



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTRUCTURA, PUESTA EN PRÁCTICA Y EVALUACIÓN DE UNA
PRÁCTICA DE LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL I CON
ENFOQUE DE INDAGACIÓN**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

JORGE LUIS BALDERRAMA CAMPOS



MÉXICO, D.F.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesora: Elizabeth Nieto Calleja
VOCAL: Profesora: Kira Padilla Martínez
SECRETARIO: Profesora: Fabiola González Olguín
1er. SUPLENTE: Profesora: Itzel Guerrero Ríos
2° SUPLENTE: Profesor: Raúl Orduña Picón

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN QUÍMICA, EDIFICO F, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

ASESORA DEL TEMA:

DRA. KIRA PADILLA MARTÍNEZ

SUSTENTANTE (S):

JORGE LUIS BALDERRAMA CAMPOS

Índice de Contenidos

I. Introducción	4
II. Marco Teórico	7
2.1 El Aprendizaje Basado en Indagación	7
2.2 La Enseñanza de la Reacción Química.....	27
III. Metodología de Trabajo	31
IV. Presentación y Análisis de Resultados.	36
4.1 Preguntas.....	37
4.2 Predicciones	40
4.3 Observaciones	54
4.4 Procedimiento Experimental	68
4.5 Síntesis de un Polímero.....	76
4.6 Conclusiones de los Estudiantes.....	83
4.7 Respuestas.....	89
4.8 Herramienta de Evaluación	96
4.9 Propuesta Experimental	118
V. Conclusiones	120
VI. Fuentes Consultadas	124
Apéndice A. Investigación Previa.....	128
Apéndice B. Situaciones Problemáticas.....	129
Apéndice C. Herramienta de Evaluación.....	131
Apéndice D. Diagrama Heurístico.....	132
Apéndice E. Reporte de la Práctica.....	133
Apéndice F. Propuesta Experimental	138

I. Introducción

El presente trabajo de tesis se centra en el resultado que se obtiene a implementar una propuesta experimental en un grupo de Laboratorio de Química General I. Persigue el objetivo de evaluar la medida en que dicha propuesta experimental puede promover las habilidades de pensamiento científico de los alumnos. Para ello, se diseñó una propuesta para una de las prácticas comprendidas en el temario del curso, el tema seleccionado fue el de “Reacción Química”.

La gran novedad de la propuesta experimental que aquí se presenta, es que su enfoque se aleja del estilo de enseñanza convencional, mismo que actualmente es utilizado en los cursos experimentales de la Facultad. En él, se indica a los alumnos cuáles son las actividades que deberán realizar y cuál es el resultado que se espera que obtengan. Normalmente, las clases de este estilo se apoyan en un manual que contiene las instrucciones, procedimientos secuenciados que permitirán que el alumno alcance el resultado deseado.

El problema que suponen las clases que se imparten bajo este estilo de enseñanza, es que no involucran a los alumnos a nivel intelectual y, aun más importante, con frecuencia, el conocimiento disciplinar que los alumnos obtienen de ellas es desechado poco después de haber concluido el curso, o haber obtenido la nota deseada en un examen.

Por el contrario, el estilo de enseñanza que se utiliza para la práctica que se propone, se basa en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. Esto quiere decir, que se desea dotar de protagonismo al alumno en el proceso de enseñanza; permitiendo que diseñe y conduzca una investigación en la clase de laboratorio, a partir de una situación problemática con la que se le enfrenta. Así, los alumnos habrán de comparar la solución que encontraron, con aquellas soluciones elaboradas por sus compañeros, para hallar la solución que permite recolectar mayor evidencia para solucionar el problema inicial. De esta manera,

las actividades realizadas por los alumnos, guardan una profunda relación con el proceso de construcción de conocimiento a nivel individual.

Esta investigación recopila el trabajo realizado por un grupo de alumnos de Laboratorio de Química General I para la práctica de reacción química. Se eligió desarrollar este trabajo en un curso experimental porque las clases de laboratorio tienen una importancia fundamental en las carreras que son impartidas en la Facultad de Química. No sólo porque permiten acceder a experiencias de aprendizaje exclusivas, imposibles de reproducir en el salón de clase tradicional, haciendo insustituible el aprendizaje logrado en ellas. También porque las habilidades que en ellas se adquieran tendrán un carácter determinante en la formación académica de los estudiantes, por ejemplo, en cuanto a la manera adecuada de utilizar el material o, aun más importante: la capacidad de trabajar en equipo, o de interpretar y exponer los resultados obtenidos.

Por otro lado, la reacción química constituye, al menos desde una perspectiva empirista, el elemento fundamental de la Química. Las transformaciones que experimentaban las sustancias motivaron al ser humano a comenzar con el estudio de estos procesos; lo que hoy permite diseñar complejos mecanismos de síntesis, pues ha logrado comprender los motivos y razones que les sustentan a nivel submicroscópico. En ese sentido, se desea desarrollar en los alumnos de primer semestre la habilidad de comprender, describir y predecir de manera clara y correcta aquello que sucede en el sistema químico que están estudiando.

Los elementos del trabajo de los alumnos que se presentan, para evaluar la manera en que la práctica propuesta interviene en su proceso de adquisición y desarrollo de habilidades de pensamiento científico son las preguntas de indagación, predicciones experimentales, observaciones, diseño de un procedimiento, conclusiones y respuestas. Adicionalmente, se muestran los resultados de una evaluación diseñada para medir el grado en que estas habilidades se desarrollaron. Finalmente, se retoman todos estos elementos para

construir una nueva propuesta experimental, basada en el enfoque de indagación, para el tema de reacción química, propio del curso de Laboratorio de Química General I.

II. Marco Teórico

2.1 El Aprendizaje Basado en Indagación

Involucrar a los alumnos en actividades de indagación, durante los primeros cursos de laboratorio de Química, permite incrementar el interés y la retención que los alumnos muestran respecto a los temas expuestos, pues estas experiencias generan aprendizaje que permanece con el alumno más allá de la fecha del fin de cursos. Algunas de las estrategias más utilizadas para alcanzar este objetivo incluyen la utilización del lenguaje especializado, propio de las investigaciones científicas formales, la caracterización detallada de los procedimientos y los materiales utilizados durante el desarrollo de dichas investigaciones o destacar la importancia de los resultados obtenidos durante la experimentación (Eichstadt, 1992).

Estas estrategias, así como otras que se sumen bajo la premisa de la indagación, irán encaminadas a sustituir los experimentos considerados “tipo libro”, es decir, aquellos con una marcada presencia en los cursos tradicionales de laboratorio para, en su lugar, colocar a los alumnos como protagonistas del proceso de diseño de experimentos que les permitan involucrarse en el proceso de indagación (Pontrello, 2015).

Existe un problema, incluso de lenguaje, cuando se utiliza el término “indagación” pues desde que fuera empleado por primera vez por John Dewey en 1910 ha sido modificado en diferentes oportunidades. Se considerará la definición propuesta por el National Research Council en 1996 por ser ampliamente aceptada. En ella se considera la indagación como una “actividad polifacética que implica hacer observaciones, plantear preguntas, examinar libros y otras fuentes de información para ver qué es lo ya conocido; planificar investigaciones; revisar lo conocido hoy en día a la luz de las pruebas experimentales; utilizar instrumentos para reunir, interpretar y analizar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones y comunicar los resultados” (Lara Mendoza, 2015). Esta definición permite confirmar que, efectivamente, guarda concordancia con las estrategias

mencionadas para incorporar actividades de indagación a las clases de laboratorio, pues fomenta el desarrollo de habilidades prácticas e intelectuales en los alumnos.

Es fundamental destacar el énfasis que, con frecuencia, se hace en los cursos de las llamadas “ciencias exactas” respecto a la importancia del aprendizaje del contenido teórico, así como al proceso cognitivo involucrado en la adquisición de este conocimiento. Es, precisamente, en la revisión de este proceso en donde cobra relevancia fundamental el desarrollo de habilidades de pensamiento científico por parte del alumno.

De acuerdo a Diana Kuhn (2010) el pensamiento científico es, en primer lugar, una actividad humana, es decir, se trata de algo que las personas hacen, no un atributo con el que cuentan. Dicha actividad se asocia con el pensamiento racional y la capacidad de resolver problemas. Su objetivo último es la búsqueda de conocimiento. Por su parte, Justin Carmel (2014) define el pensamiento científico como un constructo de interés que comprende varias actividades de razonamiento básico, por ejemplo: el análisis de datos o la formulación de hipótesis. Carmel afirma que el pensamiento científico puede ser fomentado mediante los estilos de enseñanza basados en actividades de indagación.

Para evaluar cómo el pensamiento científico acompaña a los individuos en su desarrollo, conviene recordar que, desde niños, los seres humanos buscamos comprender aquello que experimentamos. En un primer intento por organizar nuestras primeras interacciones con fenómenos físicos o biológicos desarrollamos "teorías". Se entiende por "teorías" aquellas explicaciones que se caracterizan por ser erróneas, al estar basadas en ideas ingenuas; o bien, incompletas, pues no explican por completo el fenómeno que están describiendo. Esto sucede porque estas teorías están restringidas por el contexto sociocultural y académico de la persona que las formula (Yan, 2015). En consecuencia, es necesario someterlas a un proceso de revisión a medida que nuevas experiencias son incorporadas. Este proceso se llama cambio conceptual y su principal criterio para evaluar una teoría

es determinar si existe concordancia entre la teoría que hemos desarrollado y la evidencia con que contamos (Mulford, 2002).

Podría argumentarse que el extenso espectro de actividades que cumple con las definiciones señaladas dará lugar a una clase ambigua y sin una dirección clara; sin embargo, las actividades que se sustenten en el desarrollo de hipótesis y predicciones, el diseño de procedimientos experimentales para comprobarlas y el análisis racional de los resultados obtenidos cumplirán con la premisa de fomentar el pensamiento científico (Eichstadt, 1992).

En este sentido, hay expertos que alertan respecto al riesgo que representan las versiones simplificadas de las actividades de indagación para el contenido curricular de una clase. Digna Couso (2014) rechaza aquellos estilos de clase que priorizan el desarrollo de habilidades de indagación de carácter técnico manipulativo, pues únicamente abordan la indagación de manera superficial, sobre aquellas habilidades de un mayor perfil cognitivo, como son: aprender a planificar procedimientos, identificar los materiales y equipo que permitirán controlar variables en un experimento, comprender la forma más conveniente de representar los datos obtenidos, a fin de comprarlos fácilmente con los compañeros de clase.

Couso (2014) alerta también respecto a la importancia de abandonar el lugar común que supone relacionar las clases de ciencia que se basan en actividades de indagación con clases de “ciencia divertida”. En ese sentido, sostiene que más que involucrar físicamente a los alumnos en el desarrollo de la clase, éstos deberán participar intelectualmente en ella, es decir, los alumnos deberán formar parte de una discusión que aborde los contenidos epistémicos que están estudiando. La discusión en términos de leyes, teorías y modelos garantiza que las actividades de indagación han resultado formativas.

Correctamente implementadas, las actividades con enfoque de indagación producirán una clase de laboratorio con rasgos característicos, observables en las habilidades que habrán de desarrollarse en el alumno; de acuerdo a Avi Hofstein

(2004), los alumnos deberán ser capaces de hacer preguntas relevantes, generar hipótesis, planear y ejecutar un procedimiento experimental, analizar los resultados que obtengan y generar, a partir de ellos, conclusiones. Hofstein (2004) afirma que involucrar a los alumnos en el proceso de planeación, interpretación y exposición de resultados es lo que les permite tener mayor comprensión en cuanto a los conceptos que estudian, pues estarán haciendo uso, de manera constante, de sus habilidades cognitivas de alto nivel.

Daniel Domin (1999) retomó teorías pedagógicas de mediados del S. XX para presentar en una escala las habilidades cognitivas empleadas por los alumnos en virtud de la demanda intelectual que representan. Dichas habilidades se explican en la figura siguiente:

Habilidad Cognitiva	Definición	Situación en que se aplica
Conocimiento	Recordar los conceptos aprendidos previamente	Definir un concepto, identificar un objeto, indicar los pasos de un procedimiento
Comprensión	Retener el significado de los conceptos	Explicar un concepto, interpretar una gráfica
Aplicación	Utilizar los nuevos conceptos en situaciones concretas	Resolver un problema, construir una gráfica, utilizar el concepto en una situación nueva
Análisis	Descomponer el concepto en sus componentes	Identificar información relevante, detectar inconsistencias, establecer relaciones entre los conceptos
Síntesis	Unir las partes para formar un nuevo concepto	Formular hipótesis, proponer un procedimiento experimental, plantear alternativas
Evaluación	Definir la calidad a partir de criterios definidos	Determinar el valor de los resultados experimentales, justificar conclusiones

Figura 2.1 Escala de habilidades cognitivas empleadas por los alumnos durante su aprendizaje, de acuerdo a Domin.

Las habilidades presentadas en la tabla 1 pueden ser divididas en dos grupos; en primer lugar las de bajo orden cognitivo, compuestas por conocimiento, comprensión y aplicación. Por el contrario, el análisis, la síntesis y la evaluación son consideradas habilidades de alto orden cognitivo (Domin, 1999).

A fin de garantizar que las actividades que se desarrollan en una clase de laboratorio con enfoque de indagación efectivamente promuevan en los alumnos el desarrollo de habilidades de alto orden cognitivo, el National Research Council (1996) ha identificado una serie de etapas que deberán formar parte de dicha clase de laboratorio:

1. Planteamiento de preguntas.

Se deberá proponer una pregunta que sustente toda la investigación que se va a desarrollar. Se desea que la pregunta enunciada no pueda ser respondida con “sí” o “no”, tampoco se admiten preguntas que den lugar a respuestas de una sola palabra o que puedan ser consultadas en alguna fuente bibliográfica, sino que permitan diseñar un procedimiento experimental para la investigación que se disponen a realizar. Es importante que, durante esta etapa, se consideren también los recursos (materiales y sustancias) que se destinarán a la investigación que se desea realizar, así como el tiempo que deberá emplearse (Caamaño, 2003).

2. Recopilación de pruebas.

Los alumnos deberán ejecutar el desarrollo experimental que diseñaron. De esta manera, se desarrolla en ellos un sentido de responsabilidad sobre los resultados que obtienen (Boyce, 2008). Será necesario dar algún tratamiento a los datos para que puedan ser analizados de manera adecuada. Un ejemplo de ello son las tablas que se presentan en el capítulo 3, en ellas se presenta la información generada por los alumnos. Dicho tratamiento, efectivamente, permite analizar a profundidad esta información.

3. Desarrollo de explicaciones a partir de las propias pruebas para dar respuesta a las preguntas planteadas.

Los datos recolectados habrán de ser presentados en algún formato que facilite su interpretación (una gráfica, por ejemplo) permitiendo, así, cotejarles con la teoría. Es, exactamente, en este paso en el que se podrán presentar discrepancias entre la evidencia experimental y los conocimientos previos de cada alumno (Kuhn, 2010); el resultado de este enfrentamiento entre teoría y evidencia deberá generar que el alumno descarte aquellas teorías que no son soportadas por la evidencia encontrada y reforzar aquellas que se ven soportadas por los hallazgos experimentales (Carrascosa, 2005). Este proceso es el que permite que cada alumno construya sus explicaciones propias, individualizando el aprendizaje conseguido

4. Evaluación de las propias explicaciones

El objetivo de la etapa de evaluación es que los estudiantes desarrollen la capacidad de distinguir, entre las distintas estrategias propuestas, por ellos mismos y por sus compañeros, aquellas que resulten más eficientes para dar respuesta a la pregunta que ha sido planteada. El siguiente paso a desarrollar será el planteamiento de propuestas de mejoras y correcciones al procedimiento seleccionado (Jiménez, 2003). La gran aportación de esta etapa es la colaboración entre colegas, un elemento clave en el desarrollo de la capacidad para resolver problemas y auto conciencia del conocimiento individual, elementos que, a su vez, son fundamentales para alcanzar el meta aprendizaje (Caamaño, 2003).

5. Comunicación y justificación de las explicaciones propuestas.

Las explicaciones deberán ser construidas a partir de las evidencias experimentales. Se evalúa su validez en cuanto a los conceptos utilizados en el desarrollo de la investigación, así como su correcta

ejecución procedimental. El alumno debe ser capaz de justificar racionalmente sus aseveraciones delante de otras propuestas hechas, es decir, el alumno desarrolla la habilidad de defender sus conclusiones, luego de cotejar sus hallazgos experimentales con la teoría, delante de sus compañeros (Jiménez, 2003). Puede ser de manera oral o escrita, por ejemplo, a modo de informe o cartel (Kelly, 2007).

Implementar, observando la estructura señalada, actividades con enfoque de indagación en una clase de laboratorio podrá generar un incremento en la comprensión de conceptos utilizados por parte de los alumnos, pues las actividades que desarrollan en la clase, y que los guían en la construcción de conocimiento, son de naturaleza científica. Así, las clases de laboratorio con enfoque de indagación parten de la premisa de “enseñar ciencia del mismo modo en que se realizan las actividades científicas” (Gliddon, 2012).

Colocar al alumno al centro del proceso de enseñanza le obliga a valerse de los conocimientos que posee para lograr incorporar los nuevos conceptos, esto es, el alumno es responsable de la construcción de su propio conocimiento, así como del correcto desarrollo de las habilidades que habrán de permitirselo.

Permitir que los alumnos sean responsables de construir el conocimiento que habrán de adquirir, no quiere decir que deberán “descubrir” ellos mismos este conocimiento sin ningún tipo de guía. Uno de los principales riesgos que supone el hecho de que el docente no se involucre de manera adecuada con su clase, es que los alumnos propongan el desarrollo de investigaciones que no abordan temas que se encuentren contenidos en el temario del curso (Couso, 2014). Adicionalmente, no es factible esperar que alumnos que nunca han tenido contacto con este tipo de educación sean capaces de cumplir cabalmente con propuestas de temas no sólo “investigables” sino de interés científico para el contexto de la clase en que se desarrollan. Ahí reside la importancia fundamental de la correcta intervención del docente en una clase basada en estrategias de

indagación, por ejemplo, haciendo las preguntas y comentarios que permitan al alumno dirigirse hacia el resultado que se pretende que alcance (Domin, 1999).

Una clase de estas características: que dota de protagonismo al alumno, incentivando el desarrollo de habilidades de alta demanda a nivel cognitivo, que buscan incrementar el nivel de comprensión de los conceptos involucrados y el desarrollo de habilidades fundamentales en la ejecución de actividades que reflejan el quehacer científico, claramente se sitúa por encima de las clases tradicionales de laboratorio, en términos de la demanda cognitiva que representan, así como en el grado de involucramiento a nivel intelectual que suponen, toda vez que el estilo de enseñanza tradicional es de naturaleza más expositiva que indagatoria y, más bien, orientada hacia la comprobación (Hofstein, 2005).

Las clases de laboratorio que siguen este estilo de instrucción se caracterizan porque los alumnos siguen las indicaciones dadas por el profesor (frecuentemente, también están contenidas en un manual), provocando que concentren sus esfuerzos en obtener los mismos resultados que el resto de sus compañeros (Domin, 1999). De ahí que los profesores sean capaces de identificar los errores procedimentales con relativa sencillez (Kelly, 2007). Normalmente, la evaluación consiste en comparar los resultados obtenidos con los resultados esperados; de manera que es posible que los alumnos ejecuten exitosamente el procedimiento, sin que exista garantía de que, efectivamente, comprendan los conceptos que los sustentan (Kelly, 2007). Las clases de este estilo no representan una alta demanda cognitiva para los alumnos (Domin 1999).

La medida en que se incorporan actividades de indagación a una clase de laboratorio es variable y diversos autores han desarrollado diferentes clasificaciones en virtud de las actividades que desarrollan los alumnos. A continuación se presentan algunas de las más representativas.

Diversos investigadores retoman lo propuesta hecha por Herron (1971), la cual presenta una clasificación compuesta por cuatro niveles que van del 0 al 3. En ella, Herron descompone las investigaciones en tres componentes: la pregunta

de indagación, el desarrollo que los alumnos deberán seguir para responderla y, finalmente, la respuesta. Así, en el nivel 0, el docente plantea una pregunta, cuya respuesta se conoce de antemano, y un método para que los alumnos la resuelvan. Por el contrario, en el nivel 3, el profesor únicamente se encarga de presentar un fenómeno a los alumnos, quienes deberán plantear una pregunta que de sustento a la investigación que están por desarrollar y un método que les permita hallar una respuesta. La figura siguiente resume la clasificación propuesta por Herron. En ella, se considera “Abierto” un elemento de la actividad de indagación que será propuesto por los alumnos y “Definido” aquél que será indicado por el profesor.

Nivel	Pregunta	Desarrollo	Respuesta
0	Definido	Definido	Definido
1	Definido	Definido	Abierto
2	Definido	Abierto	Abierto
3	Abierto	Abierto	Abierto

Figura 2.2 Clasificación de los 4 niveles de las investigaciones propuesta por Herron.

Por su parte, Daniel Domin (1999) clasifica las clases de laboratorio con enfoque de indagación en cuatro categorías, que llama estilos de enseñanza:

Exposición. En donde el profesor es el encargado de proponer el tema que habrá de ser investigado por los alumnos, quienes sólo deben seguir sus indicaciones. El gran objetivo de este tipo de clases es que los alumnos comparen los resultados que, efectivamente, obtuvieron con aquello que esperaban obtener. Más aun, éste es el aspecto al que más tiempo dedican los alumnos; de tal suerte que se involucran apenas de manera superficial a nivel intelectual con la actividad que desarrollan.

Indagación. Los alumnos son los responsables de presentar un problema, plantear objetivos para la investigación que pretenden desarrollar, proponer un procedimiento, predecir el resultado y, finalmente, realizar el

experimento. Se pretende que los alumnos desarrollen el sentido de responsabilidad sobre los resultados obtenidos a partir del procedimiento que ellos mismos han desarrollado.

Descubrimiento. También es llamada “indagación dirigida”. Persigue el objetivo de personalizar la información que los estudiantes reciben para que pueda ser mejor retenida. En virtud de que el resultado de la indagación es desconocido por los alumnos, los comentarios y recomendaciones del docente son fundamentales para dirigirles hacia el resultado deseado.

Basada en problemas. Este tipo de instrucción prioriza que los alumnos desarrollen la habilidad de plantear hipótesis comprobables mediante el diseño de un procedimiento sobre la obtención de resultados correctos. Para ello, el profesor es el responsable de presentar situaciones problemáticas a los alumnos, así como el material del que podrán hacer uso. De esta manera, el profesor establece un resultado deseado para la situación que presenta, al tiempo que mantiene abierta la posibilidad de múltiples soluciones.

En 2003, Aureli Caamaño presentó una clasificación que organiza las actividades de indagación en 6 categorías (llamadas grado de apertura), de acuerdo a quién es el responsable de generar cada una de las etapas de la investigación. A la categoría 1 pertenecen las actividades de indagación en las cuales el profesor propone la actividad a desarrollar y la manera en que los alumnos deberán hacerlo; por el contrario, las actividades de indagación propias de la categoría 6 son aquellas en donde los alumnos son responsables del diseño de cada aspecto de la indagación. La Figura 1.3, en donde “P” representa al profesor y “A”, al alumno las presenta de manera condensada.

Etapa	Grado de Apertura de la Actividad					
	1	2	3	4	5	6
Área de interés	P	P	P	P	P	A
Establecimiento del problema	P	P	P	P	A	A
Planificación	P	A	A	A	A	A
Determinación de la estrategia	P	P	A	A	A	A
Realización	A	A	A	A	A	A
Interpretación de los resultados	P/A	P/A	P/A	A	A	A

Figura 2.3 Muestra las 6 categorías que conforman la clasificación propuesta por Aureli Caamaño.

La más reciente de las clasificaciones que se presentan fue elaborada por un equipo liderado por Laura Buck, quien en 2008 propuso evaluar las investigaciones realizadas en el salón de clase a partir de los 6 elementos que las componen: la pregunta, los antecedentes, el diseño del procedimiento, el análisis de resultados, la comunicación de dichos resultados y las conclusiones. Así, en las investigaciones de nivel cero, todos los elementos le son proporcionados a los alumnos; por el contrario, en las investigaciones propias de nivel 3, los estudiantes son los responsables de generar cada uno de los elementos. La propuesta de Buck se presenta en la siguiente figura.

Elemento	Nivel 0	Nivel 1/2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
	Confirmación	Indagación Estructurada	Indagación Guiada	Indagación Abierta	Indagación Auténtica
Problema/ Pregunta	Proporcionado	Proporcionado	Proporcionado	Proporcionado	No Proporcionado
Teoría/ Antecedentes	Proporcionado	Proporcionado	Proporcionado	Proporcionado	No Proporcionado
Procedimiento/ Diseño	Proporcionado	Proporcionado	Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado
Análisis de resultados	Proporcionado	Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado
Comunicación de resultados	Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado
Conclusiones	Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado	No Proporcionado

Figura 2.4 Tabla de los 5 niveles que conforman la clasificación propuesta por Buck.

Presentar algunas de las clasificaciones más representativas del grado en que se incorporan las actividades de indagación a una clase de laboratorio, obedece a la intención de ubicar el presente trabajo en cada una de ellas.

La metodología utilizada en la ejecución de este trabajo será abordada a profundidad más adelante; sin embargo, algunos aspectos generales serán descritos a continuación.

- En primer término, resulta conveniente aclarar que el tema a investigar no fue propuesto por los alumnos, pues era necesario garantizar que éste estuviera comprendido en el temario correspondiente a la materia que cursaban.
- Los alumnos fueron responsables de enunciar la pregunta que soporta la investigación a partir de tres situaciones problemáticas que les fueron presentadas (disponibles en el Apéndice B). El docente a cargo contó con la facultad de aprobar o rechazar la pregunta que los alumnos propusieron,

asegurando, así, que ésta cumpliera con la características descritas anteriormente.

- El siguiente aspecto desarrollado por los alumnos fue el diseño del procedimiento experimental. En él, los alumnos no sólo especificaron el equipo de laboratorio y las sustancias que utilizarían, también enunciaron hipótesis respecto a lo que esperaban observar al ejecutar cada punto. Naturalmente, la ejecución del procedimiento experimental estuvo a cargo de los alumnos.
- Finalmente, los alumnos compararon las hipótesis que enunciaron con los resultados que, efectivamente, obtuvieron; esto es, construyeron explicaciones de los fenómenos que observaron a partir de las evidencias experimentales. Para lograrlo, fue necesario que los resultados experimentales fueran analizados e interpretados por los propios alumnos.

En virtud de los criterios expuestos y luego de compararle con las características correspondientes a las clasificaciones mencionadas, es posible ubicar esta investigación en el Nivel 2 según el criterio propuesto por Buck. Coincidentemente, también le corresponde el Nivel 2 en la clasificación hecha por Herron. Por el contrario, de acuerdo a la propuesta de Caamaño, lo más adecuado sería catalogarla como una investigación de Nivel 4. Por último, en la clasificación de Domin, se podría considerar esta investigación como una combinación de los estilos de enseñanza “Descubrimiento” y “Basada en problemas”, toda vez que presenta características de ambos estilos. La clasificación que le corresponde a esta investigación, de acuerdo a las propuestas mencionadas, se presenta a continuación de forma resumida.

Autor de la clasificación	Nivel que le corresponde
Herron	2
Domin	Descubrimiento/ Basada en problemas
Caamaño	4
Buck	2

Figura 2.5 Clasificación que le corresponde a la presente investigación de acuerdo a las propuestas de diferentes autores.

Existe un elemento respecto al cual resulta oportuno realizar una descripción más profunda: la manera en que se evaluó el trabajo realizado por los alumnos. Fueron dos los principales aspectos considerados para evaluar la investigación que cada equipo de alumnos realizó. En primer lugar, las explicaciones que construyeron para los fenómenos que observaron, en términos de la validez de los conceptos que utilizaron. En segundo lugar, se valoró si, efectivamente, lograron aprender dichos conceptos.

En ese sentido, expertos como Hofstein (2004) destacan la importancia de utilizar las herramientas y metodologías adecuadas para realizar una evaluación correcta, especialmente cuando se desea identificar qué es lo que los alumnos están aprendiendo tanto a nivel conceptual como a nivel procedimental. Tradicionalmente, los alumnos han sido evaluados con reportes o exámenes escritos, sin embargo, Hofstein (2004) sostiene que la información que estas herramientas ofrecen es limitada, toda vez que no consideran el desempeño de los alumnos, esto es, no evalúan su capacidad para diseñar procedimientos experimentales o resolver problemas durante su ejecución; criterios fundamentales para la evaluación en una clase de laboratorio con enfoque de indagación.

A fin de garantizar que la evaluación realizada contemplara los dos criterios mencionados, se decidió utilizar un diagrama heurístico basado en una versión modificada de la V de Gowin, disponible para consulta en el Apéndice C.

De acuerdo a la investigación conducida por José Antonio Chamizo y Yosajandi Perez Campillo (2013), los diagramas heurísticos son la mejor estrategia para resolver un problema de investigación, toda vez que se comportan como recursos organizativos del proceso de resolución del problema al que se enfrentan los alumnos, especialmente cuando éstos buscan determinar una vía de solución y desean argumentar porqué han seleccionado una u otra vía.

El diagrama heurístico que se utilizó se basa en el modelo de argumentación de Toulmin, que parte del establecimiento de una afirmación o conclusión y se basa en los datos experimentales para justificar dicha afirmación (Chamizo, 2013). Así, un diagrama heurístico, que presente las modificaciones pertinentes que permitan apoyar al alumno en su aprendizaje, al tiempo que facilitan la evaluación que hace el docente, se constituye la herramienta adecuada para ayudar a los alumnos a defender sus conclusiones a partir de las evidencias experimentales que obtuvieron (Chamizo, 2007).

La V de Gowin es un recurso heurístico diseñado en 1977 con el objetivo de ayudar a resolver un problema o a entender un procedimiento complejo mediante la comprensión de la estructura de los conocimientos que intervienen en el proceso de resolución y las formas en que dicho conocimiento se produce. Su gran virtud es que relaciona los conocimientos que los alumnos ya poseen con aquello que están tratando de aprender, es decir, permite reconocer la interacción que existe entre lo que ellos ya saben con lo que están aprendiendo. El proceso de adquisición de conocimiento a través de la relación de los conocimientos previos con los actuales es llamado aprendizaje significativo en la teoría de Ausubel y se le considera de mayor demanda cognitiva respecto al aprendizaje memorístico (Novak, 1999).

La V de Gowin se construye a partir de los objetos o acontecimientos que se desean estudiar. Éstos, se colocan en el vértice de la V. A su lado izquierdo, se colocan los elementos conceptuales necesarios para efectuar la investigación, esto es, el conocimiento disciplinar que se ha ido construyendo y modificando a lo

largo del tiempo; por el contrario, al lado derecho se colocan los elementos que se obtienen según se desarrolla la investigación (Novak, 1999). La siguiente imagen pretender ilustrar esta descripción.

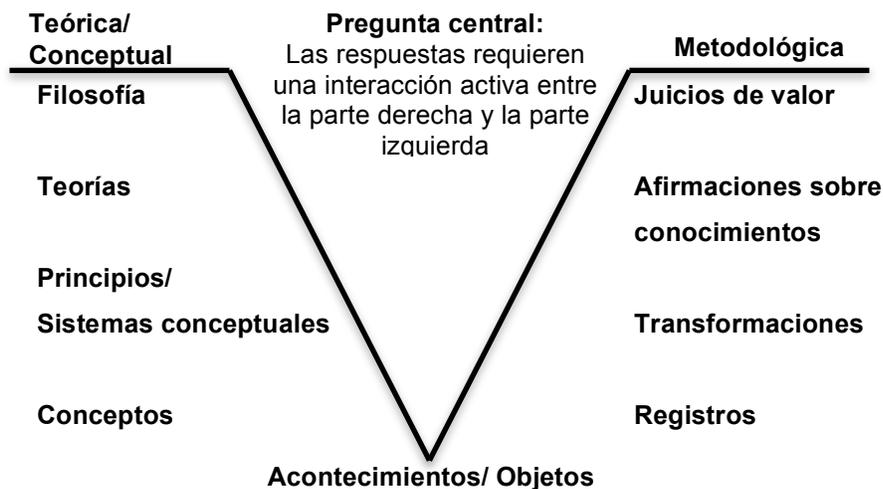


Figura 2.6 Elementos que componen la V de Gowin en la disposición espacial correspondiente

Aprovechando el hecho de que la V de Gowin ha demostrado ser una herramienta útil para todas las disciplinas universitarias, Luis del Carmen (2000) desarrolla un ejemplo de su utilización a partir de una pregunta que requiere de la intervención de conceptos de bioquímica y fisiología, entre otros. Este ejemplo de la V de Gowin aplicada a un tema específico se encuentra en la siguiente imagen.

