados casos, puesto que en una de sus experiencias con magnesio y ácido clorhídrico la velocidad fue más lenta, es por esta razón que justifican que existen excepciones a la preposición formulada. Este tipo de descripciones son destacables en los estudiantes, ya que el estudiante percibe que en las ciencias no es posible generalizar todos los fenómenos, debido a que hay excepciones a los comportamientos. Para resolver la pregunta dos se hizo una discusión sobre la experiencia de los estudiantes y las gráficas obtenidas, a partir de ellas distinguen que el metal que interactúa de forma más rápida con los ácidos es el magnesio y el más lento el aluminio; sus explicaciones sobre el porqué de esta situación, en la mayoría de estudiantes es por “las propiedades físicas y químicas de cada metal”
--	--	---

		esto indica que el estudiante comprende que cada metal tiene una naturaleza diferente que lo hace único; es por esta razón que muchos ejemplifican con propiedades químicas como electronegatividad y afinidad electrónica; además uno de los grupos considera la cantidad de electrones, a pesar de que la teoría atómica aún persiste en sus explicaciones, se considera que esta construcción social enseñada en clases, hace que el estudiante considere los electrones como entes materiales y no como una idea propuesta por científicos, adjudicando a los electrones como la esencia de la materia. Otro grupo considera que las propiedades de cada metal, hacen que exista liberación de energía que forma enlaces más rápidos, aunque no se midieron variaciones de temperatura en las experiencias, es interesante entrever que los estudiantes consideran las reacciones como procesos dinámicos.
--	--	--

En la etapa 3 se persigue la discusión de los comportamientos de las reacciones químicas con los estudiantes, que propenda a la teorización de la velocidad de reacción química, a través de dos actividades en la que se analiza y reflexiona sobre las experiencias de la etapa dos; en la cuarta actividad se relaciona la velocidad física del movimiento con la velocidad de reacción química, al igual que lo hizo Wilhelmy y los científicos de la mecánica química. Para comenzar se hizo una descripción sobre la velocidad y la aceleración, y la como se obtiene su expresión matemática, desde gráficos; haciéndose necesario aclaraciones

sobre la interpretación de gráficos, debido a que muchos estudiantes solo leen los datos, pero no relacionan los ejes y extrapolan información de ellas; se empleó para esto las gráficas de velocidad física y video tutoriales sobre su uso. Posteriormente los estudiantes con las gráficas de las experiencias proponen enunciados algorítmicos para la velocidad de reacción química, se pide a los estudiantes que sea una expresión general; pero todos los grupos de estudiantes formulan dos expresiones, cada una caracteriza una de las experiencias.

La idea que los estudiantes exhiben al momento de formular dos expresiones y no generalizar, hace entrever que están contemplando los fenómenos como separados, aunque también se destaca el hecho de que construyen su idea desde lo que han percibido. En las expresiones usan unidades de las magnitudes de las experiencias como: “mL (volumen de gas hidrogeno), masa, tiempo”; otros usan expresiones “cantidad de metal, reacción, liberación gas hidrogeno”; además algunos estudiantes colocan símbolos de negativo y positivo, considerando que tiene una trayectoria, en las reacciones químicas se indican como aparición y desaparición de las identidades químicas. En consecuencia según las reflexiones con los estudiantes es transcendental dos expresiones; entonces se genera una discusión, generalizándose en todo el grupo una representación para la velocidad de reacción química, estimando que la masa es una de las magnitudes que tendrán que tenerse en cuenta en la expresión, así entonces se propone para la velocidad de reacción química, la relación moles sobre tiempo, acotando que esta formulación tendrá signos negativos y positivos, según el sentido de la reacción. Seguido a este análisis se indaga al estudiante sobre diferencias y similitudes entre la velocidad física y la velocidad de reacción química, se pide relacionar esta con la aceleración y las velocidades promedio y velocidades instantáneas; primeramente para procurar que el estudiante no solo haga una transcripción de la velocidad física a la velocidad de reacción química; sino fortalecer la comprensión en términos de los fenómenos químicos, como una forma de medir las reacciones químicas, posibilitando la ordenación de estas.

Con la comparación que los estudiantes hacen de la aceleración con la medición de la velocidad de reacción química, se alcanza a dimensionar la idea de orden de reacción, aunque no se detalla mucho en este aspecto, pero es una manera en la que puede abordarse, puesto que al asociarse esta con la velocidad de reacción es posible hablarse de que cada reacción tiene un comportamiento particular y es perceptible en el transcurso de la reacción en relación a su tiempo. Adicionalmente se discute sobre la comparación de velocidades promedio e instantáneas; el estudiante describe desde su experiencia, que la actividad de desaparición de la granalla de metal en acido mide la una velocidad promedio y la liberación de hidrogeno la velocidad instantánea, pero no postulan un enunciado algorítmico para ello.

En la quinta actividad de la etapa 3, se hacen exposiciones de las gráficas obtenidas por cada grupo según las actividades experimentales de la etapa 2; en la plenaria se hace una ordenación general, distinguiéndose las reacciones más rápidas y más lentas; se indaga al estudiante sobre que causas generan que una reacción sea más rápida o lenta y ellos consideran que “las propiedades físicas y químicas de cada metal”, señalando que cada sustancia tiene su propia identidad o naturaleza. Además aun en el modo de hablar de los estudiantes persisten explicaciones de la teoría atómica, divisándose que existe una marcada influencia de la construcción social, considerando los átomos y electrones como entidades materiales, empero se vislumbra una mayor apropiación y relación de la teoría atómica con las actividades prácticas.

También se hace énfasis en la quinta actividad, el efecto de la concentración en la velocidad de reacción química; aquí los estudiantes logran comprender que al aumentarse la concentración, se aumenta la velocidad de reacción química, aunque uno de los grupos hace la salvedad de que no en todos los casos se percibe este comportamiento y en algunos casos el aumento de concentración, genera la disminución de la velocidad de reacción química, dependiendo de la identidad química; esto es destacable porque el estudiante en la construcción de su conocimiento, empieza a reconocer que existen excepciones a los supuestos teóricos formulados.

A medida que se implementa la ruta de aula, se caracteriza que los modos de hablar del estudiante se modifican, al modificarse su experiencia y se contempla que el estudiante puede llegar a formular sus propias expresiones que no son iguales a las construidas socialmente, pero existen similitudes, no en el lenguaje, pero si en su connotación al medirse y describirse el fenómeno.

Etapla 4		
Objetivo: Reconocer que factores pueden alterar la velocidad de reacción química y relacionarlo con los procesos de lluvia acida.		
Actividad 6		
Experiencias o preguntas orientadoras	Descripción estudiantes	Análisis de los registros en relación a los propósitos de la etapa
Compare la forma en que se halló las velocidades en	“se puede comparar debido a que en una	Los estudiantes identifican similitudes entre las reacciones del metal y ácido; y carbonato de calcio y acido; como el

la experiencia del metal con ácidos y carbonato de calcio y ácido. ¿Qué varió en los dos métodos?	se libera hidrogeno y en esta da un gas” “el burbujeo indica un gas de dióxido de carbono y en la reacción con el ácido, un gas de hidrogeno” “vario el pH de los compuestos, la temperatura, ya que el carbonato de calcio se calentó, además de las características distintas de los grupos en la tabla periódica” “es más lenta esta reacción que la del ácido”	burbujeo que indica la formación de un gas, siendo para el ácido y metal, el hidrogeno y el ácido y el carbonato, el dióxido de carbono. Consideran que es más lento el proceso de reacción del carbonato de calcio y el ácido que con los metales, en sus descripciones justifican que es debido al cambio de sustancias y las características distintas de los elementos. Además estiman que en el método se varía el cambio de pH de los ácidos porque se usaron ácidos con pH más bajos, como el ácido tartárico, ácido cítrico, ácido acético y ácido fosfórico. También hace énfasis en la modificación de temperatura como un indicativo que altera la velocidad de reacción química. Se avizora que el estudiante puede comparar los fenómenos que se venían estudiando con la experiencia del carbonato de calcio y acido, relacionando con la lluvia acida, al describirse lo que sucede con la piedra caliza y compara que el proceso con la piedra caliza es mucho más lento que para el metal, pero este puede alterarse si se aumenta la temperatura.
Si compara la velocidad de temperatura ambiente y de una temperatura mayor de la reacción carbonato con ácido ¿Qué diferencias y similitudes encuentra?	“a mayor temperatura más rápido se disuelve la piedra caliza” “al cambiar de ácido varia el tiempo” “a mayor temperatura menor tiempo de reacción, aquel movimiento de partículas es mayor dependiendo de la temperatura y la composición de cada elemento”	A la pregunta de las variaciones de temperatura, los estudiantes identifican con la experiencia que la temperatura es un parámetro fundamental en la modificación de la velocidad de reacción química, detallando que se presenta “mayor movimiento de las partículas”, se indaga a los estudiantes sobre esta afirmación, quienes argumentan que se es visible al revisar el movimiento que se incrementa en el ácido al someterse a una temperatura mayor a la del ambiente, es por esto que para los estudiantes es posible hablar de que ese movimiento hace que exista una interacción entre las sustancias de forma más rápida; con esto se logra que los estudiantes reestructuren su idea de la temperatura como un factor que altera la reacción y no considerarse esta como catalizador; una noción que los

		estudiantes describieron en la primera actividad. Por otra parte, se recalca en la construcción que los estudiantes hacen, que cada reacción es única porque si se hacen reaccionar varios ácidos con el carbonato de calcio, su velocidad es distinta al igual que se percibe con los diferentes metales.
Relaciones con la lluvia ácida y la experiencia	“la velocidad de proceso de erosión es debido al aumento de temperatura, a la acidez del líquido, aumento de concentración de los compuesto”	Desde esta descripción el estudiante retoma los conocimientos construidos, señalando que la rapidez de procesos como la lluvia ácida son dependientes de factores que afecta la velocidad de la reacción, identificando las variaciones de temperatura, la concentración de los ácidos y acidez.

En la etapa 4, se busca que los estudiantes reconozcan factores que pueden alterar la velocidad de reacción química y relacione estos con los procesos de lluvia ácida. En el desarrollo de las actividades; se observa que algunas ideas que construyen los estudiante en relación a su experiencia adquirida, se van consolidando, como la de la naturaleza de la sustancia; puesto que recalcan en sus descripciones que la velocidad de reacción depende de las propiedades características de cada elemento; así como que la temperatura es un factor que puede alterar la velocidad de reacción química, pero no la afinidad que hay entre las sustancias.

Desde la experiencia de variaciones de temperatura en las reacciones, surge la explicación de que la temperatura disminuye el tiempo de reacción, pues hace que exista “mayor movimiento en las sustancias”, generando interacciones más veloces; se sustenta esta idea, desde la observación que hacen los estudiantes, al identificar que existe un mayor movimiento en el ácido y el carbonato de calcio, cuando se incrementa la temperatura; con esto se logra discutir sobre el pensamiento que los estudiantes poseían sobre la temperatura como un catalizador, que se manifestó en las explicaciones de la primera etapa. Por ende se señala que la temperatura hace que exista mayor movimiento, pero no entra a formar parte de la reacción, a diferencia de lo que puede suceder con un catalizador.