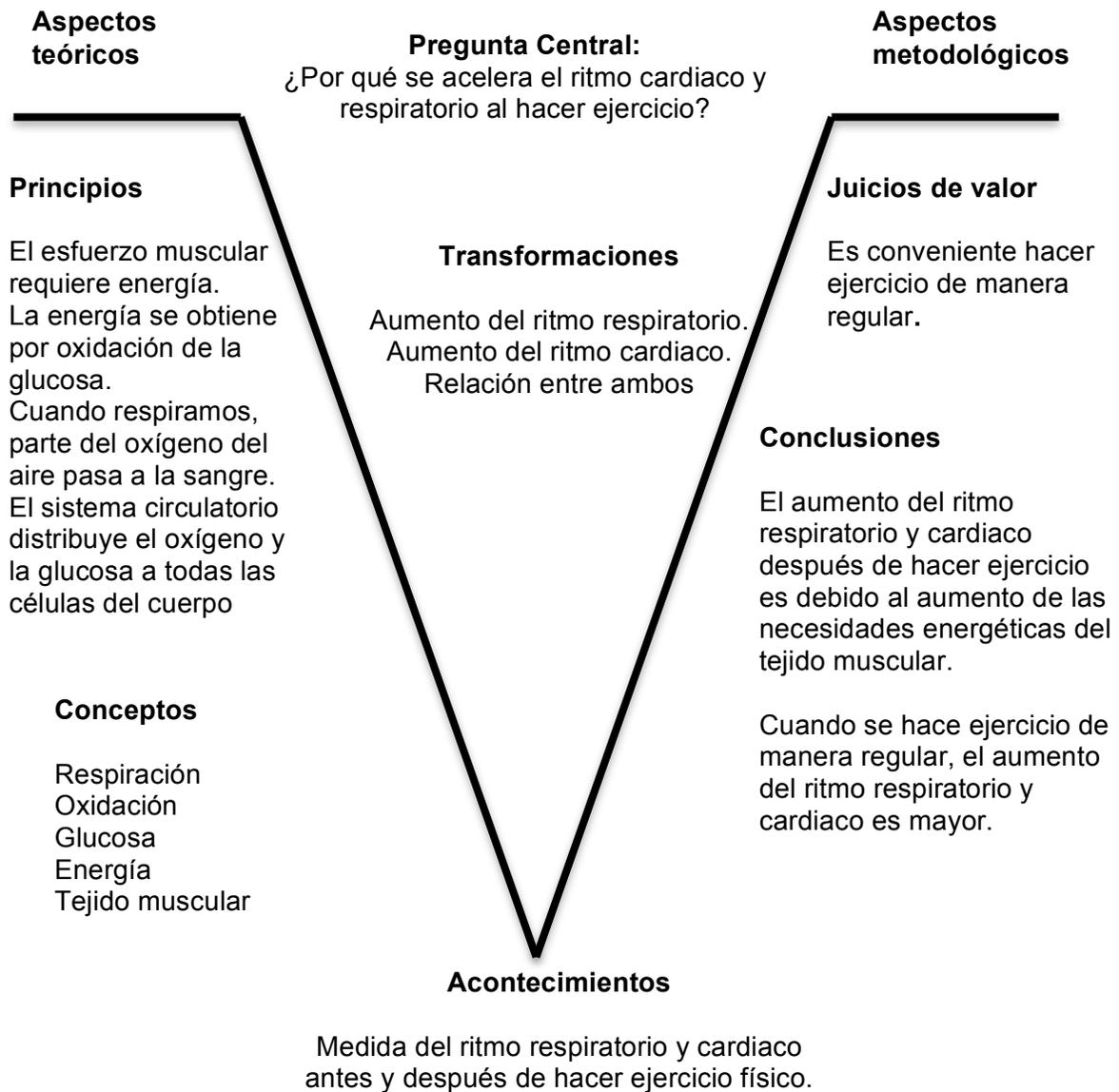


Figura 2.7 Ejemplo de cómo se utiliza de la V de Gowin para dar respuesta a una pregunta de indagación.

Utilizar herramientas basadas en la V de Gowin permite a los alumnos reconocer que su aprendizaje está cimentado en la observación de los objetos o acontecimientos que han seleccionado, así como de la calidad de los registros que generen para esos eventos. Así, el tipo de registros que hagan dependerá del tipo de preguntas que motiven su investigación. Acontecimientos y registros, en conjunto, intervienen en el conocimiento que cada alumno construye (Novak, 1999)

De esta manera, la V de Gowin, así como sus versiones modificadas, se afirma como una herramienta que permite a los alumnos aprender acerca del proceso de construcción de su propio conocimiento: cómo funciona y cómo es que pueden utilizarlo. Es decir, se trata de una herramienta de meta-aprendizaje, pues permite a los alumnos aprender acerca de su propio proceso de aprendizaje (Novak, 1999).

Si bien el meta-aprendizaje es innato a los seres humanos y las habilidades relacionadas a él se desarrollan en función de la edad, este proceso se detiene cuando la persona alcanza la adolescencia; a menos que se vuelva estrictamente necesario para el individuo continuar el desarrollo de su capacidad de aprendizaje meta cognitivo (van Opstal, 2015). Nos encontramos, entonces, delante de una gran barrera: pues, normalmente, el estudiante carece de la capacidad de monitorear si está incorporando de manera metacognitiva las nuevas informaciones que adquiere. Es por ello que, en primer lugar, se debe enseñar a los estudiantes a reconocer las habilidades que deben ser fortalecidas a fin de, efectivamente, aprender de manera metacognitiva y, así, hallar mejores soluciones a los problemas a los que se enfrentan en el laboratorio. Mostrar a los estudiantes que ellos pueden regular su propio aprendizaje, no sólo los responsabiliza respecto a lo que aprenden, sino que les permite abandonar los razonamientos catalogados como “de principiante” y los acerca a aquellos que se consideran “de experto” (van Opstal, 2015), esto es, aquellos que se caracterizan por estar contenidos en marcos mentales bien organizados, pues permiten que cada

alumno reconozca si su nivel actual de conocimiento es insuficiente para dar solución al problema al que se enfrenta.

Hasta ahora, se han expuesto las virtudes que ofrece una clase experimental basada en actividades de indagación. A fin de presentar las consecuencias derivadas de la correcta implementación de este tipo de clases en un contexto más amplio y alejado de perspectivas parciales, a continuación se describen sus principales críticas y limitaciones.

Una de las barreras que con mayor frecuencia encuentra estilo de instrucción es el tiempo que los docentes señalan que deben dedicar a la preparación de las investigaciones que los alumnos habrán de conducir (del Carmen, 2000). Adicionalmente, hay que considerar que el compromiso que docentes y alumnos deberán depositar en este estilo de instrucción es considerablemente mayor si se le compara con las clases de laboratorio tradicionales (Domin, 1999). No sólo aumenta la demanda de compromiso que ambas partes deben aportar para conducir exitosamente una clase de esta naturaleza; normalmente aumenta también el número de recursos en términos de personal, equipos y materiales que deben destinarse a clases de laboratorio propias de este estilo de enseñanza (Domin, 1999).

Estas condiciones podrían sugerir al docente que está destinando demasiados recursos para un único desarrollo experimental (del Carmen, 2000). Situación que se acentúa al observar cómo dicha investigación se extiende en el número de clases que necesita para completarse. En ese sentido, autores como Elliot (2008) señalan el beneficio a nivel cognitivo que representa para un alumno estudiar a profundidad una única situación problemática en lugar de una serie de experimentos poco relacionados, de carácter sólo comprobatorio; pues permite al alumno percibir dichas investigaciones como elementos que se unen para formar un conjunto mayor y no como experimentos semanales aislados que no guardan relación entre sí.

Una de las críticas que con mayor frecuencia recibe este estilo de enseñanza es que resulta ingenuo esperar que un alumno sea capaz de descubrir algo para lo que no está conceptualmente preparado, es decir, el alumno debe tener nociones en cuanto a dónde buscar, cómo mirar y saber cómo identificar un hallazgo significativo cuando éste se presente (Domin, 1999), no se diga ya de la capacidad de construir y estructurar su propio conocimiento o de plantear preguntas de las cuales pueda desprenderse una investigación (Hofstein, 2005). En respuesta a estas afirmaciones, autores como Domin (1999) sostienen que, con frecuencia, esto se debe al acelerado ritmo de los cursos experimentales, que no permiten que el alumno piense detenidamente en los conceptos que debe utilizar en los desarrollos experimentales, mucho menos en la manera en que puede relacionar las nuevas experiencias con los conocimientos previos.

Por otro lado, Avi Hofstein (2005) asegura que los alumnos que cuentan con frecuentes oportunidades para elaborar preguntas en el contexto de una clase de laboratorio centrada en indagaciones experimentales, efectivamente desarrollan la habilidad de plantear más y mejores preguntas, esto es, que las preguntas que plantean cumplen con las características señaladas con anterioridad. De ahí la importancia de buscar que los alumnos desarrollen la habilidad de elaborar buenas preguntas desde el comienzo del curso, pues esta habilidad resulta fundamental para la correcta implementación de este estilo de enseñanza en un curso experimental.

Incluso a la luz de las afirmaciones presentadas, no es posible asegurar que un estilo de enseñanza sea más efectivo que otro (Domin, 1999). Las clases de laboratorio centradas en actividades de indagación se posicionan como un ambiente de enseñanza en el cual abundan las oportunidades para que los alumnos reciban retroalimentación del docente a cargo y de sus propios compañeros (Hofstein, 2005) para que, a través de actividades que reflejan el quehacer científico, como son el planteamiento de hipótesis, el desarrollo de explicaciones, la elaboración de propuestas de mejora y la evaluación de

evidencias experimentales con argumentos racionales (Kelly, 2007), los alumnos desarrollen habilidades consideradas de alta demanda cognitiva que, en consecuencia, los sitúa en vías de una mejor comprensión de los conceptos que están utilizando pues se sustentan en habilidades que fomentan el meta-aprendizaje.

La enseñanza basada en actividades de indagación representa un gran desafío no sólo para los alumnos, también para los docentes (Mohring, 2007), pues con frecuencia se encuentran testimonios de docentes que afirman no contar con el tiempo o la capacidad necesarios para implementar exitosamente este estilo de enseñanza (Hofstein, 2004). Es necesario considerar la enseñanza basada en actividades de indagación como un largo y continuo sendero de desarrollo profesional en términos de contenido teórico que deberá ser transmitido, así como de conocimiento pedagógico para implementarla de manera exitosa.

2.2 La Enseñanza de la Reacción Química

La propuesta experimental para una clase de laboratorio basada en actividades de indagación que se presenta en este trabajo se desarrolla a partir de uno de los conceptos fundamentales para todas las carreras que se fundamentan en la Química: la reacción química; sin embargo, se trata de un concepto que, con frecuencia, representa una enorme dificultad para ser explicado por los alumnos (Yan, 2015).

Fan Yan (2015) considera que esta dificultad se debe a que es necesario que los alumnos comprendan una amplia variedad de conceptos, de diversa naturaleza, para que sean capaces de describir, explicar y predecir reacciones químicas.

En este sentido, Jenine Maeyer (2013) asegura que la dificultad para explicar y predecir el comportamiento de las sustancias, se debe al enorme desafío que representa, para los alumnos, identificar y comprender la relación entre las propiedades macroscópicas de las sustancias con que trabajan y su composición o estructura a nivel submicroscópico

Adicionalmente, Emilio Balocchi (2005) asegura que uno de los elementos que obstaculiza el aprendizaje de este tema de manera más significativa es el de las concepciones alternativas. Por ello, resulta pertinente que los docentes las conozcan; a fin de realizar explicaciones que resulten comprensibles para sus alumnos.

Las concepciones alternativas son explicaciones construidas por los alumnos a fin de dar sentido a los fenómenos naturales que experimentan de manera cotidiana. Estas explicaciones intuitivas no guardan concordancia con aquellas explicaciones aceptadas por la comunidad científica (Balocchi, 2005).

Las explicaciones alternativas que un alumno construye guardan coherencia entre sí, provocando que éstas estén profundamente arraigadas en su mente y dificultando enormemente el proceso de identificación y eliminación (Balocchi, 2005). Esto conlleva a que algunos alumnos elijan desestimar aquellas evidencias que contradigan las teorías que han desarrollado, entorpeciendo el proceso de incorporación de nueva información (Mulford, 2002). El fenómeno es tan frecuente que se presenta también en alumnos de cursos avanzados o, incluso, en profesores (Carrascosa, 2005).

Chandrasegaran (2011) coincide con Balocchi al argumentar que, en parte, las concepciones alternativas se presentan al estudiar la reacción química porque su aprendizaje requiere que los alumnos construyan explicaciones en tres niveles distintos de representación. En primer lugar, de orden macroscópico (apelando a las propiedades observables de la materia), de segundo término, en orden submicroscópico (utilizando conceptos como "átomo", "ion" o "molécula") y, finalmente, de orden simbólico (que utiliza las fórmulas y ecuaciones químicas). Los conceptos que intervienen en cada uno de los tres niveles se complementan para formular explicaciones para las reacciones químicas. Solicitar a los alumnos que transiten de un nivel de representación a otro supone para ellos una enorme dificultad que, con frecuencia, pasa inadvertida para el docente (Chandrasegaran, 2011).

Balocchi y su equipo de investigadores presentan algunas de las concepciones alternativas presentes con mayor frecuencia entre un grupo de alumnos entrevistados. Dichas concepciones alternativas se presentan en la siguiente figura.

Concepción Alternativa	Descripción
Animismo	Los alumnos atribuyen a las sustancias capacidades humanas como el amor o el odio, es decir, consideran que las sustancias reaccionan porque desean estar juntas, o bien, porque algunas son más violentas que otras.
Desaparición	Parte de la certeza de que alguna de las sustancias desaparece durante el proceso.
Desplazamiento	Consiste en asegurar que alguna de las sustancias aparece o desaparece porque ha sido desplazada por otra.
Modificación	Se presenta cuando los alumnos sostienen que alguna de las sustancias mantiene su identidad, incluso cuando sus propiedades han cambiado.
Transmutación	Se fundamenta en dar por ciertas algunas transformaciones que no son permitidas: la conversión de materia en energía (y viceversa), o bien, la transmutación de una sustancia.

Figura 2.8 Enlista y describe las principales concepciones alternativas.

Alertar a los docentes respecto a las concepciones alternativas más frecuentes en sus alumnos les permite acercarse a estrategias de enseñanza capaces de contribuir al proceso de cambio conceptual (Balocchi, 2005). Así, Balocchi afirma que la enseñanza de las reacciones químicas debe enfocarse en describir aquello que sucede, durante el proceso de la formación de nuevas sustancias, a partir de las sustancias que interaccionan en el sistema estudiado.

Por su parte, Maeyer (2013) aprovecha los símbolos y iones que intervienen en la construcción de las ecuaciones químicas para ayudar a los alumnos a elaborar mejores descripciones de las reacciones que estudian. Pues considera que sintetizan la información que puede emplearse para explicar y predecir el comportamiento del sistema que están representando. Así, los alumnos deben identificar y considerar las diferentes propiedades de los distintos componentes que intervienen a fin de elaborar predicciones y explicaciones.

Siguiendo la línea de Maeyer, Yan (2015) sostiene que los alumnos que se involucran en actividades de indagación (como distinguir y contrastar relaciones clave al analizar sus resultados, o generar argumentos a partir de las evidencias experimentales) se ven beneficiados al momento de construir explicaciones para las reacciones que estudian, pues éstas son evaluadas a partir de diferentes modelos conceptuales.

Estas estrategias, señaladas por los expertos como adecuadas para promover la adquisición de metaprendizaje y desarrollar las habilidades de pensamiento científico, son las que se implementaron en el desarrollo de la propuesta experimental para abordar el tema de reacción química. Los términos en que se desarrollaron dichas estrategias se abordan a detalle en el siguiente capítulo.

III. Metodología de Trabajo

El presente trabajo se centra en la elaboración de una propuesta experimental para alumnos que cursan el primer semestre en la Facultad de Química. Persigue el objetivo de evaluar la manera en que una práctica de laboratorio, diseñada a partir actividades de indagación, promueve en el alumno el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y la adquisición de meta-aprendizaje.

El proyecto se desarrolló en la Facultad de Química de la UNAM durante el Semestre 2016-1, que tuvo lugar entre los meses de Agosto y Diciembre de 2015. Presenta y analiza el trabajo que 19 alumnos de Laboratorio de Química General I realizaron para la última práctica del curso. Dicho curso tiene una duración de 16 semanas, está compuesto por 2 sesiones semanales, cada una de 120 minutos de duración. Para un mejor desarrollo de la clase y en consideración de las restricciones propias que representan el espacio y material disponible en el laboratorio, se pidió a los alumnos que formaran equipos de trabajo de 2 o 3 integrantes.

Como ya se ha dicho, la propuesta experimental que se presenta en este trabajo, fue la última que los alumnos realizaron ese semestre. Es decir, llegado el momento de llevarla a cabo, los alumnos ya habían realizado cuatro prácticas de laboratorio basadas en actividades de indagación; de manera que estaban familiarizados con la elaboración de preguntas que cumplieran con las características señaladas, así como con el proceso de diseño de un procedimiento experimental y con la manera en que debían presentar sus resultados y conclusiones para ser evaluados.

La propuesta experimental elaborada se centra en el estudio del tema de reacción química, contenido en el temario de la materia. Se desarrolla a partir de tres situaciones problemáticas (que pueden ser consultadas en el Apéndice B) que los alumnos debían resolver mediante la elaboración de hipótesis comprobables a

través de un diseño experimental que ellos mismos propusieran. Dichas situaciones problemáticas son:

- Utilizar las sustancias disponibles en el laboratorio para proponer, al menos, una reacción de cada tipo de reportado en la investigación previa. Naturalmente, cada equipo de trabajo deberá llevar a cabo las reacciones que proponga.
- Diseñar un procedimiento experimental, que involucre reacciones químicas, para identificar una sustancia desconocida de entre tres posibilidades.
- Investigar un procedimiento experimental para sintetizar uno de los polímeros propuestos. Valorar el producto obtenido respecto al producto esperado y elaborar recomendaciones para mejorar el procedimiento de síntesis, para lograr que las características del producto obtenido guarden mayor similitud con las características reportadas para el producto sintetizado; o bien, para incrementar la eficiencia del proceso de síntesis utilizado.

Para su ejecución se destinaron las últimas dos semanas del curso, de manera que los alumnos contaron con cuatro sesiones para enunciar la pregunta de indagación, diseñar un procedimiento experimental, ejecutarlo y recopilar las evidencias experimentales que respondieran a su pregunta de indagación. Es pertinente señalar que, en la sesión inmediata anterior al inicio de la implementación de la propuesta experimental, se entregó a los alumnos, a manera de investigación previa, una serie de conceptos que debían conocer al momento de comenzar su trabajo. Dichos conceptos pueden ser consultados en el Apéndice A.

A continuación, se presentan, condensadas en una imagen, las actividades realizadas por los alumnos en cada una de las sesiones experimentales correspondientes a este trabajo.

Sesión Experimental	Actividades Realizadas
1	Elaboración de la pregunta de indagación
	Diseño del procedimiento experimental
2	Diseño del procedimiento experimental
	Desarrollo de predicciones experimentales
3	Ejecución del diseño experimental
4	Recopilación de resultados
	Evaluación

Figura 3.1 Relación de las actividades realizadas por los alumnos en cada una de las sesiones experimentales correspondientes a la práctica de reacción química.

La primera sesión experimental se destinó a que los alumnos conocieran las tres situaciones problemáticas (disponibles para ser consultadas en el Apéndice B) para las que debían hallar una respuesta. Luego de analizarlas y comprender qué era lo que cada una de ellas requería para ser resuelta, se pidió a los alumnos que elaboraran su pregunta de indagación. Si bien los alumnos ya estaban familiarizados con las características que debían presentar la preguntas que darían sustento a las investigaciones que pretendían conducir, sus propuestas no estaban exentas de errores; de manera que fue necesario revisar detenidamente sus preguntas, a fin de identificar aquellas que no cumplieran con los criterios señalados en el capítulo anterior.

A los equipos que consiguieron enunciar una pregunta, tal que se pudiera desprender de ella una investigación, se les pidió que comenzaran con el diseño de un procedimiento experimental.

Al comenzar la segunda sesión, todos los equipos habían enunciado una pregunta a partir de la cual fuera posible conducir una investigación. Así, los alumnos se dedicaron a diseñar un procedimiento experimental a través del cual pudieran dar respuesta a su pregunta.

En esta sesión se pidió a los alumnos que desarrollaran predicciones respecto a aquello que esperaban observar al ejecutar cada uno de los pasos

contenidos en su diseño experimental. Así, los alumnos debían generar descripciones de orden macroscópico respecto a aquello que esperaban que ocurrieran al conducir cada una de las reacciones que propusieron. Esta petición obedece a la intención de conocer cuáles eran las ideas y razones de los alumnos para realizar cada paso del procedimiento que propusieron. De esta manera, los alumnos debían concentrarse en aquellas ideas comprobables en términos de las sustancias y equipos a su disposición en el laboratorio, facilitando así el proceso de diseño del procedimiento experimental.

La creación del procedimiento experimental tampoco estuvo exenta de errores, de manera que el docente a cargo tuvo que asegurarse de que las reacciones que los alumnos propusieron no fueran peligrosas ni representaran un riesgo para el desarrollo de la clase, o bien, que las sustancias y equipos que pretendían utilizar, efectivamente, estuvieran disponibles en el laboratorio. Cuando estas condiciones no se cumplieron, se solicitó a los alumnos que propusieran una reacción alternativa.

La tercera sesión consistió en que los alumnos llevaran a cabo el diseño experimental que propusieron. Se pidió a los alumnos que realizaran registros exhaustivamente detallados de aquello que observaron, por ejemplo, destacando el aspecto que presentaba el sistema en donde desarrollaron el experimento antes de agregarle una u otra sustancia, o qué ocurría cuando las sustancias involucradas interaccionaban, o describiendo cuál era el estado final del sistema. Se les pidió también que compararan estos registros de aquello que, efectivamente, observaron con las predicciones que habían desarrollado la sesión anterior.

En la última sesión fue necesario destinar parte del tiempo a que algunos equipos compararan los registros hechos en la sesión anterior con las predicciones propuestas en la segunda sesión, pues a partir de estas evidencias experimentales debían construir sus explicaciones y conclusiones. La parte final de esta sesión se destinó a que los alumnos respondieran un cuestionario

orientado a identificar si, efectivamente, existió desarrollo de las habilidades de pensamiento científico y adquisición de meta-aprendizaje. El cuestionario utilizado puede ser consultado en el Apéndice D.

La cuarta sesión de la propuesta experimental se desarrolló durante la última clase del curso, anulando así la posibilidad de destinar una nueva sesión a que los alumnos expusieran sus resultados y conclusiones. Esta situación no eximió a los alumnos de reportar sus respuestas, explicaciones y conclusiones en la estructura provista por el diagrama heurístico que se encuentra disponible en el Apéndice C.

En el siguiente capítulo se presentan los resultados del trabajo realizado por los alumnos: las preguntas que enunciaron para conducir una investigación, los procedimientos experimentales que propusieron para dar respuesta a esas preguntas, sus predicciones y observaciones experimentales, así como sus hallazgos y las explicaciones que construyeron para dar respuesta a su pregunta de indagación.

Los elementos del trabajo elaborado por los alumnos, que se presentan en el próximo capítulo, fueron recopilados a partir de los diagramas heurísticos que ellos mismos elaboraron a manera de reporte para esta investigación. Se les solicitó que estos reportes fueran elaborados en formato digital; de ahí que el formato, los colores utilizados, o la distribución espacial de un diagrama presente diferencias respecto al resto. Esta característica puede distinguirse con claridad en el apartado referente a los procedimientos experimentales

IV. Presentación y Análisis de Resultados.

En este capítulo se presenta el trabajo realizado por los 19 alumnos de primer semestre que cursaban Laboratorio de Química General I al momento de la elaboración de este proyecto. Los resultados que se presentan y analizan en este capítulo no consideran aquello que los alumnos reportaron en el apartado concerniente a la investigación previa (disponible en el Apéndice A), toda vez que estos conceptos, que debían investigar, constituyen, más bien, parte del entorno intelectual con que cada alumno ingresa a la clase y no, propiamente, el resultado de su intervención en una clase de laboratorio basada en actividades de indagación.

Así, se considera oportuno comenzar la presentación de los resultados con las preguntas que cada grupo de alumnos enunció para dar sustento a la investigación que desarrollaron para la práctica de reacción química. Las preguntas que los equipos de alumnos propusieron se muestran en la siguiente figura.

En este momento resulta conveniente hacer un comentario al lector respecto a las figuras que encontrará en este capítulo. En ellas, están contenidas las afirmaciones y comentarios que los alumnos consideraron pertinente rescatar, toda vez que éstas constituyen las evidencias del desarrollo experimental que plantearon para la clase. También recopilan las respuestas que los alumnos redactaron para resolver un cuestionario final, destinado a conocer el grado en que se desarrolló en ellos la habilidad del auto-monitoreo del propio conocimiento.

Todas estas informaciones se presentan tal y como fueron redactadas por los alumnos, de manera que, con frecuencia, es posible identificar errores en sus enunciados. Muchos de estos errores se presentan al momento emplear los símbolos que se utilizan para describir las ecuaciones químicas. Esto obedece a que los alumnos no han desarrollado por completo la habilidad de utilizar correctamente estos símbolos.

La única alteración que sufrieron los enunciados propuestos por los alumnos fue la adición de tildes y mayúsculas en aquellas palabras que lo ameritaban. La decisión de presentar las explicaciones y respuestas de los alumnos tal cual fueron reportadas obedece a la intención de lograr que el lector se involucre en mayor medida con este trabajo; identificando a los equipos que consiguen desarrollar adecuadamente las habilidades que les permiten expresarse con propiedad y detectando aquellos que presentan errores a lo largo de la actividad.

Finalmente, se informa al lector que cada una de las tablas que se presentan en este capítulo va acompañada de un comentario que explica brevemente su contenido. En él, se resaltan aquellas aportaciones que ejemplifican cabalmente el resultado deseado para la actividad, así como aquellas contribuciones que no lo cumplen. De esta manera, se proporciona al lector de dos ejemplos; el primero, destaca el trabajo de uno de los equipos que ha logrado ejecutar correctamente la actividad, al tiempo que el segundo muestra los errores cometidos por otro equipo.

4.1 Preguntas

Si bien el establecimiento de una pregunta de investigación, originada a partir de la observación de un fenómeno o el enfrentamiento con un problema, constituye el primer paso de este estilo de trabajo, dista de ser la habilidad que se desarrolle con mayor facilidad en los alumnos que participan en una clase de laboratorio basada en actividades de indagación. Pues como Hofstein (2004) señala, ésta no es una habilidad que surja de manera espontánea en los alumnos; por el contrario, los alumnos que demuestran una mayor habilidad para proponer preguntas a partir de las cuales se pueda desprender una investigación son aquellos que tuvieron frecuentes oportunidades de plantear este tipo de preguntas (Hofstein, 2005). En ese sentido, seguramente las 4 anteriores prácticas de laboratorio, en que se pidió a los alumnos que desarrollaran preguntas de investigación, no constituyen un antecedente suficiente para desarrollar por

completo esta habilidad, pues muchas de las preguntas que se presentan en la Figura 3.1 no cumplen con todas las características descritas en el primer capítulo.

Equipo	Pregunta(s)
1	¿Qué desarrollo(s) experimental(es) se puede(n) realizar para obtener evidencia macroscópica acerca de los distintos tipos de reacción química?
	¿Qué desarrollo experimental me permitirá identificar una sustancia de tres posibles usando la información de los tipos de reacción que existen?
2	¿Qué procedimiento experimental será el adecuado para comprender las reacciones químicas así como la síntesis de un polímero?
3	Planteadas algunas reacciones químicas, ¿de qué manera podemos determinar que efectivamente se llevaron a cabo?
	De las 3 diferentes sustancias (CuSO_4 , CaCl_2 , Ba(OH)_2) ¿Qué método experimental nos permitirá determinar mediante reacciones químicas cuál de estas es la que tenemos en nuestra muestra problema?
	¿Cuál sería el diseño experimental a seguir para sintetizar fenol-formaldehído en el laboratorio?
4	¿Qué reacciones químicas se pueden realizar para observar una reacción de: neutralización, ácido-base, descomposición, doble desplazamiento, óxido-reducción y síntesis?
	¿Qué evidencias macroscópicas se esperan notar para asegurar que hubo una reacción química?
	¿Qué reacciones químicas se pueden realizar para identificar la sustancia que se proporcionó? ¿Qué sustancia se tiene?
5	¿Cuál será el procedimiento experimental más apropiado para poder demostrar los principales tipos de reacción química (síntesis, sustitución simple, doble sustitución, ácido-base y redox)?
6	¿Qué método experimental nos permitirá detectar cuándo sucede una reacción?
	¿De qué manera podemos encontrar la sustancia problema por medio de reacciones químicas?
7	¿Qué método experimental se puede emplear para observar las diferencias producidas en cada reacción?
	¿Qué ocurre con cada reacción? ¿Cómo son los productos?
	¿Qué es lo que hace que cada reacción sea de diferente tipo?
8	¿Cómo podemos identificar una sustancia a través de reacciones químicas?
9	¿Cómo espero que las predicciones de mi reacción se cumplan?
	¿Qué tipo de reacciones son? (De acuerdo con la clasificación de reacciones químicas según los reactivos).
	¿Hay diferentes maneras de poder explicar una reacción al principio y al final de ésta?

Figura 4.1 Preguntas elaboradas por los equipos de trabajo de los alumnos a partir de las cuales elaboraron sus investigaciones.

Esto no quiere decir que las preguntas generadas no sirvieran para sustentar investigaciones en la clase de laboratorio, pues si bien algunas de las preguntas presentadas en la tabla anterior no cumplen con cada uno de los requisitos descritos con anterioridad, hay algunas otras que se aproximan

bastante. En ese sentido, es imprescindible reparar en las preguntas elaboradas por el equipo 3, toda vez que estas preguntas pueden ser catalogadas como preguntas bien estructuradas, pues explicitan el contexto en que se desarrollarán las investigaciones al enunciar las sustancias que intervendrán en sus desarrollos experimentales. El caso contrario ocurre con la propuesta originada en el equipo 8, que si bien refleja que e los integrantes del equipo han comprendido la tarea que les fue asignada, no profundiza en cuanto a la manera que proponen para completarla.

La disparidad en el grado de desarrollo de la habilidad de los alumnos para plantear preguntas obedece a diversos factores, entre ellos: los antecedentes académicos de cada alumno, o el grado de involucramiento con la actividad que el alumno experimentó, o bien, el grado de comprensión de los contenidos teóricos que cada alumno presentó.

Más allá del grado de desarrollo que cada alumno en particular alcanzó en esta habilidad, se debe resaltar el hecho de que todas las preguntas que propusieron para esta práctica presentan, al menos, alguna de las características señaladas en el capítulo uno. Ningún equipo de trabajo formuló preguntas que pudieran ser respondidas con “sí” o “no”, tampoco propusieron preguntas cuya respuesta pudiera ser consultada en una única fuente. El hecho de que todos los equipos de trabajo hayan sido capaces de formular preguntas que no puedan ser catalogadas como “cerradas” (es decir, que den lugar a respuestas de “sí” o “no” o bien, de una sola palabra) es alentador, pues permite suponer que, de continuar involucrándose en este tipo de actividades, continuarán desarrollando, también, su capacidad de plantear más y mejores preguntas de indagación.

Probablemente, la dificultad que experimentaron los alumnos para plantear preguntas de indagación resida en la naturaleza abstracta de la actividad en sí. Pues es difícil conceptualizar una única frase a partir de la cual puedan desprenderse todas las actividades que habrán de realizarse a lo largo de la investigación. La situación opuesta se presenta cuando se encomienda a los

alumnos la elaboración de un procedimiento experimental, pues ahí es, efectivamente, posible realizar descripciones extensas y detalladas.

4.2 Predicciones

Se solicitó a los alumnos que dichas descripciones fueran elaboradas a manera de predicciones de aquello que esperaban observar en cada reacción química propuesta para el procedimiento experimental que ellos mismos diseñaron. Las predicciones, que se presentan en la siguiente serie de figuras, corresponden a las reacciones que los alumnos propusieron para la primera parte de la propuesta experimental.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
1	$\text{CuCO}_3(s) \xrightarrow{\Delta} \text{CuO}(s) + \text{CO}_2(g)$	Al calentar el CuCO_3 , este iba a reaccionar con el oxígeno presente en el aire y con esto cambiaría en algo físicamente. Conforme fuera cambiando, también pensamos que se iba a poder observar u oler el CO_2 , que se supone se libera en forma de gas
	$4\text{Na}(s) + \text{O}_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{O}$	Al calentar el elemento, éste pasaría de ser un pedazo de material sólido a una pequeña gota del mismo material. Al ponerlo en agua para medir su acidez, ésta será de color azul, por lo tanto será una base.
	$2\text{HCl}(ac) + \text{Zn}(s) \rightarrow \text{ZnCl}_2(ac) + \text{H}_2(g) \uparrow$	Liberación de Hidrógeno gaseoso y calentamiento en el tubo de ensayo debido a que la reacción es de tipo exotérmica.
	$\text{NaOH}(ac) + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4(s) + \text{Cu}(\text{OH})_2$	Que se formara una sustancia disociada y otra precipitada debido a que uno de los productos era insoluble.

Figura 4.2.1 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 1 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 1 hace referencia adecuada de la evidencia macroscópica que espera hallar al conducir las reacciones que proponen, así lo demuestran al afirmar que se formará un precipitado, o que experimentarán un aumento en la temperatura del sistema al sujetar el tubo de ensayo. También aciertan al proponer la utilización de un indicador como método de comprobación de que la reacción propuesta habrá concluido. Sin embargo, denotan un conocimiento limitado de los productos de una de sus reacciones al afirmar que esperan “observar u oler” el CO_2 gaseoso que se forma. En esa misma reacción, no especifican a profundidad la manera en que esperan que modifique su aspecto el CuCO_3 al comenzar la reacción.

Adicionalmente, dan indicios de presentar la concepción alternativa de modificación en la reacción del sodio metálico, pues afirman que la gota que obtendrán será “del mismo material”.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
2	$2HCl(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	Se observará una reacción de desplazamiento simple. Al mezclar un ácido fuerte con el zinc, se sustituyen por zinc los hidrógenos del ácido, y se libera hidrogeno gaseoso.
	$S_8(s) + SO_2(g) \rightarrow 8SO_2(g)$ $SO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_3$	Se observará una reacción de combustión, debido a que en la reacción se combinará el oxígeno y se liberará energía térmica y luminosa. También se podrá observar una reacción de síntesis. Al momento de estar calentando el azufre en la cucharilla de combustión, se empezará a liberar un gas (SO ₂); Se observará una reacción de óxido- reducción, debido a que algún elemento aumenta su número de oxidación y algún otro disminuye su número de oxidación.
	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow H_2O(l) + NaCl(ac)$	Sucedará una reacción de neutralización, debido a que la reacción está siendo efectuada por un ácido y una base, como resultado se obtendrá sal y agua. Se podrá comprobar que es neutro por medio de un indicador de pH o un indicador universal.
	$AgNO_3(ac) + NaCl(ac) \rightarrow HNO_3(ac) + AgCl(s)$	Sucedará una reacción de precipitación, debido a que el resultado será un precipitado (sólido), el cual se va a ir al fondo del tubo de ensayo. También puede verse una reacción de doble sustitución, este tipo de reacciones se hacen evidentes por la formación de una sal insoluble o precipitado

Figura 4.2.2 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 2 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

Algunas de las predicciones hechas por el equipo 2 se alejan del objetivo de la actividad, toda vez que no describen, en términos de fenómenos de orden macroscópico, lo que esperan observar en el sistema de estudio. Pues no es posible observar cómo uno de los elementos involucrados incrementa su número de oxidación, al tiempo que otro lo reduce. Tampoco es posible, como ellos aseguran, observar cómo "los hidrógenos del ácido" son sustituidos por zinc; adicionalmente, esta afirmación es una clara muestra de la presencia de la concepción alternativa del tipo de *Desplazamiento* entre los miembros del equipo de trabajo.

Por otro lado, aciertan al señalar la formación de un precipitado como evidencia de orden macroscópica, o bien, precisar que harán uso de un indicador para poder detectar un cambio de color en el sistema que analizan.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
3	$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$	<p>Con esta reacción esperamos ver una neutralización, para la cual agregaremos 1 ml de NaOH 0.1 M en un tubo de ensayo con una gota de fenofaleína. Posteriormente agregaremos 1 ml de HCl 0.1 M La fenofaleina es indicador de pH, que en presencia de bases se torna de color rosado y que tras una neutralización se torna incoloro, lo cual nos ayudará a presenciar que efectivamente se llevará a cabo la reacción.</p>
	$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$	<p>Sabemos que el zinc es un sólido de color gris, mientras que el HCl está en estado acuoso y es incoloro. Y esperamos que los productos de esta reacción sean incoloros y que se observe un desprendimiento de un gas que tras realizar el planteamiento de esta reacción podríamos deducir que es H₂.</p>
	$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$	<p>Esperamos observar que efectivamente el Na reacciona de manera violenta con el agua, y que, además, al efectuarse la reacción se formará una base (NaOH). Para identificar que efectivamente se obtuvieron los productos esperados agregaremos unas gotas de indicador universal, el cual nos indicará que si nuestro producto es una base será de color azul.</p>
	$CuSO_4 + NH_4OH \rightarrow Cu(OH)_2 + [Cu(NH_3)_4]SO_4 + H_2O$	<p>Sabemos que el CuSO₄ es de color azul, mientras que el NH₄OH es incoloro. Al tener el sulfato de cobre disuelto el agua agregaremos gota a gota el hidróxido de amonio y observaremos que en la parte inferior del tubo de ensayo habrá un precipitado de color azul claro que seguramente será el Cu(OH)₂, ya que éste es insoluble en agua. Mientras</p>

		que en la parte superior del tubo, observaremos que una sustancia en estado acuoso de color azul intenso, el cual será el compuesto de coordinación.
--	--	--

Figura 4.2.3 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 3 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 3 realiza descripciones de las propiedades organolépticas de los reactivos que seleccionaron, así como de los productos que esperan obtener. Este tipo de descripciones apelan al aspecto de las sustancias, así que son muestra del desarrollo de la habilidad de describir un sistema en términos de sus características de orden macroscópico. También aciertan al señalar que harán uso de un indicador para evidenciar, cualitativamente, el pH del sistema que analizan. Sin embargo, dejan entrever que poseen la concepción alternativa del *Animismo*, pues señalan que el sodio reacciona de manera violenta al entrar en contacto con el agua.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
4	$CuCO_3(s) \rightarrow CuO(s) + CO_2(g) \uparrow$	Se efectuará una reacción de descomposición y se observa un cambio de color en la sustancia. (En las reacciones de descomposición una sustancia se separa en 2 o más sustancias simples)
	$2HCl(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	En una reacción de desplazamiento simple un elemento reemplaza a otro en un compuesto. El zinc que se encuentra en estado elemental (le corresponde un número de oxidación 0), termina combinado con dos cloruros, se propone que el zinc adquirió dos cargas positivas, mediante la pérdida de electrones haciendo que su estado de oxidación pasara de 0 a +2. El elemento que se oxida, y cuyo número de oxidación aumenta, pierde electrones.
	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O(l)$	Si se agrega HCl a NaOH y estos están en la misma proporción, al tener nuestro producto final en disolución acuosa, el pH de la disolución tendrá que ser neutro. (La

		reacción de un ácido con una base, produce agua, los ácidos y las bases se neutralizan; se obtiene una sal y también agua, existe una transferencia de protones. La base será la que acepte un protón y el ácido el que dona un protón.)
--	--	--

Figura 4.2.4 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 4 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 4 apela a fenómenos que no pueden ser observados ni medidos en el contexto en que se desarrolló la clase, pues señalen el intercambio de electrones o protones, como elemento significativo para describir el estado final del sistema que estudian. Sin embargo, aciertan al identificar el cambio de color en la sustancia con que trabajaron como un elemento significativo, pues éste, efectivamente, constituye evidencia de orden macroscópico que denota que ha ocurrido un cambio químico.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
5	$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$	Se espera observar un reacción muy exotérmica, es decir, va a liberar mucha energía, observaremos que el sodio "se consume" al momento de reaccionar con el agua, el sodio reduce y desplaza el hidrógeno para formar hidróxido de sodio y se desprende hidrógeno molecular
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)(calor) \rightarrow CuSO_4(s) + 5H_2O$	Lo que se espera que pase es que al calentar el $CuSO_4$, empiece a cambiar de un color azul a un color blanco, además de que cuando empiece a cambiar de color va a desprender agua

	$\text{NaOH}(ac) + \text{HCl}(ac) \rightarrow \text{NaCl}(ac) + \text{H}_2\text{O}$	<p>Podemos observar una reacción exotérmica (libera energía) pues lo que pasa es que al tener tanto el Hidrógeno como el Cloro (en el caso del HCl) así como el Sodio, el Oxígeno y el Hidrógeno (en el caso de la Sosa) se encuentran disociados en el agua, es decir, los iones de estos elementos se encuentran libres en medio acuoso</p>
--	---	---

Figura 4.2.5 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 5 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 5 acierta al apelar al cambio de color en el sistema que estudian para saber que ha acontecido un cambio químico. Sin embargo, demuestran indicios de presentar la concepción alternativa de *Desaparición* al afirmar que esperan ver como el sodio “se consume” en la reacción que propusieron. En esa misma reacción, aseguran que el sodio “se consume y desplaza al hidrógeno”; denotando que también presentan la concepción alternativa de *Desplazamiento*, al tiempo que no logran establecer una clara separación entre los fenómenos de orden macroscópico y los de orden submicroscópico.

Equip	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
6	$4Na + O_2 \rightarrow 2Na_2O$	El sodio cambiará de color cuando lo pongamos a la flama del mechero, así sabremos que hay reacción
	$2NaOH + 2HCl \rightarrow 2NaCl + 2H_2O$	Colocaremos indicador universal en la sosa, pintará azul, ya que ésta es una base y al agregar ácido esperamos que se vuelva un color amarillo o verde.
	$CuCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + CuO(s)$	Creemos que habrá un cambio de color como con el sodio en la primera reacción, ya que también hay que agregarle calor.
	$CuSO_4(ac) + NaOH(ac) \rightarrow Na_2SO_4(ac) + Cu(OH)_2(s)$	Esperamos ver que un sólido quede en el fondo del recipiente
	$Zn(s) + 2HCl(ac) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	Esperamos ver desprendimiento de un gas.

Figura 4.2.6 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 6 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 6 acierta al realizar predicciones que se fundamentan en fenómenos de orden macroscópico, como el cambio de color en el sistema de estudio, o la formación de un precipitado. Adicionalmente, mencionan el material (mechero) o sustancias (indicador universal) de los que harán uso para conducir las reacciones que propusieron.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
7	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O(l)$	Al colocar a ambas sustancias en proporciones y concentraciones iguales se neutralizará la reacción, ya que una sustancia es ácida y la otra básica. No se espera ver cambios físicos, los productos serán incoloros como los reactantes, y para comprobar que se ha neutralizado se agregará indicador universal

	$\text{CuSO}_4(ac) + \text{Zn}(s) \rightarrow \text{ZnSO}_4(ac) + \text{Cu}(s)$	<p>Se colocará CuSO_4 en un vaso de precipitados, y a continuación se añadirá Zinc, se colocan en este orden porque Cu es menos activo que el Zn. Al poner en contacto ambas sustancias se espera ver un cambio de color, porque ambas sustancias son de colores distintos</p>
	$\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$	<p>Se colocará el CaCO_3 en un vaso de precipitados, con ayuda de un mechero Bunsen se agregará calor a la sustancia para producir dos sustancias, una en estado sólido y la otra en estado gaseoso. Se espera ver un cambio en el volumen de la sustancia sólida ya que parte del reactante producirá una sustancia gaseosa.</p>
	$2\text{HCl}(ac) + \text{Zn}(s) \rightarrow \text{ZnCl}_2(ac) + \text{H}_2(g)$	<p>En un vaso de precipitados se colocará primero el HCl y después el Zn porque el Zn es más activo que el hidrógeno. En esta reacción se espera un cambio de temperatura y un cambio de volumen porque parte del producto se liberará como gas.</p>

Figura 4.2.7 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 7 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 7 presenta elementos valiosos en sus predicciones, pues describen adecuadamente el aspecto (color o estado de agregación) de los productos que esperan obtener. También aciertan al incluir consideraciones cualitativas respecto a la temperatura y el volumen final del sistema que estudian. Sin embargo, demuestran poseer la concepción alternativa de *Animismo* al justificar el orden de adición de las sustancias involucradas según su grado de “actividad”.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
8	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O(l)$	<p>Cuando agreguemos la segunda sustancia a la primera, que ya tiene el indicador, empezaremos a notar como va cambiando de color conforme cae la segunda sustancia. Un caso sería que la primera sustancia sea el ácido clorhídrico con indicador; ésta mezcla sería de un tono rojo, y mientras vayamos agregando el hidróxido de Sodio éste tomará un tono verde cuando toque la mezcla con el indicador.</p>
	$Zn(s) + 2HCl(ac) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	<p>Cuando agreguemos el ácido clorhídrico al zinc, reaccionarán provocando que se desprenda un gas, el cual será hidrógeno en estado gaseoso, lo cual será comprobado acercando fuego, lo cual emitirá una pequeñísima explosión.</p>
	$2H_2O_2(ac) \xrightarrow{catalasa} 2H_2O(l) + O_2(g)$	<p>Al estar en contacto la sangre con el agua oxigenada empezará a formarse espuma, ya que se está descomponiendo el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno gaseoso.</p>
	$Cu_2SO_4(s) + 2NH_4OH(ac) \rightarrow 2CuOH(s) + (NH_4)_2SO_4$	<p>Conforme vayamos agregando el hidróxido de amonio al $CuSO_4$ disuelto, éste comenzará a cambiar el tono de azul de la disolución, y después de un tiempo se irá asentando un sólido.</p>
	$8Zn(s) + S_8(s) \xrightarrow{\Delta} 8ZnS(s)$	<p>Cuando estos elementos reaccionen se verán unos destellos blancos.</p>

Figura 4.2.8 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 8 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

El equipo 8 logró construir predicciones en términos de fenómenos de orden macroscópico para las reacciones que propusieron. Así, apelan al cambio de color (mediante la intervención de un indicador) en el sistema, o bien, mencionan la formación de espuma o de un precipitado.

Equipo	Reacción Propuesta	Evidencias Esperadas
9	$\text{Zn}(s) + \text{CuSO}_4(ac) \rightarrow \text{ZnSO}_4(ac) + \text{Cu}(s)$	<p>Se pretende que en esta reacción haya el desplazamiento del metal (Zn) por el otro metal que se encuentra en una sal (CuSO₄) porque de acuerdo está sería el Zinc es más reactivo que el cobre. Se sabe que el compuesto CuSO₄ es soluble en agua. Al perder e- el Zinc, el cobre los gana por lo tanto el Zinc de pasar a un compuesto sólido “pasara” a tomar el lugar del cobre, ya que este al ganar e- se le formará un compuesto sólido. En este tipo de reacción química sea espera que el sulfato (SO₄⁻) cambie de color al interactuar con los e- del Zinc y el cobre queda precipitado.</p>
	$\text{CuCO}_3(s) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2(g) + \text{CuO}(s)$	<p>Sabemos que la solubilidad del CuCO₃ es nula en agua por lo que se le agregara calor para separar la interacción, por lo tanto se espera que de un sólido más calor pase a otro sólido y se libere gas.</p>

Figura 4.2.9 Predicciones experimentales que los integrantes del equipo 9 desarrollaron para cada una de las reacciones que plantearon.

Lejos de elaborar predicciones que se fundamenten en fenómenos de orden macroscópico, los integrantes del equipo 9 apelan a fenómenos que no pueden ser observados ni medidos en el contexto de la clase (como la ganancia o pérdida de electrones). Adicionalmente, dan muestras de poseer la concepción alternativa del *Animismo*, pues aseguran que “el Zinc es más reactivo que el Cobre” y que

esta característica es la que le permitirá concretar un “desplazamiento”, denotando, así, la presencia de otra concepción alternativa.

Incluso con estos errores, el equipo 9 fue capaz de describir el estado de agregación de los productos que esperaban obtener y de relacionar el cambio de color del sistema analizado con el fin de la reacción.

A pesar de que la premisa de la actividad era que los alumnos predijeran fenómenos que, efectivamente, pudieran observar en el laboratorio al llevar a cabo las reacciones que propusieron, algunos equipos realizaron predicciones de fenómenos que no pueden ser observados en el contexto en que se desarrolló la clase.

Una predicción que cumple con esta descripción es la que realizaron los integrantes del equipo 9 al asegurar que “Al perder e- el Zinc, el cobre los gana”. También el equipo 4 realizó, al menos, una predicción de este estilo; misma que se aprecia en la manera que proponen para distinguir entre la sustancia ácida y la básica en la reacción que realizaron: “La base será la que acepte un protón y el ácido el que dona un protón”. Finalmente, los integrantes del equipo 2 sostienen que el elemento que les permitirá asegurar que han presenciado la reacción que propusieron será que “algún elemento aumenta su número de oxidación y algún otro disminuye su número de oxidación”.

Las explicaciones de esta naturaleza pueden explicarse con las razones expuestas por Maeyer (2013), quien asegura que identificar y distinguir las propiedades macroscópicas de la materia y la relación que éstas guardan con la estructura, o composición, a nivel submicroscópico representa una enorme dificultad para los alumnos. En ese sentido, Chandrasegaran (2011) afirma que generar explicaciones alternando entre los distintos niveles de representación es una habilidad desarrollada por los docentes y expertos en el tema; los alumnos no cuentan con años de formación y entrenamiento que otorgan esta capacidad.

Una tendencia frecuente entre los diversos equipos, al redactar sus predicciones, es que lejos de describir fenómenos de orden macroscópico, algunos equipos prefieren clasificar el tipo de reacción que proponen. Así, por ejemplo, el equipo 2 asegura que observará una reacción de desplazamiento simple, o de síntesis, precipitación, neutralización, etc., según el caso. También el equipo 4 afirma que presenciara una reacción de descomposición. Esta preferencia por clasificar las reacciones, antes que por describir las evidencias macroscópicas que de ella se derivan, quizás obedezca al entorno académico en que los alumnos se desenvuelven. Pues, con frecuencia, entre los objetivos de los planes curriculares se encuentra desarrollar en los alumnos la capacidad de identificar el tipo de reacción con que se enfrentan. La intención de esta actividad no era desarrollar en los alumnos la habilidad de clasificar las reacciones que llevaron a cabo, pues, normalmente, este aspecto es abordado en la clase de teoría. Por el contrario, la actividad está diseñada para promover en los alumnos la capacidad de describir las evidencias de orden macroscópico que esperaban encontrar al llevar a cabo la reacción que propusieron y compararlas con el estado final que, efectivamente, presentó el sistema que estudiaron.

Como se mencionó anteriormente, las concepciones alternativas constituyen uno de los elementos que entorpece de manera importante el proceso de aprendizaje respecto a la reacción química. Por ello, se considera oportuno mencionar algunos casos en donde se detectaron, al menos una de las concepciones alternativas descritas, en las predicciones hechas por los alumnos.

Así, el equipo 7 aporta ejemplos clásicos de la concepción de Animismo al afirmar que “Cu es menos activo que Zn”, o bien, que “el Zn es más activo que el H”. Por su parte, el equipo 5 se adhiere a la concepción de *Desaparición* al asegurar que “el sodio “se consume”” el hecho de que el propio equipo entrecomillara el verbo es, quizás, un indicativo de la desconfianza o incertidumbre que esta afirmación les generaba.

Una de las concepciones alternativas detectadas con mayor frecuencia es la de *Desplazamiento*. Al menos 3 equipos elaboraron predicciones que coinciden con la descripción de esta explicación alterna. El equipo 2 afirma que “se sustituyen por zinc los hidrógenos del ácido”. Análogamente, el equipo 9 asegura que esperaba presenciar “el desplazamiento del metal (Zn) por el otro metal que se encuentra en una sal (CuSO_4)”. Finalmente, el equipo 5 sostiene que “el sodio se reduce y desplaza el hidrógeno”.

Existe discrepancia respecto a si se presentó, entre los diversos equipos, la concepción alternativa de *Transmutación*, pues fueron comunes las predicciones en las que se afirma que se esperaba presenciar “liberación o desprendimiento de gas” (equipo 1, equipo 2, equipo 3, equipo 6, equipo 8). Adicionalmente, el equipo 2 y el equipo 5 reportaron que esperaban contemplar la liberación de energía. No es posible afirmar que, efectivamente, se trata de una concepción alternativa, porque los alumnos no fueron interrogados respecto a sus motivos al redactar las predicciones, de manera que no se puede saber si el “desprendimiento de gas” o la “liberación de energía” hacen referencia a un producto de la reacción química; o bien, a un elemento que ya estaba contenido en los reactivos y que pudo escapar del sistema sólo cuando éstos entraron en contacto.

Mención aparte merece una concepción alternativa que no había surgido hasta ahora, pues no se construye alrededor del concepto de reacción química; sin embargo, se detectó en, al menos, tres grupos de trabajo (equipo 6, equipo 7, equipo 9), mismos que aseguraron que las reacciones que propusieron sólo pueden ser llevadas a cabo si se les “agregaba calor”.

No todas las predicciones elaboradas tuvieron errores. En realidad, muchas de ellas fueron elaboradas en los términos deseados, pues, efectivamente, describen manifestaciones de orden macroscópico de las reacciones químicas que los equipos plantearon. A continuación se presentan algunos ejemplos representativos:

Una de las evidencias macroscópicas a la que con mayor frecuencia apelaron los Equipos de trabajo, fue al cambio de color en el sistema analizado como señal inequívoca de que una transformación química se había completado. Tal es el caso del equipo 4, equipo 5, equipo 6, equipo 7 y equipo 8. Adicionalmente, los integrantes del equipo 2, equipo 3, equipo 6, equipo 7, y equipo 8; mencionan que harán uso de algún indicador para comprobar que la reacción que propusieron se logró.

El cambio de color en el sistema de estudio es un reflejo de la habilidad de los alumnos para diferenciar las características iniciales y finales del sistema que estudian. En esa misma línea de pensamiento, los integrantes de equipo 1, equipo 2, equipo 3, equipo 9 reportaron que esperaban observar la formación de un precipitado.

Si bien estas dos evidencias fueron a las que los alumnos hicieron referencia con mayor frecuencia como evidencia de un cambio químico en el sistema de estudio, hay otras características que fueron mencionadas, por ejemplo: dos Equipos (el 1 y el 7) se refieren al incremento de la temperatura. Por su parte, el equipo 8 afirma que presenciara la formación de espuma, también el equipo 7 afirma que presenciara un cambio de volumen.

Algunas de las predicciones hechas por los alumnos sirven para ilustrar, con claridad, errores conceptuales y concepciones alternativas que tenían al momento de redactarlas. Sin embargo, también permite distinguir que, en mayor o menor medida, todos los equipos fueron capaces de describir las evidencias de orden macroscópicas que se generaron al llevar a cabo las reacciones químicas que propusieron

4.3 Observaciones

En este apartado se presentan las observaciones que los diferentes Equipos de trabajo realizaron al ejecutar las reacciones que propusieron. Se solicitó a los equipos que describieran el aspecto del sistema antes de dar inicio a la reacción, cómo éste modificaba durante el desarrollo de la reacción y cuál era

su apariencia final. Los alumnos debían realizar estas descripciones y compararlas con las predicciones que se reportaron en el apartado anterior. De este manera se podía conocer en qué se asemejaban y en qué diferían los sistemas de estudio respecto a las ideas de los alumnos. El resultado de estas observaciones se presenta en la siguiente serie de figuras.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
1	$\text{CuCO}_3(s) \xrightarrow{\Delta} \text{CuO}(s) + \text{CO}_2(g)$	<p>Al momento de llevar a cabo el calentamiento del CuCO_3 este va cambiando de color. Comienza siendo una sustancia de color verdoso, al comenzar a calentarla esta se comienza a poner café, para después terminar negra y es ahí cuando sabemos que, eso que queda negro, es el CuO. El CO_2 que se libera en forma de gas no es perceptible. Así, la única prueba macroscópica que tenemos es el cambio de color de la sustancia y gracias a esto sabemos que esta ocurriendo una reacción química.</p>
	$4\text{Na}(s) + \text{O}_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{O}$	<p>Lo que ocurrió fue exactamente lo que ya habíamos predicho con anterioridad, puesto que esta reacción ya la habíamos llevado a cabo en una práctica pasada. Por esto, en esta reacción sucedió lo que pensábamos que iba a suceder.</p>
	$2\text{HCl}(ac) + \text{Zn}(s) \rightarrow \text{ZnCl}_2(ac) + \text{H}_2(g) \uparrow$	<p>Lo que ocurrió fue exactamente lo que esperábamos ver, se comenzó a calentar ligeramente el tubo de ensayo mientras comenzaba burbujear la muestra, por la liberación de hidrógeno y al final quedó una sustancia disociada e incolora que era el</p>

		cloruro de zinc
	$NaOH(ac) + CuSO_4 * 5H_2O(s) \rightarrow NaSO_4(s) + Cu(OH)_2$	<p>Ocurrió que al disociar la sustancia y agregarle amoniaco se formó una sustancia azul marino la cuál quedó hasta arriba de la muestra, en el fondo se encontraba otra sustancia precipitada de un tono azul más claro y en medio una sustancia suspendida de un tono azul intermedio de los dos anteriores por lo que teníamos tres tipos de cobre que eran el hidróxido de cobre, el sulfato de cobre y el sulfato de tetra amino cobre.</p>

Figura 4.3.1 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 1 al conducir las reacciones que propusieron.

El equipo 1 reportó observaciones que se fundamentan en el cambio de color del sistema analizado durante el desarrollo de la reacción química, así como en el estado final del sistema. Es destacable que hayan modificado su postura en cuanto a las propiedades organolépticas del CO₂ generado en la primera reacción (olor y color). También aciertan al apelar a su conocimiento previo para describir lo que esperaban observar y compararlo con lo que, efectivamente, observaron.

Otro elemento destacable es la mención de un incremento perceptible del volumen de la mezcla de reacción. Así. Como la descripción del aspecto (color y estado de agregación) de los productos que obtuvieron. La última reacción es la que demuestra el mejor despliegue de esta habilidad por parte del equipo.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
2	$2HCl(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	<p>Se observó una reacción de desplazamiento simple, al mezclar un ácido fuerte con el zinc se sustituyen por zinc los hidrógenos del ácido, y se libera hidrógeno gaseoso. Se pudo observar un gas que salía por el tubo de ensayo (el cual era el hidrógeno)</p>
	$S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(g)}$ $SO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_3$	<p>Se observó una reacción de combustión debido a que en la reacción se combinará el oxígeno y liberará energía térmica y luminosa; también se podrá observar una reacción de síntesis.</p>
	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow H_2O(l) + NaCl(ac)$	<p>Sucedió una reacción de neutralización, debido a que la reacción está siendo efectuada por un ácido y una base. Se comprobó que es neutro por medio de un indicador de pH: indicador universal, el cual le dio una tonalidad ligeramente azul.</p>
	$AgNO_3(ac) + NaCl(ac) \rightarrow HNO_3(ac) + AgCl(s)$	<p>Sucedirá una reacción de precipitación, debido a que el resultado será un precipitado (sólido), el cual se va a ir al fondo del tubo de ensayo. También puede verse una reacción de doble sustitución, este tipo de reacciones se hacen evidentes por la formación de una sal insoluble o precipitado.</p>

Figura 4.3.2 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 2 al conducir las reacciones que propusieron.

La primera característica destacable de las observaciones reportadas por el equipo 2 es que prevalece, entre los alumnos, la tendencia por clasificar el tipo de reacción que están efectuando, antes que por describir aquello que observaron. Incluso con esta falla, aciertan al mencionar la formación de un precipitado o la utilización de un indicador para detectar el cambio de color en el sistema como evidencias de que ha ocurrido un cambio químico.

Sin embargo, denotan la presencia de la concepción alternativa del tipo de *Desplazamiento* en la reacción de zinc y ácido clorhídrico.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
3	$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$	<p>Lo que observamos fue que al agregarle fenolftaleína al NaOH 0.1 M se tornó de un color rosado, lo cual indicaba que efectivamente estábamos trabajando con una base. Después de agregar 1 ml de HCl a la preparación de NaOH, vimos que efectivamente el color rosado desapareció y la disolución se tornó incolora, lo cual fue una evidencia macroscópica de que la neutralización se efectuó.</p>
	$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$	<p>Lo que observamos en esta reacción fue que al combinar el Zn con el HCl se desprendió un gas que pudimos presenciar debido a que hubo un burbujeo en la disolución y el tubo se calentó levemente. La explicación que podríamos dar a el desprendimiento de este gas es que basándonos en la serie de actividad de los metales, el Zn es capaz de desplazar al hidrógeno ya que el Zn es más reactivo que el hidrógeno.</p>
	$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$	<p>Lo que observamos aquí fue que efectivamente tras combinar el Na con el agua, éste reacciona</p>

		<p>de manera violenta con ella, originando así el desprendimiento de un gas que podríamos asegurar es H₂. Al finalizar la reacción y agregar el Indicador Universal, pudimos comprobar que el producto de nuestra reacción fue una base debido a que ésta tomó un color azul.</p>
	$CuSO_4 + NH_4OH \rightarrow Cu(OH)_2 + [Cu(NH_3)_4]SO_4 + H_2O$	<p>Lo que observamos fue que al agregar el hidróxido de amonio, gota a gota, en la disolución de sulfato de cobre, se formó un precipitado de color azul claro en la parte inferior del tubo, mientras que encima de éste había una sustancia acuosa de color azul oscuro. Tras investigar la reacción pudimos comprobar que la sustancia insoluble en agua era el hidróxido de cobre y la sustancia de color azul oscuro era un compuesto de coordinación; éste último toma ese color debido a que las moléculas de agua las que estaba unido el Cu son remplazadas por moléculas de NH₃.</p>

Figura 4.3.3 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 3 al conducir las reacciones que propusieron.

Las observaciones reportadas por el equipo 3 presentan elementos adecuados, pues hacen mención, correctamente, de diferentes elementos que permiten comprobar que una transformación química ha ocurrido: el cambio de color en el sistema de estudio (mediante la intervención de un indicador), el incremento en la temperatura, o el burbujeo al interior de un tubo de ensayo. También realizan una descripción cualitativa detallada de los productos obtenidos, según su aspecto y la posición que ocupan en el sistema analizado.

Sin embargo, demuestran que poseen las concepciones alternativas de *Animismo* y de *Desplazamiento* al asegurar que “el Zn es capaz de desplazar al

hidrógeno” por ser más “reactivo” y que “las moléculas de agua (...) son reemplazados por moléculas de NH₃” respectivamente.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
4	$CuCO_3(s) \rightarrow CuO(s) + CO_2(g) \uparrow$	Al calentar el CuCO ₃ se nota un cambio de color de azul a negro como se predecía, además de que no necesitó de mucho tiempo al fuego para que la reacción se llevara a cabo.
	$2HCl(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	Al agregar el HCl al Zn se observa que salen burbujas de la disolución que tenemos que debería de ser el H(g) que habíamos predicho, pero no se observó el cambio de color de gris a blanco del cloruro de zinc
	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O(l)$	Después de agregar 0.5 mL de HCl a un tubo de ensayo con 0.5 mL de NaOH se midió el pH de la disolución y este era básico, se agregó gota a gota HCl para neutralizar la disolución. La disolución tomó un pH ácido, agregamos una gota NaOH y la disolución volvió a tener un pH básico. Esto se debe a que la concentración de NaOH y HCl no era la misma, se agregó agua a HCl para diluirlo y se agregó gota a gota hasta obtener una disolución con pH neutro.