Para que el estudiante, relacionará con su vida circundante los fenómenos que se percibían en las practicas experimentales; se retomó la situación de la lluvia ácida, intentando que el estudiante también reflexione sobre como este

fenómeno natural puede acelerar y afectar a la sociedad; mediante estas experiencias los estudiantes reconocen que la lluvia ácida puede incrementarse, si existe aumento de temperaturas y concentraciones de ácido, haciendo que se incremente la velocidad de reacción química y de estos procesos en la atmósfera.

Se destaca que el estudiante en la ruta de aula tiene un papel muy activo, siendo capaz de proponer sus propias construcciones sobre los fenómenos observados, teniendo un mayor significado para el estudiante, que las exposiciones de teorías, leyes y principios de la comunidad científica que es divulgado por los docentes; puesto que estos supuestos teóricos que logra formalizar el estudiante surge de su vivencia. Además es evidente que sus explicaciones no son tan alejadas de las elaboraciones teóricas de los científicos; difieren un poco en el lenguaje, pero muchas de las expresiones y palabras del estudiante son producto de su cultura y recobran más sentido que la descripción de algoritmos.

Etapas		
Etapas 5		
Objetivo: Aplicar los conocimientos adquiridos teóricos y prácticos para la solución de una problemática social, ambiental, salud.		
Actividad 7		
Experiencias o preguntas orientadoras	Descripción estudiantes	Análisis de los registros en relación a los propósitos de la etapa
Situaciones sociales, ambientales y salud en las que puede aplicarse la velocidad de reacción	Clavos oxidados “una reacción entre el hierro y el oxígeno de la atmosfera, provocan la oxidación. Esta reacción puede ser muy rápida o durar mucho tiempo para que ocurra y depende del lugar en el que se encuentre, por ejemplo con la lluvia se vuelve el clavo de color naranja más rápido. En el laboratorio puede verse la reacción si se colocan en agua y otro no” Película fotográfica “existe una reacción en la película fotográfica cada vez que es iluminada”	En esta actividad se pide al estudiante que seleccione un proceso químico de interés social, ambiental, salud e involucre el estudio de la velocidad de reacción química, además proponga una práctica para explicar este. Los estudiantes seleccionan situaciones como la corrosión de metales, las drogas en el cuerpo (farmacología), la calidad de las aguas naturales (tiempo de disolución de minerales), la industria de alimentos

Tableta Alka-setzer “si se hecha una tableta de alka-seltzer en agua, hay una reacción de burbujeo, donde se presenta un gas. Se puede medir su velocidad al colocarla en el vaso de agua hasta que termine” Frutas viejas “la fruta se pone negra porque reacciona azúcar de la fruta con el oxígeno. Por ejemplo la manzana dura aproximadamente 10 minutos en ponerse negra cuando se abre. Podemos entonces abrir varias frutas y mirar cuánto dura en reaccionar” Gas cocina “cada vez que enciende la estufa ocurre una reacción de combustión hidrocarburos” Calidad aguas “el factor tiempo en el procesos de disolución de los minerales, el tiempo de reacción junto a la temperatura” Alimentos “conocer la velocidad de reacción química, permite preservar las características de los alimentos por largos periodos, utilizando sustancias químicas en los alimentos para que no se dañen” Medicamentos “permite saber en cuanto tiempo un medicamento empieza a funcionar dentro de un organismo y también calcular su fecha de vencimiento. Se puede comparar las fechas de vencimiento de muchos medicamentos y como se dañan algunos”	(periodos de vencimiento), las películas fotográficas, la disolución de una tableta de alka-setzer, oxidación de frutas, la combustión de hidrocarburos. Aunque los estudiantes pueden reconocer reacciones químicas e identificar en qué condición se mide la velocidad de reacción química (fechas de vencimiento, descomposición, dilución, deterioro). Se avizora que no todos los estudiantes hacen el ejercicio de describir cómo puede demostrarse en una actividad experimental la situación; siendo claro para algunos casos como la corrosión del clavo, la descomposición de la fruta, la pastilla de Alka seltzer y algunos medicamentos. A partir de los fenómenos escogido por los estudiantes, se dialoga y se reflexiona con los estudiantes que conocer la velocidad es importante en la industria, construcción, alimentación, salud; debido a que si se estudian con mayor detenimiento es posible evitar daños y mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Este ejercicio genera que el estudiante también relacione la medición de la velocidad en otros fenómenos químicos cotidianos diferentes a la lluvia acida y son situaciones que podrían ampliarse con el estudiante y ahondar más en el estudio de la cinética química.
--	--

En la última etapa se intenta aplicar los conocimientos adquiridos teóricos y prácticos para la solución de una problemática social, ambiental, salud. Encontrando que el estudiante es capaz de describir una situación que se relacione al estudio de la velocidad en un fenómeno de reacción química; pero muy pocos lo interrelacionan y describen desde una actividad experimental; algunos ejemplos en los que sí lo vinculan son: la corrosión de un clavo en la que se pretende comparar la velocidad de oxidación de un clavo uno en condiciones normales y otro en agua, y en la descomposición de fruta, reacción de alka-seltzer y fechas de medicamentos, en las que se prioriza la medición de cuánto tiempo dura el proceso.

Este tipo de propuestas de los estudiantes posibilita un estudio de reacciones químicas de su interés y posibilita ahondar más en el estudio de la cinética química. Aunque sería necesario dar más criterios en la actividad para que el estudiante convierta este estudio en una investigación.

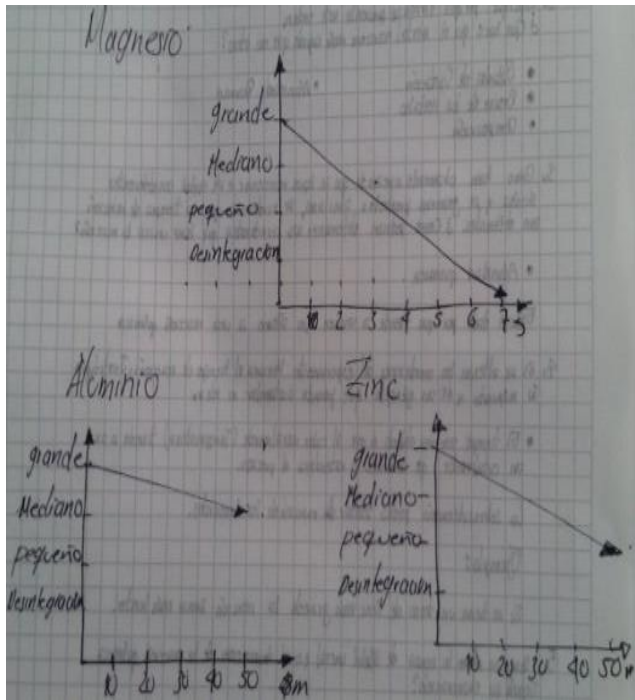
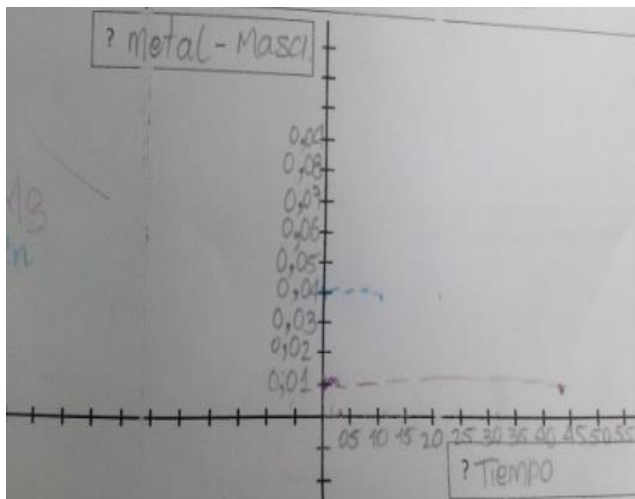
Se resalta aquí que las comprensiones que el estudiante ha adquirido, durante la ruta de aula, propician al estudiante la habilidad de asociar los conocimientos con situaciones cotidianas y de esta manera identificar la importancia del estudio de la reactividad química su medición y ordenación, a través de la velocidad de reacción química.

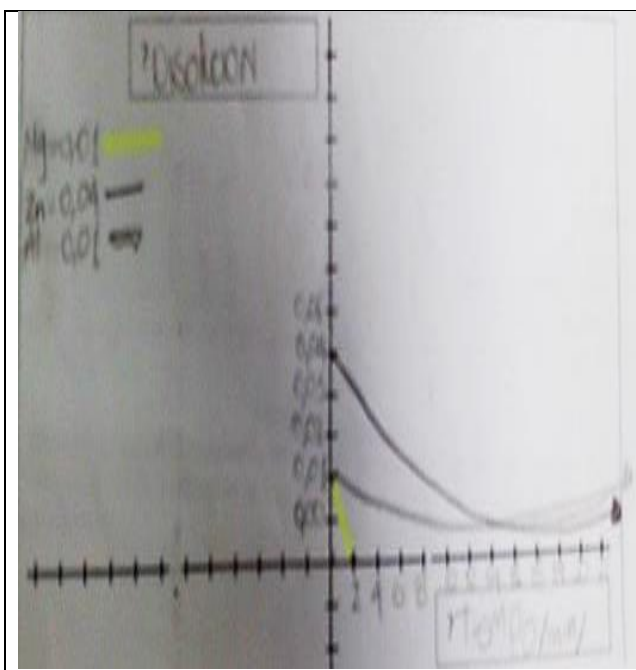
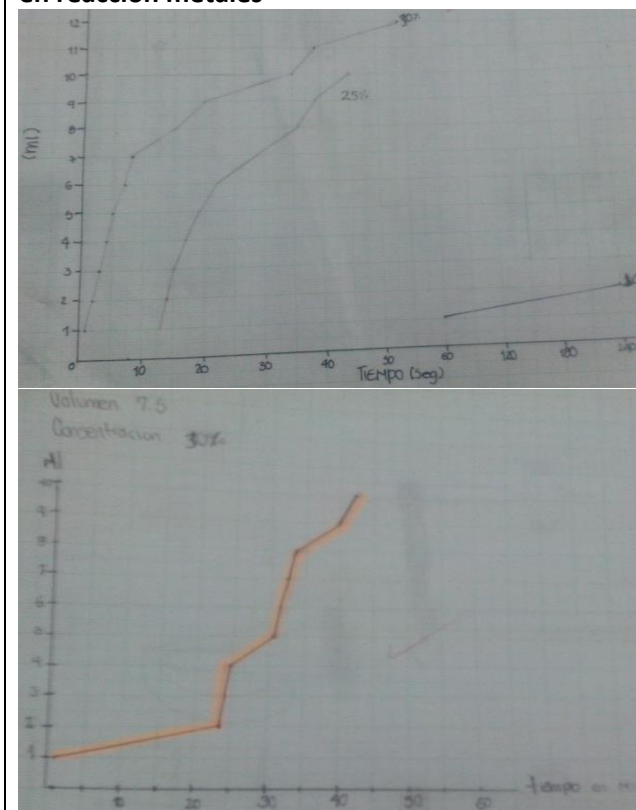
2. Nivel de organización y formalización de la velocidad como magnitud