Figura 4.3.4 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 4 al conducir las reacciones que propusieron

El equipo 4 acierta al apelar el cambio de color en el sistema de análisis (mediante la utilización de un indicador) y el burbujeo como fenómenos de orden macroscópico que evidencian que ha ocurrido una transformación química. Es

interesante que mencionen que presenciaron discrepancia entre lo que reportaron haber observado y lo que, originalmente, predijeron que observarían.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
5	$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$	Lo que sucedió fue que al agregar el sodio al agua reaccionó muy rápido. Primero se tornó de un color gris ceniza, mientras desprendía un gas (hidrógeno). Posteriormente se consumió en el agua. Comprobamos que se había formado como producto NaOH(ac) al agregar el indicador universal como una coloración azul.
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)(calor) \rightarrow CuSO_4(s) + 5H_2O$	Se observó como el $CuSO_4 \cdot 5H_2O(s)$ empezó a cambiar de color azul a color blanco y al mismo tiempo observamos como se empañaba el tubo de ensayo debido al vapor de agua desprendido por la sustancia
	$NaOH(ac) + HCl(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O$	Después de agregar 0.5mL de HCl(ac) 0.1M y 0.5mL de NaOH(ac) 0.1M, al agregar el indicador universal tomó una coloración azul, lo que suponemos que pasó fue que la concentración molar de alguna de esas dos sustancias estaba mal calculada

Figura 4.3.5 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 5 al conducir las reacciones que propusieron

El equipo 5 acierta al realizar descripciones que abordan el cambio progresivo en el aspecto de los reactivos. Adicionalmente, mencionan el uso de un indicador para detectar el cambio de color en el sistema de estudio, para comprobar que la reacción que propusieron se había completado.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
6	$4Na + O_2 \rightarrow 2Na_2O$	Efectivamente hubo un cambio de color y por esta razón afirmamos que hubo reacción. En el laboratorio, el sodio pasó de un color gris a un color negro, después de exponerlo a la flama y después de esperar un poco, la capa negra se tornó blanca.
	$2NaOH + 2HCl \rightarrow 2NaCl + 2H_2O$	Al poner indicador universal en la sosa, se pintó de un azul muy fuerte. Agregamos HCl gota a gota y cada gota pintaba rosa. Cuando agitamos para mezclar la coloración se veía verde fuerte y el tubo de ensayo se calentó.
	$CuCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + CuO(s)$	El $CuCO_3$ era un polvo verde y al introducirlo en el mechero, el color a la flama era verde con amarillo y el polvo cambió de color a negro.
	$CuSO_4(ac) + NaOH(ac) \rightarrow Na_2SO_4(ac) + Cu(OH)_2(s)$	Solubilizamos el $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ en agua y agregamos el NaOH, cuando agregamos éste, se formó un sólido amorfo azul, de una apariencia gelatinosa y que no se movía en el medio
	$Zn(s) + 2HCl(ac) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	Al agregar HCl se formó burbujeo. También vimos desprendimiento de gas, que de hecho se condensó en el tubo, ya que por dentro de éste había gotitas. Contemplamos que la reacción duró aproximadamente 1 minuto.

Figura 4.3.6 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 6 al conducir las reacciones que propusieron

El equipo 6 acierta en las observaciones que reporta, toda vez que están redactadas en términos de fenómenos de orden macroscópico que, efectivamente, son observables en el contexto de la clase. Los miembros del equipo 6 describen, por ejemplo, el cambio progresivo del aspecto de los reactivos que intervienen, o el color de la flama al acercar una de las sustancias utilizadas. También apelan a la formación de un precipitado, o al burbujeo en el sistema analizado como

evidencias de que las reacciones propuestas han finalizado. Del mismo modo, aciertan al mencionar la utilización de un indicador para detectar el cambio de color en el sistema que estudiaron.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
7	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O(l)$	Se cumplieron las predicciones, ya que no hubo cambios físicos, de temperatura ni de volumen. Pero cuando se agregó indicador universal, para comprobar que la reacción ya estaba neutralizada, había problemas con ello, ya que no se logró obtener el color amarillo que indica una neutralización; una gota más de HCl, la mezcla se ponía de color rojo; una más de NaOH y ahora su color era azul. Por lo tanto no se consiguió neutralizar, aunque sí era posible.
	$CuSO_4(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnSO_4(ac) + Cu(s)$	Se cumplieron las predicciones porque, efectivamente, hubo un cambio de color en ambas sustancias, en la acuosa y en la sólida, se vio cómo lentamente el color azul del $CuSO_4$ se volvía más claro hasta ser incoloro y formarse el $ZnSO_4$ y el cobre se veía de color negro.
	$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$	La reacción también cumplió nuestras predicciones debido a que se veían los diferentes productos finales, uno acuoso y otro sólido
	$2HCl(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	Se percibió un aumento de calor, en este sentido sí se cumplió la predicción. Sin embargo, no fue fácil identificar si había una diferencia de volumen, hubo un desprendimiento de gas hidrógeno pero no fue tan significativo.

Figura 4.3.7 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 7 al conducir las reacciones que propusieron

El equipo 7 propone la utilización de un indicador para provocar un cambio de color en el sistema analizado, toda vez que su estado final no presentaba alteraciones respecto a su estado inicial. Por otro lado, aciertan al realizar descripciones adecuadas respecto al estado de agregación y la apariencia de los productos generados. También describen la modificación progresiva del aspecto

de los reactivos. Sin embargo, mencionan dificultades para determinar si la última de las reacciones que propusieron había concluido, pues apelan a una propiedad cuyas variaciones cuantitativas son difíciles de determinar en el contexto de la clase.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
8	$HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow NaCl(ac) + H_2O(l)$	Al agregar el hidróxido al ácido con identificador universal, cuando este iba tocando la mezcla se iba tornando de rojo a verde.
	$Zn(s) + 2HCl(ac) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$	Al agregarle ácido clorhídrico al zinc, empezó a burbujear (liberando un gas), hasta que el zinc desapareció por completo
	$2H_2O_2(ac) \xrightarrow{catalasa} 2H_2O(l) + O_2(g)$	Tan pronto la sangre estuvo en contacto con el peróxido de hidrógeno empezó a formarse espuma.
	$Cu_2SO_4(s) + 2NH_4OH(ac) \rightarrow 2CuOH(s) + (NH_4)_2SO_4$	Cuando el hidróxido se ponía en contacto con la disolución de sulfato de cobre cambiaba la tonalidad de azul, y al terminar de agregar el hidróxido de amonio se formó una capa de un azul intenso, y después de un poco tiempo se empezó a asentar un sólido.
	$8Zn(s) + S_8(s) \xrightarrow{\Delta} 8ZnS(s)$	El azufre se empezó a fundir muy rápido al contacto con el fuego, y tardó considerablemente hasta que los elementos reaccionaran, y fue muy poco lo que reaccionó ya que solo se logró a ver unas chispas.

Figura 4.3.8 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 8 al conducir las reacciones que propusieron

Las observaciones registradas por el equipo 8 son acertadas al reportar fenómenos de orden macroscópico, como la formación de un precipitado, el burbujeo del sistema, o el desprendimiento de chispas, así como la descripción que hacen respecto a la modificación gradual del aspecto de los reactivos. También aciertan al referir la utilización de un indicador como auxiliar en la detección de un cambio químico. Sin embargo, demuestran también que poseen la concepción alternativa del tipo *Desaparición*, pues afirman que el “zinc desapareció” del sistema en que se encontraba.

Equipo	Reacción Propuesta	Observaciones
9	$Zn(s) + CuSO_4(ac) \rightarrow ZnSO_4(ac) + Cu(s)$	Se precipitó el cinc y cambió de un tono gris a uno negro. Comenzó la reacción del cinc liberando burbujas. El polvo se unió después de unos minutos. Cambió un poco el tono azul del $CuSO_4$ diluido a uno más claro.
	$CuCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + CuO(s)$	De inmediato se liberó un gas (debido a la pequeña cantidad que se nos proporcionó), eso quiere que era el $CO_2(g)$. Se cambió el color verde del inicio a negro, o sea, se obtuvo $CuO(s)$.

Figura 4.3.9 Observaciones experimentales reportados por los miembros del equipo 9 al conducir las reacciones que propusieron

El equipo 9 realiza registros de fenómenos de orden macroscópico que se fundamentan en la descripción de la modificación gradual del aspecto de los reactivos. También describen fenómenos que, según ellos afirman, les ayudarán a saber que una transformación química estaba ocurriendo, como la liberación de burbujas.

En términos generales, los equipos de trabajo desarrollaron la capacidad de realizar descripciones de los fenómenos macroscópicos que observaron y que les permitirían asegurar que se había llevado a cabo una reacción química en su sistema de estudio. Sin embargo, al igual que las habilidades que ya han sido

descritas en este capítulo, su grado de desarrollo está lejos de poder ser catalogado como “uniforme” entre los diferentes equipos; principalmente porque se encontraron algunas observaciones con errores que no se pueden pasar por alto. Algunos ejemplos de estas descripciones se presentan a continuación.

Por ejemplo, persiste la idea de que el “desprendimiento” o la “liberación” de un gas se constituye como evidencia de que la reacción química propuesta se ha llevado a cabo. Esta afirmación sería correcta si se hubiera interrogado a los alumnos sobre el origen de ese hidrógeno gaseoso, es decir, ¿lo consideran una nueva sustancia, formada a partir de la interacción de los reactivos? O bien ¿aseguran que siempre estuvo contenido en uno u otro de los reactivos y su interacción permitió que fuera “liberado”? Desconocer las razones de los alumnos para realizar una afirmación de esta naturaleza es lo que no permite clasificarla como una descripción completamente válida; sin embargo, tampoco se trata de una concepción alternativa (del tipo de *Transmutación*). Descripciones de los fenómenos observados que cumplen con estas características fueron elaboradas por el equipo 1, equipo 3, equipo 5, equipo 6, equipo 7, equipo 8 y equipo 9.

Hay descripciones que pueden ser relacionadas, sin lugar a dudas, con, al menos, una de las concepciones alternativas descritas con anterioridad. Por ejemplo, el equipo 3 afirma que “las moléculas de agua las que estaba unido el Cu son remplazadas por moléculas de NH_3 ”. Construyendo, así, una afirmación propia de la concepción alternativa de *Desplazamiento*. Por su parte, los miembros del equipo 8 aseguran que pudieron observar un burbujeo “hasta que el zinc desapareció por completo” engrosando así, el listado de concepciones alternativas localizadas del tipo de *Desaparición*.

Otro tipo de concepción alternativa que persistió en las descripciones de los eventos observados fue hecha por el equipo 7, al considerar el calor como una capacidad con que los cuerpos cuentan. Así, sostienen que, al llevar a cabo la reacción que propusieron, pudieron experimentar “un aumento de calor” en el

sistema. Por el contrario, los integrantes del equipo 6 y equipo 1, acertaron al describir sus observaciones en términos de un incremento de temperatura.

Prevalció, también, la tendencia por clasificar las reacciones que se habían desarrollado antes que elaborar descripciones de los eventos de orden macroscópico que pudieran ser utilizados para probar dichas transformaciones químicas. Tal es el caso de los registros hechos por el equipo 2.

Entre la mayor parte de los equipos de trabajo se mantuvo la preferencia por considerar el cambio de color en el sistema de estudio como el principal elemento de evidencia, de orden macroscópico, para comprobar que un cambio químico se había realizado. Así lo demuestran las descripciones realizadas por el equipo 1, equipo 3, equipo 4, equipo 5, equipo 6, equipo 7, equipo 8 y equipo 9. Adicionalmente, los integrantes del equipo 3, equipo 5, equipo 6, equipo 7 y equipo 8 reportaron el uso de algún indicador para identificar el cambio de color en el sistema que estudiaban.

La segunda característica a la que más equipos apelaron para evidenciar el cambio químico fue la formación de un precipitado. Así lo explicitaron en sus observaciones el equipo 3, equipo 6 y equipo 7. Otros equipos también elaboraron descripciones que abordaban el aspecto final del sistema en donde condujeron sus investigaciones. Por ejemplo, el equipo 1 y el equipo 3 realizan descripciones detalladas del color y la posición que ocupaban cada uno de los diferentes productos que obtuvieron. Otras evidencias de orden macroscópico, que los alumnos aseguraron que les permitieron saber que la reacción había concluido, pero que sólo fueron mencionados en una ocasión fueron la formación de chispas o de espuma (equipo 8), la condensación de vapor de agua (equipo 6), o el burbujeo en el sistema (equipo 3, equipo 4).

Algunas de las descripciones hechas por los alumnos presentan una característica que se consideró interesante; pues explican el cambio químico que están presenciando en términos del tiempo que fue necesario para percibir la evidencia de orden macroscópica de la que hacen mención. Así, el equipo 5

asegura que “el sodio reaccionó muy rápido” al entrar en contacto con el agua. Por su parte, los integrantes del equipo 7 afirman que el cambio de color del sistema con que trabajaban ocurrió “lentamente”. También, en el equipo 8 se adhieren a la afirmación de que será necesario esperar un tiempo “considerable” para que se presente la interacción entre los reactivos; una afirmación similar a la que se elaboraron los miembros del equipo 9.

La presencia de descripciones que consideran el tiempo que tarda una reacción en hacerse evidente en términos macroscópicos (ya sea por su instantaneidad, o bien, por su lentitud) son muestra de un avance conceptual en los alumnos que las redactaron, pues ningún equipo hizo consideraciones de esta naturaleza cuando se les pidió que describieran lo que esperaban que ocurriera al efectuar las reacciones propuestas. El concepto de cinética química no está contenido en el contenido curricular correspondiente a esta materia, así que las descripciones de este estilo, constituyen un indicador de que, quizás, se pueda introducir entre los contenidos disciplinarios de la materia. Seguramente, sin estudiarlo a profundidad, pues esta tarea corresponde a los semestres superiores; pero, sin duda, se puede dotar a los alumnos de las nociones básicas de este concepto, tan profundamente ligado al concepto de reacción química.

Se solicitó a los alumnos que partieran de los registros que elaboraron de aquello que observaron para construir explicaciones de los fenómenos químicos que presenciaron. Dichas explicaciones serán presentadas más adelante. A continuación se muestran los procedimientos experimentales que cada equipo de trabajo diseñó para la actividad correspondiente a la segunda parte de la propuesta experimental: identificar la sustancia que les había sido entregada, de entre tres posibilidades.

4.4 Procedimiento Experimental

Se pidió a los alumnos que explicitaran los materiales y equipos que pretendían utilizar, así como la masa o volumen de otras sustancias que serían necesarias para cumplir su cometido. Se presentan, también, los registros de

aquello que los alumnos observaron al ejecutar el procedimiento experimental que diseñaron.

Equipo	Procedimiento Experimental	Observaciones
1	Agregarle 1mL de HCl (ac) si no ocurría nada macroscópicamente determinaríamos que era CaCl_2 ; si ocurría algo macroscópicamente procederíamos a agregar indicador universal y si este se tornaba rojo determinaríamos que teníamos CuSO_4 , si se tornaba azul tendríamos Ba(OH)_2	Lo que ocurrió al agregar el ácido fue una neutralización en la que se formó una sal y agua y ésta sal es soluble en agua por lo que quedó una sustancia incolora a la cual le agregamos el indicador y se tornó azul, por lo que teníamos Ba(OH)_2 .

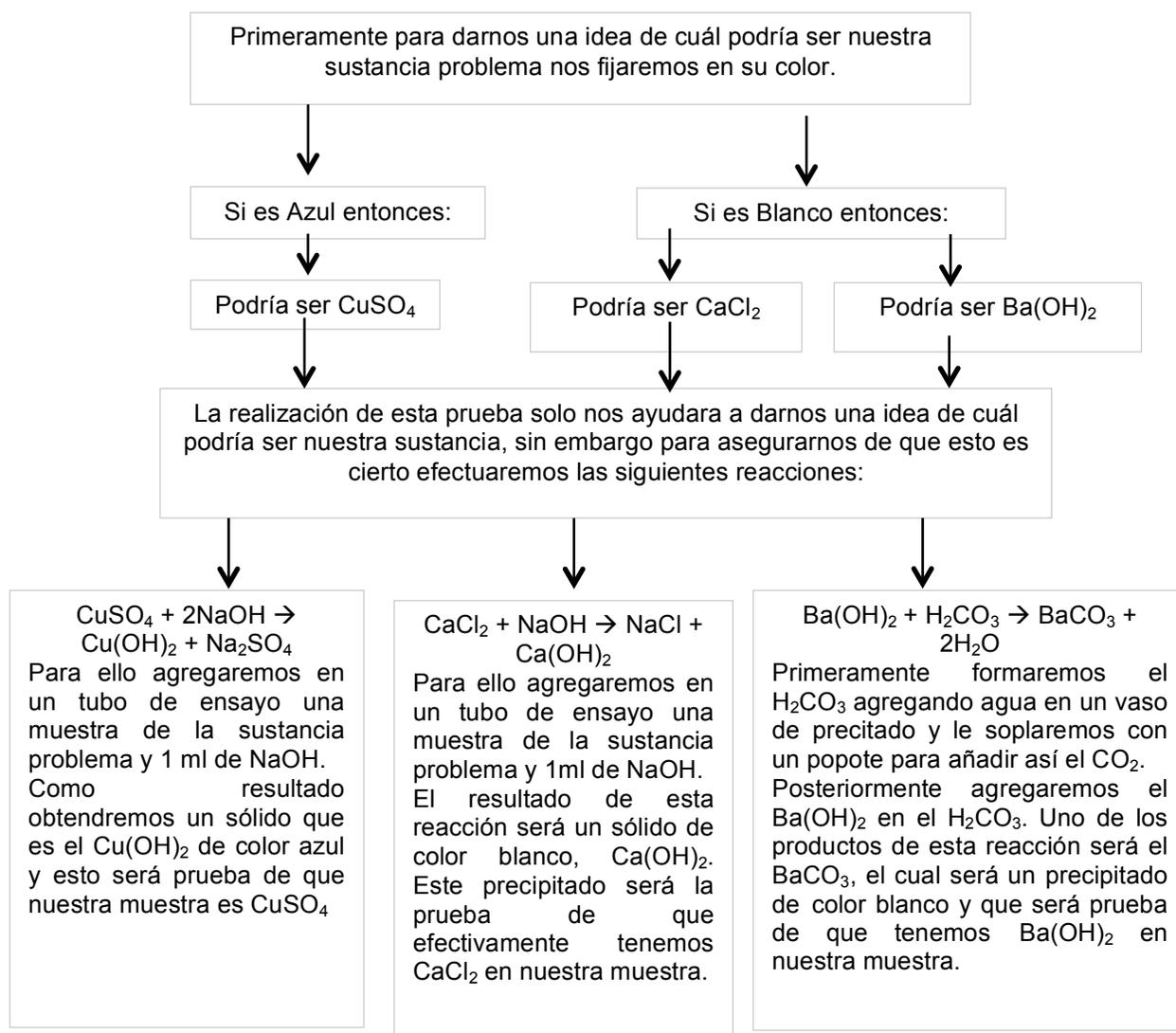
Figura 4.4.1 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 1 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

El equipo 1 utilizó un criterio cualitativo del pH del sistema de estudio, con ayuda de un indicador, para determinar la identidad de la sustancia que les fue asignada.

Equipo	Procedimiento Experimental	Observaciones
2	A unas gotas de disolución de sulfato de cobre se le agregará amoníaco acuoso. El producto formado es el sulfato de tetraamincobre (II). Al producto de la reacción se le calienta en la campana hasta la formación de un precipitado negro	Al agregar agua se disolvió (debido a que es una sal), al ser soluble se podría comprobar que era cloruro de calcio porque si se colocaba un conductímetro este encendería a la bombilla debido a que conducen la corriente eléctrica en disolución acuosa.
	Una disolución saturada de hidróxido de bario se le añadirá unas gotas de fenolftaleína se podrá observar un cambio de color	
	En un tubo de ensayo se agregará cloruro de calcio (sólido) y 1 mL de ácido sulfúrico Se podrá comprobar que se tenía cloruro de calcio debido a que si es soluble en agua y por ser una sal, está deberá conducir la corriente en disolución.	

Figura 4.4.2 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 2 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

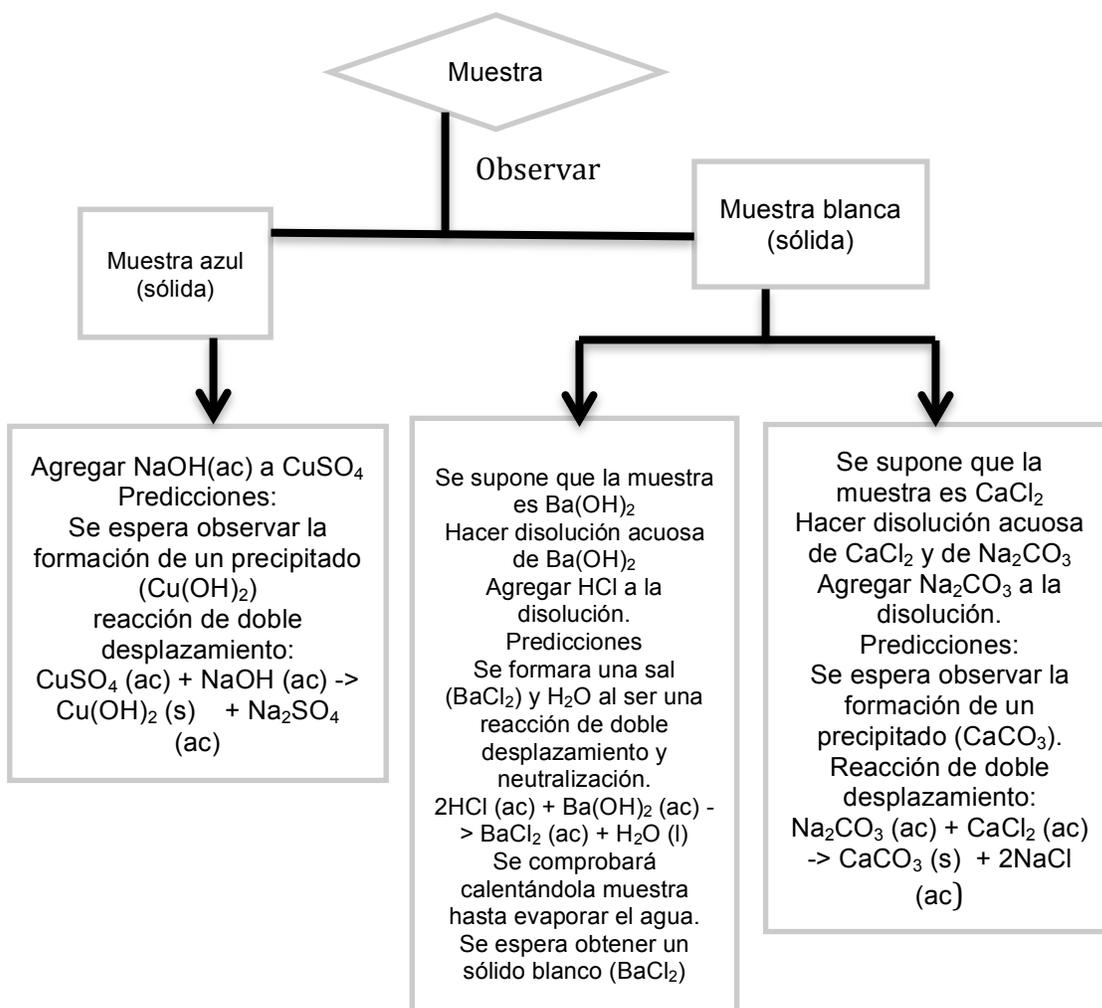
El equipo 2 utiliza sus antecedentes conceptuales (habían realizado un procedimiento similar en una práctica anterior) para identificar la sustancia que tenían.



Equipo	Procedimiento Experimental	Observaciones
3	Después de ver el color de la sustancia problema, determinamos que era sulfato de cobre, pero para comprobar esto realizamos la siguiente reacción: $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	Como resultado obtendremos un sólido que es el Cu(OH)_2 de color azul y esto fue prueba de que nuestra muestra era CuSO_4 . Como resultado obtendremos un sólido que es el Cu(OH)_2 de color azul y esto fue prueba de que nuestra muestra era CuSO_4 .

Figura 4.4.3 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 3 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

El equipo 3 propone un procedimiento que parte de las propiedades organolépticas de la sustancia que les fue otorgada para identificarla. Adicionalmente, proponen un mecanismo de comprobación que se fundamenta en una reacción química.



Equipo	Observaciones
4	<p>Ya que se observó una muestra de color azul se cree que se tiene CuSO_4. Se agregó NaOH a la muestra sólida de CuSO_4 por lo que no se pudo observar claramente la reacción descrita anteriormente, se extrajo una porción del sólido y se trató de solubilizar en agua, la muestra no solubilizó completamente, aún así se agregó NaOH para tratar de observar la reacción descrita al inicio, en esta muestra se cree que se observa en el fondo del tubo muestra de CuSO_4 que no solubilizó y el precipitado que se esperaba obtener de la reacción propuesta. Como en este procedimiento se cometió el error de no solubilizar la muestra de CuSO_4 completamente y antes de agregar NaOH, los resultados de esta reacción no son seguros. Se pretende realizar la reacción nuevamente.</p> <p style="text-align: center;">Al realizar nuevamente la reacción:</p> <p>Se solubiliza el CuSO_4 en agua y se agregan dos gotas de NaOH, cambia de color azul claro a un azul turbio, después de un minuto se nota que la reacción empezó a tornarse de color negro, pero no era lo que se esperaba. El tubo de ensayo estaba caliente mientras se llevaba a cabo la reacción y eso pudo haber influido en el cambio en la reacción, el óxido de cobre es de color negro y por esa razón se piensa que en vez de tener $\text{Cu}(\text{OH})_2$ teníamos CuO.</p>

Figura 4.4.4 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 4 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

El equipo 4 también determina que la mejor estrategia de resolución es partir del aspecto (color) de la muestra asignada para comenzar el proceso de identificación. Este procedimiento fue comprobado mediante otras propiedades físicas (solubilidad en agua). Debe considerarse valiosa la determinación del equipo de repetir el procedimiento propuesto, toda vez que en la primera oportunidad no obtuvieron los resultados que esperaban.

Dividir la muestra en tres partes y realizarles las siguientes pruebas		
Si al disolver la sustancia no toma ningún color y posteriormente le agregamos un poco de indicador universal y presenta un carácter básico sabremos que se trata del hidróxido de bario.	Si al disolver la sustancia toma un color azulado podemos decir que se trata de sulfato de cobre, y para comprobarlo agregamos Zn a la disolución, si se trata de sulfato de cobre, el Zn desplazará al cobre y hará que éste se precipite	Si al disolver la sustancia no toma color y posteriormente se le agregan unas gotas de indicador universal y la disolución presenta carácter neutro podemos asegurar que se trata de cloruro de calcio

Figura 4.4.5 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 5 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

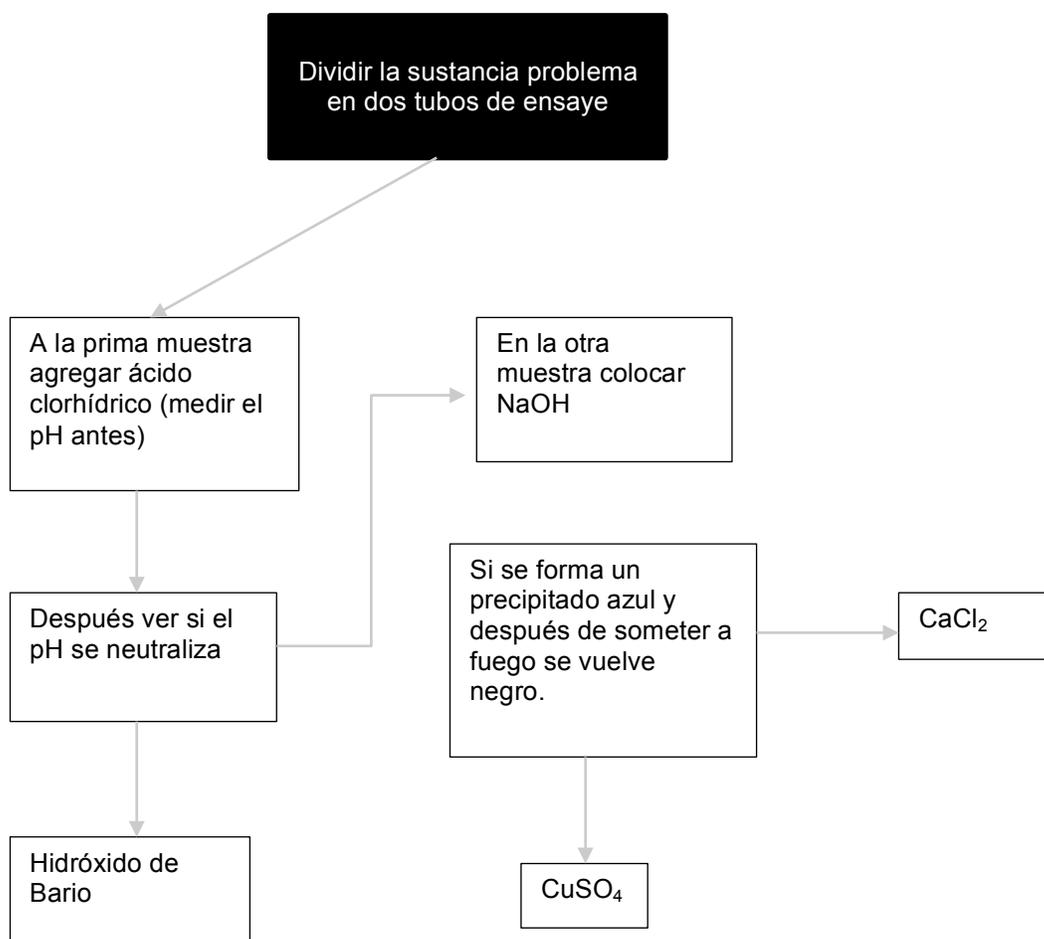
Los integrantes del equipo 5 proponen un procedimiento experimental que se fundamenta en una propiedad física: su solubilidad en agua. Contempla, además, mecanismos para comprobar la identidad de la sustancia con que trabajaban. A pesar de no reportar observaciones de aquello que presenciaron al ejecutar este procedimiento, el equipo asegura que se les entregó CaCl_2

Equipo	Procedimiento Experimental	Observaciones
6	Para conocer cuál era la sustancia problema dividimos la muestra en 3 partes, como sabemos que la sustancia podía ser CuSO_4 , CaCl_2 o Ba(OH)_2 investigamos con qué sustancias y cómo reaccionarían.	Para identificar la sustancia problema (Cloruro de calcio), se observó que la sustancia es soluble en agua y que reacciona con hidróxido de sodio formando un precipitado, de acuerdo a las reglas de solubilidad es soluble, sin embargo su grado de solubilidad permitió observar el precipitado.
	Suponiendo que se trataba de CuSO_4: <ol style="list-style-type: none"> En el tubo de ensayo poner agua hasta que éste quede solubilizado y después colocarle una lámina de Zinc. Esperar y observar si hay precipitación de cobre. 	
	Suponiendo que se trataba de Ba(OH)_2 <ol style="list-style-type: none"> Disolverlo en agua, soplar con un popote a la disolución y observar si hay precipitación de BaCO_3 	
	Suponiendo que se trataba de CaCl_2 <ol style="list-style-type: none"> Disolver en agua, agregar NaOH 	

	a la disolución y observar si hay precipitado.	
--	--	--

Figura 4.4.6 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 6 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo.

El equipo 6 contempla la posibilidad de que la sustancia asignada sea cualquiera de las tres alternativas. Profundiza en el procedimiento que seguirá para identificarla. Sus razones para cada alternativa del procedimiento experimental denotan una mejora en la habilidad de planteamiento de predicciones para los sistemas químicos que estudian.



Equipo	Procedimiento Experimental	Observaciones
8	Agregar HCl	No es hidróxido de bario, ya que si fuera éste al agregarle el hidróxido se hubieran neutralizado entre sí, o por lo menos hubiera reducido el nivel de acidez, lo cual no fue.
	Agregar NH ₄ OH	Lo que nos indica que es sulfato de cobre (I), y descartando la tercera opción (CaCl ₂)

Figura 4.4.8 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 8 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

El equipo 8 también fundamenta su procedimiento en el pH de la sustancia, luego de colocarla en presencia en dos sustancias distintas: una de mayor carácter ácido; la otra de mayor carácter alcalino. Las evidencias en términos macroscópicos les permiten identificar la sustancia con que trabajaron.