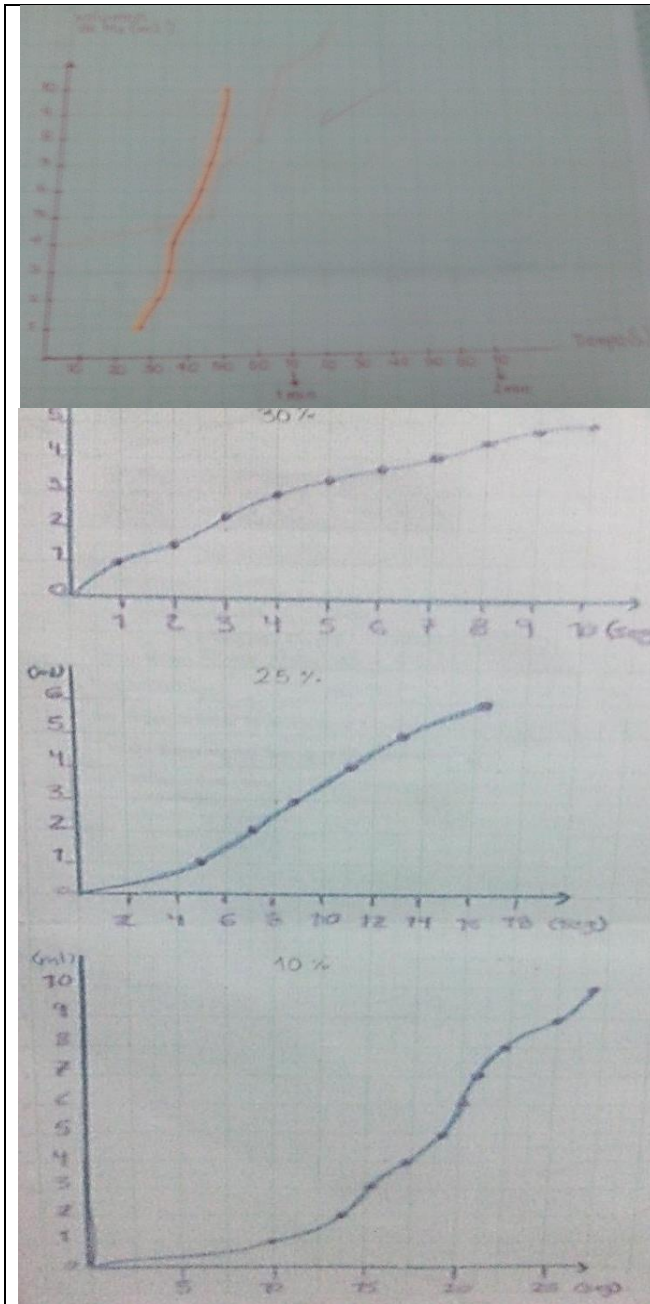
En este criterio de análisis de las comprensiones de los estudiantes sobre la velocidad de reacción química, se discute como las ordenaciones, construcción de gráficas y comparación de velocidad de reacción química, elaboradas desde las actividades experimentales, contribuyen a la formalización de supuestos teóricos en los estudiantes y que influencia tienen en las modificaciones de los modos de hablar, proceder y conocer en los estudiantes. Es por ello que se evalúa su impacto desde las siguientes cuestiones:

- 1) ¿Cómo construyen los estudiantes gráficos sobre su experiencia y qué relación tiene con el modo de abordar el fenómeno?**
- 2) ¿Cómo la comparación de velocidad física con la velocidad de reacción química, posibilita la formalización y la comprensión de esta como una posible magnitud de la reactividad química?**
- 3) ¿Cómo las ordenaciones del fenómeno generan una ampliación del conocimiento sobre la reactividad química?**

1. ¿Cómo construyen los estudiantes gráficos sobre su experiencia y qué relación tiene con el modo de hablar del fenómeno?

Gráficos	Análisis de elaboración gráficos por los estudiantes
Propuesta de gráfica de la experiencia de las granallas de metales en ácido  	En la construcción de la primera gráfica, se solicita al estudiante plasmar los resultados obtenidos de la experiencia de la actividad 2 (en la actividad practica los estudiantes conocen la masa inicial del metal y el tiempo de desaparición de la granalla) en un esquema con incógnitas, esperando que el estudiante identifique la variable dependiente e independiente. En los gráficos construidos por los estudiantes, todos reconocen las variables, ubicándolas en los ejes adecuadamente. En los valores de las variables, en algunos son expresiones cualitativas, haciendo énfasis en el tamaño de la granalla (pequeño, mediano, grande, desintegración), en otros gráficos usan datos cuantitativos, teniendo como puntos de referencia la masa inicial de cada metal. En las etiquetas de los ejes expresan el tiempo, y para mencionar el metal, emplean expresiones como: masa metal, disolución, el nombre de cada metal; pero no hay claridad en las unidades utilizadas para cada variable. En cada esquema se observa una relación diferente, reflejándose que la reacción con Mg es la que requiere de menor tiempo, y la de Zn y Al de un mayor tiempo; pero en las gráficas del Zn, existe más pérdida de masa que para la del Al. En la mayoría de graficas del Al, se representa como si no hubiese reaccionado, para algunos la masa permanece casi igual a la inicial en el transcurso del tiempo. Al relacionar la construcción de gráficos por los estudiantes con las descripciones que hacen sobre el

	fenómeno, se percibe que los estudiantes consideran que cada reacción tiene un comportamiento diferente y puede vislumbrarse esto en los esquemas elaborados; permitiéndoles organizar el fenómeno y aunque no se hizo mediciones de masa en diferentes momentos, los estudiantes intuyen con sus observaciones la pérdida de masa de cada metal. En el nombre de las etiquetas es evidente que para el estudio de la reacción en la mayoría de grupos, se considera medible la masa del metal, para describir en que tiempo transcurre la reacción, identificando que el proceso es descendiente por la pérdida de la masa.
Gráfica de la experiencia de formación de hidrogeno en reacción metales 	Para la graficación de la segunda experiencia (actividad 3) los estudiantes miden el tiempo de formación de hidrogeno en la bureta, en intervalos de 1mL de volumen del gas. En la construcción de los gráficos cartesianos los estudiantes emplean datos numéricos en las dos variables; las etiquetas de los ejes y las unidades de medida de las variables son más claras, siendo conscientes de que solo se usa una unidad de medida para cada variable. Aunque se observa confusión en algunos grupos en la transformación de las unidades de tiempo. Las gráficas elaboradas por los estudiantes son de forma ascendente indicando la formación del producto. Se encuentra que a mayor concentración requiere de menor tiempo de reacción, debido a que el proceso duraba poco en algunos casos no se obtienen varios valores para la graficación; y en concentraciones menores tarda un poco más de tiempo. Además se percibe que para una misma reacción, las gráficas tienen formas similares en los diferentes esquemas en los que varían las concentraciones.

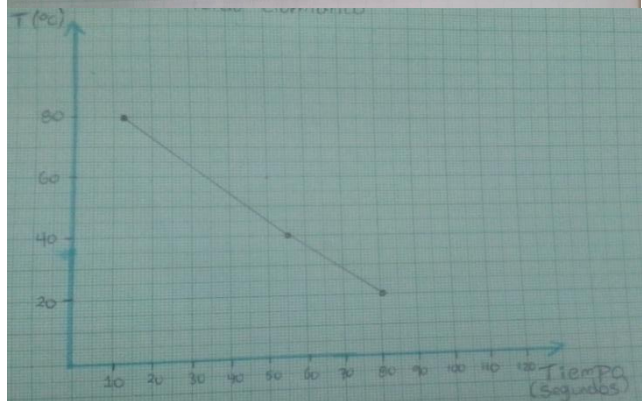
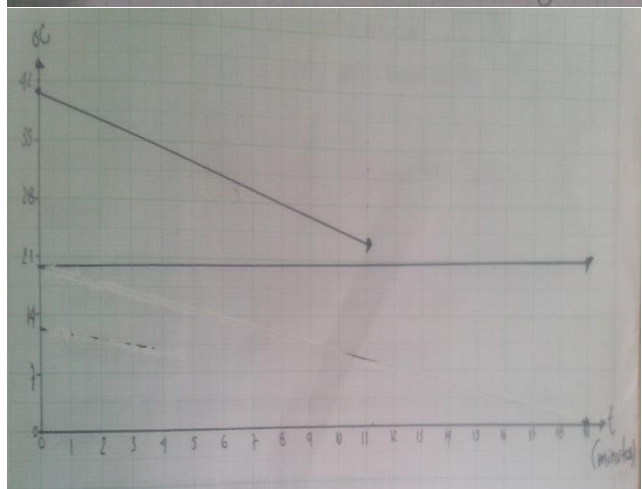
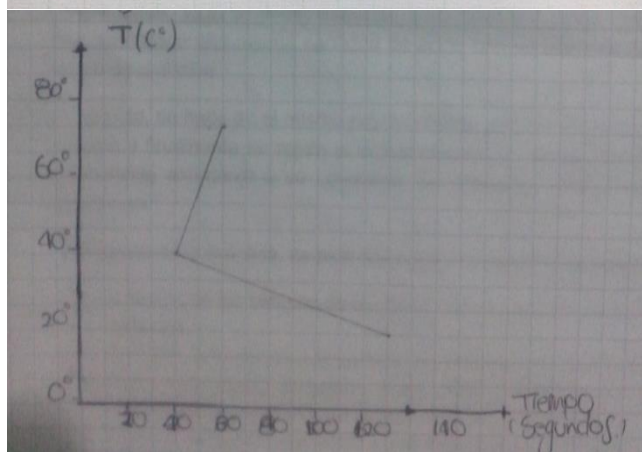
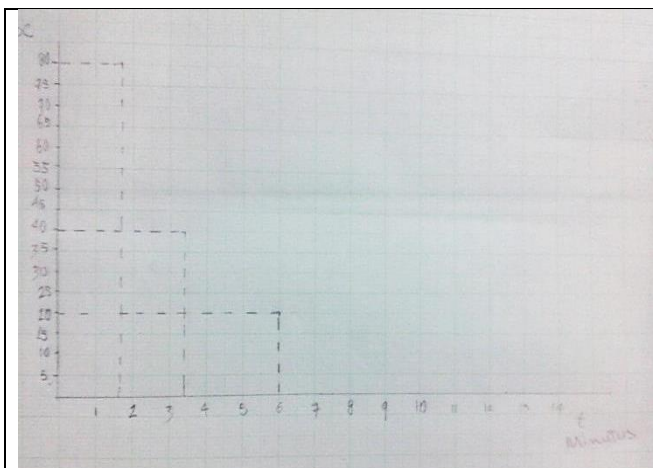


A partir de las gráficas el estudiante expresa la idea de que a mayor concentración, menor tiempo de reacción, cuando se comparan las gráficas a diferentes concentraciones; e identifica que la forma es similar en la estructura de la gráfica en las diferentes concentraciones para una misma reacción. En sus descripciones también contempla la idea de que el proceso no es constante y al inicio de la reacción tiende a ser más rápido y al finalizar se va haciendo más lento.

Gráfica relación temperatura con la velocidad

En la tercer grafica (actividad 6) se hacen mediciones de reacciones de ácidos con tiza (carbonato de calcio), a diferentes temperaturas. En la construcción de estas graficas existe más organización y claridad de las variables y sus unidades.

En las representaciones cartesianas de la experiencia se observa que se construyen diferentes tipos de gráficos, algunos hacen gráficos de



líneas, uniendo los puntos de las experiencias de la temperatura en relación al tiempo; en otro caso se hace diagrama de puntos; en este no se unen los datos obtenidos. Uno de los grupos hace un esquema en el que tiene en cuenta, además del tiempo de reacción, las variaciones de la temperatura en el transcurso del tiempo. De las diferentes formas que se dan, se podría interpretar que para obtener los datos fue necesario hacer la repetición tres veces de la reacción, variándose la temperatura y en la experiencia 1 y 2, no se hacía repeticiones y las gráficas representaban los datos de un solo proceso; por ende para algunos estudiantes se trataba de procesos individuales que no se podrían relacionar, pero para otros al tratarse de la misma reacción no hubo problema en relacionar.

En la mayoría de esquemas se percibe que a mayor temperatura menor es el tiempo de reacción, que corresponde a las preposiciones que los estudiantes sustentan sobre el fenómeno estudiado; pero en una de las gráficas se vislumbra que en una temperatura de 40°C es más rápido el proceso que a una temperatura mayor a esta y a temperaturas inferiores el proceso es más lento.

Al relacionarse la construcción de las gráficas elaboradas por los estudiantes con sus descripciones se reconoce que con ellas pueden comprender que al variarse la temperatura, repercute en el tiempo que tarda la reacción química; la idea general de los estudiantes es que al aumentarse la temperatura se disminuye el tiempo de reacción, pero uno de los grupos, que es muy evidente en su gráfica, señala que esta preposición no puede generalizarse para todos los casos.

En la construcción de gráficas cartesianas por el estudiante, se vislumbra que hay avance en la elaboración, comprensión de las variables, unidades de medida y relación entre variables. Además se identifica que los gráficos son una herramienta para la organización, síntesis y comparación de las experiencias. El estudiante en la construcción grafica puede interpretar las variaciones en el transcurso de las reacciones químicas; propiciando explicaciones y significados del fenómeno, que facilita la formalización, elaboración de explicaciones y supuestos teóricos; con las gráficas no solo se logra la propuesta de una expresión algorítmica, sino la predicción de comportamientos del fenómeno, la comprensión y ampliación de la experiencia sobre la reactividad química.

Adicionalmente la construcción de gráficas, genera habilidad para interpretar expresiones graficas relacionada con fenómenos químicos; debido a que asocia la experiencia, identificando que existe una relación entre los ejes, comparando cantidades, permite interpolar y extrapolar datos e inferir elemento de información sobre las experiencias.

2. ¿Cómo la comparación de velocidad física con la velocidad de reacción química, posibilita la formalización y la comprensión de esta como una posible magnitud de la reactividad química?

En la ruta de aula, actividad 4, se relaciona la velocidad física con la velocidad de reacción química, con el objeto de que el estudiante pueda comprender la idea de velocidad de reacción química y formule una expresión que sintetice su experiencia sobre la reactividad de los metales en ácidos, considerando a la velocidad como una manera de medir el comportamiento de los fenómenos, llegando a pensarla como una magnitud de la reactividad química.

En esta actividad, se observó que la relación de la velocidad física, hace que sea relevante el proceso de interpretación de las gráficas cartesianas construidas, y se propongan expresiones en las que se considera la trayectoria de la reacción química, tomando como referente la expresión de velocidad física, siguiendo el mismo lineamiento algorítmico, pero reconociéndose que aunque tienen una formulación similar las variables cambian, midiendo fenómenos diferentes.

En las expresiones formuladas por los estudiante, se destaca la especificación de signos en la expresión algorítmica propuesta, la cual ocasiona que el estudiante no pueda generalizar el fenómeno en una sola expresión, teniendo en cuenta que es necesario describir la dirección de la reacción química, postulan, entonces dos expresiones una para la desaparición de reactivos (negativa) y aparición de productos (positiva); en este tipo de representaciones se avizora, que al igual que la velocidad física en la velocidad de reacción química es fundamental, identificar el sentido del proceso, aunque se enfatiza que en física se trata del fenómeno del movimiento; para la velocidad de reacción

química está relacionado con el fenómeno de la reactividad de las identidades químicas; y la manera más adecuada de referirse en términos de una reacción química, es teniendo en cuenta las sustancias que son parte de reactivos y los que son transformados durante el transcurso de la reacción, productos.

A partir de la comparación que se hace entre las dos formulaciones; el estudiante logra distinguir, la masa de las sustancias como un factor determinante en la observación del tiempo en que sucede una reacción química, siendo el elemento principal en la diferenciación de la velocidad física y la velocidad de reacción química; refiriéndose con la masa a la transformación de las entidades químicas y la naturaleza de su comportamiento, que difiere al proceso de movimiento. De esta manera se infiere que esta comparación de las expresiones, no es una copia de la formulación; sino una relación al igual que lo hizo Wilhelmy y los mecanistas químicos; donde se interrelacionan procesos, que posibilitan la ordenación de un fenómeno desde términos químicos.

En relación a lo anterior, puede considerarse útil la comparación de las velocidad física para la formulación de la velocidad de reacción química, puesto que se incita al estudiante a proponer sus propias expresiones, al relacionarlo con expresiones que son más accesibles para el estudiante; y también es una manera para que se comprenda, cómo surgen este tipo de representaciones algorítmicas, y así assimilarlos. Además con esto no se persigue que la expresión algorítmica se convierta en el resultado final; sino se considere como una posibilidad para organizar su experiencia, sobre la reactividad química, permitiéndole medir los procesos de una forma cuantitativa apropiadamente, evitando las expresiones de tendencia.

3. ¿Cómo las ordenaciones del fenómeno generan una ampliación del conocimiento sobre la reactividad química?

Al estudiante en el transcurso de toda la ruta de aula, se le propone organizar los fenómenos percibidos, dándose elementos en el desarrollo de las actividades experimentales para se realicen ordenaciones más complejas; con el objeto de que el estudiante pueda comprender el fenómeno de la reactividad química y formalizar sus observaciones, descripciones y construcciones acerca de este.

En la primera actividad se avizora que los grupos, no logran hacer una ordenación generalizada para las reacciones químicas observadas en la experiencia; esto genera discusiones en el aula sobre la explicación de las razones por las que no era posible una generalización; justifican que no es viable la comparabilidad entre los procesos, ya que las condiciones tendrían que ser muy similares entre las reacciones químicas observadas, como en la relación de las masas, la temperatura y las entidades químicas expuestas.

En la segunda experiencia los estudiantes alcanzan hacer algunas ordenaciones similares entre los grupos, debido a que se tiene en cuenta relaciones estequiométricas, pero estas ordenaciones no son tan precisas, esto corresponde a que el parámetro de medición fue la desaparición de la granalla y para las reacciones químicas con el zinc y aluminio, el proceso requería de mucho tiempo; es por esto que algunos grupos deciden considerar para su ordenación la diferencia de la pérdida de tamaño en el mismo tiempo de los metales; siendo una ordenación un poco cualitativa; de la cual concluyen que la reacción más veloz de los ácidos con los metales es la del magnesio. Se destaca que en esta experiencia el estudiante propone que un factor que dificulta la ordenación es la forma de la granalla, puesto que aunque se intentó que tuviese la misma forma era una variable difícil de estandarizar.

En la tercer experiencia, los estudiantes pueden hacer una mejor ordenación, debido a que la medición no depende de la desaparición de la granalla, si no de la aparición del gas de hidrogeno, que es un poco más apreciable, al poderse capturar y medir. Además en esta experiencia el estudiante no solo tiene en cuenta la ordenación desde las relaciones estequiométricas, sino se adiciona otro parámetro, como lo es las variaciones de las concentraciones; desde la ordenación que el estudiante hace en relación a esta experiencia; puede proponer la idea de que a una mayor concentración, aumentara la velocidad de la reacción y con la experiencia también comprenden que existen algunas variaciones en el proceso, para algunos la reacción tiende hacer más rápida al inicio de la reacción, y al final del proceso se hace más lenta la reacción química.

Finalmente, el estudiante en la actividad 6, realiza otro tipo de ordenaciones teniendo en cuenta las relaciones estequiométricas y la temperatura; de esta experiencia surge la idea por parte de los estudiantes que al aumentar la temperatura de las reacciones, se modifica la velocidad de reacción química, lo que lleva a considerarlo un factor que puede afectar la velocidad de las reacciones químicas.

En las experiencias de la ruta de aula se recalca que el tiempo y velocidad de reacción química son parámetro que pueden considerarse como una magnitud de la reactividad química, puesto que posibilitan la ordenación del fenómeno químico; propiciando la comprensión la reactividad química y construcción de supuesto teóricos que permitan entender el fenómeno.

Criterios	Síntesis análisis de nivel de organización y formalización de la velocidad como magnitud
¿Cómo construyen los estudiantes gráficos sobre su experiencia y qué	La elaboración de gráficos por parte de los estudiantes fue una manera de organizar, sintetizar y comparar las experiencias sobre el fenómeno de la reactividad química, además

relación tiene con el modo de abordar del fenómeno?	permitio que el estudiante hiciera predicciones del fenómeno, desde la interpolación y extrapolación de datos e inferencia de elementos de información sobre las experiencias.
¿Cómo la comparación de velocidad física con la velocidad de reacción química, posibilita la formalización y la comprensión de esta como una posible magnitud de la reactividad química?	Este ejercicio de comparación de velocidad física con la velocidad de reacción química es una manera para que el estudiante pueda proponer sus propias expresiones algorítmicas, teniendo como base su conocimiento en física, pero donde se hace una reflexión sobre sus diferencias para evitar la copia de representaciones algorítmicas, asimismo comprender que las expresiones axiomáticas no son el producto final del aprendizaje, sino reconocerlo como un elemento para organizar y medir el fenómeno, evitando las expresiones de tendencia.
¿Cómo las ordenaciones del fenómeno generan una ampliación del conocimiento sobre la reactividad química?	El desarrollo de las actividades experimentales se enfocó en hacer ordenaciones sobre el fenómeno de la reactividad química, observándose que al ampliarse la experiencia del estudiante sobre el fenómeno; estas ordenaciones se hacen más complejas, generándose formalizaciones como: la comprensión de la velocidad de reacción química como una forma de medir la reactividad química.

VI. CONCLUSIONES

A partir de la mirada fenomenológica, los análisis y consideraciones expuestas en esta investigación, se concluye en este texto, que la actividad experimental entendida como un componente estructurante de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química; permite enriquecer la comprensión de los fenómenos y conocimiento químico, en los que se establecen consensos dinámicos que posibilitan comunicar, proceder y pensar desde la química; además una manera de aprender a aprender la ciencia y no solo asegurar el aprendizaje de contenidos establecidos en el currículo.