Equipo	Procedimiento Experimental	Observaciones
9	Si se tenía CuSO ₄ entonces al disolver con agua destilada sería muy soluble y como sabemos que es un compuesto iónico al ponerle indicador universal entonces nos pintaría de un color rojo ya que tiende a ser un ácido.	Al darnos la sustancia desconocida se siguió el procedimiento general: hacer una disolución con agua destilada, se observó la insolubilidad del compuesto por lo que el único que estaba disponible para explicar esto era el inciso c) ya que estaba presente el precipitado. Se le agregó indicador universal y como se predijo se pintó azul
	Si se tenía Ba(OH) ₂ entonces también la disolverlo en agua destilada se solubilizaría ya que en la tabla de "Solubilidad de compuestos iónicos en agua" de la investigación previa, dice que los compuestos (iones alcalinos: NH ₄ ⁺ , Sr ²⁺ y Ba ²⁺ son solubles, mientras que los demás no; luego entonces si le agregamos indicador universal pintaría de azul por ser una base.	
	Si se tiene el compuesto CaCl ₂ entonces, como lo dicho en el inciso b), no sería soluble en el agua destilada por lo tanto formaría un precipitado, además de que al pintar con indicador universal tornaría a un color azul por ser un compuesto iónico que contiene un metal.	

Figura 4.4.9 Procedimiento experimental diseñado por el equipo 9 para identificar la sustancia problema. Registro de los fenómenos observados al ejecutarlo

El equipo 9 también recurre a la solubilidad de la sustancia problema en agua como principal criterio para identificarla. Confirman su predicción utilizando un indicador para determinar cualitativamente el pH del sistema de estudio.

Un aspecto relevante, que sin duda debe ser destacado, respecto a los procedimientos que los diversos equipos de trabajo propusieron para identificar una sustancia, es que todos contemplan la posibilidad de que se les haya otorgado cualquiera de las tres sustancias mencionadas en el Apéndice B; de modo que desarrollan un procedimiento experimental específico para identificarla.

Por otro lado, resulta alentador que, en esta actividad, las observaciones reportadas por todos los equipos se encuentran descritas en términos de fenómenos de orden macroscópico. Es la tercera actividad, dentro de la misma sesión experimental, en que se solicitó a los alumnos que realizaran descripciones de esta naturaleza. En ese sentido, los equipos propusieron, también, evidencias de orden macroscópico como el principal criterio para identificar la sustancia que les fue entregada; la propiedad a la que recurrieron, con mayor frecuencia, fue la solubilidad en agua (equipo 6, equipo 9, equipo 5, equipo 4). En segundo lugar, los alumnos mencionaron el color que adquiriría el sistema de estudio al agregarle un indicador (equipo 9, equipo 8, equipo 1). Otros equipos prefirieron analizar el aspecto de la sustancia que les fue entregada, seleccionando características como su color (equipo 3, equipo 4).

Un elemento negativo, que se identificó en el procedimiento propuesto por el equipo 4, es que prevalece la tendencia por clasificar las reacciones que proponen; afortunadamente, estas clasificaciones son acompañadas, como ya se ha dicho, por los fenómenos de orden macroscópico que observaron.

4.5 Síntesis de un Polímero

La última actividad experimental que los alumnos debían llevar a cabo, implicaba que investigaran un procedimiento para sintetizar uno de los dos polímeros propuestos en el Apéndice B. Adicionalmente, debían comparar las características del producto que obtuvieron y compararlo con la descripción del

polímero que esperaban obtener, para proponer métodos de mejora en el proceso de síntesis que habían investigado.

No todos los Equipos de trabajo reportaron el procedimiento que investigaron ni los resultados que obtuvieron. Sin embargo, algunos de los descripciones del producto obtenido y las propuestas para mejorar el procedimiento de síntesis cumplen, cabalmente, con la premisa de la actividad: sintetizar correctamente un polímero de la elección de los alumnos y elaborar propuestas para mejorar para dicho proceso de síntesis. Los procedimientos experimentales seguidos por los alumnos, así como las observaciones y propuestas al respecto se presentan en la siguiente serie de figuras.

Equipo	2
Polímero seleccionado	Fenol- Formaldehído
Procedimiento	En un tubo de ensayo agregar 2g de fenol, se colocan 0.6 mL de ácido acético glacial, se mezcla con una varilla de vidrio. Se añaden 0.6 mL de formaldehído y se mezcla bien. Con una pipeta Pasteur se añade lentamente y mezclando 1mL de ácido clorhídrico concentrado. Se continúa agitando en la campana.
Observaciones	Al agregar el ácido acético, el fenol se disolvió, después de agregar el formaldehído y el ácido clorhídrico, se dejó reposando, después de un tiempo se observó un sólido de color rosa.

Figura 4.5.2 Procedimiento señalado y observaciones reportadas por el equipo 2 para el proceso de síntesis del polímero de fenol-formaldehído.

El procedimiento propuesto por el equipo 2 especifica la masa o volumen de cada sustancia que utilizará. Adicionalmente, sus integrantes aciertan al realizar

una descripción en términos de fenómenos de orden macroscópico de aquello que observaron al realizar la síntesis.

Equipo	3
Polímero Seleccionado	Fenol-Formaldehido
Observaciones	El fenol-formaldehido fue sintetizado en el laboratorio de manera exitosa, ya que tras agregar los volúmenes adecuados de cada sustancia logramos obtener una muestra de este polímero.

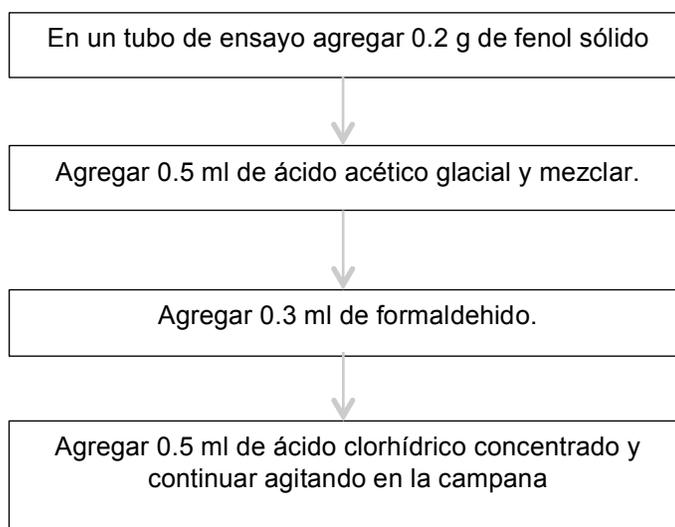


Figura 4.5.3 Procedimiento y observaciones reportadas por el equipo 3 para la síntesis del polímero de fenol-formaldehido.

El procedimiento seguido por el equipo 3 especifica la masa o volumen que utilizarán de cada sustancia involucrada en el proceso. Si bien los integrantes afirman que, efectivamente, consiguieron sintetizar el polímero señalado, en ningún momento profundizan respecto al proceso de síntesis.

Equipo	4
Polímero Seleccionado	Urea-Formaldehido
Procedimiento	A 0.1g de Urea agregar 0.2mL de formaldehído colocar a la flama para aumentar la velocidad de reacción, agregar 1 gota de H ₂ SO ₄ (catalizador)
Observaciones	Después de agregar 0.2mL de formaldehído a 0.1g de urea, calentarlo y agregar una gota de H ₂ SO ₄ (catalizador) se observa desprendimiento de gas (se nota en las paredes del tubo de ensayo) se esperó un momento y se empezó a observar la formación de un sólido blanco

Figura 4.5.4 Procedimiento y observaciones reportadas por el equipo 4 para la síntesis del polímero de urea-formaldehido.

El procedimiento señalado por los integrantes del equipo 4 especifica la masa o volumen que utilizarán de cada sustancia en el proceso de síntesis. Sus integrantes aciertan al describir evidencia de orden macroscópico para sustentar la obtención del polímero.

Equipo	5
Polímero Seleccionado	Urea-Formaldehido
Observaciones	Durante el experimento de la formación de la urea-formaldehído, tuvimos ciertas dudas por lo que una vez realizado el polímero en un vaso de precipitado decidimos realizarlo también en un tubo de ensaye (para crear el polímero usamos 0.1 gramos de urea los cuales mezclamos con 0.2mL de formaldehído y para acelerar la reacción usamos como catalizador una gota de ácido sulfúrico concentrado) lo que notamos fue que el polímero del vaso de precipitados se formó más rápidamente que el del tubo, además de que fue mucho más fácil de despegarlo de las paredes, mientras que el del tubo de ensaye se tardó más de las dos horas de laboratorio, lo que nos lleva a pensar que la superficie de contacto que tuvo el polímero con el aire también actuó como catalizador.

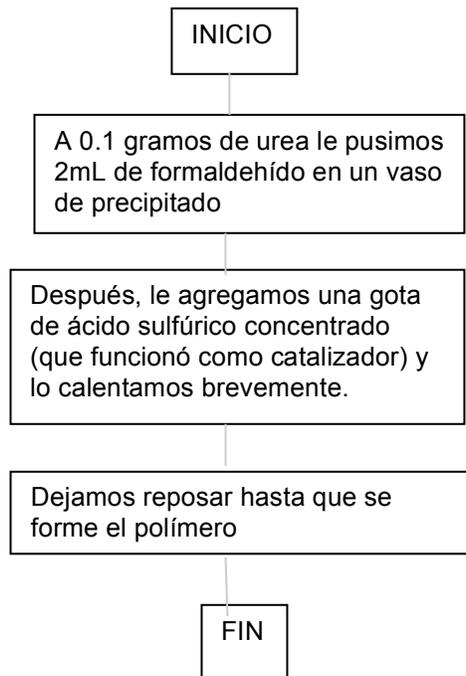


Figura 4.5.5 Procedimiento y observaciones reportadas por el equipo 5 para la síntesis del polímero de urea-formaldehído.

El procedimiento indicado por el equipo 5 especifica la masa o volumen utilizado de las sustancias que intervienen en el proceso de Síntesis. El elemento que más debe destacarse de las observaciones realizadas por este equipo de trabajo es que, efectivamente, fueron capaces de proponer y ejecutar una propuesta de mejora para el proceso de síntesis, en términos del material utilizado.

Equipo	7
Polímero Seleccionado	Urea-Formaldehido
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregar urea a un vaso de precipitados. 2. Añadir, al mismo vaso, formaldehido en disolución acuosa. 3. Agregar HCl concentrado como catalizador de la reacción, poco a poco, para acelerar la reacción.
Predicciones	Nos daremos cuenta que el polímero se ha formado porque cambiará de incoloro a color blanco y se solidificará, tendrá mayor dureza.

Figura 4.5.7. Procedimiento y predicciones reportadas por el equipo 7 para la síntesis del polímero de urea-formaldehido.

Los integrantes del equipo 7 realizaron predicciones, no observaciones, de aquello que esperaban observar al realizar el proceso de síntesis; no descripciones de lo que, efectivamente, observaron. Adicionalmente, no especifican la masa o el volumen que emplearán de cada sustancia involucrada en el proceso.

Equipo	8
Polímero Seleccionado	Urea-Formaldehido
Procedimiento	En el vaso de precipitado colocamos 0.5g de Urea, después agregamos 0.2 mL de Formaldehido, y para acelerar la reacción colocamos unas gotas de ácido clorhídrico.
Observaciones	Al ver que pasaba el tiempo y no reaccionaba, decidimos ponerla al fuego como catalizador de la reacción, después de un par de minutos se empezó a formar una masita blanca.

Figura 4.5.8 Procedimiento y observaciones reportadas por el equipo 8 para la síntesis de urea-formaldehido.

Los integrantes del equipo 8 aciertan al incluir la masa o volumen utilizado de los reactivos que interviene en el proceso. Aunque no lo explicitan, proponen y ejecutan una modificación en el procedimiento para mejorar el rendimiento del procedimiento.

Equipo	9
Polímero Seleccionado	Fenol-Formaldehido
Reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • fenol (0.2g) • H₂C₂O₄ (0.6 mL) • formaldehído (0.3 mL) • H₂SO₄ (3 mL) • Agua destilada
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte universal con anillo • Vidrio de reloj • Vaso de precipitados • Mechero de Bunsen • Agitador de vidrio • Campana de extracción
Procedimiento	<p>En el vaso de precipitados se mezclarán las primeras 4 sustancias antes mencionadas en la campana de extracción y con ayuda del agitador de vidrio. Al terminar la mezcla se llevará al soporte universal en donde se colocará encima del anillo tapando con el vidrio de reloj y dejando calentar con el mechero hasta la temperatura de ebullición.</p> <p>Luego de ese tiempo se dejará calentar otros 15 o 20 minutos en un sistema de temperatura constante. El compuesto se tiene que separar en dos fases luego de esto se separarán obteniendo la resina y se hará la aplicación como adhesivo en una hoja de papel.</p>

Figura 4.5.9 Procedimiento propuesto por el equipo 9 para la síntesis del polímero de Fenol-Formaldehido.

El procedimiento señalado por los integrantes del equipo 9 especifica la masa o el volumen que utilizarán de las sustancias involucradas en el proceso. Adicionalmente, enlistan los materiales de laboratorio que han seleccionado para realizar esta encomienda. Desafortunadamente, no presentan observaciones de ningún tipo surgidas al llevarlo a cabo, pues su procedimiento contiene elementos

que, posiblemente, hubieran generado discrepancias al llevarlo a la práctica: el establecimiento de un sistema de temperatura constante, el tiempo indicado para completar la síntesis, o la formación de dos fases claramente diferenciables.

En términos generales, los Equipos no mencionaron si el producto que obtuvieron se asemejaba al producto que esperaban obtener, o bien, en qué difería respecto a la descripción del producto señalada en la ruta de síntesis que encontraron. El objetivo de esta actividad no era seguir indicaciones para obtener un producto específico, sino hacer propuestas de mejora para incrementar la eficiencia en el proceso. Es, sin duda, una tarea elevada, que demanda un amplio conocimiento de la reacción que se está llevando a cabo y las condiciones en que se realiza. Sin embargo, el equipo 5 se destacó al identificar, exitosamente, una oportunidad de mejora; adicionalmente, sus integrantes implementaron esta modificación al procedimiento de síntesis y compararon los resultados obtenidos.

4.6 Conclusiones de los Estudiantes

En este apartado se presentan las conclusiones que los Equipos de trabajo enunciaron, luego de conducir los experimentos que propusieron para cada una de las tres situaciones problemáticas a las que se enfrentaron. Se desea que éstas estén fundamentadas en los hallazgos realizados durante la ejecución de las reacciones que propusieron; pues el objetivo que este estilo de enseñanza persigue, es que los alumnos otorguen un mayor énfasis a los datos que recolectaron, en la parte experimental, para construir, a partir de ellos, explicaciones para los fenómenos que observaron. Modificando, cuando sea necesario, las explicaciones ingenuas o incompletas con que suelen ingresar al laboratorio. Las explicaciones y conclusiones de los diferentes Equipos de trabajo están contenidas en la siguiente serie de figuras:

Equipo	1
Conclusiones	<p>Se pudo comprobar la mayoría de los tipos de reacción y se obtuvo evidencia macroscópica de cómo se comportan las reacciones o el tipo de sustancias que forman o que se liberan. Ya que con la oxidación del sodio comprobamos la síntesis, con la reacción del Sulfato de cobre+ agua + amoniaco comprobamos la formación de un compuesto coordinado y un doble desplazamiento; en la del carbonato de cobre al calentarlo comprobamos la descomposición al obtener óxido de cobre y dióxido de carbono y en la del Zn y el HCl comprobamos el desplazamiento simple y la liberación de un gas obteniendo cloruro de zinc e hidrógeno.</p> <p>Se pudo también identificar la sustancia desconocida a partir de agregarle ácido clorhídrico y luego con el indicador universal determinar su pH el cuál fue azul, por lo que suponemos teníamos entonces $Ba(OH)_2$</p>

Figura 4.6.1 Conclusiones reportadas por el equipo 1 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 1 ofrece un recuento de las reacciones que realizaron. En él mencionan, sin especificar, la evidencia macroscópica como evidencia de que lograron completar las reacciones que mencionan. Adicionalmente, dan una nueva muestra de tener la concepción alternativa del tipo de *Transmutación*, al afirmar que las reacciones químicas “liberan” otras sustancias, sin embargo, no es posible confirmar esta afirmación por los motivos que ya se han descrito.

Equipo	2
Conclusiones	<p>En las reacciones químicas se pudo observar lo deseado, en nuestra sustancia problema pudimos comprobar que era cloruro de sodio debido a que esta es una sal la cual conduce corriente eléctrica en disolución. La síntesis de un polímero se deseaba un sólido, el cual salió con un color rosa.</p>

Figura 4.6.2 Conclusiones reportadas por el equipo 2 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 2 concluye que condujo exitosamente las reacciones que propuso, toda vez que se cumplieron las predicciones que enunciaron.

Proporcionan ejemplos al respecto, como el aspecto del producto obtenido, o la capacidad de una disolución acuosa de conducir la corriente eléctrica.

Equipo	3
Conclusiones	1. Es posible determinar que una reacción química se llevó a cabo mediante pruebas macroscópicas que nos permiten dar explicación a lo ocurrido, tales como el cambio de coloración, el desprendimiento de algún gas o la formación de precipitados. 2. La sustancia que teníamos presente en nuestra muestras problema es CuSO_4 . 3. El fenol-formaldehído fue sintetizado en el laboratorio de manera exitosa, ya que tras agregar los volúmenes adecuados de cada sustancia logramos obtener una muestra de este polímero.

Figura 4.6.3 Conclusiones reportadas por el equipo 3 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 3 propone ejemplos de las evidencias de orden macroscópico a los que se puede recurrir para asegurar que ha ocurrido un cambio químico. Sus integrantes concluyen que lograron identificar correctamente la sustancia que les fue entregada y que tuvieron éxito al sintetizar el polímero que seleccionaron.

Equipo	4
Conclusiones	Las reacciones químicas son transformaciones y la realización de algunas de éstas son complejas o se deben llevar a cabo en condiciones específicas, para lograr una hay que tener siempre previsto todas las situaciones que puedan influir durante el proceso de realización para que los productos finales de las reacciones sean los esperados.

Figura 4.6.4 Conclusiones reportadas por el equipo 4 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

Los integrantes del equipo 4 reconocen que hay diversos factores que pueden intervenir en el proceso de una reacción química; algunos, incluso, pueden alterar el producto que se obtiene. Así, aseguran, una reacción química debe realizarse en “condiciones específicas”.

Equipo	5
Conclusiones	En conclusión, todas nuestras observaciones coinciden con nuestra predicciones (a excepción de la reacción de descomposición, que lo que sucedió fue que en vez de liberar agua líquida como se esperaba, empezamos a observar que el tubo de ensaye se empañaba un poco con vapor de agua) de todas formas eso no nos impidió deducir que la reacción se estaba llevando a cabo.

Figura 4.6.5 Conclusiones reportadas por el equipo 5 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 5 asegura que ha desarrollado adecuadamente la habilidad de realizar predicciones respecto a lo que ocurrirá al conducir reacciones químicas, pues sostiene que todas las predicciones que propusieron (con una excepción) se cumplieron, tal y como esperaban.

Equipo	6
Conclusiones	<p>Las reacciones químicas son procesos importantes, tanto desde el punto de vista natural (el desarrollo de la vida, los procesos biológicos, la respiración, etc.) como desde el punto de vista tecnológico-industrial de la humanidad (síntesis de productos y generación de energía). Su clasificación no solo ha logrado establecer sus diferencias a nivel académico ya que su estudio y aplicación permiten la identificación de sustancias, otorgándole un grado mayor de importancia para los procesos químicos.</p> <p>Existen distintos tipos de reacciones, las cuales son: reacción de óxido-reducción, de descomposición, sustitución y doble sustitución, entre otras. Todas éstas son diferentes y cumplen la misma función, la formación de uno o varias sustancias o compuestos nuevos.</p> <p>Pudimos comprobar que toda la teoría que estudiamos se cumple, ya que todas las reacciones según su tipo se comportaron como dicen los libros, lo cual nos permite reconocer y diferenciar bien los tipos de reacciones.</p> <p>Es importante mencionar que las reacciones se pueden clasificar:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Si son exotérmicas o endotérmicas, considera si en el proceso el sistema libera o absorbe calor. • Según su comportamiento químico (redox, ácido – base, precipitación, formación de compuestos de coordinación) • por la naturaleza de la reacción (Síntesis, descomposición, desplazamiento simple y doble) <p>En las reacciones que propusimos también las propusimos tomando en cuenta estas clasificaciones. De modo que de las 3 clasificaciones hicimos reacciones.</p>
--	---

Figura 4.6.6 Conclusiones reportadas por el equipo 6 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 6 comienza por destacar la relevancia de la reacción química en diversos ámbitos. Después, enlista las categorías en que, para su estudio, la literatura especializada clasifica a las reacciones. Sus integrantes terminan por afirmar que, efectivamente, fueron capaces de llevar a cabo reacciones de cada clasificación que encontraron.

Equipo	7
Conclusiones	La gran mayoría de las predicciones se cumplieron, sí se observaron los cambios que se esperaban, nos dimos cuenta de que en la vida diaria podemos estar haciendo muchas reacciones como cualquier mezcla de componentes, y formar nuevas sustancias, como, por ejemplo, al cocinar o simplemente dejar una manzana partida a la intemperie. Próximamente frecuentamos más las reacciones químicas y por eso es importante saber los tipos y las reacciones que hay ya que puede ser violenta o no.

Figura 4.6.7 Conclusiones reportadas por el equipo 7 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 7 confiere importancia al hecho de que la reacción química esté presente en eventos cotidianos. Detiene ahí su análisis, pues no presenta más elementos para clasificarlas, mecanismos para modelar su comportamiento o detectarlas.

Equipo	8
Conclusiones	<p>En síntesis podemos decir que las reacciones químicas son de suma importancia ya que son fenómenos que vemos a diario en nuestra vida y son la base de la realización de las funciones vitales y las demás actividades del hombre o cualquier otro ser vivo. Además todas las sustancias que usamos o usan los demás seres vivos fueron producto de reacciones químicas.</p> <p>Como fue de esperar pudimos comprobar que toda la teoría que sabíamos y estudiamos, se cumple en la vida, ya que todas las reacciones según su tipo se comportaron como dicen los libros y las personas que conocen el tema, lo cual nos ha permitido reconocer y diferenciar bien los tipos de reacciones químicas.</p>

Figura 4.6.8 Conclusiones reportadas por el equipo 8 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

El equipo 8 también decide destacar la presencia e importancia de las reacciones químicas en eventos cotidianos. Destacan también la concordancia existen entre las descripciones que encontraron en la literatura y su evidencia en el laboratorio al llevar a cabo algunas reacciones.

Equipo	9
Conclusiones	<p>Toda reacción se produce de tener reactivos a los cuales se les hace un procesamiento experimental para obtener productos. Pero este tipo de reacciones resultan de modelos teóricos que se formaron de ir clasificando cada reacción parecida.</p>

Figura 4.6.9 Conclusiones reportadas por el equipo 9 luego de ejecutar las reacciones químicas que propusieron para solucionar las situaciones problemáticas a las que se enfrentaron.

Los integrantes del equipo 9 finalizan la práctica clasificando en dos categorías claras las sustancias que participan en una reacción química: reactivos y productos. Aciertan, además, al mencionar que las reacciones químicas pueden ser clasificadas a partir de los modelos teóricos con que se cuenta.

Cada equipo de trabajo resalta elementos diferentes en sus conclusiones; sin embargo, existen algunos puntos en común que permiten distinguir qué fue lo que más llamó la atención de los alumnos al estudiar las reacciones químicas, pues es en aquellos aspectos que destacan, en donde han identificado algún elemento que consideraron adecuado para ser incorporado a su conocimiento respecto al tema.

Así, un paso fundamental es que los alumnos consideren relevante el hecho de que sea posible encontrar reacciones químicas en eventos cotidianos (equipo 9, equipo 8, equipo 7, equipo 6). El equipo 8 afirma que esas reacciones son descritas de manera adecuada en la literatura especializada, y que, a partir de esas descripciones, fueron capaces de establecer predicciones en el laboratorio. También el equipo 5 destaca la importancia que representa la habilidad de predecir adecuadamente el comportamiento que tendrá un sistema químico.

Adicionalmente, y luego de varias actividades cimentadas en este criterio, el equipo 1 y el equipo 3 hacen referencia de los fenómenos de orden macroscópico como evidencia principal para identificar cuando una transformación química se ha llevado a cabo. El equipo 4 va un paso más allá al afirmar que las reacciones químicas se producen bajo “condiciones específicas” y que alterar esas condiciones, alterará también el resultado de la reacción que se efectúa. La síntesis total de este apartado lo aporta el equipo 9, pues asegura que existen “modelos teóricos” que permiten describir el comportamiento que tendrá una reacción química.

4.7 Respuestas

Como es natural suponer, las respuestas que se presentan en ese apartado guardan una profunda relación con las preguntas que cada equipo de trabajo enunció al dar inicio a la actividad. Más allá de esta asociación simplista, repasar las respuestas proporcionadas servirá para recordar aquello que motivó a cada equipo de trabajo a iniciar su investigación, luego de ser enfrentados a las situaciones problemáticas que aparecen en el Apéndice B. En este apartado se

centrará la atención en los diversos estilos de respuesta que los alumnos reportaron, así como en el contenido conceptual de la propia respuesta. Pues la gran variedad de preguntas derivó en un amplio repertorio de estilos de respuesta. De manera que hay algunos equipos que formulan un enunciado, al tiempo que otros ofrecen una clasificación. Los intentos de los alumnos por explicar la pregunta con la que iniciaron en esta investigación se presentan a continuación en la siguiente serie de figuras.

Equipo	1
Respuesta	Al agregar ácido clorhídrico se hizo reaccionar la sustancia desconocida y con base al carácter de sus productos se pudo identificar. Al hacer reaccionar las sustancias elegidas ya sea oxidándolas, agregándoles ácido, agregando calor para descomponerlas o agregando una base se pudieron apreciar los distintos tipos de reacción así como los cambios macroscópicos que ocurren en éstas.

Imagen 4.7.1 Respuesta del equipo 1 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

El equipo 1 asegura que es posible efectuar el tipo de reacción que se desee (de acuerdo a las clasificaciones que eligieron) si seleccionan las sustancias adecuadas y se les “hace reaccionar”. Su respuesta es un reflejo de la ya mencionada tendencia por clasificar los tipos de reacciones que efectuaron, sin embargo, no responde claramente a su pregunta de indagación.

Por otro lado, permanece en ella la concepción alternativa de que es posible efectuar una “adición” de calor al sistema con que trabajan.

Equipo	2
Respuesta	Logramos encontrar el procedimiento acertado para lograr una reacción en diferentes elementos y compuestos, así como también el procedimiento para lograr una síntesis, teniendo éxito en ambas.

Imagen 4.7.2 Respuesta del equipo 2 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

La respuesta del equipo 2 se centra en destacar el éxito obtenido en la ejecución de las reacciones que plantearon gracias a los procedimientos que

propusieron. Su enunciado es suficiente para responder a su pregunta de indagación; será necesario consultar los apartados anteriores para conocer la manera en que consiguieron hacerlo.

Equipo	3
Respuesta	<p>1. Las pruebas macroscópicas que nos permitieron determinar que efectivamente nuestras reacciones se llevaron a cabo fueron el cambio de coloración o el desprendimiento de un gas, o la formación de un precipitado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coloración: como en la reacción de neutralización, donde la fenolftaleína fue la que nos ayudó a observar mejor este fenómeno, mientras que en el indicador universal nos permitió asegurar que al hacer reaccionar Na con H₂O se obtiene una base. • Desprendimiento de un gas: como en la reacción de Zn con HCl o en la de Na con H₂O, en donde se observó un burbujeo y que podría ser prueba del desprendimiento de H₂. • Formación de un precipitado: En la reacción de CuSO₄ con NH₄OH, en donde pudimos observar que se formó una sustancia insoluble en agua que es el Cu(OH)₂. <p>2. Al seguir el procedimiento experimental planteado logramos determinar que la sustancia problema que teníamos era CuSO₄, ya que al realizarle las pruebas planteadas obtuvimos lo que habíamos predicho y que con certeza nos ayuda a asegurar que el CuSO₄ era la sustancia que buscábamos determinar.</p> <p>3. Al seguir el procedimiento experimental antes propuesto logramos obtener una muestra del polímero que deseábamos y que cumplía con las características de nuestras predicciones.</p>

Imagen 4.7.3 Respuesta del equipo 3 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

El equipo 3 proporciona la respuesta de cada una de las preguntas que formularon originalmente. Responden adecuadamente a cada una de ellas, pues hacen referencia a las evidencias de orden macroscópico que les permiten concluir que las reacciones que propusieron se llevaron a cabo; aseguran que el procedimiento experimental que diseñaron les permitió identificar la sustancia problema; y afirman que consiguieron sintetizar el polímero que seleccionaron.

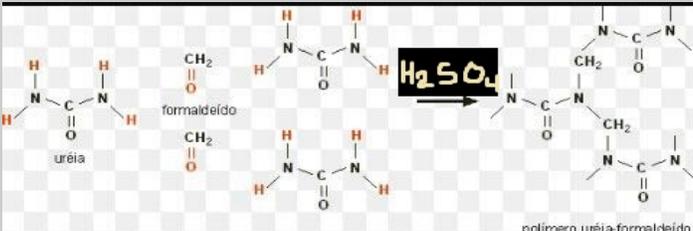
Equipo	4
Respuesta	<p>1: Reacción de descomposición</p> $\text{CuCO}_3 (\text{s}) \longrightarrow \text{CuO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g}) \uparrow$ <p>cambió de color azul a negro</p> <p>Reacción de neutralización y ácido-base:</p> $\text{HCl} (\text{ac}) + \text{NaOH} (\text{ac}) \longrightarrow \text{NaCl} (\text{ac}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ <p>Disolución con pH neutro</p> <p>Reacción de Óxido-Reducción y Desplazamiento simple:</p> $2\text{HCl} (\text{ac}) + \text{Zn} (\text{s}) \longrightarrow \text{ZnCl}_2 (\text{ac}) + \text{H}_2 (\text{g})$ <p>Burbujea la muestra, se desprende gas H (g)</p> <p>Reacción de síntesis:</p>  <p>Formación de sólido de color blanco</p> <p>2*: Reacción de doble desplazamiento:</p> $\text{CuSO}_4 (\text{ac}) + \text{NaOH} (\text{ac}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{s}) + \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{ac})$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{ac}) \xrightarrow{\text{energía}} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Se tenía CuSO₄</p>

Imagen 4.7.4 Respuesta del equipo 4 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

El equipo 4 responde adecuadamente las preguntas que enunció al presentar un listado de las reacciones que propusieron, así como de las evidencias de orden macroscópico que obtuvieron al llevarlas a cabo. Del mismo modo, presentan la reacción que les permitió identificar la sustancia desconocida.

Equipo	5
Respuesta	Sí se pudo desarrollar un procedimiento experimental para poder demostrar y observar las reacciones sujetas a análisis

Imagen 4.7.5 Respuesta del equipo 5 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

La respuesta del equipo 5 es adecuada en cuanto a la pregunta de indagación que propusieron originalmente. El procedimiento experimental al que apelan se encuentra en el diagrama heurístico que elaboraron a manera de reporte de la práctica.

Equipo	6
Respuesta	<p>Con esta práctica podemos afirmar que ocurre una reacción química al observarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Desprendimiento de gas -Cambio de coloración -Liberación o absorción de calor -Precipitación <p>Para poder saber qué productos tendrá una reacción, es necesario conocer las propiedades químicas y los tipos de reacciones que existen, por esa razón pudimos saber que la sustancia problema que nos dieron fue CaCl_2, ya que sometimos a 3 diferentes reacciones la muestra suponiendo que se trataba de las otras 2 sustancias y sólo con la sosa reaccionó, por lo que pudimos concluir teníamos CaCl_2.</p>

Imagen 4.7.6 Respuesta del equipo 6 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

El equipo 6 no responde a la primera de las preguntas propuestas para conducir esta investigación, sin embargo, ofrecen un listado de fenómenos de orden macroscópico que les permitirán reconocer que una reacción química se está llevando a cabo. Por otro lado, sus integrantes responden adecuadamente la segunda pregunta al mencionar el procedimiento que siguieron para identificar la sustancia que les fue entregada.