En relación a la construcción que los estudiantes hacen sobre la velocidad de reacción química como una magnitud de la reactividad química, se percibe avance en los modos de comunicarse, hacer y conocer el fenómeno de la reacción química; al iniciar el proceso se contempla que el discurso de los estudiantes estaba centrado en la teoría atómica, pero se refleja que las palabras o términos que aluden a esta, carecen de la asignación de un significado; adicionalmente se encontró conformismo por aceptar las experiencias, sin comprenderlas, considerándolas impactantes pero sin indagar más allá de los fenómenos, dado que están acostumbrados a que el docente proporcione la información, esto reflejado en las pocas observaciones y descripciones. En el desarrollo de las actividades hay progreso en las expresiones de los estudiantes; el uso de la teoría atómica empieza a tener más significado, desde el punto de vista químico, a partir de la comprensión de ¿Cómo ocurren las reacciones químicas? Y ¿Cuánto tiempo duran las reacciones químicas?; se avizora también, más interés por la comprensión de las experiencias, entendiendo que el tiempo y velocidad de reacción química, permite caracterizar, organizar, medir y formalizar el fenómeno. El cambio de actitud frente al conocimiento se puede atribuir a que las actividades planeadas y desarrolladas, se caracterizan por la comprensión del fenómeno y la ordenación de este, a través de la experiencia, desde la mirada fenomenológica, en el intento de modificar la práctica tradicional de la enseñanza de la velocidad de reacción química, en la que se evita concentrarse en las expresiones algorítmicas como explicación del conocimiento químico. La revisión histórico crítica proporciona elementos para la comprensión de la velocidad de reacción química, enlazada con la fenomenología de la reactividad química, lo cual permite replantear la manera de enseñar. Además con esta actividad se compromete al estudiante a hacer parte activa en la construcción de su conocimiento.

En la implementación de la ruta de aula se vislumbró que los estudiantes lograron formular sus propias expresiones matemáticas, partiendo de las actividades experimentales y comparación con la velocidad física; que lleva a concluir que

aunque el enunciado es similar al usado en física, los fenómenos son muy diferentes y así se evita el reduccionismo de la química en la física. Ya que suele suceder que desde el punto de vista ontológico se enseñe química desde postulados físicos, por ejemplo al describirse la formación de reacciones químicas como interacciones de electrones, que no dicen mucho de los comportamientos y naturaleza química. Con esto puede inferirse que la enseñanza de la velocidad de reacción química no debe reducirse solo a las representaciones algorítmicas; sino a generar comprensión a través de la experiencia sobre la reactividad química; siendo la velocidad de reacción química una forma de organizar el fenómeno.

En cuanto a la ruta de aula centrada en la ampliación de la experiencia sobre la reactividad química desde la comprensión de la magnitud velocidad de reacción y los factores que inciden en ella; se consideró para su diseño un análisis histórico crítico sobre la velocidad de reacción química como fundamento para la consolidación del pensamiento del investigador que proporcionó elementos para la propuesta del trabajo práctico en el aula y una modificación de la forma de enseñar la cinética química; además, se tuvo en cuenta criterios para facilitar las ordenaciones del fenómeno como: la representación, a través de gráficos cartesianos de los fenómenos, para sintetizar los registros y comparación con la velocidad física que permitió la formalización de la velocidad de reacción química como una magnitud.

La elaboración de gráficos cartesianos, es un recurso en el que se sintetizan los datos obtenidos en la experiencia, para la interpretación de algunos aspectos que no se detallan en la actividad experimental, como las relaciones de tiempo con la aparición o desaparición del reactivo durante el transcurso de la reacción, además de como la reacción se ve alterada por la variación de concentraciones y temperaturas; al iniciar la ruta de aula se vislumbra dificultad al diseñar gráficos y la manera de comprender los datos de la gráfica, se reconoce que las primeras descripciones gráficas las hacen de forma cualitativa y en el desarrollo de la ruta de aula se muestra una mejor comprensión de las gráficas construidas, realizando algunas interpolaciones y extrapolaciones que permiten la construcción de una expresión algorítmica para representar la velocidad de reacción química y proposiciones sobre el comportamiento de las reacciones químicas desde la experiencia.

En cuanto a la comparación de la velocidad física con la velocidad de reacción química, se hace a través de la interpretación de los gráficos que representaban movimientos físicos y las experiencias con las reacciones químicas de los metales en ácidos; de esta manera reconociendo la forma en la que se extrae la representación de velocidad física; a partir de esta relación los estudiantes empiezan a proponer diversas expresiones; de las que predomina dos expresiones para describir la velocidad de reacción química, en la que se hacen

uso de signos que describen el proceso, según si se refiere a la velocidad de reactivos o de productos ; es destacable esta comparación porque el estudiante puede construir expresiones algorítmica, para representar sus observaciones, partiendo de la formulación física; pero es necesario hacer una diferenciación, de esta manera evitando copiar la expresión y generar una comprensión sobre lo que esto puede representar en química.

Referente al análisis histórico crítico de la velocidad de reacción química, se destaca que puede comprenderse ésta como una magnitud de la reactividad química, debido a que surge como una forma de cuantificar las acciones químicas “afinidad química”; inicialmente considerando el interés de organizar las interacciones químicas, que se resumen, a través de tablas, que solo demuestra una tendencia, sin embargo fue una forma sistemática de recopilar las reacciones estudiadas hasta el momento; pero es con los estudios de Wilhelmy, Guldberg y Waage, y Van't Hoff que se determinan leyes empíricas para cuantificar el fenómeno, teniendo en cuenta el tiempo y la pérdida o aparición de las sustancias. Por ende según las consideraciones de Campbell sobre la definición de magnitud en ciencias, es posible entender la velocidad de reacción química como una magnitud derivada experimental, una magnitud química; debido que a pesar de que surge de las comparaciones con la velocidad física; presenta una naturaleza propia de la química, inicialmente porque describe un comportamiento experimental de la interacción de reactivos, sin la necesidad de explicaciones fisicalistas; además que la estructura de la expresión de la velocidad de reacción química, presenta la particularidad de la modificación de las constantes de velocidad, variación que es consecuencia de la dependencia de la concentración con la velocidad de reacción química, que se describe como orden de reacción, que se determina experimentalmente.

Se resalta con el análisis histórico crítico que es fundamental retomar la afinidad química en la enseñanza de la química y en los libros de texto; evitando reducirlo sólo a concepciones atómicas, como la de afinidad electrónica y electronegatividad, comprendiéndose sólo a nivel corpuscular; debido a que este término fue muy relevante para el estudio de la reactividad química y la dinámica de las reacciones químicas como lo es la velocidad de reacción química, equilibrio y termoquímica.

RECOMENDACIONES

- ✓ A pesar de que no fue objeto de estudio la mirada termodinámica con los estudiantes, es posible desde la comprensión de la afinidad química realizar un estudio más detallado de la reactividad química, al involucrar la termoquímica como otra forma de medir la reactividad química, en la que desde el desarrollo histórico se precisan otros modos de cuantificar las acciones químicas al relacionarse la producción de calor o su requerimiento como una forma de trabajo de la reacción química, con relaciones elaboradas por Ostwald , Arrhenius y Gibbs, entre otros.
- ✓ Se sugiere continuar con un estudio que haga mayor énfasis en los factores que afecten la velocidad de reacción química, en el que se articule el análisis histórico crítico para una comprensión de la química, en la que no se atribuya solo a las explicaciones fisicalistas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Análisis histórico crítico de la magnitud de la velocidad de reacción

- Aristóteles (1964) traducción del griego, estudio preliminar, preámbulo y notas; traducción por Los Samaranch. Editorial Aguilar. España, Madrid
- Arrhenius, S (1907) Theories of chemistry. Longmans, Green and co. New York.
- Bensaude, B y Stengers, I (1997) Historia de la química. Editorial Addison-Wesley iberoamericana S.A. Madrid, España.
- Berthelot y Gilles (1862) Recherches sur les affinités de la formation et de la décomposition des ethers. Annales de chimie et de physique, tome LXVI. Paris.
- Berthollet, C. L. (1803) Essai de Statique Chimique. 2 Vol. Paris, Badouin.
- Berzelius, J.J (1845) Tratado de química, Volume I. Imprenta y librería D. Ignacio Boix. Madrid, España
- Berzelius, J.J (1850) Tratado de química. Mineral, vegetal y animal. Imprenta de D. Jose Maria Alonso. Madrid, España.
- Brock, W.H. (1998), Historia de la química, Madrid, Alianza Editorial, 619 p
- Coronado, G (2002) los cuatro elementos. Fundamentación aristotélica según el De generatione et corruptione, II. Revista Coris, círculo de Cartago. Costa Rica
- Cova, A., Inciarte, A., Prieto, M (2005) Lakatos y los programas de investigación científica. Una opción para la organización investigativa nacional. Universidad Zulia, Venezuela. Omnia, vol. 11, núm. 3, 2005, pp. 83-108
- Garritz, A (2001) Premio Nobel hace cien años Jacobus Hendricus van't Hoff. Revista Educación química 12 [4]. Recuperado el 01 de junio 2015 en: <file:///C:/Users/MYPC/Downloads/pdf649.pdf>
- Grapi, P (2011) La visualización del cambio químico las tablas de afinidades del siglo XVIII. Universitat Autònoma de Barcelona. Mètode. N° 69. Recuperado el 19 de Abril 2014 en: <http://metode.cat/es/Revistas/Monografics/Afinidades-electivas/La-visualitzacio-del-canvi-quimic>
- Guldberg, C.M. & Waage, P. (1962). (Traducido por Abrash, H.I.), Studies concerning affinity, Journal of Chemical Education, 63 (12) pp1044-1047.
- Harcourt, A.; Esson, W (1854-1905) On the Laws of Connexion between the Conditions of a Chemical Change and Its Amount. Royal Society of London. 14:470–474
- Harcourt, A.; Esson, W (1866). On the Laws of Connexion between the Conditions of a Chemical Change and Its Amount. On the Reaction of Hydric Peroxide and Hydric Iodide.
- Justi, R & Gilbert, J (1999) History and philosophy of science through models: the case of chemical kinetics. Science and education, 8:287-307
- Lavoisier (1798) Tratado elemental de Química: presentado baxo nuevo orden y conforme a los descubrimientos modernos, con láminas. Traducido por Juna Manuel Munariz. Madrid en la imprenta real. Volumen 2. Madrid, España.
- Levere, T (1971) Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800-1865. Clarendon Press. Oxford
- Mellor J.W (1904) chemical statics and dynamics, longmans Green, London
- Ostwald, W (1909) L'évolution d'une science La chimie. Traduit sur la Dernière edition Allernande par D' Marcel Dufour. Ernest flammarion editeur. Paris
- Pardo, J (2002) Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico algunas implicaciones didácticas. Profesores al día (físicoquímica). Educación química 13 (2). Recuperado el 15 de Abril 2014 en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/HistoriaEqQuim%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/HistoriaEqQuim%20(3).pdf)

- Van't Hoff, J (1896) Studien zur chemischen dynamik, etudes de dynamique chimique. Editorial Leipzig Wilhelm engelmann. Amsterdam.
- Van't Hoff, J (1898) Leçons de chimie physique professées à l'Université de Berlin, dynamique Chimique. Traducido al frances por Corvis, M. Éditeur, libraire de S.M. le roi de suède et de norvège. Paris
- Waage, P., Gulberg, C. M., & Abrash, H. I. (1886). Studies concerning affinity. Journal of chemical education, vol. 63 (12) 1044.
- Wilhelmy (1850) Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der sauren auf den Rohrzucker stattfindet. Ostwald's klassiker der exakten wissenschaften N° 29.

Antecedentes

- Cunningham K., (2007), Applications of reaction rate, J. Chem. Educ., 84(3), 430–433.
- Garcia, E. (2011). Las prácticas de laboratorio en los libros de texto y su influencia en el aprendizaje. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Piso, S; Domínguez, J; García, E & Fernández, R (2002) revisión de la investigación sobre enseñanza de la cinética química. ADAXE revista de estudios e experiencias educativas, 18: 171-190.
- Porras (2013) La fenomenología de las reacciones químicas para caracterizar los modos de conocer y formalizar en química. Universidad Pedagógica Nacional.
- Quílez, J. (2004). "A Historical Approach to the Development of Chemical Equilibrium through the Evolution of the Affinity Concept: Some Educational Suggestions", Chem. Educ. Res. Pract.: 2004, 5, 69-87
- Rojas (2012) Cinética y equilibrio químico. Propuesta de intervención didáctica basada en aprendizaje por investigación. Universidad Pedagógica Nacional.

Actividad experimental desde una perspectiva fenomenológica

- Ayala, Malagón y Sandoval (2011). Construcción de magnitudes y organización de fenomenologías. Una propuesta para la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias. En el experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes (pp. 13-36).. Universidad Pedagógica Nacional
- Ayala, Malagón y Sandoval (2011) Magnitudes, Medición y Fenomenologías. Revista de Enseñanza de la Física, Vol 24, No 1 Argentina. pp (43-54)
- De Castro, M (2004). La filosofía de I. Hacking: el giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia. Utopía y Praxis latinoamericana. Venezuela. Vol 9; nº 26, pp 9-28. Recuperado el 19 Abril 2014 en: <http://www.redalyc.org/pdf/279/27992602.pdf>
- De Jong, O (1998) Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. Investigación Didáctica, Nº 16(2), 305-314.
- Ferreiros, J., & Ordoñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. Revista Hispanoamericana de filosofía, 47-84.
- Garcia, E., & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales. Praxis Filosófica, 7-24. Recuperado el 30 de junio 2014 en: http://praxis.univalle.edu.co/numeros/n31/1Articulos/1_Edwin_G_Garcia_A.pdf
- Hacking, I (1996). Representar e intervenir, México, Paidós-UNAM, 1983.
- Izquierdo, M; Sanmartí, N & Espinet, M (1999) Fundamentación y diseño de las practicas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las ciencias, 17 (1), 45-59. Recuperado el 21 de Julio 2014 en: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v17n1p45.pdf>
- Koponen et al. (2000) The role of experimentality in concept formation in physics: quantifying experiments and invariances. Department of physics and Department of Teacher Education, University of Helsinki

- Koponen I. T. and Terhi M., A Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. Department of Physical Sciences, University of Helsinki, Finland.
- Malagón et al (2006) El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia. Ponencia al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física.
- Malagón, Ayala y Sandoval (2013) Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias. Universidad Pedagógica Nacional, Fondo Editorial. Bogotá, Colombia
- Malagón, Ayala y Sandoval (2013) La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Revista Praxis Filosófica. No. 36. Universidad del Valle.
- Sartre J,P (1983) Bosquejo de una teoría de las emociones. Alianza Editorial. Madrid, España
- Tobin, K. (1987). Secondary science laboratory activities. European Journal of Science Education, 8, pp. 199-211

Metodología

- Bertely, M (2003) Retos metodológicos en etnografía de la educación. Instituto de Investigaciones en Educación; Colección Pedagógica Universitaria, 31-46. Recuperado el 18 de Setiembre 2014 en: http://www.uv.mx/cpue/coleccion/N_2526/PUBLMARI.htm
- Duranti, A (1992) "La etnografía del habla: hacia una lingüística de la praxis", en F. Newmeyer (1988/1992), pp. 253-273.
- Flick, U (2004) Introducción a la investigación cualitativa. Ediciones Morata. Madrid, España
- Hymes, D (1972) 'Models of the interaction of language and social life', in J. J. Gumperz and D. Hymes (eds) Directions in sociolinguistics: The ethnography of communication. New York: Holt, Rinehart & Winston. pp. 35-71.

Magnitud

- Campbell, N (1920) Physics: The Elements. Cambridge University Press
- Campbell, N (1921). What is science? Dover: New York.
- Campbell, N (1994 [1921]), "Medición", en: NEWMAN, J., ed., Sigma: el mundo de las matemáticas, tomo 5, Barcelona, Grijalbo. .
- Helmholtz, H. (1977 [1921]). Hermann von Helmholtz. Epistemological Writings. The Paul Hertz/Moritz Schlick Centenary Edition of 1921, trans. Malcom Lowe. Robert Cohen and Yehuda Elkana (eds.), Dordrecht: D. Reidel.

Enseñar ciencias

- Arca M, Guidoni P, y Mazzoli P. (1990). Enseñar ciencia. Como empezar: reflexiones para una educación científica de base. Editorial Paidós. Barcelona.
- Novak, J.D. y Gowin G.B. (1984). Learning how to learn. Nueva York: Cambridge University Press.

ANEXOS

ANEXO 1: Ruta de aula

ETAPA 1



ACTIVIDAD 1. FENOMENO REACCIONES QUIMICAS

OBJETIVO

Aproximar a los estudiantes en el estudio fenomenológico de las reacciones químicas y la implicación que tiene la velocidad de reacción química.

Metodología

Los estudiantes leerán y observaran unas situaciones en el aula, y clasificarán que transformaciones se presentan y organizarán en la siguiente tabla, además medirá el tiempo en que transcurre el hecho.

Procesos	Aspecto inicial	Que cambios se presentan	Qué tipo de transformación se presenta		Tiempo del proceso
			Físico	Químico	
Encender una vela					
Inflar un globo con vinagre y bicarbonato					
Cortar en la mitad un lápiz					
Corrosión de una puntilla					
Derretir un hielo					
Dextrosa en una botella con azul de metileno e hidróxido de sodio					
Dilución de un metal en ácido					
Permanganato con glicerina.					

¿Qué características permiten describir que se presenta una reacción química?

Justifique su respuesta

--

De las reacciones químicas presentadas en las experiencias, describa

Cambios químicos

Encender una vela
Inflar un globo con vinagre y bicarbonato
Dextrosa en una botella con azul de metileno e hidróxido de sodio
Dilución de un metal en ácido
Permanganato con glicerina.

De los siguientes cambios químicos, justifique.

1. ¿Cuál proceso es más rápido?
2. ¿Cuál proceso es más lento?
3. Organice los procesos del más lento al más rápido

ORGANIZACIÓN	TIEMPO	PROCESO
1		
2		
3		
4		
5		

4. ¿En qué tiempo sucede cada una de las reacciones químicas? ¿Qué factores influyen en la rapidez de la reacción?
5. ¿Qué cambios pueden medirse en cada una de las reacciones químicas en el transcurso del tiempo?

ETAPA 2



ACTIVIDAD 2. Organización de fenómeno de reacción química, según el tiempo de reacción

OBJETIVO

Reconocer que la velocidad de reacción química depende del tipo de la naturaleza de los reactivos y esta velocidad es inherente de cada reacción.

Metodología

Lee la siguiente lectura sobre la lluvia ácida

A partir de la experiencia de medir los tiempos en que ocurren los diferentes fenómenos físicos y químicos, se ha encontrado que tanto los procesos físicos y químicos ocurren en tiempos distintos; en los procesos físicos el tiempo de cambio depende de las fuerzas aplicadas y de la distribución y ordenamiento de los elementos que componen la estructura. En los procesos químicos, las transformaciones son un poco más complejas porque dependen de la acción e interacción de los componentes que generan el cambio de la naturaleza de las sustancias, convirtiéndose en nuevas identidades químicas. En las reacciones químicas puede observarse que la transformación de las sustancias pueden ser procesos muy veloces o muy lentos; lo que puede tener implicaciones positivas o negativas en la industria, en nuestra sociedad, ambiente y calidad de vida.

Así mismo, en esta parte se profundizara una de las reacciones que ha generado problemáticas a nuestro ambiente y calidad de vida, la lluvia ácida; al evidenciar los tiempos de rapidez en los que ocurre este fenómeno, vislumbrando cómo puede afectar la lluvia ácida en relación al tiempo. Además como la variación de las concentraciones de ácido aumenta o disminuye la afectación ambiental.

A continuación se hace una breve descripción de ¿Qué es la lluvia ácida?:

La *lluvia ácida* se refiere a cualquier precipitación -lluvia, humo, nieve o humedad que es más ácida de lo usual. Debido a que partículas ácidas secas se encuentran en la atmósfera, la combinación de la precipitación y de estas partículas se conoce como **lluvia ácida**.

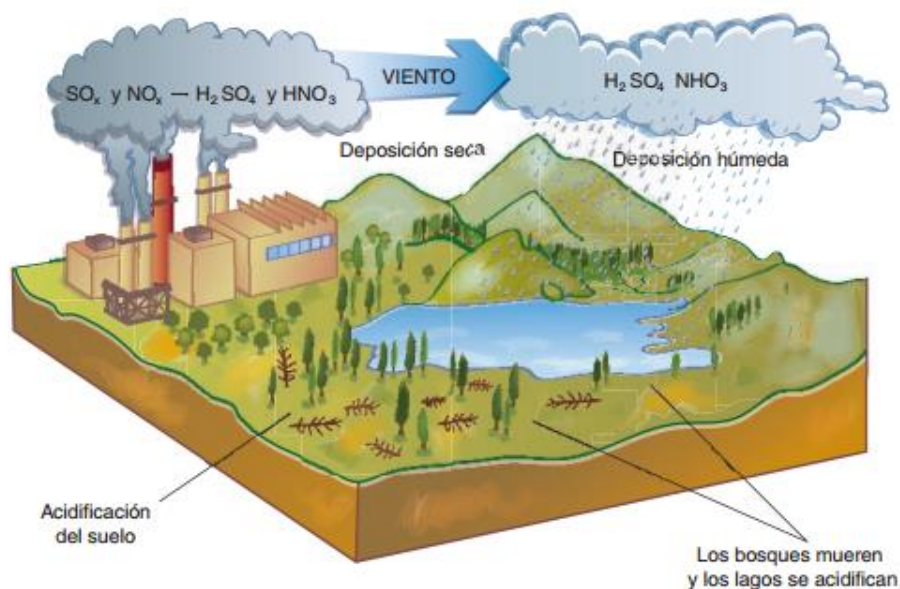
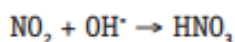
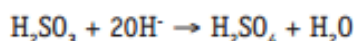
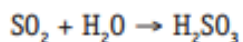
Desde el año 1970 la acidez en la precipitación comenzó a llamar la atención. Las razones para este escrutinio deriva de su distribución geográfica amplia y los efectos ambientales acumulados. La acidez presente en la atmósfera deriva de los principales ácidos que forman los gases -Dióxido de Carbono (CO_2), dióxido de azufre (SO_2), óxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno. Pequeñas cantidades provienen del ácido clorhídrico (HCl) y ácidos orgánicos, que algunas veces se encuentran en el aire. En la atmósfera tienen lugar reacciones químicas en la fase gaseosa o en el agua de las nubes para oxidar el SO_2 a ácido sulfúrico (H_2SO_4). Similarmente los óxidos de nitrógeno se oxidan finalmente para formar el ácido nítrico (HNO_3). Todos los ácidos que forman gases en el aire tienen fuentes naturales y antropogénicas. La mayor parte del CO_2 es un producto del ciclo de carbono, el cual incluye la respiración celular y los incendios de bosques. El SO_2 es un producto intermedio de la oxidación de los

compuestos emitidos biogénicamente tales como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y el sulfuro de dimetilo ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$). Los óxidos de nitrógeno son producidos naturalmente por los procesos de nitrificación del suelo y la respiración, al igual que por las descargas de los relámpagos. El ácido clorhídrico deriva naturalmente de las emisiones de los volcanes. Los ácidos orgánicos son un producto de la oxidación de los hidrocarburos de la vegetación o de la aerolización de sustancias orgánicas sobre los océanos. Otros compuestos ácidos en la atmósfera incluyen sales de amonio que forman ácidos, por ejemplo, NH_4HSO_4 , NH_4NO_3 y NH_4Cl .