Equipo	7
Respuesta	Se elaboraron diferentes tipos de reacciones químicas para apreciar los diferentes cambios que se producen al efectuar cada una, por ejemplo, una reacción parecía que nunca reaccionó, valga la redundancia, porque macroscópicamente se veía exactamente igual, en otras se veía cómo cambiaban las sustancias, poco a poco, de color y en la reacción exotérmica se apreciaba el desprendimiento de un gas. Para que esto ocurra influye el tipo de elementos que conforman a las sustancias, y sus tipos de interacciones, que les dan las diferentes propiedades físicas y químicas.

Imagen 4.7.7 Respuesta del equipo 7 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

Los integrantes del equipo 7 no consiguieron dar respuesta a las preguntas que plantearon, pues no mencionaron un método experimental para observar las diferencias que se producen en cada reacción ni describen los productos que obtuvieron; sin embargo, aciertan al mencionar que los productos que se obtienen de una reacción dependen del tipo de interacciones de las sustancias involucradas.

Equipo	8
Respuesta	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo sabemos si tenemos CuSO_4, CaCl_2 o $\text{Ba}(\text{OH})_2$? Si agregáramos hidróxido de amonio y la reacción se empezara a notar un precipitado azul claro tendríamos CuSO_4, si tuviéramos $\text{Ba}(\text{OH})_2$ agregaríamos HCl y mediríamos el pH que sería parcialmente neutro, ya si en ambas muestras no pasa eso es CaCl_2 • ¿Cómo identificar una sustancia mediante reacciones químicas? No podríamos identificar una sustancia a ciencia cierta pues hay muchas sustancias que reaccionan muy parecido, nada más con ver una reacción ahí si podrías saber qué tipo de reacción es, como ácido base con saber su pH o con indicador universal ver su color que para ser neutro sería amarillo, una reacción exotérmica libera energía y una endotérmica necesita energía para reaccionar, con solo verlo ya sabrás que reacción es.

Imagen 4.7.8 Respuesta del equipo 8 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

El equipo 8 responde adecuadamente a sus preguntas. En la primera, da las razones por las que consiguió identificar la sustancia que les fue entregada. En la segunda, intenta explicar por qué no es posible identificar una sustancia

mediante reacciones químicas, sin embargo, proporciona algunos ejemplos de fenómenos de orden macroscópico que les permitirán identificar cuando una ocurra.

Equipo	9
Respuesta	<ol style="list-style-type: none"> 1) El procedimiento experimental de acuerdo a cada “predicción” propuesta fue el correcto para poder hacer observable a nivel macroscópico la reacción y el producto de esta. 2) Cada reacción (causa) tuvo una característica diferente ya que no para toda causa existe un efecto igual porque hubo un método que seguir. 3) Sí hubo manera de explicar cada reacción de diferentes formas y fue por medio de un conjunto de conocimientos previos y ayuda de la intuición.

Imagen 4.7.9 Respuesta del equipo 9 a la pregunta de indagación planteada originalmente.

El equipo 9 responde a las diferentes preguntas que planteó. Asegura que las predicciones que elaboró para las reacciones propuestas fueron adecuadas, pues coincidieron con aquello que observaron al llevarlas a cabo. Por otro lado, concluye que no es posible realizar una descripción única del estado inicial o final del sistema que estudian, pues cada reacción procede de forma diferente.

Las respuestas generadas por los diferentes equipos de trabajo varían según la pregunta que cada uno de ellos generó al dar inicio a la indagación. El aspecto más destacable es que muchos equipos acertaron al identificar los fenómenos de orden macroscópico que les permitirán asegurar que una reacción química se está llevando a cabo (equipo 4, equipo 6, equipo 3). Los alumnos también destacan que han desarrollado su capacidad de diseñar un procedimiento experimental que les permitió identificar una sustancia desconocida (equipo 3, equipo 6, equipo 8).

Por otro lado, hay equipos que no respondieron adecuadamente a la pregunta que plantearon (equipo 7, equipo 6); se trata, quizás, de un reflejo de la incomprensión de la tarea que desarrollaron o del bajo nivel de compromiso con la actividad.

Una investigación que se realiza en una clase de laboratorio es una actividad compleja, que requiere que el alumno y el docente posean un amplio dominio en una gran variedad de habilidades: de comunicación, de diseño, de pensamiento abstracto, así como del contenido disciplinar concerniente a la investigación que se realiza. Este conjunto de habilidades serán puestos en práctica en una serie de actividades de diversa naturaleza, como son: el diseño del procedimiento experimental que van a utilizar, la elaboración de predicciones respecto al comportamiento del sistema que están estudiando y describir el resultado de las actividades planeadas para comparar los resultados obtenidos con los conocimientos con que se contaba al comenzar con la investigación y compartirlos con el resto de sus compañeros.

A fin de entregar la evidencia completa de una investigación de esta naturaleza, se proporciona en el Apéndice E el diagrama heurístico elaborado por uno de los Equipos de trabajo, mismo que fue entregado como reporte de todas las actividades realizadas en clase.

4.8 Herramienta de Evaluación

En este apartado se presentan los enunciados que los alumnos formularon para dar respuesta a 6 cuestionamientos que constituyen la herramienta de evaluación utilizada para medir el grado de desarrollo del monitoreo del propio conocimiento, toda vez que éste es uno de los principales elementos del meta-aprendizaje. Estas preguntas guardan una profunda relación con la estructura del diagrama heurístico y la intención es que permitan al alumno enunciar los elementos conceptuales de los que hicieron uso para superar las situaciones problemáticas de la práctica y describir las relaciones que dichos elementos guardan con el aprendizaje que adquirieron mediante la resolución de las situaciones problemáticas propuestas.

Este cuestionario se implementó en la última clase del curso. Su diseño obedece a la intención de conocer las ideas y razones que guiaron a los alumnos en la manera que eligieron en su intento de dar respuesta a las situaciones

problemáticas a las que se enfrentaron. Está compuesto por seis preguntas orientadas a la reflexión en cuanto a los contenidos epistémicos de los que los alumnos hicieron uso, así como de su aplicación a nivel práctico, esto es, su relevancia en el ámbito experimental. Las respuestas de los alumnos se presentan en la siguiente serie de figuras.

Pregunta	¿Cuáles son los conceptos que utilizaste para desarrollar esta práctica?
Equipo	Respuesta
1	Reacción, Tipos de Reacción, Síntesis, Descomposición, Sustitución simple, doble sustitución, REDOX.
	Reacción química, síntesis, solubilidad, ácido, base, combustión oxidación, desplazamiento químico, reacción exotérmica, reacción endotérmica, compuestos de coordinación
2	a) Que una reacción es un cambio químico. b) Es un proceso en el cual una sustancia cambia para formar una o más sustancias nuevas. c) Una reacción química es considerada como una modificación en la cual la sustancia varía su apariencia o propiedad pero mantiene su identidad.
	Reacción de combustión, reacción de combinación (síntesis), reacción de descomposición, reacción sustitución única, reacción de doble sustitución, reacciones de metales, solubilidad para compuestos iónicos.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Reacción química • Identificación de reacciones químicas • Clasificación de las reacciones: síntesis, descomposición, sustitución, doble sustitución, neutralización <ul style="list-style-type: none"> • Entalpía • Estados de agregación: sólido, gaseoso, líquido, acuoso (propiedades y características diferentes)
	Reacción química: es un cambio que modifica la composición química de las sustancias, para formar sustancias de composición diferente. Toda reacción química tiene dos etapas: <ul style="list-style-type: none"> • La inicial (llamado reactantes), antes del cambio • La final (llamado productos), después del cambio Las reacciones químicas pueden clasificarse según: <ol style="list-style-type: none"> 1.- Cambios Energéticos. Reacciones exotérmicas Reacciones endotérmicas. 2.-Comportamiento Químico Oxidoreducción

	<p>Ácido-base Precipitación Formación de compuestos de coordinación</p> <p>3.- Naturaleza De La Reacción Síntesis Descomposición Desplazamiento simple Doble desplazamiento o metátesis</p> <p>Ácido: es aquella sustancia que en disolución acusa libera iones H^+ Base: es aquella sustancia que en disolución acusa acepta iones H^+ Neutralización: reacción entre una base y un ácido, que tiene como productos una sal y agua.</p> <p>Serie electromotriz: Clasificación según su capacidad de reacción de los metales frente a sustancias como oxígeno, ácidos y bases.</p> <p>Usos del Fenol-Formaldehído: Las resinas de fenol formaldehído son polímeros sintéticos obtenidos por la reacción de fenol o fenol sustituido con formaldehído. Otros nombres con los cuales se suele denominar a las resinas fenol formaldehído son: fenoplastos, resinas formofenólicas o simplemente resinas fenólicas. Las resinas fenólicas se utilizan principalmente en la producción de placas de circuitos. Son más conocidos sin embargo, para la producción de productos moldeados incluyendo bolas de billar, encimeras de laboratorio y como recubrimientos y adhesivos.</p>
4	<p>¿Qué es una reacción química? , tipos de Reacción química, balanceo de ecuaciones, ácidos y bases,</p> <p>Se dice que ocurre una reacción química cuando unas sustancias iniciales se transforman en otras que tienen diferentes propiedades físicas y químicas. Evidencias macroscópicas de que ocurrió una reacción química: cuando en las sustancias iniciales ocurre un cambio de color, cambio de energía, desprendimiento de gas, formación de precipitado.</p> <p>Reacción de neutralización: un ácido se une a una base y se forma una sal y agua, existiendo una transferencia de protones.</p> <p>Reacciones ácido-base: ácido es un donador de iones hidrógeno o protones mientras una base es un aceptor de protones</p> <p>Reacciones de óxido-reducción: son aquellas en las que cambia el número de oxidación de por lo menos dos átomos de los que participan en la reacción.</p> <p>Reacciones de doble desplazamiento: se lleva a cabo por lo regular en dos compuestos iónicos disueltos en agua donde cada uno de los cationes intercambian posición con el otro.</p> <p>Reacción de descomposición: se da cuando una sustancia produce dos o más sustancias más simples</p> <p>Reacciones de síntesis: cuando dos o más sustancias se combinan para formar un solo compuesto.</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> • Reacción química <ul style="list-style-type: none"> • Síntesis • Descomposición • Sustitución simple o doble <ul style="list-style-type: none"> • Redox
6	<ul style="list-style-type: none"> • Reacción química. Hay cambios químicos en la composición de la sustancia,

de manera que no se obtienen las sustancias originales.

- Reactivos, productos.
- Simbología en reacciones químicas.
 - Solubilidad.
 - Reactividad.

Reacciones químicas

Proceso en el que una o más sustancias —los reactivos— se transforman en otras sustancias diferentes —los productos de la reacción.

Los productos obtenidos a partir de ciertos tipos de reactivos dependen de las condiciones bajo las que se da la reacción química. No obstante, tras un estudio cuidadoso se comprueba que, aunque los productos pueden variar según cambien las condiciones, determinadas cantidades permanecen constantes en cualquier reacción química. Estas cantidades constantes, las magnitudes conservadas, incluyen el número de cada tipo de átomo presente, la carga eléctrica y la masa total.

La importancia de dichas reacciones es notoria en muchos aspectos de la vida diaria en fenómenos tales como explosiones; procesos vitales tales como alimentación, respiración etc. Todas las sustancias que a diario utilizamos son o fueron producto de reacciones químicas.

Reactivos y productos

Los reactantes son las sustancias involucradas al inicio de la reacción y los productos son las sustancias que resultan de la transformación. En una ecuación química que describe una reacción, los reactantes, representados por sus fórmulas o símbolos, se ubican a la izquierda de una flecha; y posterior a la flecha, se escriben los productos, igualmente simbolizados. En una ecuación se puede indicar los estados físicos de las sustancias involucradas de la manera siguiente: (s) para sólido, (l) para líquido, (g) para gaseoso y (ac) para soluciones acuosas.

Propiedades químicas

Se refiere a aquellas particularidades que llevan a una determinada materia a modificar su composición. De este modo, las propiedades químicas hacen que una materia reaccione en ciertas condiciones o frente a determinados reactivos.

Simbología de las reacciones químicas

(s) SÓLIDO

(l) LÍQUIDO

(g) GAS

(ac) (aq) DISOLUCIÓN ACUOSA

h.v LUZ

(+) AÑADIDO (SE COLOCA ENTRE LAS SUSTANCIAS)

() CALOR

() REACCIÓN EN UN SOLO SENTIDO

() REACCIÓN REVERSIBLE

PRECIPITACIÓN

DESPRENDIMIENTO

Evidencias macroscópicas de las reacciones

Cuando las propiedades químicas de los materiales se conservan, decimos que ha ocurrido un cambio físico. Cuando hay una transformación de las propiedades químicas de los materiales decimos que ha ocurrido un cambio químico.

Reacciones químicas

Proceso en el que una o más sustancias se transforman en otras sustancias

	<p>diferentes, los productos de la reacción.</p> <p>Los productos obtenidos a partir de ciertos tipos de reactivos dependen de las condiciones bajo las que se da la reacción química. No obstante, tras un estudio cuidadoso se comprueba que, aunque los productos pueden variar según cambien las condiciones, determinadas cantidades permanecen constantes en cualquier reacción química. La importancia de dichas reacciones es notoria en muchos aspectos de la vida diaria en fenómenos tales como explosiones; procesos vitales tales como alimentación y la respiración. Todas las sustancias que a diario utilizamos son o fueron producto de reacciones químicas.</p> <p>Reactivos y productos</p> <p>Los reactantes son las sustancias involucradas al inicio de la reacción y los productos son las sustancias que resultan de la transformación. En una ecuación química que describe una reacción, los reactantes, representados por sus fórmulas o símbolos, se ubican a la izquierda de una flecha; y posterior a la flecha, se escriben los productos, igualmente simbolizados. En una ecuación se puede indicar los estados físicos de las sustancias involucradas de la manera siguiente: (s) para sólido, (l) para líquido, (g) para gaseoso y (ac) para soluciones acuosas.</p> <p>Propiedades químicas</p> <p>Se refiere a aquellas particularidades que llevan a una determinada materia a modificar su composición. De este modo, las propiedades químicas hacen que una materia reaccione en ciertas condiciones o frente a determinados reactivos.</p> <p>Simbología de las reacciones químicas</p> <p>(s) SÓLIDO (l) LÍQUIDO (g) GAS (ac) (aq) DISOLUCIÓN ACUOSA h.v LUZ (+) AÑADIDO (SE COLOCA ENTRE LAS SUSTANCIAS) (Δ) CALOR (→) REACCIÓN EN UN SOLO SENTIDO (↔) REACCIÓN REVERSIBLE ↓ PRECIPITACIÓN ↑ DESPRENDIMIENTO</p>
7	<p>Reacción - Es la transformación de una o más sustancias en otras distintas. Se representa por una ecuación química.</p> <p>Tipo de reacciones</p> <p>Síntesis – De dos componentes se forma 1 Descomposición – de un solo componente se forman 2 Sustitución simple – uno átomo de un componente es remplazado por otro al dar el producto Sustitución doble – dos átomos de un compuesto son remplazados por otros para dar un producto</p> <p>Precipitación - ocurren en un medio líquido y en las que uno de los productos es insoluble (precipitado).</p> <p>Ácido – base - son reacciones de neutralización. Se forma una sal y agua. Óxido – reducción (Redox) - hay un cambio en el número de oxidación de las especies, una de ellas aumenta su número mientras otra lo disminuye. Formación de complejos: el producto es una sustancia compleja llamada también</p>

	<p>compuesto de coordinación o complejo.</p> <p>Reacción química: Proceso en el cual una o algunas sustancia/s cambia/n para formar otra u otras distintas.</p> <p>- Tipos de reacciones químicas por:</p> <p>Naturaleza: Síntesis, adición, descomposición, sustitución simple, Sustitución doble, Neutralización.</p> <p>Energía: Endotérmica, Exotérmicas.</p> <p>Comportamiento químico: Óxido reducción/ ácido-base, precipitación</p> <p>- Actividad de los metales</p> <p>- Solubilidad de los compuestos iónicos en agua</p>
8	<p>-Reacción química</p> <p>-Catalizador</p> <p>-Tipos de reacción: descomposición, precipitado, rédox, neutralización exotérmica, endotérmica, sustitución</p>
9	<p>Qué es una reacción química, tipos de reacción química, como se identifican o son sus procedimientos.</p> <p>a) Reacción química: cuando tenemos un reactivo(s) los cuales van a reaccionar por medio de diferentes procedimientos para llegar a un producto deseado.</p> <p>b) Solubilidad en compuestos iónicos: cantidad máxima de masa de un soluto (en este caso iónico) en un disolvente (el cual será agua).</p> <p>c) Serie de metales: que ayuda a determinar cuál es el más reactivo y "desplazante" al menos reactivo.</p> <p>d) Reacciones de sustitución, desplazamiento, exotérmicas, entre otras: las cuales nos ayudarán a identificar el tipo de reacción que se lleva a cabo con ayuda de los conceptos anteriores y determinar el producto con dichas características.</p>

Figura 4.8.1 Respuestas que los alumnos proporcionaron para la primera pregunta de la herramienta de evaluación.

Las respuestas de todos los equipos coinciden en dos elementos: todas consideran la "reacción química" como el concepto fundamental para el exitoso desarrollo de la práctica. Adicionalmente, y manteniendo la misma línea de lo mostrado en los otros apartados pertenecientes a los resultados, los alumnos consideran los criterios de clasificación de las reacciones como el segundo elemento más importante para el desarrollo de esta sesión experimental.

Otros conceptos que los alumnos mencionaron, por considerarlos necesarios para el trabajo experimental que aconteció en esta práctica, son las condiciones específicas bajo las que una reacción puede ocurrir, y como su alteración, repercute también en el producto que se obtiene (equipo 6). También el

equipo 6 despliega el catálogo de los símbolos que se utilizan con mayor frecuencia al escribir ecuaciones químicas.

Otro elemento interesante es el que aportan los integrantes del equipo 4, quienes hacen mención de los fenómenos de orden macroscópico como evidencia fundamental para reconocer la presencia de una reacción química.

En su respuesta, uno de los integrantes del equipo 2 construye una explicación en la que se nota la clara presencia de la concepción alternativa del tipo de *Modificación*, pues asegura que " Una reacción química es considerada como una modificación en la cual la sustancia varía su apariencia o propiedad pero mantiene su identidad"; por el contrario, la explicación construida por uno de los integrantes del equipo 6 acierta al afirmar que en una reacción química, "los reactivos se transforman en sustancias diferentes". Este elemento de reconocimiento fundamental del fenómeno que se estudia es el que permite trazar la ruta deseada hacia la adquisición de aprendizaje. Seguramente, al comparar los resultados de esta investigación con el resto de sus compañeros, iniciará en el alumno del equipo 2 el proceso de cambio conceptual.

Pregunta	¿Cuáles son los fenómenos y situaciones que pueden ser explicados mediante los conceptos que utilizaste en esta práctica?
Equipo	Respuesta
1	<p>Todo puede ser explicado en base a los conceptos, ya que cada uno de los experimentos realizados en la práctica pertenecía a un concepto de los anteriormente mencionados como por ejemplo:</p> $CuCO_3 - \Delta \rightarrow CuO + CO_2$ <p>Que es una reacción de descomposición y es de este tipo porque es una sustancia que al agregarle calor se descompone en 2 sustancias nuevas.</p>
	<p>La respiración del ser humano. En la práctica, la liberación de hidrógeno en la práctica de HCl. El calentamiento de las sustancias y de los tubos de ensayo luego de la reacción. La formación de sustancias complejas como el $[Cu(NH_3)_4]SO_4$. La reacción de oxidación del sodio con el oxígeno ambiental</p>
2	<p>Los fenómenos serían: Cómo y cuándo es que un compuesto logra una reacción, teniendo en cuenta que tipo de solubilidad tiene, que tipo de compuesto es. Así como que tipo de reacción logramos sabiendo sus clasificaciones de reacciones.</p>

	<p>En las reacciones de precipitación al mezclar dos disoluciones acuosas se espera una solución acuosa y un sólido.</p> <p>Las reacciones ácido- base, como lo dice el nombre al agregar un ácido y una base se espera que se neutralice esto quiere decir que el producto de la reacción sea agua (líquido) y una sal en disolución acuosa.</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> • Correcto funcionamiento de los medicamentos <ul style="list-style-type: none"> • Producción de polímeros sintéticos • Refinación de minerales
	<p>Desprendimiento de gas hidrógeno nos muestra la facilidad que poseen algunos metales como el Na y el Zn para desplazarlo de algunas sustancias como el agua y el ácido respectivamente.</p> <p>El cambio de color de los indicadores ácido-base al llevar a cabo una reacción de neutralización.</p> <p>La aparición de precipitados al producirse sustancias poco solubles en agua.</p>
4	<p>Reacciones químicas como: ácido-base, oxido- reducción, evidencias macroscópicas de que hubo una reacción.</p>
	<p>Cuando se deja algún objeto de metal (mesa, herramienta, tubería, etc.) al aire libre y después de un tiempo se empieza a formar un polvo marrón encima de él.</p> <p>En la industria para la formación de polímeros.</p> <p>Cosméticos, pinturas, plásticos, medicamentos, aditivos para alimentos, fertilizantes etc. para obtener estos productos han sido necesarios sinnúmero de procesos que involucran transformaciones de unas sustancias en otras.</p> <p>Además las reacciones químicas suceden espontáneamente en el mundo que nos rodea.</p>
5	<p>Hay varios, pero pusimos dos como ejemplo:</p> <p>Con esta información pudimos entender y estudiar muchos fenómenos de la vida diaria.</p> <p>La Química siempre está con nosotros y atrás de cada producto, compuesto, etc. siempre va a haber un químico atrás de esos procesos (diseñándolos y mejorándolos).</p> <p>La comprensión de la reacción química es fundamental. ya que es el ladrillo base de estudio de esta ciencia (se basa en la interacción entre átomos)</p>
6	<p>Puedes entender qué sustancias de pueden obtener al reaccionarlas, es decir, su comportamiento. Como en la fabricación de polímeros; plásticos y adhesivos, medicamentos y otros procesos industriales</p>
	<p>Las reacciones químicas son procesos importantes, tanto desde el punto de vista natural (el desarrollo de la vida, los procesos biológicos, la respiración, etc.) como desde el punto de vista tecnológico-industrial de la humanidad (síntesis de productos y generación de energía). Su clasificación no solo ha logrado establecer sus diferencias a nivel académico ya que su estudio y aplicación permiten la identificación de sustancias, otorgándole un grado mayor de importancia para los procedimientos químicos.</p>
	<p>Procesos industriales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las productoras de combustibles como pemex <ul style="list-style-type: none"> • Las incineradoras • Craking del petróleo. • Combustión de la gasolina.

7	<p style="text-align: center;">Combustión</p> <p style="text-align: center;">$\text{Combustible} + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{energía}$</p>
	<p>Identificación de las sustancias, de acuerdo a su comportamiento con otras o en condiciones determinadas, las reacciones químicas nos permiten observar los cambios que sufre al interactuar con otra. Algunas propiedades que se pueden distinguir es que hay sustancias que no son solubles en agua y metales que son más activos que otros. Son indispensables en la industria para sintetizar productos de gran uso.</p>
8	<p>Todos aquellos cambios que impliquen un cambio en la estructura de los compuestos, como la oxidación de un clavo, cambió físicamente pero también en la estructura, porque hubo una reacción química.</p>
9	<p>Ver los cambios químicos que se presentan en los experimentos que se hicieron con base a lo que se investigó.</p>
	<p>a) Fenómenos con los conceptos: Reacciones con sustancias proporcionadas a base de predicciones y experimentación para la observación del cumplimiento de esas predicciones o hipótesis, ya que ocurre una reacción química, el balanceo de dicha reacción, si es soluble o un metal los cuales provocan que el producto sea diferente en cada caso.</p> <p>b) Situaciones de los conceptos: Al igual que los fenómenos que pueden ser predichos porque ya se tiene una idea previa de lo que podría pasar, podrían ocurrir una clase de eventos en donde las predicciones no se cumplen debido a que hubo en el proceso la intervención de otros elementos que afectaran a mi producto.</p>

Figura 4.8.2 Respuestas que los alumnos proporcionaron para la segunda pregunta de la herramienta de evaluación.

Muchos de los Equipos de trabajo consideraron oportuno mencionar algunas de los ámbitos en los que, con frecuencia, intervienen reacciones químicas. Tal es el caso del equipo 4, equipo 6, equipo 7. Sin embargo, la lista de aplicaciones de las reacciones químicas es mucho más extensa.

El tipo de respuesta deseada se asemeja a la propuesta por el equipo 8, pues afirman que, con ayuda de los conceptos que señalaron en la respuesta anterior, podrán estudiar todos aquellos procesos que impliquen un cambio en la estructura de las sustancias involucradas. Esta respuesta guarda relación con la que propuso el equipo 1; en ella, proponen, a manera de ejemplo, una ecuación química y señalan que se trata de un proceso en el cual se obtienen sustancias nuevas. Lamentablemente, ninguno de estos equipos profundiza respecto a la manera en que se desarrollan estos procesos; sin embargo, podemos aprovechar la respuesta del equipo 9 para completarla, toda vez que sus integrantes aseguran

que será necesario realizar predicciones respecto al comportamiento del sistema que estudian. El equipo 7 va más allá e incluso aborda la importancia de las condiciones a las que se conduce una reacción y la influencia que éstas tendrán sobre el producto que se obtenga. El equipo 5 no menciona nada de esto; sin embargo, llegan a la consecuencia deseada de esta línea de pensamiento: diseñar y mejorar procesos en donde intervienen las reacciones químicas.

Pregunta	¿Cuáles son los procedimientos experimentales que permiten comprender los conceptos necesarios para el desarrollo de tu pregunta de indagación?
Equipo	Respuesta
1	<p>Pues yo creo que en este caso sería al revés, mi pregunta me ayudaría a tener conceptos para mi desarrollo experimental entonces creo que esta pregunta en mi opinión está un poco mal planteada ya que siempre la pregunta de indagación nos permite llegar a los conceptos con los cuales llevaremos a cabo un proceso experimental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidar Na en una cucharilla de combustión para comprender la síntesis del Na₂O • Reaccionar HCl y CuSO₄ para apreciar el doble desplazamiento y una molécula compleja • Reaccionar HCl y Zn para entender las reacciones exotérmicas <p>Descomponer CuCO₃ para entender la separación de una sustancias y las sustancias que la forman</p>
2	<p>En un tubo de ensayo agregar una pequeña cantidad de Zinc sólido, agregar ácido clorhídrico (2mL). $2HCl(ac) + Zn(s) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$</p> <p>En una cucharilla de combustión colocar azufre, encender el mechero bunsen y calentar el azufre. $S_8(s) + 8Zn(s) \rightarrow 8ZnS$</p> <p>Colocar 1mL de hidróxido de sodio en un tubo de ensayo, y agregar un 1 mL de ácido clorhídrico. $HCl(ac) + NaOH(ac) \rightarrow H_2O(l) + NaCl(ac)$</p> <p>En un tubo de ensayo agregar 1mL nitrato de plata y 1mL de ácido clorhídrico. $AgNO_3(ac) + NaCl(ac) \rightarrow HNO_3(ac) + AgCl(s)$</p> <p>En un tubo de ensayo se agregara cloruro de calcio (sólido) y 1 mL de agua destilada. Se podrá comprobar que se tenía cloruro de calcio debido a que si es soluble en agua y por ser una sal, está deberá conducir la corriente en disolución.</p>

	<p>En un tubo de ensayo agregar 2g de fenol, se colocan 0.6 mL de ácido acético glacial, se mezcla con una varilla de vidrio. Se añaden 0.6 mL de formaldehído y se mezcla bien. Con una pipeta Pasteur se añade lentamente y mezclando 1mL de ácido clorhídrico concentrado. Se continúa agitando en la campana.</p> <p>Comprender cada reactivo que se va a usar, así como el estado de agregación en que se va a querer, en el caso de un ácido la concentración en que estará, los materiales necesarios</p>
<p>3</p>	<p>Realizar reacciones químicas de diferentes tipos y determinar los compuestos que se oxidan, se reducen y así poder clasificar las reacciones químicas en base al tipo de reacción</p> <p style="text-align: center;">Ácido-Base (neutralización) $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$</p> <p style="text-align: center;">Formación de compuestos de coordinación $\text{CuSO}_4 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p style="text-align: center;">Síntesis $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$</p> <p style="text-align: center;">óxido-reducción (sustitución simple) $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$</p> <p>Para responder a nuestra pregunta previamente planteamos algunas reacciones que abarcaran en gran medida todas las clasificaciones elaboradas en nuestra investigación previa:</p> <p style="text-align: center;">$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$</p> <p>También planteamos unas reacciones que nos permitirían identificar una sustancia problema:</p> <p style="text-align: center;">$\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{CaCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Y también realizamos un diseño experimental para la síntesis del fenol-formaldehído.</p> <p>Es posible determinar que una reacción química se llevó a cabo mediante pruebas macroscópicas que nos permiten dar explicación a lo ocurrido, tales como el cambio de coloración, el desprendimiento de algún gas o la formación de precipitados. De igual manera mediante estas pruebas macroscópicas se puede determinar la presencia de una determinada sustancia. En el caso de la síntesis del fenol-formaldehído, la evidencia fue el cambio de color y la consistencia del producto, que es una resina.</p>
<p>4</p>	<p style="text-align: center;">*Para responder a esta pregunta, la alumna colocó el procedimiento experimental que se muestra en la Figura 3.4.4*</p> <p>Se colocara el CuCO_3 en el tubo de ensayo y se pondrá a calentar hasta que se vea un cambio de color de la sustancia ya que eso nos garantiza que ya ocurrió una reacción química.</p> <p style="text-align: center;">$\text{CuCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{CuO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g}) \wedge$</p> <p style="text-align: center;">Reacción de Óxido-Reducción y Desplazamiento simple:</p> <p>Se colocará una pequeña cantidad de Zn en un tubo de ensayo y se le agregará 1mL</p>

	<p>de HCl. $2\text{HCl (ac)} + \text{Zn (s)} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \text{ (ac)} + \text{H}_2 \text{ (g)}^{\wedge}$</p> <p>Reacción de Neutralización y Ácido-Base: Se agregará 0.5 mL de HCl a un tubo de ensayo con 0.5 mL de NaOH. Después se medirá el pH de la disolución con indicador universal. $\text{HCl (ac)} + \text{NaOH (ac)} \rightarrow \text{NaCl (ac)} + \text{H}_2\text{O (l)}$</p> <p>Reacción de síntesis: A 0.1g de Urea agregar 0.2mL de formaldehido colocar a la flama para aumentar la velocidad de reacción, agregar 1 gota de H_2SO_4</p>
5	<p>(1) $2\text{Na(s)} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH(ac)} + \text{H}_2$ (2) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O(s)} \xrightarrow{\text{calor}} \text{CuSO}_4\text{(s)} + 5\text{H}_2\text{O(l)}$ (3) $\text{NaOH(ac)} + \text{HCl(ac)} \rightarrow \text{NaCl(ac)} + \text{H}_2\text{O}$</p>
6	<p>Se deben conocer los tipos de reacciones existentes y al realizarlas se pueden observar: cambios de color, desprendimiento de gas, calentamiento, precipitación.</p> <p>Propusimos 5 reacciones basándonos en sus propiedades químicas; reglas de solubilidad, serie de actividad de los metales y las reacciones químicas fueron las siguientes:</p> <p>-Ácido- base $2\text{NaOH} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>-Óxido – reducción $4\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$</p> <p>-Descomposición $\text{CuCO}_3 \text{ (s)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)} + \text{CuO (s)}$</p> <p>-Sustitución $\text{Zn (s)} + 2\text{HCl (ac)} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \text{ (ac)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$</p> <p>-Precipitación $\text{CuSO}_4 \text{ (ac)} + 2\text{NaOH(ac)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ (ac)} + \text{Cu(OH)}_2 \text{ (s)}$</p> <p>Para conocer cuál era la sustancia problema dividimos la muestra en 3 partes, como sabemos que la sustancia podía ser CuSO_4, CaCl_2 o Ba(OH)_2 investigamos con qué sustancias y cómo reaccionarían.</p> <p>Suponiendo que se trataba de CuSO_4:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En el tubo de ensayo poner agua hasta que éste quede solubilizado y después colocarle una lámina de Zinc. 2. Esperar y observar si hay precipitación de cobre. <p>Suponiendo que se trataba de Ba(OH)_2 Disolverlo en agua, soplar con un popote a la disolución y observar si hay precipitación de BaCO_3</p> <p>Suponiendo que se trataba de CaCl_2 Disolver en agua, agregar NaOH a la disolución y observar si hay precipitado.</p> <p>- Se propusieron 5 reacciones basándose en sus propiedades químicas;</p>

	<p>reglas de solubilidad, serie de actividad de los metales y las reacciones químicas fueron las siguientes:</p> <p style="text-align: center;">-Ácido- base</p> <p style="text-align: center;">$2\text{NaOH} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Al agregar indicador universal en la sosa, esta se pintó de un azul muy fuerte después se le agrego gota a gota (1 a 2 gotas) HCl y cada gota iba pintando rosa al llegar a la mezcla, así nos dimos cuenta que efectivamente estaba sucediendo una reacción, al final agitamos para mezclar, la coloración se veía verde fuerte y el tubo de ensayo se calentó solo la parte que contenía la mezcla.</p> <p style="text-align: center;">- Óxido – reducción</p> <p style="text-align: center;">$4\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$</p> <p>Hubo un cambio de color y por esta razón afirmamos que hubo reacción. El sodio paso de un color gris a un color negro después de exponerlo a la flama y después de esperar un poco la capa negra se tornó blanca.</p> <p style="text-align: center;">- Descomposición</p> <p style="text-align: center;">$\text{CuCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{CuO}(\text{s})$</p> <p>El CuCO_3 era un polvo verde y al introducirlo a la flama del mechero, el color a la flama era verde con amarillo y el polvo cambió de color a negro.</p> <p style="text-align: center;">- Sustitución</p> <p style="text-align: center;">$\text{Zn} (\text{s}) + 2\text{HCl} (\text{ac}) \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{ac}) + \text{H}_2 (\text{g})$</p> <p>Al agregar HCl al instante se formó un burbujeo y también vimos desprendimiento de gas que se condensó en el tubo, ya que por dentro de éste había gotitas. Contemplamos que la reacción duró aproximadamente 1 minuto, ya que el burbujeo continuaba.</p> <p style="text-align: center;">- Precipitación</p> <p style="text-align: center;">$\text{CuSO}_4 (\text{ac}) + 2\text{NaOH}(\text{ac}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{ac}) + \text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{s})$</p> <p>Se solubilizo el $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y se agregó el NaOH, cuando agregamos éste, se formó un sólido amorfo azul, de una apariencia gelatinosa y que no se movía en el medio.</p>
7	<p>Llevar a cabo una reacción de cada tipo de reacciones que hay y observar las reacciones y los productos finales</p> <hr/> <p>Llevar a cabo tres reacciones químicas, donde cada una sea de más de un tipo distinto para apreciar más cambios en cada reacción a la vez.</p> <p style="text-align: center;">1. Neutralización / Doble sustitución / Ácido-Base</p> <p style="text-align: center;">$\text{HCl} (\text{ac}) + \text{NaOH} (\text{ac}) \rightarrow \text{NaCl} (\text{ac}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$</p>

	<p>2. Óxido reducción / Sustitución simple $\text{CuSO}_4 (\text{ac}) + \text{Zn} (\text{s}) \rightarrow \text{ZnSO}_4 (\text{ac}) + \text{Cu} (\text{s})$</p> <p>3. Exotérmica / Sustitución simple $2\text{HCl} (\text{ac}) + \text{Zn} (\text{s}) \rightarrow \text{ZnCl} (\text{ac}) + \text{H}_2 (\text{g}) + \Delta$</p> <p>De esta manera se tendrá una visión más general de cómo son los productos de cada tipo de reacción que se menciona anteriormente.</p>
8	<p>Aquellos que nos permitan corroborar prácticamente lo visto teóricamente como: La de neutralización, hecha con ácido y base, y para que fuera notorio el cambio agregar identificador universal antes de hacer la reacción a una de las sustancias. En la de descomposición de H_2O_2 aceleramos la reacción con una enzima de la sangre como catalizador, para obtener agua y oxígeno.</p>
9	<p>Hacer un diagrama de flujo o una propuesta experimental que nos ayude a pasar a paso con lo investigado ir siguiéndolos para que la propuesta dada sea obtenida y ver que se cumpliera lo que se quiso obtener.</p> <p>Pondré un ejemplo: Si tenemos un compuesto que es una sal de tipo iónica, soluble en agua y otro que simplemente es un elemento metálico (el cual es bastante reactivo de acuerdo a la serie de metales) entonces sabremos que si lo combinamos el metal desplazará al otro metal de la sal. Así, el concepto que estamos utilizando es la reacción de desplazamiento, respondiendo a la pregunta que tenga que ver con este tipo de reacción. Por otro lado, si en la reacción me dio como producto calor, luminosidad, entre otras, entonces estamos hablando de reacciones de tipo exotérmico, exoluminoso, etc. En general el experimento y sus productos me responden la pregunta utilizando conceptos previos.</p>

Figura 4.8.3 Respuestas que los alumnos proporcionaron para la tercera pregunta de la herramienta de evaluación.

La mayoría de los Equipos de trabajo reprodujo los procedimientos experimentales que propusieron para el desarrollo de la primera parte de la práctica. Algunos incluso agregaron las predicciones (equipo 1, equipo 2), o bien, los registros de aquello que observaron al conducir las reacciones que proponen (equipo 6).

El tipo de respuesta deseada se asemeja a la que propone el equipo 2, pues aseguran que el procedimiento experimental adecuado estará en función del tipo de reactivos con que se está trabajando. Esta respuesta se ve complementada por las aportaciones del equipo 6 y equipo 9, quienes destacan la importancia de las evidencias de orden macroscópico para comprobar que la reacción que propusieron se ha completado.

Sólo cuando los alumnos comprendan la naturaleza y las propiedades de las sustancias con que están trabajando, éstos serán capaces de diseñar un procedimiento experimental que entregue evidencias de orden macroscópico (pues son más aprehensibles en el contexto de un curso experimental) que les permitan soportar el procedimiento que han propuesto

Pregunta	¿Qué modificaciones harías a los procedimientos experimentales que propusiste, a fin de que la evidencia obtenida se pudiera observar de manera más clara?
Equipo	Respuesta
1	<p>Yo creo que ninguna, puesto que mis procedimientos experimentales fueron muy bien elaborados y tuve muchas pruebas macroscópicas para identificar las reacciones y también mis procedimientos fueron muy efectivos y rápidos de realizar, por lo cual no cambiaría nada, a menos que en la urea-formaldehído cambiara mi catalizador que era HCl (concentrado) por H₂SO₄(concentrado) para ver si con este reacciona más rápido o de diferente manera.</p> <p>Considero que en la parte de clasificación de reacciones el procedimiento es el indicado para observar lo obtenido y en la parte de identificar sustancias quizá el CaCl₂ intentar hacerlo reaccionar con NaOH para apreciar la formación de la sal y la cal</p>
2	<p>Yo no corregiría nada, ya que este procedimiento fue excelente, para lograr el propósito de esta práctica</p> <p>Cambiar la concentración del ácido clorhídrico en la reacción acido- base, debido a que el color no salió como se esperaba el cual debió de haber sido un tono ligeramente azul.</p>
3	<p>No realizaría ninguna modificación a los procedimientos experimentales, ya que hay suficientes evidencias macroscópicas de que hubo una reacción química.</p> <p>Cambio de indicador universal por fenolftaleína para identificar la presencia de una base en la reacción de Na con H₂O</p> <p>Atrapar el gas hidrógeno por desplazamiento de agua en un tubo de ensayo para posteriormente realizar una prueba de identificación como su explosividad.</p> <p>Obtención del precipitado por medio de una filtración. Realizar prueba a la flama e identificar el metal Cu.</p>
4	<p>Revisar mejor las situación que no nos dejó visualizar bien nuestra reacción de óxido-reducción, pondría menos Zn y más HCl o una concentración mayor de este.</p> <p>Hacer nuestras reacciones en tubos que no estén calientes.</p> <p>En la reacción de Óxido-Reducción y Desplazamiento simple especificaría que la cantidad de zinc tiene que ser muy pequeña a comparación de la del HCl</p> <p>En la reacción de Reacción de Neutralización y Ácido-Base también especificaría que la concentración de HCl y NaOH tiene que ser la misma para que la neutralización se lleve a cabo mas fácilmente.</p> <p>En la reacción de doble desplazamiento me aseguraría que todos los materiales estuvieran en las condiciones adecuadas por ejemplo el tubo de ensayo donde se</p>

	recibirá la muestra no este caliente por que eso puede generarnos otros resultados.
5	En la reacción (2) se hubiera podido ver de una mejor manera más la reacción si se hubiera calentado más lentamente, ya que el vapor de agua no deja muy claro lo que está sucediendo.
6	Tal vez ocupar más masa de las sustancias que reaccionamos para observar cambios más notorios, es decir, a mayor escala
	Especificar con mayor claridad las cantidades de las sustancias a utilizar. Se podría establecer una tabla de relación de sustancias a analizar y reacciones a fin de identificar con más facilidad la sustancia problema.
	En la reacción de ácido-base agregaría menos cantidad de NaOH, y más HCl para que la reacción no se tardara en ver, pues fue poco lo que se vio que reacciono. Al igual le podríamos agregar otro tipo de reactivo para experimentar y ver si sucede la misma reacción o si tiene una reacción muy diferente a la ya experimentada.
7	Definir con ayuda de la estequiometria la masa de cada componente para que la reacción se lleve más clara y precisa.
	Agregaría más reacciones con sustancias diferentes pero con los mismos tipos de clasificación, ya antes mencionados, para comparar los cambios que se producen y tener una descripción más detallada de qué ocurre en cada tipo de reacción.
8	Sólo en la reacción de Zn con HCl la forma en como retener el hidrógeno desprendido, ya que no pudimos demostrar visualmente que el gas era efectivamente hidrógeno acercando una flama, porque probablemente se nos escapó la mayoría.
9	Pues, no cambiaria gran cosa porque el procedimiento que propuse estuvo correcto con lo que se quiso obtener solo se cambiaria los datos de los gramos y mililitros por la cantidad que nos daban y la propuesta eran diferentes.
	<ul style="list-style-type: none"> a) En el primer experimento se propuso hacer reaccionar $Zn + CuSO_4 \Rightarrow ZnSO_4 + Cu$, así sólo se diluía en agua el $CuSO_4$ (aquí se utilizó mucha agua para la masa proporcionada en el tubo de ensaye) por lo que se vuelve a proponer utilizar menor cantidad de masa y de agua para hacerlo reaccionar con el metal y obtener lo predicho más visiblemente. b) Luego, la segunda reacción fue tal y como se predijo, simplemente que los productos se hicieron con mayor rapidez a como se pensaba por lo que en esta reacción se recomienda observar detenidamente todo el tiempo. c) Por último, la tercera reacción, se propone utilizar los reactivos que se requerían desde un principio, ya que se cambiaron debido a falta de material, pero si se tuvieran utilizarlos para observar mejor la reacción.

Figura 4.8.4 Respuestas que los alumnos proporcionaron para la cuarta pregunta de la herramienta de evaluación.

El primer elemento que parece interesante es la discrepancia que existe, entre los integrantes de un mismo equipo, respecto a las modificaciones que deberían realizarse. Al menos uno de los integrantes del equipo 1, equipo 2, equipo 3 consideraron que no sería necesario realizar ninguna modificación; sin embargo, sus compañeros de equipos sí expresaron las modificaciones que

realizarían. Los integrantes del equipo 1 y equipo 3 aseguran que modificarían la naturaleza de alguna de las sustancias que intervienen en el proceso. Al tiempo que uno de los integrantes del equipo 2 opta por realizar una modificación en la concentración de una de las sustancias que utilizan.

El elemento, respecto al cual realizarían modificaciones, al que los alumnos refieren con mayor frecuencia es la masa utilizada de la sustancia que interviene en la reacción propuesta. En segundo lugar, los alumnos refieren que modificarían la propia sustancia que interviene en la reacción, tal es el caso del equipo 1, equipo 3 y equipo 9.

El equipo 4 y equipo 5 refieren que efectuarían modificaciones respecto a la temperatura del sistema en donde se conduce la reacción.

Pregunta	¿Cuál es la relación que existe entre las evidencias obtenidas y las explicaciones que generaste?
Equipo	Respuesta
1	Pues la relación sería que a partir de lo que obtuve de mis procesos experimentales pude generar las explicaciones, diciendo que es lo que vi que ocurría con cada uno de los diferentes tipos de reacción y tomando en cuenta también lo ya investigado previamente y de conocimiento previo de las reacciones
	Hubo relación en lo que creíamos que iba a salir como producto y en qué estado, así como en los indicadores de pH nuestra comprobación de la sustancia tuvo sentido con lo que pensamos que pasaría. Sólo en el CuSO ₄ . Con el HCl no pensábamos que se formarían 3 tipos de Cu y en diferentes tonos azules
2	Ante la hipótesis que logramos hacer con respecto a nuestra pregunta, se relaciona ante todo, desde los conceptos previamente investigados, así como el procedimiento que logramos aplicar en el laboratorio.
	En la reacción de desplazamiento simple se obtuvo lo que se quería, ya que observamos burbujas y como salía un gas el cual era el hidrógeno. $2HCl_{(ac)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnCl_{2(ac)} + H_{2(g)}$ En la reacción de combustión se esperaba ver una chispa al calentar la cucharilla de combustión con azufre y zinc, lo cual se logró ver. En la reacción de precipitado se pudo ver un precipitado de color blanco. La reacción de ácido- base al colocar ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, si se produjo una sal y agua solo que al agregar el indicador universal, nuestra mezcla

	obtuvo un color azul rey.										
3	En base a las explicaciones generadas logramos darnos cuenta de que la relación con las evidencias obtenidas es muy parecida y por lo tanto nuestras evidencias son correctas										
	Las evidencias macroscópicas nos permitieron afirmar que efectivamente se llevo a cabo una reacción, tales como el cambio de coloración, el desprendimiento de algún gas o la formación de precipitados, y estas evidencias son las que nos permiten saber si nuestras predicciones fueron certeras.										
4	Las relaciones siempre fueron mis evidencias macroscópicas para saber que efectivamente hubo una reacción, también los productos obtenidos se relacionaban con los tipos de reacciones y como se comportan.										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPOS DE REACCIÓN</th> <th>FORMA GENERAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DE SÍNTESIS</td> <td>$A+B \rightarrow AB$</td> </tr> <tr> <td>DE DESCOMPOSICIÓN</td> <td>$AB \rightarrow A + B$</td> </tr> <tr> <td>DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE</td> <td>$A + BC \rightarrow AB + C$</td> </tr> <tr> <td>DE DESPLAZAMIENTO DOBLE</td> <td>$AB+CD \rightarrow AD + BC$</td> </tr> </tbody> </table>	TIPOS DE REACCIÓN	FORMA GENERAL	DE SÍNTESIS	$A+B \rightarrow AB$	DE DESCOMPOSICIÓN	$AB \rightarrow A + B$	DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE	$A + BC \rightarrow AB + C$	DE DESPLAZAMIENTO DOBLE	$AB+CD \rightarrow AD + BC$
	TIPOS DE REACCIÓN	FORMA GENERAL									
	DE SÍNTESIS	$A+B \rightarrow AB$									
	DE DESCOMPOSICIÓN	$AB \rightarrow A + B$									
	DE DESPLAZAMIENTO SIMPLE	$A + BC \rightarrow AB + C$									
DE DESPLAZAMIENTO DOBLE	$AB+CD \rightarrow AD + BC$										
Reacción de descomposición: Es la misma pues al calentar el $CuCO_3$ se nota un cambio de color de azul a negro como se predecía											
Reacción de Óxido-Reducción y Desplazamiento simple: La misma pues al agregar el HCl al Zn se observa que salen burbujas de la disolución que tenemos que debería de ser el $H_2(g)$ que se había predicho											
Reacción de Neutralización y Ácido-Base: La misma aunque esta fue un poco más difícil de obtener obtuvimos un pH neutro como se había predicho											
Reacción de síntesis La misma pues como se había predicho se obtuvo un sólido blanco											
Reacción de doble desplazamiento Esta fue en la que tuvimos más conflictos pues obtuvimos CuO y se esperaba $Cu(OH)_2$											
5	Las evidencias obtenidas en el experimento fueron lo que se esperaba observar, con la excepción del $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, ya que se esperaba ver que desprendiera el agua de forma líquida.										
6	Considero que van de la mano, ya que por medio de una puedes llegar a la otra, en esta práctica entendí que es importante conocer las propiedades químicas de los reactantes para predecir qué va a pasar.										
	Una reacción muy fácil de entender es la de ácido base, ya que con la práctica de periodicidad resulta lógico que si reaccionas un ácido con una base, se neutralicen.										
	La investigación previa a esta práctica me hizo entender algunas reacciones, pero al llevarla a la práctica hace más sencillo entender y saber cuando ocurre una reacción.										
	Se realizaron una serie de pruebas empleando distintas reacciones sobre sustancias										

	<p>conocidas, a fin de determinar cuales de estas reacciones servirían para identificar cada sustancia, de tal manera que al contar con una sustancia problema se pudieran usar las reacciones para su identificación.</p> <p>Al realizar las reacciones se observaron algunos eventos que se considera deben tomarse en cuenta para pruebas con la sustancia problema. Por ejemplo en la reacción de neutralización ácido base se pudo observar un color más intenso, tanto en el estado ácido como en el básico, en contraste con las reacciones realizadas en las prácticas de periodicidad donde los colores eran más claros. Esto se supone se debe a una concentración mayor del indicador universal.</p> <p>La reacción de precipitación presentó cambios evidentes, mientras que en la de sustitución se pudo observar el desprendimiento del gas durante cerca de un minuto, al término del cual dejó de ser evidente que existiera una reacción. Se observó de manera general que en todas las reacciones se busca una identificación clara de que se realiza la reacción, ya sea que el mismo proceso permita esto, como en las reacciones de precipitación, oxidación y desprendimiento, o bien con ayuda de otras sustancias para evidenciarlo, como en el caso de la reacción de ácido base donde usamos el indicador universal.</p> <p>Para identificar la sustancia problema (Cloruro de calcio), se observó que la sustancia es soluble en agua y que reacciona con hidróxido de sodio formando un precipitado, de acuerdo a las reglas de solubilidad es soluble, sin embargo su grado de solubilidad permitió observar el precipitado.</p>
	<p>Se pudo comprobar que las reacciones se llevaron a cabo sin ningún problema y se pudo determinar y saber que si hubo una reacción química y verificar que tipo de reacciones se presentaban en cada una de ellas.</p>
7	<p>La relación que tienen es experimental, el efecto o cambio de estado o color, y que otras sustancias se pueden formar, para que experimentalmente se detecten y se vea que ya reaccionaron los componentes.</p>
	<p>Entre más reacciones tenga, de las cuales pueda decir los cambios que son más comunes para cada tipo, más precisión habrá en la descripción de los cambios generados en cada reacción, habrá como una tendencia que ocurre en los productos de cada tipo de reacción.</p>
8	<p>La relación es la información teórica que tenía con respecto a estos temas.</p>
9	<p>Que efectivamente se obtuvo lo que se pidió o lo que esperábamos obtener con el diagrama de flujo que se hizo.</p>
	<p>La relación que existe entre una evidencia real y una predicción, es la forma con la que alguien aprende a determinar el futuro gracias a sus conocimientos previos y la intuición ya que sin esto simplemente se esperarían una reacción y un producto, ignorando lo que hay atrás de eso pues se conocen los resultados y las explicaciones de estos pero puede que haya habido factores que hayan afectado mi reacción (por no hacerla como se debe o por no medir con exactitud aquellos factores). Sin embargo, si todo salió como debiera, entonces se llega a comprender que la predicción se establece como realidad y el resultado como un cumplimiento casi universal.</p>

Figura 4.8.5 Respuestas que los alumnos proporcionaron para la quinta pregunta de la herramienta de evaluación

Las respuestas de los Equipos no profundizan de manera clara respecto a la relación que guardan las evidencias que obtuvieron en el laboratorio, al conducir las reacciones que propusieron, y las explicaciones que generaron para estos fenómenos, mismas que fueron reportadas en su diagrama heurístico.

Los integrantes del equipo 2 refieren la importancia del procedimiento experimental que propusieron para hallar dicha relación, sin embargo, no profundizan en cuanto a la manera en que esto ocurre. También el equipo 4 menciona las predicciones que elaboró como un aspecto importante, sin llegar a profundizar en cuanto a la manera en que intervienen en el proceso de establecer una relación.

El equipo 3 fundamenta la relación en las evidencias experimentales, su respuesta se ve complementada por las aportaciones del equipo 4 y el equipo 6, quienes retoman las clasificaciones que propusieron anteriormente como criterio fundamental de la relación que establecieron.

Pregunta	¿Cuáles serían algunas explicaciones alternativas que justifiquen las evidencias obtenidas?
Equipo	Respuesta
1	La razón por la cual obtuve los resultados deseados, es porque tenía una idea de lo que ocurriría con cada una de las reacciones igualmente que en la pregunta anterior es gracias al conocimiento previo de las reacciones seleccionadas para esta práctica, por eso mismo es que mis resultados son satisfactorios y también son evidentes, lo cual me hace tener pruebas para detallar lo que ha ocurrido durante el proceso.
	Una explicación alterna a la parte de identificación de una sustancia sería que al cambiar en la reacción el HCl por NaOH quizá se inviertan los colores del indicador universal por la probabilidad de que alguno fuera anfótero
2	Logramos encontrar el procedimiento acertado para lograr una reacción en diferentes elementos y compuestos, así como también el procedimiento para lograr una síntesis, teniendo éxito en ambas.
	En el caso de la reacción ácido- base pudo haber sido la concentración en que se agregó las sustancias. Al escribir la reacción se puede ilustrar de manera fácil lo que se obtendrá, porque en cada reacción que hicimos si salió lo que se esperaba, en la de precipitación obtuvimos un precipitado blanco el cual era el cloruro de plata. $AgNO_{3(ac)} + NaCl_{(ac)} \rightarrow NaNO_{3(ac)} + AgCl_{(s)}$

	<p>En nuestra reacción de combustión se pudo observar la chispa, en la reacción de desplazamiento simple (la cual era de reacción de metales con ácidos) pudimos ver el hidrogeno en estado gaseoso.</p> $2HCl_{(ac)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnCl_{2(ac)} + H_{2(g)}$
3	<p>Una evidencia de cambio en propiedades físicas, estos cambios pueden observarse a simple vista o con los instrumentos adecuados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formación de precipitado (sustancia diferente a los reactivos) • Cambio de color (cambios en tonalidad o color de la sustancia) <ul style="list-style-type: none"> • Gases (liberación de gas, puede tener olor) • Temperatura (aumento o disminución de la temperatura de la sustancia) <ul style="list-style-type: none"> • Energía liberada en forma de luz
	<p>La producción de sustancias de propiedades similares, las cuales pueden dar falsos positivos o negativos de las reacciones, así mismo el incremento o disminución de la temperatura en el sistema.</p>
4	<p>En nuestra reacción de $CuSO_4(ac) + NaOH(ac) \rightarrow Cu(OH)_2(s) + Na_2SO_4(ac)$, obtuvimos algo que no esperábamos, y nuestra explicación es que influyo que nuestro tubo de ensayo donde hicimos la reacción estaba caliente y afecto nuestro producto.</p> $Cu(OH)_2(ac) \xrightarrow{\text{energía}} CuO + H_2O$
	<p>Dado a que solo tuvimos alteraciones en las reacciones de neutralización y ácido base las evidencias nos dicen que costo más trabajo obtener la reacción ya que la concentración de los reactivos era distinta y por eso no se lograba neutralizar. Y en la de doble desplazamiento deducimos que si se obtuvo $Cu(OH)_2$ pero ya que el tubo de ensayo donde se realizó la reacción estaba caliente se llevó a cabo otra reacción, la cual nos hizo tener como producto final CuO</p> $Cu(OH)_2(ac) \xrightarrow{\text{energía}} CuO + H_2O$
5	<p>En el experimento se trataron de observar reacciones que fueran explicadas por varias teorías, como sería el caso de $2Na(s) + 2H_2O \rightarrow 2NaOH(ac) + H_2(g)$. se podría decir que esta reacción tiene un pie en la reacción de síntesis, otro de sustitución sencilla y de tipo redox.</p>
6	<p>Pues entiendo que para asegurar que hubo una reacción no sólo se trata de tener la ecuación química, si la observas y hay cambios de color, desprendimiento de gas, formación de luz, calentamiento del tubo de ensaye donde se hace la reacción puedes asegurar que hubo reacción por los cambios observados, y la explicación más sencilla es decir que no se tienen las mismas sustancias que al principio ya que no lucen igual que al principio</p> <p>Es decir, sin tomar tanto en cuenta propiedades químicas o tipo de reacción y dejándolo a la observación, eso justificaría alternamente que hubo reacción</p>
	<p>En la mayoría de las reacciones realizadas los resultados experimentales se cumplieron según las predicciones hechas y solo en dos casos se tuvieron ligeras discrepancias, estos se señalan a continuación.</p> <p>Considerando para la reacción ácido – base que la intensidad del color no se debiera a un exceso de indicador, se podría pensar que esto sería debido a una concentración alta de las sustancias empleadas.</p> <p>En el caso de la reacción para la identificación del cloruro de calcio se obtuvo un precipitado que de acuerdo con las reglas de solubilidad debería ser soluble en agua sin embargo se obtuvo el precipitado, considerando esto se podría suponer que no se tenía cloruro de calcio, sin embargo al revisar la solubilidad de este se observa que no</p>

	<p>es tan soluble como se menciona y que si puede formar precipitado.</p> <p>Una reacción dependiendo de que tipo sea: (oxido-reducción, ácido-base, precipitación, sustitución y descomposición) no podría reaccionar sola sin que tuviera los reactivos necesarios para que esta se llevara a cabo, necesitaría un medio que le proporcionara la energía necesaria para reaccionar.</p> <p>Por ejemplo: A la reacción de Descomposición</p> $\text{CuCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{CuO}(\text{s})$ <p>Si no se le agregara calor, la reaccion no sucederia.</p>
7	<p>La reacción de cada elemento por separado, los componentes</p> <p>Al haber una clasificación de reacciones químicas debe haber también una semejanza, entre el mismo tipo de reacciones, que siempre se cumpla.</p>
8	<p>Que simplemente ocurrieron cambios físicos a los reactivos</p>
9	<p>Que se puede llegar a lo mismo con otro tipo de propuesta siempre y cuando siguiendo los pasos que se ponen.</p> <p>Una explicación alternativa saldría de la pura intuición o de diferentes factores que influyeran en mis reactivos ya que como se dijo, hay reacciones que siempre se cumplen debido a una sola explicación la cual puede ser subdividida para entender mejor concepto a concepto hasta llegar a un resultado, a estas se le podrían llamar explicaciones alternativas, ya que deducen de lo más particular o lo más general posible pero el resultado es el mismo.</p> <p>Entonces tenemos que:</p> <p>a) Para la primera reacción: se supo que el Zn desplazaba al Cu del CuSO_4 para formar ZnCuSO_4 por ser metal reactivo, pero también se puede explicar que el mismo compuesto iónico se “deshizo” en el agua por ser polar y esto provocó que el metal cinc “sustituyera” al cobre tomando su lugar dejando al cobre en el lugar que el cinc estaba.</p> <p>b) En la segunda reacción se predijo que se formaría un óxido y un gas, ya que se expuso al calor, pero también es que debido a esto la interacción que formada el reactivo de un solo compuesto y como producto se hicieran dos, nos habla de una reacción de descomposición simple que se sabe es inversa a la de síntesis.</p> $\text{CuCO}_3 + \text{calor} \Rightarrow \text{CuO} + \text{CO}_2$ <p>c) Para la última reacción, si es que hubiera sido obtenida con los reactivos correctos, entonces fuera una de doble desplazamiento formando precipitado al fondo del vaso.</p> $\text{CaCl}_2 + 2\text{NaOH} \Rightarrow 2\text{NaCl} + \text{Ca} (\text{OH})_2$

Figura 4.8.6 Respuestas que los alumnos proporcionaron para la sexta pregunta de la herramienta de evaluación

Ninguno de los Equipos propone explicaciones alternativas para los fenómenos que observaron al realizar las reacciones que propusieron. Más bien, recurren a ideas características de las explicaciones ingenuas (equipo 8), o

describen los resultados que efectivamente obtuvieron al realizar las reacciones que propusieron.

Probablemente, esta situación pueda ser explicada si se parte del hecho de que la pregunta no fue comprendida ni interpretada correctamente por los alumnos; es decir, la intención de esta pregunta es que el alumno describa aquellos elementos que no contempló para dar respuesta a su pregunta de indagación al momento de elaborar el diagrama heurístico. Estos elementos debían ser identificados por el alumno al momento de comprar las explicaciones que enunció para elaborar su diagrama heurístico con las explicaciones reportadas en distintas fuentes bibliográficas para los fenómenos que estudió. De esta manera, la respuesta que el alumno debía construir para esta pregunta debía ser mucho más robusta y reflexionada; toda vez que sería el fruto de un mayor análisis, mismo que permitiría al alumno construir una respuesta utilizando más elementos y desechando aquellas explicaciones que no guardan relación con la evidencia experimental, o bien, con las explicaciones encontradas en la literatura.

Se trata, sin duda, un proceso de una complejidad mucho mayor de la que alcanza percibirse al leer la pregunta, de modo que ésta deberá ser replanteada para que pueda ser comprendida correctamente.

4.9 Propuesta Experimental

El análisis al que fueron sometidos los diferentes elementos referentes al trabajo realizado por los alumnos permitió identificar tendencias, errores recurrentes y propuestas que los diferentes equipos de trabajo elaboraron para dar respuesta a la situación problemática a la que se enfrentaron.

El resultado de este análisis fue aprovechado para construir una nueva propuesta experimental, orientada a disminuir aquellos errores detectados frecuentemente. Esta nueva propuesta experimental está disponible para ser consultada en el Apéndice F.

Elaborar una nueva propuesta experimental obedece a la intención de dar inicio al proceso de corrección y mejora de la práctica que se implementó para dar lugar a la investigación que se presenta en este trabajo. En ella, se enfatizan aquellos puntos que demostraron ser fuente constante de errores en el trabajo generado por los alumnos pues, probablemente, no fueron abordados con la claridad suficiente en el documento anterior (disponible en el Apéndice B), ni al momento de ser tratados en la clase.

De esta manera, se considera que esta nueva propuesta experimental, que aborda el tema de la reacción química, está lista para que otros profesores, que impartan el curso experimental de Química General I, la implementen en su clase, si así lo consideraran oportuno.

Toda vez que esta propuesta experimental ha demostrado ser una herramienta valiosa en el proceso de desarrollo de habilidades de pensamiento científico en los alumnos, a la vez que se promueve en ellos el meta-aprendizaje. El grado en que la propuesta experimental puede generar estos beneficios en los alumnos será desarrollado a profundidad en el siguiente capítulo.

V. Conclusiones

El resultado del trabajo realizado por los alumnos, mismo que fue reportado en el capítulo anterior, demuestra que, si bien es posible fomentar en ellos el desarrollo de habilidades de pensamiento científico mediante una clase experimental basada en actividades de indagación, existe una enorme disparidad en cuanto al grado en que éstas se desarrollan. La medida en que se presentó un avance en dichas habilidades obedece a diversos factores, como el grado de interés que la actividad despertó en los alumnos, o bien, el nivel de comprensión de los conceptos con que trabajaron durante el desarrollo de la práctica. Fundamentalmente, el nivel de aprovechamiento que los alumnos tuvieron guarda una relación directa con el nivel de compromiso que demostraron; mismo que se vio reflejado en la calidad de la investigación de los conceptos que debían conocer antes de dar inicio a las actividades experimentales, la manera en que abordaron el planteamiento de su pregunta de indagación, el cuidadoso diseño de un procedimiento experimental y la generación responsable de propuestas de mejora para el trabajo que realizaron, así como del informe que realizaron, a manera de diagrama heurístico.