La acidez atmosférica natural se incrementa por la contaminación del aire, especialmente de SO_2 , NO , NO_2 (NO_x) y emisiones de HCl de la utilización de los combustibles fósiles. Además hay una fuente humana de CO_2 , NH_3 y ácidos orgánicos.

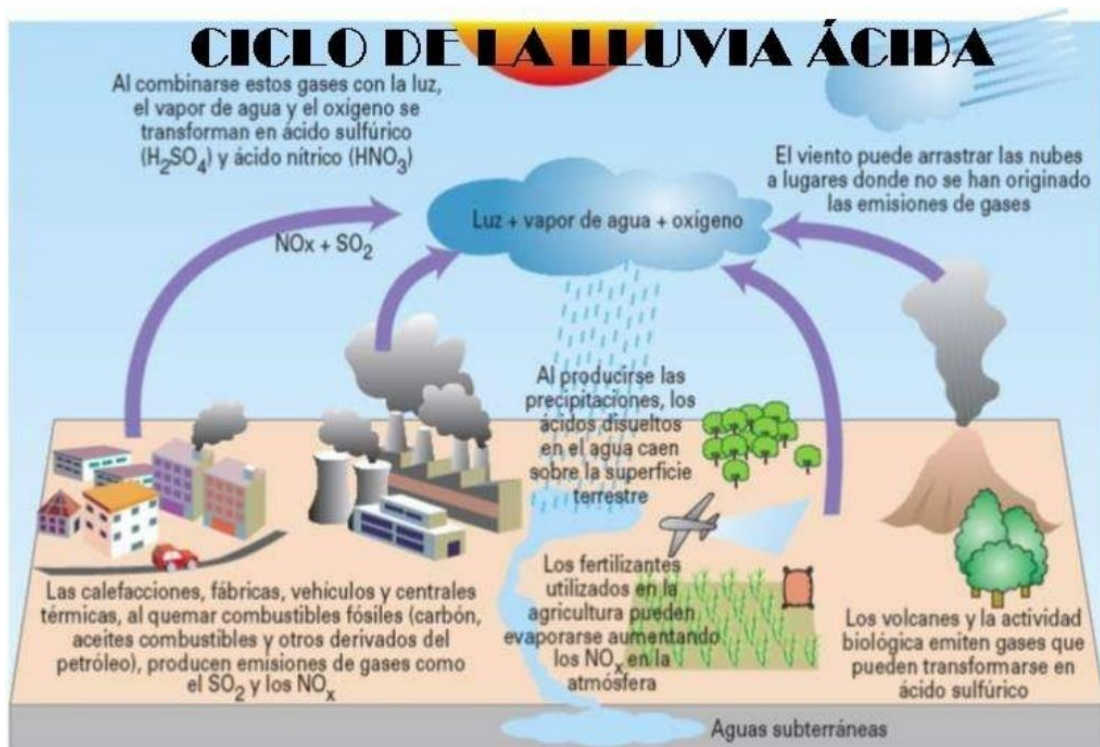
Los ácidos de la atmósfera alcanzan la superficie terrestre por la precipitación (lluvia, nieve, rocío) o por contacto directo con la superficie (procesos secos). En el último caso, los gases atmosféricos pueden ser absorbidos por el suelo, superficies acuáticas, y la vegetación. El ácido nítrico y el ácido hidrocórico, principalmente en forma de vapor puede ser absorbido directamente por las superficies. La acidez en la atmósfera depende de la mezcla de constituyentes traza suspendidos en el aire, los cuales forman tanto aniones como cationes cuando se disuelven en agua.

A continuación se observan las reacciones químicas de formación de las lluvias acidificas



Efectos de la lluvia ácida

Excesivas cantidades de cationes de hidrógeno introducidos en el suelo por precipitación ácida pueden cambiarse por cationes de metal pesado introduciéndose en el suelo y las corrientes de agua. Los componentes metálicos pueden contaminar a los peces comestibles y el agua potable y así, pasar a las personas.



Los principales gases que producen la lluvia ácida son los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el dióxido de azufre (SO_2).

Otra cuestión preocupante es que la deposición ácida puede acelerar la lixiviación, la movilización y acumulación de metales pesados tóxicos y otras sustancias químicas y nocivas en vertederos de residuos peligrosos. Su acción directa sobre los seres humanos se refleja en el aumento de las enfermedades cardiovasculares y de las vías respiratorias, de la conjuntivitis y de las alergias.

La precipitación ácida puede acelerar la corrosión de metales y la erosión de las piedras. La frecuencia cada vez mayor de neblinas contaminantes en áreas rurales y desiertas puede afectar al clima de la tierra.

Tomado y adaptado de:

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion2/capitulo03/tema03/02_03_03.htm

Una vez terminada la lectura se plantea al estudiante uno de los efectos de los ácidos sobre los metales, simulando situaciones que pueden suceder por la presencia de lluvia ácida.

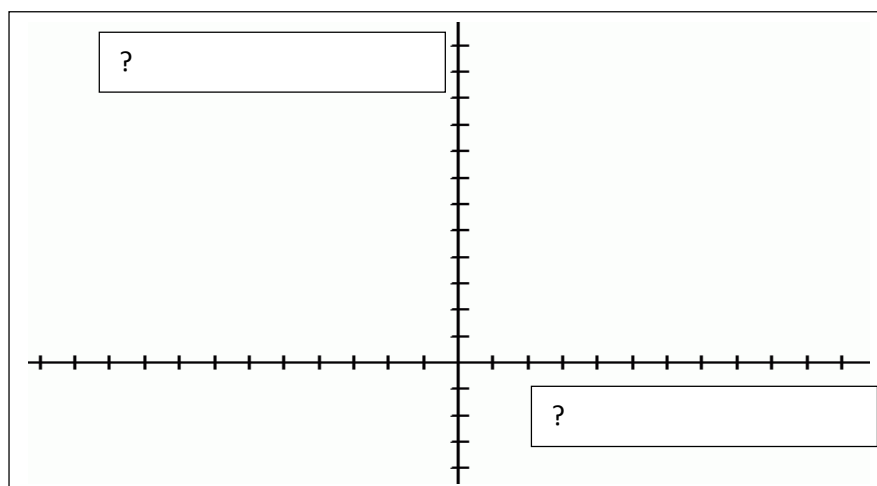
Por lo cual, se propone estudiar las reacciones de ácidos con metales, las cuales forman hidrogeno gaseoso y sus sales respectivas, en algunas ocasiones y dependiendo de sus concentraciones.

Experiencia.

Se realiza la experiencia de reacción con metales como Zn, Al, Mg, con ácido clorhídrico y ácido sulfúrico, teniendo en cuenta la relación estequiometría. Se describe que a pesar de que las reacciones químicas generen productos similares; el tiempo de reacción es diferente debido a su mayor afinidad o menor afinidad.

Después de la experiencia se pide a los estudiantes que se reúnan en grupos, donde se discuten las siguientes preguntas:

1. Ordenen las reacciones de mayor a menor tiempo de reacción
2. Explique por qué razón se presenta este orden, ¿Qué hace que el metal reaccione más rápido con un ácido que con los otros?
3. Como han observado a pesar de que se hace reaccionar a un metal con diferentes ácidos y se generan productos similares, se evidencia que los tiempos de reacción son diferentes ¿Cómo podría denominar esa característica que hace única la reacción?
4. Si se alteran las condiciones del experimento variara el tiempo de reacción (concentración, masa, temperatura). Justifique su respuesta y de un ejemplo que permita sustentar su idea.
5. ¿Cómo se altera la masa de metal inicial en el transcurso de la reacción química?, según su observación.
6. En este tipo de reacción química que otros parámetros se pueden tener en cuenta para medir el tiempo en que transcurre la reacción.
7. Esquematice en un plano cartesiano el transcurso de la reacción, según su experiencia. Escriba cuáles serán las variables dependientes e independientes.





ACTIVIDAD 3. Comparar los tiempos de reacción, con la concentración química

OBJETIVO

Comprender que la velocidad de una reacción tiene la misma tendencia, a pesar de variar las concentraciones.

Metodología

Para iniciar la actividad se pide al estudiante hacer la siguiente lectura

El tiempo en las reacciones químicas

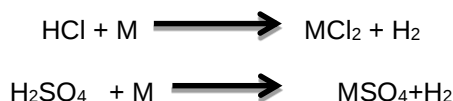
Diferentes reacciones químicas ocurren a diferentes velocidades. Algunas, como las explosiones de los combustibles o los cambios de color de un indicador, lo hacen rápidamente; otras, como la oxidación de una reja de hierro o la erosión de la piedra caliza por reacción con la lluvia ácida, lo hacen lentamente. La velocidad de una reacción es una medida de la rapidez con la que los reactivos reaccionan o desaparecen y, también, con la que los productos se forman o aparecen. Cuanto menor es el tiempo que tardan en formarse los productos, mayor será la velocidad de la reacción química.

Para medir en el laboratorio la velocidad de una reacción química es necesario seguir el cambio de alguna propiedad de una o del conjunto de las sustancias involucradas, durante un cierto período de tiempo. Esta propiedad puede ser, por ejemplo, el color o la apariencia durante el proceso; cuando un clavo de hierro se oxida, el color cambia de gris a rojo. En otros casos, se forman gases como producto de la reacción, cuyo volumen se puede medir a diferentes intervalos de tiempo. Por ejemplo, se puede determinar el volumen de dióxido de carbono formado por unidad de tiempo, cuando la piedra caliza de las estatuas y edificios reacciona con la lluvia ácida. En este caso, también sería posible determinar la disminución de la masa de estos objetos en el mismo tiempo, lo cual daría información acerca de la velocidad con que se consume uno de los reactivos.