Esta afirmación no busca colocar toda la responsabilidad, en cuanto al éxito o fracaso de las actividades de este estilo, en los alumnos; pues sería ingenuo pedir que éstos demostraran un alto grado de compromiso sin estar dispuestos a asumir, también, una gran responsabilidad; es decir, las clases de laboratorio basadas en actividades de indagación requieren que el docente a cargo esté plenamente convencido de implantar este estilo de enseñanza en su clase. Para ello, será necesario no sólo que domine el contenido disciplinar que aborda su curso, sino que sea capaz de presentarlo de manera creativa e innovadora, diseñando constantemente actividades que enfrenten a alumnos con un problema que sólo pueda ser resuelto mediante los conceptos que están incorporando a su estructura cognitiva. Todo ello, al tiempo que evalúa que estos nuevos contenidos,

efectivamente, sean incorporados en concordancia con el conocimiento construido, validado y aceptado por la comunidad académica y científica.

Más allá del reto que supone la preparación del docente a cargo para implementar el estilo de enseñanza con enfoque de indagación en su curso experimental, o bien, la complejidad que representa determinar el grado de compromiso que un alumno adquiere con una clase de este estilo; sin duda, resulta considerablemente más sencillo desarrollar actividades de indagación en un curso experimental cuando el docente encuentra apoyo para alcanzar este objetivo en sus colegas y en el propio centro de enseñanza.

Sin un profundo convencimiento respecto a lo importante y necesario que resulta destinar aulas, sustancias, equipos, personal y tiempo al desarrollo y mejora de actividades de este estilo, será muy complicado percibir en los alumnos el cambio conceptual, que este estilo de enseñanza ofrece. Para notar, claramente, los beneficios de este estilo de enseñanza en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, será necesario que también se vuelva imperativo que los alumnos ejerciten estas habilidades en el resto de los cursos que les serán impartidos a lo largo de su formación en la Facultad de Química.

El trabajo realizado por los alumnos para la práctica de reacción química demuestra que, efectivamente, se puede desarrollar en ellos la habilidad de plantear preguntas a partir de las cuales es posible desprender una investigación en el contexto de la clase de laboratorio. Que luego de insistir un poco, es posible que los alumnos realicen predicciones y descripciones detalladas de los fenómenos de orden macroscópico que acompañan los desarrollos experimentales que han propuesto. Incluso en un curso de Química, frecuentemente señalado por la rigidez disciplinaria de los contenidos curriculares que son impartidos, los alumnos fueron capaces de hacer uso de su creatividad para diseñar un procedimiento experimental que les permitiera resolver una de las situaciones

problemáticas a las que se enfrentaron. De esta manera, al elaborar sus conclusiones, algunos alumnos incluso afirmaron que pudieron evidenciar la existencia de las relaciones teóricas que rigen y permiten modelar los fenómenos que llamamos reacción química.

Es importante comentar que no todos los alumnos alcanzaron el nivel de desarrollo deseado en sus habilidades de pensamiento científico. Este resultado puede ser considerado de acuerdo a lo esperado, toda vez que el completo desarrollo de estas habilidades es el producto de su constante utilización y difícilmente podrá ser adquirido si sólo se ejercitan en una clase en un solo semestre a lo largo de la formación universitaria de los alumnos. Es, precisamente, a partir del reconocimiento de la dependencia de estas habilidades en el ejercicio constante para ser desarrolladas adecuadamente, que la investigación presentada resulta valiosa, toda vez que otorgó muestras claras de la presencia de estas habilidades fundamentales en alumnos que estuvieron expuestos a este estilo de enseñanza a lo largo de, a penas, 16 semanas (duración aproximada de un semestre en la Facultad). En ese sentido, la última práctica del curso representaba el mejor momento para llevar a cabo esta actividad, en términos del número de ocasiones en que los alumnos habían desarrollado investigaciones en su clase de laboratorio.

Si se continúa explorando las restricciones fueron impuestas por el tiempo disponible, uno podrá encontrarse con la principal limitante de este trabajo: no fue posible proveer de la debida retroalimentación a los alumnos, de manera que no fue posible revisar en conjunto todos los errores y aciertos detectados en los reportes que entregaron. Esto se debió a que una vez alcanzada la fecha de la última sesión de laboratorio no fue posible reunirse de nuevo con los alumnos, pues éstos se encontraban ya en la semana de exámenes finales.

Si el alumno no revisa con detenimiento los errores conceptuales detectados por el docente, será muy difícil concientizarle al respecto y, en

consecuencia, es poco probable que consiga erradicar todas aquellas ideas erróneas que alberga en su mente; dificultando enormemente el proceso de cambio conceptual.

Esta situación podrá ser superada con una mejor planeación del curso, distribuyendo mejor las actividades que los alumnos deberán desarrollar en el número de sesiones disponibles para esta propuesta experimental y garantizando que el ritmo de trabajo sea adecuado para cumplir con lo planeado.

Siguiendo esta línea de pensamiento, e incluso a pesar de las limitantes expuestas, resulta profundamente alentador pensar en los resultados que podrían alcanzarse, en términos de nivel de desarrollo de las habilidades de pensamiento científico en los alumnos, si este estilo de enseñanza fuese replicado en otros cursos experimentales, impartidos en los semestres subsecuentes, a lo largo de la formación académica de los alumnos de la Facultad de Química.

Se trata, sin duda, de una labor titánica y de un enorme desafío que, actualmente, está lejos de ser superado. Sin embargo, el reto ha sido asumido; prueba de ello son las acciones, pequeñas pero concretas, que se presentan en esta investigación y que dan fe de los beneficios que se desprenden de este estilo de enseñanza.

VI. Fuentes Consultadas

- ❖ Balocchi, E. Modak, B et al (2005). *Aprendizaje Cooperativo del Concepto Cantidad de Sustancia con Base en la Teoría Atómica de Dalton y la Reacción Química* (versión electrónica). *Educación Química*, 2, 469-485.
- ❖ Boyce, M. & Singh, K. (2008). *Student Learning and Evaluation in Analytical Chemistry Using a Problem-Oriented Approach and Portfolio Assessment* (versión electrónica). *Journal of Chemical Education*. 85 (12), 1633-1637.
- ❖ Buck, L. & Lowery Bretz, S. (2008). *Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory* (versión electrónica). *Journal of College Science Teaching*. 38 (1), 52-58.
- ❖ Caamaño, A. (2003). *Los trabajos prácticos en ciencias*. En *Enseñar ciencias* (95-118). Barcelona: Graó.
- ❖ Carmel J. & Jessa, Y. (2015) *Targeting the Development of Content Knowledge and Scientific Reasoning: Reforming College-Level Chemistry for Nonscience Majors*. *Journal of Chemical Education*. 92 (1), 46-51.
- ❖ Carrascosa, J. (2005). *El Problema de las Concepciones Alternativas en la Actualidad (Parte II)*. *El cambio de Concepciones Alternativas* (versión electrónica) *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (3), 388-402.
- ❖ Chamizo, J. & Izquierdo, M. (2007) *Evaluación de las competencias de pensamiento científico* (versión electrónica). *Alambique* (51), 9-19.
- ❖ Chamizo Guerrero, J. A. & Pérez Campillo, Y. (2013). *El abp y el diagrama heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias* (versión electrónica). *Ciência & Educação* (Bauru), 19(3), 499-516.
- ❖ Chandrasegaran, A.L. & Treagust, D. (2011). *Providing High School Students' Use of Multiple Representations to Describe and Explain Simple Chemical Reactions* (versión electrónica). *Teaching Science*, 57 (4), 13-20.

- ❖ Couso, D. (2014) *De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica*. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Huelva (Andalucía).
- ❖ Del Carmen, L. (2000). *Los trabajos prácticos*. En *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (49-65). España: Marfil.
- ❖ Domin, D. (1999). *A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks* (versión electrónica). *Journal of Chemical Education*. 76 (1), 109-111.
- ❖ Domin, D. (1999). *A Review of Laboratory Instruction Styles* (versión electrónica). *Journal of Chemical Education*. 76 (4), 543-547.
- ❖ Eichstadt, K. (1992). *Integrating Research Instrumentation With The General Chemistry Curriculum. Part I: Mass Spectroscopy* (versión electrónica). *Journal of Chemical Education*. 69 (1), 48-51.
- ❖ Elliott, M.J. & Stewart, K.K. (2008). *The Role of the Laboratory in Chemistry Instruction* (versión electrónica). *Journal of Chemical Education*. 85 (1), 145-149.
- ❖ Gliddon, C. & Rosengren R. (2012). *A Laboratory Course for Teaching Laboratory Techniques, Experimental Design, Statistical Analysis and Peer Review Process to Undergraduate Science Students* (versión electrónica). *Journal of Biochemistry and Molecular Biology Education*. 40 (6), 364-371.
- ❖ Hofstein, A. (2004). *The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation and Research* (versión electrónica). *Chemistry Education Research and Practice*. 5 (3), 247-264.
- ❖ Hofstein, A. & Navon, O. et al (2005). *Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories* (versión electrónica). *Journal of Research in Science Teaching*. 40 (7), 791-806.
- ❖ Jiménez, M. (2003) *El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas*. En *Enseñar Ciencias* (95-118). Barcelona: Graó.

- ❖ Kelly, O. & Finalayson, O. (2007). *Providing solutions through problem-based learning for the undergraduate 1st year chemistry laboratory* (versión electrónica). *Chemistry Education Research and Practice*. 8 (3), 347-361.
- ❖ Kuhn D. (2010). *What is Scientific Thinking and How Does it Develop?*. En *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development 2ª Edición*.(497-523). Usha Goswami.
- ❖ Lara Mendoza, E. (2015). *¿Qué Preguntas Hacen Los Docentes En Una Clase De Ciencias? Análisis De Éstas Y Propuesta De Una Clasificación* (versión electrónica). México: UNAM, Facultad de Química. Tesis de Licenciatura en Química.
- ❖ Maeyer, J. & Talanquer, V. (2013) *Making Predictions About Chemical Reactivity: Assumptions and Heuristics* (versión electrónica). *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6),748-767.
- ❖ Mohrig, J. & Hammond, C. (2004). *On the Successful Use of Inquiry-Driven Experiments in the Organic Chemistry Laboratory* (versión electrónica). *Journal of Chemical Education*. 8 (46), 992-998.
- ❖ Mulford, D. & Robinson, W.(2002). *An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students* (versión electrónica) *Journal of Chemical Education*, 79 (6), 739-744.
- ❖ Novak, K & Gowin, B. (2002). *Aprender a aprender*. Traducción de Juan M. Campanario y Eugenio Campanario. 15ª Edición. España. Ediciones Martínez Roca.
- ❖ Pontrello, J. (2015) *Bringing Research into a First Semester Organic Chemistry laboratory with the Multistep Synthesis of Carbohydrate-Based HIV Inhibitor Mimics* (versión electrónica). *Journal of Biochemistry and Molecular Biology Education*. 43 (6), 417-427.
- ❖ Reyes-Cárdenas, F. & Padilla, K. (2012). *La indagación y la enseñanza de las ciencias* (versión electrónica). *Educación Química*, 23, 415-421.

- ❖ Van Opstal, M. & Patrick, D. (2015). *Extending Students'Practice of Metacognitive Regulation Skills with the Science Writing Heuristic* (versión electrónica) International Journal of Science Education. 37 (7), 1089-1112.
- ❖ Yan, F. & Talanquer, V. (2015) *Students'Ideas about How and Why Chemical Reactions Happen: Mapping the conceptual landscape* (versión electrónica). International Journal of Science Education, 37 (18), 3066-3092.

Apéndice A. Investigación Previa.

Conceptos que los alumnos debían conocer antes de dar inicio al trabajo con la propuesta experimental que aborda el presente trabajo.

1. Escribe al menos tres definiciones, extraídas de la literatura, de “reacción química”.
2. De acuerdo a la naturaleza de los reactivos, ¿Cómo se pueden clasificar las reacciones químicas?
3. ¿Cómo se pueden clasificar las reacciones químicas en virtud del comportamiento químico que presentan?
4. ¿Cómo se pueden clasificar las reacciones químicas en cuanto a su requerimiento energético?
5. Menciona algunas (al menos tres) evidencias macroscópicas de que ha ocurrido una reacción química.
6. Elabora un catálogo, tan detallado como sea posible, de los símbolos que son utilizados en las ecuaciones químicas y su significado. Escribe, a continuación, algunas reacciones químicas. Asegúrate de utilizar todos los símbolos que has descrito.
7. Consulta en la literatura la serie de actividad de los metales. Tráela contigo al laboratorio durante las sesiones correspondientes a esta práctica.
8. Investiga en la literatura la solubilidad en agua de los compuestos iónicos. Los hallazgos de tu investigación serán necesarios para el desarrollo experimental de esta práctica.

Apéndice B. Situaciones Problemáticas

Compendio de las tres situaciones problemáticas que fueron entregadas a los alumnos para que idearan un procedimiento para resolverlas.

I. Problema.

1. Deberás elegir algunas (tantas como tú consideres necesarias) de las siguientes sustancias disponibles y proponer al menos una reacción de cada tipo, de acuerdo a las clasificaciones descritas en tu investigación previa. Asegúrate de cubrir los tres criterios de clasificación mencionados y de describir, detalladamente, cada reacción que propusiste.

- Compuestos iónicos. (CuSO_4 , CuCO_3 , CaCl_2 , NH_4NO_3 , $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)
- HCl
- NaOH
- NH_4OH
- Metales (Zn , Na , Cu , Ca)
- No metales (C_n , S_8)

2. Te será entregada una sustancia problema. Deberás proponer un procedimiento experimental, que involucre reacciones químicas, que te permita identificar la sustancia que te fue entregada. No olvides incluir una descripción detallada de las reacciones químicas que realizaste. Las posibles sustancias que te han sido entregadas son:



II. Reto Experimental.

Las reacciones químicas son ampliamente utilizadas en el ámbito industrial, por ejemplo, para sintetizar la sustancia específicamente necesaria para intervenir en un proceso. En ese sentido, los polímeros son un grupo de sustancias muy apreciadas por sus distintos usos y aplicaciones. Se presentan, a continuación, algunos polímeros comunes. Deberás investigar cuáles son algunas de sus aplicaciones cotidianas y cómo se pueden sintetizar en el laboratorio. Deberás seleccionar uno de ellos para sintetizarlo en el laboratorio.

> Polímero de Fenol-Formaldehído

> Polímero de Urea-Formaldehído

Apéndice C. Herramienta de Evaluación

Cuestionario destinado a conocer las ideas y justificaciones de los alumnos luego de trabajar con la propuesta experimental. Los alumnos lo respondieron en la última sesión.

1. ¿Cuáles son los conceptos que utilizaste para desarrollar esta práctica?
2. ¿Cuáles son los fenómenos y situaciones que pueden ser explicados mediante los conceptos que utilizaste en esta práctica?
3. ¿Cuáles son los procedimientos experimentales que permiten comprender los conceptos necesarios para el desarrollo de tu pregunta de indagación?
4. ¿Qué modificaciones harías a los procedimientos experimentales que propusiste, a fin de que la evidencia obtenida se pudiera observar de manera más clara?
5. ¿Cuál es la relación que existe entre las evidencias obtenidas y las explicaciones que generaste?
6. ¿Cuáles serían algunas explicaciones alternativas que justifiquen las evidencias obtenidas?

Apéndice D. Diagrama Heurístico.

Estructura en que se solicitó a los alumnos reportaron el trabajo realizado en el laboratorio. Basado en una versión modificada de la V de Gowin.

Diagrama heurístico sobre:		Pts
A) ¿QUÉ FENÓMENO (S) ME INTERESA ESTUDIAR?		3
B) ¿CUÁL(ES) ES LA(S) PREGUNTA(S) QUE ME INTERESA RESPONDER SOBRE ESE FENÓMENO?		3
D) CONCEPTOS		C) METODOLOGÍA
D1) ¿Qué conceptos me ayudarán a comprender el fenómeno?	C1) ¿Qué procedimiento experimental me ayudará a contestar mi(s) preguntas (as)?	C1 3
		D1 2
D2) ¿Qué otros fenómenos puedo comprender con estos conceptos? (Aplicaciones)	C2) Procesamiento de los datos para obtener resultados	C2 3
		D2 2
D3) ¿Es posible construir un modelo teórico con lo que encontré de mis datos experimentales? ¿por qué? ¿cuál?	C3) Análisis y/o conclusión derivado de los datos	C3 3
		D3 2
E) ¿CUÁL ES LA RESPUESTA (AS) A MI (S) PREGUNTA (AS)?		E 5
F) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS De los hechos: De los conceptos: De la metodología:		F 3
Autoevaluación (total de puntos)/29 puntos posibles		

Apéndice E. Reporte de la Práctica.

Diagrama Heurístico elaborado por uno de los equipos de trabajo a manera de reporte de las actividades efectuadas durante esta práctica.

A) Reacciones Químicas

B) Preguntas (una por cada parte de la práctica):

- ♥ Planteadas algunas reacciones químicas, ¿de qué manera podemos determinar que efectivamente se llevaron a cabo?
- ♥ De las 3 diferentes sustancias (CuSO_4 , CaCl_2 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$) ¿Qué método experimental nos permitirá determinar mediante reacciones químicas cuál de estas es la que tenemos en nuestra muestra problema?
- ♥ ¿Cuál sería el diseño experimental a seguir para sintetizar fenol-formaldehído en el laboratorio?

C) Hipótesis:

- ♥ Si realizamos planteamos de manera adecuada nuestras reacciones químicas tomando en cuenta sus propiedades químicas de éstas, entonces podremos observar y justificar mediante pruebas macroscópicas que estas reacciones se efectuaron.
- ♥ Si conocemos los productos que podrían resultar al hacer reaccionar estas posibles sustancias con NaOH y H_2CO_3 , según sea el caso, entonces podremos determinar la sustancia presente en nuestra muestra
- ♥ Si seguimos el procedimiento experimental adecuado, podremos obtener una muestra del polímero que deseamos.

E1) Conceptos:

Reacción química : es un cambio que modifica la composición química de las sustancias, para formar sustancias de composición diferente.

Toda reacción química tiene dos etapas:

- ✚ La inicial (llamado **reactantes**), antes del cambio
- ✚ La final (llamado **productos**), después del cambio

Las reacciones químicas pueden clasificarse según:

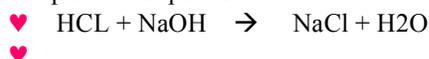
- 1.- Cambios Energéticos.
Reacciones exotérmicas
Reacciones endotérmicas.
- 2.-Comportamiento Químico
Oxidorreducción
Ácido-base
Precipitación
Formación de compuestos de coordinación
- 3.- Naturaleza De La Reacción
Síntesis
Descomposición
Desplazamiento simple
Doble desplazamiento o metátesis

Fenol-Formaldehído

Las resinas de fenol formaldehído son polímeros sintéticos obtenidos por la reacción de fenol o fenol sustituido con formaldehído. Otros nombres con los cuales se suele denominar a las resinas fenol formaldehído son: fenoplastos, resinas formofenólicas o simplemente resinas fenólicas. Las resinas fenólicas se utilizan principalmente en la producción de placas de circuitos. Son más conocidos sin embargo, para la producción de productos moldeados incluyendo bolas de billar, encimeras de laboratorio y como recubrimientos y adhesivos.

D2) Procesamiento de datos

Primera parte de la práctica:



Con esta reacción esperamos ver una neutralización, para la cual agregaremos 1 ml de NaOH 0.1 M en un tubo de ensayo con una gota de fenoftaleína. Posteriormente agregaremos 1 ml de HCl 0.1 M

La fenoftaleína es indicador de pH que en presencia de bases se torna de color rosado y que tras una neutralización se torna incoloro, lo cual nos ayudará a presenciar que efectivamente se llevará a cabo la reacción.



Sabemos que el zinc es un sólido de color gris, mientras que el HCl está en estado acuoso y es incoloro. Y esperamos que los productos de esta reacción sean incoloros y que se observe un desprendimiento de un gas que tras realizar el planteamiento de esta reacción podríamos deducir que es H_2 .



Con esta reacción esperamos observar que efectivamente el Na reacciona de manera violenta con el agua, y que además al efectuarse la reacción se formará una base (NaOH). Para identificar que efectivamente se obtuvieron los productos esperados agregaremos unas gotas de Indicador universal el cual, nos indicará que si nuestro producto es una base será de color azul

E2) Fenómenos que podemos comprender con estos conceptos

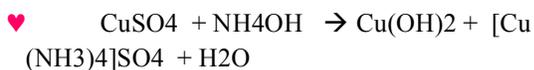
- ✚ Elaboración de medicamentos
- ✚ Refinación de minerales
- ✚ Elaboración de polímeros sintéticos

D1) Procedimiento experimental: Anexado al en las últimas páginas

E3) Modelo Teórico

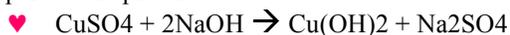


→



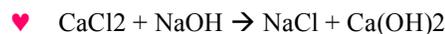
Sabemos que el CuSO_4 es de color azul, mientras que el NH_4OH es incoloro. Al tener el sulfato de cobre disuelto en agua agregaremos gota a gota el hidróxido de amonio y observaremos que en la parte inferior del tubo de ensayo habrá un precipitado de color azul claro que seguramente será el $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ya que éste es insoluble en agua, mientras que en la parte superior del tubo observaremos que una sustancia en estado acuoso de color azul intenso, el cual será el compuesto de coordinación.

Segunda parte de la práctica:



Para ello agregaremos en un tubo de ensayo una muestra de la sustancia problema y 1 ml de NaOH .

Como resultado obtendremos un sólido que es el $\text{Cu}(\text{OH})_2$ de color azul y esto será prueba de que nuestra muestra es CuSO_4



Para ello agregaremos en un tubo de ensayo una muestra de la sustancia problema y 1 ml de NaOH .

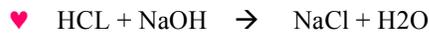
El resultado de esta reacción será un sólido de color blanco, $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Este precipitado será la prueba de que efectivamente tenemos CaCl_2 en nuestra muestra.



Primeramente formaremos el H_2CO_3 agregando agua en un vaso de precipitado y le soplaremos con un popote para añadir así el CO_2 .

Posteriormente agregaremos el $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en el H_2CO_3 . Uno de los productos de esta reacción será el BaCO_3 , el cual será un precipitado de color blanco y que será prueba de que tenemos $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en nuestra muestra.

D3) Análisis de datos



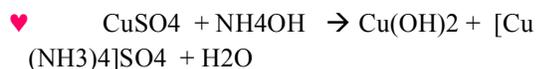
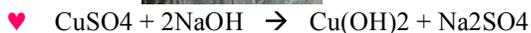
Lo que observamos fue que al agregarle fenoftealeina al NaOH 0.1 M se tornó de un color rosado, lo cual indicaba que efectivamente estábamos trabajando con una base. Después tras agregar 1 ml de HCl a la preparación de NaOH , vimos que efectivamente el color rosado desapareció y la disolución se tornó incolora, lo cual fue una evidencia macroscópica de que la neutralización se efectuó.



E3) Modelo Teórico

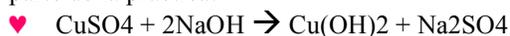


→



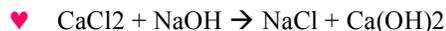
Sabemos que el CuSO_4 es de color azul, mientras que el NH_4OH es incoloro. Al tener el sulfato de cobre disuelto el agua agregaremos gota a gota el hidróxido de amonio y observaremos que en la parte inferior del tubo de ensayo habrá un precipitado de color azul claro que seguramente será el $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ya que éste es insoluble en agua, mientras que en la parte superior del tubo observaremos que una sustancia en estado acuoso de color azul intenso, el cual será el compuesto de coordinación.

Segunda parte de la práctica:



Para ello agregaremos en un tubo de ensayo una muestra de la sustancia problema y 1 ml de NaOH .

Como resultado obtendremos un sólido que es el $\text{Cu}(\text{OH})_2$ de color azul y esto será prueba de que nuestra muestra es CuSO_4



Para ello agregaremos en un tubo de ensayo una muestra de la sustancia problema y 1ml de NaOH .

El resultado de esta reacción será un sólido de color blanco, $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Este precipitado será la prueba de que efectivamente tenemos CaCl_2 en nuestra muestra.



♥

Primeramente formaremos el H_2CO_3 agregando agua en un vaso de precipitado y le soplaremos con un popote para añadir así el CO_2 .

Posteriormente agregaremos el $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en el H_2CO_3 . Uno de los productos de esta reacción será el BaCO_3 , el cual será un precipitado de color blanco y que será prueba de que tenemos $\text{Ba}(\text{OH})_2$ en nuestra muestra

D3) Análisis de datos



Lo que observamos fue que al agregarle fenoftaleina al NaOH 0.1 M se tornó de un color rosado, lo cual indicaba que efectivamente estábamos trabajando con una base. Después tras agregar 1 ml de HCl a la preparación de NaOH , vimos que efectivamente el color rosado desapareció y la disolución se tornó incolora, lo cual fue una evidencia macroscópica de que la neutralización se efectuó.



G) Respuesta a mi pregunta

1. Las pruebas macroscópicas que nos permitieron determinar que efectivamente nuestras reacciones se llevaron a cabo fueron el cambio de coloración o el desprendimiento de un gas, o la formación de un precipitado.

- ♥ Coloración: como en la reacción de neutralización, donde la fenolftaleína fue la que nos ayudó a observar mejor este fenómeno, mientras que en el indicador universal nos permitió asegurar que al hacer reaccionar Na con H₂O se obtiene una base.
- ♥ Desprendimiento de un gas: como en la reacción de Zn con HCl o en la de Na con H₂O, en donde se observó un burbujeo y que podría ser prueba del desprendimiento de H₂.
- ♥ Formación de un precipitado: En la reacción de CuSO₄ con NH₄OH, en donde pudimos observar que se formó una sustancia insoluble en agua que es el Cu(OH)₂.

2. Al seguir el procedimiento experimental planteado logramos determinar que la sustancia problema que teníamos era CuSO₄, ya que al realizarle las pruebas planteadas obtuvimos lo que habíamos predicho y que con certeza nos ayuda a asegurar que el CuSO₄ era la sustancia que buscábamos determinar.

3. Al seguir el procedimiento experimental antes propuesto logramos obtener una muestra del polímero que deseábamos y que cumplía con las características de nuestras predicciones.

H) Referencias

Hechos.

- ♥ Arena, Susan; Hein, Morris. (2010). Fundamentos de Química. Ed 12. México. Edit CENGAGE Learning

Conceptos.

- ♥ Arena, Susan; Hein, Morris. (2010). Fundamentos de Química. Ed 12. México. Edit CENGAGE Learning

Metodología.

- ♥ Arena, Susan; Hein, Morris. (2010). Fundamentos de Química. Ed 12. México. Edit CENGAGE Learning
- ♥ Universidad Iberoamericana. (2014). Resinas Fenol-Formaldehído: Síntesis De Baquelita Y Novolac. Consultado el 17 de octubre de 2015, de <http://www.bib.uia.mx/gsd/dochig/didactic/IngCienciasQuimicas/lqoa018.pdf>

Apéndice F. Propuesta Experimental

Manera que se propone para implementar la práctica de Reacción Química en un curso de experimental de Química General I.

I. Investigación Previa

Deberás cumplir con las siguientes investigaciones siguientes antes de dar inicio a las actividades correspondientes a esta práctica.

1. Reacción Química.

Proporciona al menos, tres definiciones de este concepto que hayas investigado en la literatura y que te parezcan comprensibles.

2. Clasificación de las reacciones químicas.

¿Cómo se pueden clasificar las reacciones químicas en cuanto a su requerimiento energético?. ¿Cuáles son las categorías en que se clasifican las reacciones químicas de acuerdo al comportamiento químico que presentan? ¿Cómo se pueden clasificar las reacciones químicas en virtud de la naturaleza de los reactivos?.

3. Plantea ejemplos de reacciones químicas que conozcas. Asegúrate de proporcionar, al menos, un ejemplo cada tipo de reacción que encuentres que existe en cada uno de los tres criterios de clasificación. Puede darse el caso de que una misma reacción sea clasificada de acuerdo a dos criterios distintos.

4. Menciona algunas (al menos tres) evidencias macroscópicas de que ha ocurrido una reacción química.

5. Elabora un catálogo, tan detallado como sea posible, de los símbolos que son utilizados en las ecuaciones químicas y su significado. Escribe, a continuación, algunas reacciones químicas que conozcas. Asegúrate de utilizar todos los símbolos que has descrito.

6. Consulta en la literatura la serie de actividad de los metales. Tráela contigo al laboratorio durante las sesiones correspondientes a esta práctica.
7. Investiga en la literatura la solubilidad en agua de los compuestos iónicos que, hasta ahora, has utilizado con frecuencia en tu clase de laboratorio.

II. Introducción

Las reacciones químicas son fenómenos que acontecen cotidianamente a nuestro alrededor. Tienen una relevancia fundamental en los procesos biológicos, productivos y tecnológicos que permiten que las sociedades humanas se desarrollen de la manera en que observamos actualmente.

Como alumno de un curso experimental de Química general, se desea que desarrolles la habilidad de identificar, describir y predecir lo que ocurre en el sistema químico que estás estudiando. Para desarrollar esta habilidad, serás enfrentado a algunos problemas que se muestran a continuación.

III. Situaciones Problemáticas

1. Deberás elegir algunas (tantas como tú consideres necesarias) de las siguientes sustancias disponibles y proponer al menos una reacción de cada tipo, de acuerdo a las clasificaciones descritas en tu investigación previa. Asegúrate de cubrir los tres criterios de clasificación mencionados.

Para esta actividad, se desea que realices predicciones respecto a lo que esperas que ocurra al hacer interaccionar las sustancias que has seleccionado. Estas predicciones deberán estar redactadas en términos de fenómenos de orden macroscópico; es decir, fenómenos que, efectivamente, puedas observar en el laboratorio. De manera que deberás omitir conceptos como “oxidación” “reducción” o hacer referencia a la “ganancia” o “pérdida” de electrones, toda vez que éstos fenómenos no pueden ser observados en el laboratorio.

Las sustancias que están a tu disposición son:

Compuestos iónicos. (CuSO₄, CuCO₃, CaCl₂, NH₄NO₃, Ba(OH)₂•8H₂O)

HCl

NaOH

NH₄OH

Metales (Zn, Na, Cu, Ca)

No metales (C_n, S₈)

Deberás ser extremadamente cuidadoso al llevar a cabo las reacciones que propusiste, pues se desea que realices descripciones profundamente detalladas de lo que observes. Describe el estado inicial y el estado final del sistema; menciona todo lo que observes que ocurre. Deberás comparar estos fenómenos que, efectivamente, has observado con las predicciones que elaboraste previamente y decir en qué difieren, o bien, en qué se asemejan.

2. Te será entregada una sustancia cuya identidad desconoces. Tu deber será diseñar un procedimiento experimental, que involucre reacciones químicas, que te permita identificar la sustancia que te fue entregada. Asegúrate de incluir la masa o volumen de las sustancias que utilizarás en cada paso del procedimiento, así como el material de laboratorio del que harás uso. Realiza una descripción detallada de lo que ocurre al momento realizar cada paso del procedimiento que propusiste. Las posibles sustancias que te han sido entregadas es una de las siguientes:

CuSO₄

CaCl₂

Ba(OH)₂

IV. Reto Experimental

Las reacciones químicas son ampliamente utilizadas en el ámbito industrial, por ejemplo, para sintetizar la sustancia específicamente necesaria para intervenir en un proceso. En ese sentido, los polímeros son un tipo de

sustancias ampliamente apreciadas por sus distintos usos y aplicaciones. Se presentan, a continuación, dos polímeros comunes. Investiga cuáles son algunas de sus aplicaciones más frecuentes. Tu deber será investigar una manera para sintetizar el polímero que te parece que tiene las aplicaciones más interesantes. Deberás Reproducir esa ruta de síntesis.

No te conformes con seguir las indicaciones que encuentres para sintetizarlo; compara el producto que obtuviste con la descripción que encuentres para el polímero que seleccionaste. ¿Se parecen? ¿En qué son diferentes? ¿Qué modificaciones puedes hacer a la ruta de síntesis que encuentres para que el producto final guarde una mayor semejanza con el polímero que elegiste?

Los polímeros que se proponen son:

- > Polímero de Fenol-Formaldehído
- > Polímero de Urea-Formaldehído