Tomado de:

<http://www.me.gov.ar/curriform/servicios/unidad/aprender/cuadern/alumno/natupoli.pdf>

En la reacción de algunos metales con ácidos se encuentran las siguientes reacciones



1. A partir de la lectura y la siguiente reacción química, proponga un diseño experimental, para medir la cantidad de hidrogeno que se produce por unidad de tiempo. Haga un diagrama del diseño e indiquen con qué instrumentos medirían la cantidad de gas que se produce y el tiempo que transcurre.

Se pide al estudiante previamente que proponga un diseño experimental, en el cual se mida la reacción química del metal elegido por el grupo de laboratorio con los ácidos, teniendo como referente la rapidez en la aparición del gas hidrogeno. Se discute con los estudiantes la forma más adecuada de medirla. Luego se hace las mediciones de formación del hidrogeno en el tiempo, variando las concentraciones de los ácidos en 0,1M ; 0,5M; 1M.

Después de la experiencia se elaboran graficas de desprendimiento de gas de hidrogeno en relación al tiempo, en las diferentes concentraciones de los ácidos y se comparan los gráficos obtenidos entre las reacciones del mismo metal. Respondiendo las siguientes preguntas.

1. De los gráficos obtenidos entre la reacción del metal y el ácido ¿Cómo es la tendencia de formación de H_2 en el tiempo?
2. Al variarse la concentración de la reacción del metal y ácido esta tendencia permanece ¿Por qué considera que sucede esto? Justifique su respuesta.
3. Si se compara las gráficas de las reacciones de metal- HCl y metal- H_2SO_4 , en el tiempo ¿Qué similitudes y diferencias encuentra? ¿Por qué las gráficas varían tanto?
4. En cuanto se aumentó la concentración de los ácidos, tuvo esto incidencia en el tiempo. De qué manera.

ETAPA 3



ACTIVIDAD 4. Comparación con la ecuación velocidad física.

OBJETIVO Discutir los comportamientos de las reacciones químicas que permitan la teorización de la velocidad de reacción química.

El tiempo en que transcurre una reacción química, en la historia de la química ha sido muy relevante, debido a que permite estudiar los procesos dinámicos de la materia, además de ser una forma de medir la acción de interacción entre los componentes de una reacción química; por ende para representar este comportamiento Wilhelmy 1850 en una publicación de revista, reconocida como “*Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der sauren auf den Rohrzucker stattfindet*”; hace una relación entre la velocidad de movimiento y la rapidez de los procesos de reacción química.

Por lo tanto se compara aquí la velocidad física con los procesos químicos.

El tiempo que requiere un cuerpo para desplazarse de un punto a otro, depende de la velocidad, magnitud que describe la cantidad de movimiento en un tiempo. En el cual se expresa algorítmicamente con la diferencia de la distancia en un tiempo:

$$v = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$$

Se observa los siguientes videos

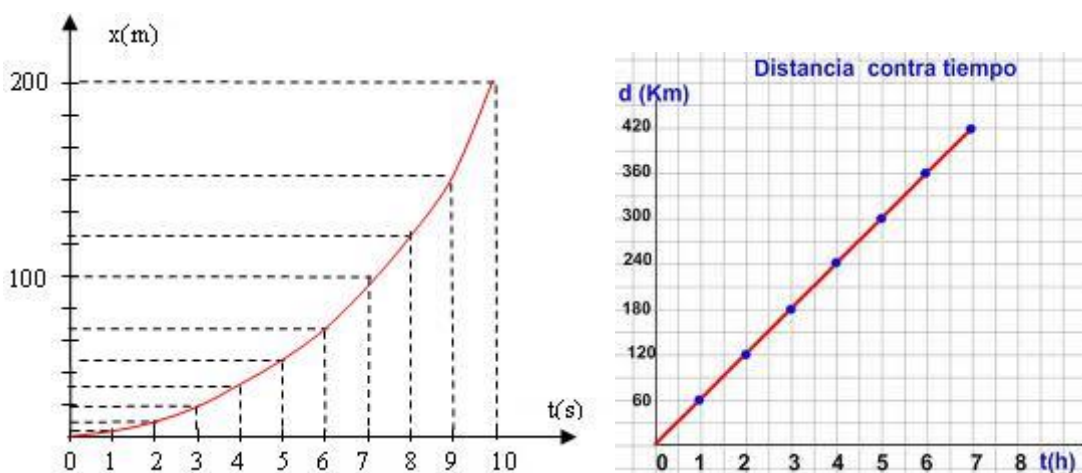
<https://www.youtube.com/watch?v=ATaQ2JD5fd0>

<https://www.youtube.com/watch?v=htGlherjPmQ>

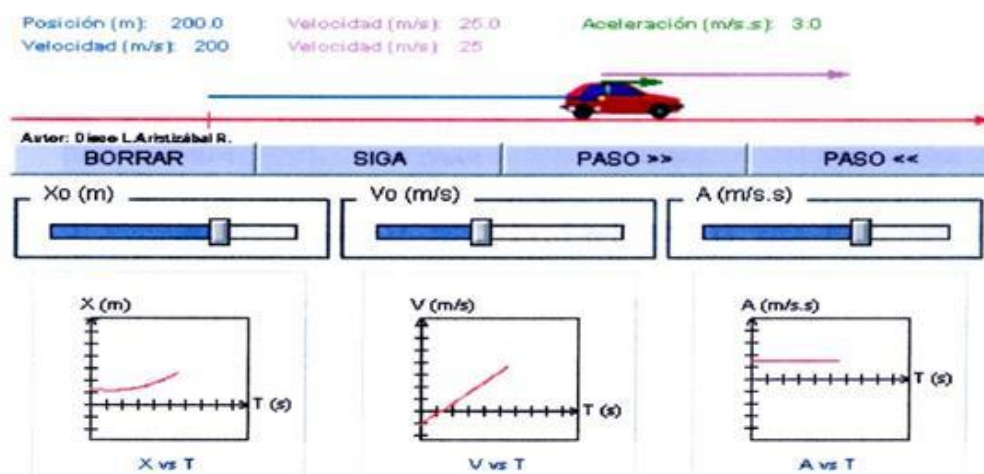
<https://www.youtube.com/watch?v=vGLxyXKTxMY>

a)

b)



c)



De los videos vistos anteriormente, contesta.

- De la relación de las gráficas a y b, qué diferencias hay en el movimiento, el movimiento en los dos casos es constante. Justifique su respuesta.
- Si en física existe la velocidad como una magnitud que permite comprender el movimiento físico ¿Cómo representaría algorítmicamente los procesos de velocidad en reacciones químicas, si en física es una relación de distancia en un tiempo?
- A partir de los gráficos obtenidos en las experiencias de los fenómenos de reacción química y al compararlos con las gráficas de movimiento en física ¿Cuál considera son las semejanzas y diferencias entre los dos procesos cinéticos?
- Cuando varia la velocidad como se denomina en los casos de la cinética física, como piensas se puede relacionar este en la cinética química.
- En física se pueden medir dos tipos de velocidad, la velocidad instantánea que consiste en determinar la velocidad en un punto o en un instante específico, en un punto determinado de su trayectoria. La velocidad promedio, se define como la longitud del trayecto por el tiempo total para recorrerlo. De las experiencias tratadas en el laboratorio, se podría hablar en química de velocidad

química instantánea y promedio. Explique cómo podría medirse una velocidad instantánea y una velocidad promedio en química.

f. De los resultados obtenidos en las experiencias de laboratorio, determine con el algoritmo propuesto en el punto b, la velocidad de una de las actividades de laboratorio. Describa como varia la velocidad de reacción química en esta reacción; que podría indicar la tendencia de variación de la velocidad sobre la reacción química.



ACTIVIDAD 5. De la velocidad física a la velocidad química.

OBJETIVO

Discutir los comportamientos de las reacciones químicas que permitan la teorización de la velocidad de reacción química.

Se realiza exposiciones de los grupos de laboratorio, en el cual presentan la información obtenida en el grupo de laboratorio, las gráficas, su análisis, sintetizando parte de su experiencia en la siguiente tabla.

Metal

Concentración ácido	mL hidrogeno obtenido	n de hidrogeno	Tiempo del proceso	Velocidad de reacción

Se discute con los estudiantes los siguientes interrogantes.

- ¿Qué efecto tiene el cambio de concentración en la rapidez de la reacción química?
- ¿para cuál metal es más rápido el proceso y para cuál el más lento? ¿en que puede incidir el tiempo de reacción en los diferentes metales?
- ¿Cómo es la tendencia en las gráficas para el mismo metal en las diferentes concentraciones?

ETAPA 4



ACTIVIDAD 6. ¿Cómo se puede modificar el tiempo de reacción?

OBJETIVO

Formalizar la velocidad de reacción química, empleando gráficos o haciendo uso de las matemáticas.

Metodología

En este componente se evaluará el comportamiento de la lluvia ácida sobre la roca caliza y cómo se puede variar el periodo de duración de esta reacción química.

Además se interroga al estudiante desde la pregunta problemática

¿Cuál es el proceso químico en la erosión de una piedra caliza, debido a la lluvia ácida?

¿Cuál es la velocidad de reacción de los procesos de erosión?

¿Cómo se puede variar la velocidad de reacción del proceso de erosión?

Se desarrolla la experiencia de la reacción de tiza (carbonato de calcio) y ácidos como el vinagre, agua, jugo de limón, gaseosa, ácido tartárico (vino), ácido clorhídrico y sulfúrico. Se hace reaccionar una misma cantidad de ácido con un trozo de tiza de igual masa, se mide el tiempo de reacción.

En seguida, se hace en el mismo procedimiento con la tiza pulverizada y se mide el tiempo de reacción y finalmente se repite el experimento a 3 temperaturas diferentes. Se grafican las experiencias anteriores y se comparan los procesos, describiendo lo que sucede en cada experiencia.

Después de la práctica, se pide responder las siguientes preguntas.

1. Al comparar los tiempos de las diferentes reacciones, describa cómo es la tendencia en cada una.
2. Compare la forma en que se halló las velocidades en la experiencia del metal con ácidos y carbonato de calcio y ácido. ¿Qué varió en los dos métodos?
3. Si compara la velocidad de temperatura ambiente y de una temperatura mayor de la reacción carbonato con ácido ¿Qué diferencias y similitudes encuentra?

4. Realice la gráfica de temperatura en relación al tiempo y compare para cada reacción.
5. ¿Qué tendencia muestra la gráfica y que factores afecta el tiempo de reacción?

Finalmente el estudiante hará un folleto sobre los efectos de la lluvia acida, en relación a los daños que produce esta en el deterioro de las estatuas, los suelos, las construcciones, durante periodos de tiempo donde se presenten lluvias neutras y acidas.

ETAPA 5



ACTIVIDAD 7. Aplicar los conocimientos de la velocidad de reacción química.

OBJETIVO

Aplicar los conocimientos adquiridos teóricos y prácticos para la solución de una problemática social, ambiental, salud.

Se pide al estudiante que describa un proceso químico que involucre el estudio de la cinética química en una problemática de tipo social, ambiental, salud, entre otros, proponiendo una práctica para explicar esta y como puede solucionarse esta situación problema.